HAL
open science

La télédétection mise au service des écosystèmes forestiers en Haïti : tentative de restauration de l'environnement et de la biodiversité

Constantin Joseph

To cite this version:

Constantin Joseph. La télédétection mise au service des écosystèmes forestiers en Haïti : tentative de restauration de l'environnement et de la biodiversité. Géographie. Université des Antilles, 2022. Français. NNT : 2022ANTI0768 . tel-03763649

HAL Id: tel-03763649

https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-03763649

Submitted on 29 Aug 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITÉ DES ANTILLES

Pole Martinique - École doctorale EA 588

Discipline : Géographie

Laboratoire : AIHP- GEODE & UMR 8067 BOREA

Thèse de doctorat de Constantin JOSEPH

« La télédétection mise au service des écosystèmes forestiers en Haïti : tentative de restauration de l'environnement et de la biodiversité »

Soutenu le 23 février 2022

Membres du jury

Mr Pascal SAFFACHE	Professeur, Université des Antilles	Directeur de thèse
Mr Franck DOLIQUE	Professeur, Université des Antilles	Co-Directeur de thèse
Mr Evens EMMANUEL	Professeur, Université Quisqueya	Rapporteur
Mr Marc ROBIN	Professeur, Université de Nantes	Rapporteur
Mme Micheline HOTYAT	Professeure émérite, Sorbonne Université	Examinatrice
Mr Jean Marie THEODAT	Maître de Conférences, Panthéon-Sorbonne	Examinateur

Février 2022

Remerciements

Ce travail tant fastidieux n'aurait été possible et réalisable sans le soutien, le conseil et l'implication d'une multitude de gens et de plusieurs institutions. Leurs contributions ont été de différentes natures et méritent de toute façon d'être prises en considération. Bien entendu, il n'est pas vraiment facile ici de présenter une liste exhaustive, mais on se permet quand même de mentionner quelques noms pour lesquels la mémoire ne nous a pas fait défaut.

Mes premiers mots de remerciements sont dus d'abord à Monsieur Jean-Marie THEODAT, mon premier conseiller et qui un jour m'a dit « Constantin tu sais, n'abandonne ce projet pour rien au monde ».

Mes gratitudes les plus spéciales s'en vont au Professeur Pascal SAFFACHE, mon Directeur de thèse, le premier qui a su m'initier dans la démarche et m'accompagner tout au long du processus jusqu'à la fin en dépit des difficultés de toutes sortes auxquelles on a été confronté. Sa patience, sa détermination, sa disponibilité, sa réactivité, son assiduité et son sens de l'écoute n'ont pas de prix.

Mes remerciements sont proférés de manière très spéciale également à l'égard du Professeur Franck DOLIQUE, mon Co-Directeur, qui a accepté et choisi de m'accompagner sans relâche au cours de ce long processus jusqu'à la touche finale. Assiduité, clairvoyance, perspicacité, concordance et organisation sont autant de qualification dont il a su faire montre.

Mes expressions de reconnaissances s'en vont à l'endroit de Virginie Destuynder, ma collègue (Professeure) au Campus Henry Christophe de l'UEH à Limonade. Elle m'a toujours réservé une partie de son temps pour des discussions techniques ou la révision de certains de mes travaux.

Mes gratitudes sont également dues à Karl-Hermane JOSEPH et Johncy PIERRE (mes étudiants) qui m'ont beaucoup aidé dans le prélèvement des échantillons d'occupation de sols sur le terrain et aussi dans les exercices d'apprentissage et de classification des images satellites.

Un merci chaleureux à mon collègue Professeur Bazelais DULIENCE pour ses supports moraux et ses discours de motivation tout au long de l'accomplissement de ce projet fastidieux.

Je tiens aussi à adresser mes mots de remerciement envers les responsables du laboratoire AIHP-GEODE qui m'ont accepté au sein de leur équipe de recherche. Leurs soutiens m'ont permis de gravir les échelons.

Mes remerciements se dirigent d'une façon distinguée aux employé(e)s du service des étudiants de la Collectivité Territoriale de Martinique (**CTM**), en particulier Madame LUZARD et Madame Alix ALMONT.

Un merci aux co-responsables du projet de Laboratoire Mixte International (LMI- CARIBACT) de la Faculté des Sciences de l'UEH, en l'occurrence Messieurs Eric CALAIS et Dominique BOISSON pour leur soutien financier.

Un grand merci à mes frères et amis du « **Kòkraz Staff** » qui m'ont apporté leurs supports moraux et affectifs par leurs conseils, leurs messages de motivation et leurs appels de courtoisie.

Un merci très spécial à tous mes frères et à toutes sœurs, en particulier à Jean Berthol, Betty, Gary et Berlie BASTIEN, Lunise et Claudette ESTIMABLE et aussi à Alex PRESENT et Loukito VOLNY.

Un remerciement très cordial est adressé à Brillant FAYATTE, un ami sincère et fidèle, un conseiller infatigable et dont la fierté à mon égard est sans égal.

J'adresse un merci très mérité également à Eder AUDATE, le Directeur des Forêts et des Energies renouvelables pour son encouragement et ses supports en matière d'informations.

Je tiens à remercier de manière très particulière Mme Esperance JEAN-PIERRE (Manman Zouta), pour ses marques d'affections envers mon fils et à mon égard depuis que Dieu l'a placé sut mon chemin. Ses soutiens pendant mes séjours d'études ont été d'une utilité inimaginable.

Mes mots de remerciement s'en vont également à Herlande JOSEPH, la mère de mon deuxième fils, ce garçon qui me régale tellement dans ma vie.

Un merci spécial également à Maquis NOEL et Woudnie EDME, mes camarades de courses et de loisir en Martinique.

Enfin, je tiens à remercier d'une façon assez spéciale une personne qui m'est très chère, Love Daly Girly JOSEPH CINORIN, tu as à ta manière joué un rôle important dans l'atteinte de cet objectif.

A mes deux garçons chéris (Rootsly et Herly), vous êtes tellement formidables dans ma vie que vous me donnez l'envie d'aller encore plus loin dans la quête de la connaissance.

Dédicace

Cette thèse est dédiée à ma mère, Odanise JOSEPH, qui a su se sacrifier pendant toute sa vie pour mon éducation, ma réussite et mon existence. Une mère formidable et dont l'affection et l'attention sont sans limites. Ce travail est le fruit de tes efforts et de tes engagements continus.

Table des matières

Remerciements i
Dédicace iii
Table des matières 4
Liste des tableaux 15
Liste des figures 17
Listes des sigles et acronymes 19
Résumé 23
Abstract 24
Introduction 25
Problématique relative à la thèse 30
1 Cadre conceptuel et théorique relative à la recherche 34
Introduction 34
1.1 Définitions de quelques concepts clés du SIG et de la télédétection 35
1.1.1 Définition, anecdote et dynamique de la télédétection 35
1.1.2 Système d'Information Géographique (SIG) : Définition du concept 36
1.1.3 Historique et dynamique du domaine de la géomatique dans le monde 38
1.1.4 La compréhension du mécanisme de la télédétection 40
1.1.5 Les deux catégories de télédétection : La télédétection passive et active 44
1.1.6 L'importance du Lidar dans la détection de la végétation 49
1.1.7 La télédétection et les occupations de des territoires 50
1.1.8 La télédétection et la détection de la végétation chlorophyllienne 51
1.1.9 Le comportement spectral de la végétation 52
1.1.10 Les Indices de végétation déterminés à partir des néocanaux 53
1.2 Cadre conceptuel et théorique relatif à forêt et écosystème forestier 56
1.2.1 Forêt et écosystèmes forestiers : concepts et définitions 56
1.2.2 Des facteurs déterminants de l'existence des écosystèmes forestiers 57
1.2.3 Les régions les plus touchées par la perte de superficie forestière 60
1.2.4 Des causes de la dégradation forestière et de la déforestation au niveau mondiale 61
1.2.5 Quelques éléments sur la répartition des forêts dans le monde et par région 62
1.2.6 Les différentes fonctions de la forêt pour l'homme et la nature 63

1.2.7 La classification mondiale des forêts : Les différentes catégories 64
1.2.8 La stratification ou la structure verticale des végétaux au niveau d'une forêt 67
1.2.9 La conjonction forêt, biodiversité et changement climatique 67
1.3 Cadre conceptuel sur la diversité biologique ou la biodiversité 69
1.3.1 Définition du concept de la biodiversité 69
1.3.2 Brève historique du terme ou concept de la biodiversité 70
1.3.3 La typologie de la diversité biologique selon les experts 70
1.3.4 Définition de certains termes et concepts relatifs à la biodiversité 71
1.3.5 Interactions entre espèces dans une communauté ou un habitat donné 75
1.3.6 Importance de la biodiversité 77
1.3.7 Les différentes techniques de mesures de la diversité biologique 77
1.3.8 Les indices de la diversité biologique au niveau d'un site 78
1.3.9 Les composantes de la biodiversité : richesse spécifique & équitabilité/abondance 79
1.3.10 Les services écosystémiques 80
1.3.11 Les enjeux de la biodiversité au regard de la survie de l'humanité 80
1.4 Changement Climatique : Paradigme, concepts, définitions et enjeux 81
1.4.1 Bref cadre légal et réglementaire du domaine changement climatique 81
1.4.2 Cadre scientifique relatif au domaine du changement climatique 81
1.4.3 Compréhension du paradigme du changement climatique et des concepts liés 82
1.4.4 Les causes du réchauffement et des dérèglements climatiques 84
1.4.5 Des éléments conceptuels relatifs au phénomène du changement climatique 85
1.4.6 Confrontation agriculture-foresterie et le changement climatique 90
1.5 Conclusion 91
2 La dynamique du domaine géomatique en Haïti : Chronique des démarches et des initiatives les plus marquantes 93
Introduction 93
2.1 Démarche méthodologique adoptée pour l'étude 95
2.1.1 Conception d'une fiche de collecte d'informations dédiée aux institutions clés 95
2.1.2 Cadre de la réalisation effective de l'enquête institutionnelle 96
2.1.3 Consultation de certaines compétences chevronnées du domaine de la géomatique 97
2.1.4 Les recherches bibliographiques relative à l'étude de cette dynamique 97
2.1.5 Analyse et présentation des informations résultantes de la prospection 98

2.2 Historique de l'usage et de la pratique de la géomatique en Haïti.....98
2.2.1 La démarche institutionnelle et du formalisme de la dynamique géomatique en Haïti 98
2.2.2 Les différentes phases de l'émergence du domaine de la géomatique en Haïti 99
2.2.3 La mise en place du Centre National de l'Information Géo-Spatiale (CNIGS).....99
2.2.4 Le Service de Géodésie et de Cartographie (SGC) 101
2.2.5 Création du « Comité Interministériel pour l'Aménagement du Territoire (CIAT) » 101
2.3 L'existence et la mobilisation des compétences en géomatique en Haïti..... 102
2.4 Les données utilisées et les ressources informatiques mobilisées au départ..... 104
2.5 La géomatique et les modes de production des données en Haïti..... 105
2.5.1 La production des données via des instruments de mesure directe sur le terrain..... 106
2.5.2 La production des données à partir de la photo-interprétation 106
2.5.3 La production des données via le traitement automatique des images 107
2.6 Le partenariat international et l'accès aux données en Haïti..... 107
2.6.1 Le projet KAL-Haïti, un départ crucial dans la dynamique..... 108
2.6.2 Le projet SEAS-Haïti : une opportunité loupée de l'essor de la télédétection 110
2.6.3 Observatoire du relèvement-Haïti /Recovery Observatory -Haïti..... 113
2.7 Vers un progrès réel de la production des données en Haïti..... 115
2.7.1 Des antécédents à l'orientation de la production des données au nveau national 115
2.7.2 Les prémices de la production des données de télédétection en Haïti 116
2.7.3 Le contexte actuel de la production des données via l'imagerie satellitaire en Haïti . 117
2.8 Les institutions et acteurs impliqués dans l'application de la géomatique en Haïti 118
2.9 Les domaines d'application favoris en matière de la télédétection en Haïti..... 119
2.10 Usage de la télédétection et examen de la qualité des produits dérivés..... 121
2.11 Quelques freins conditionnels relatifs au développement de la télédétection en Haïti 122
2.12 Des opportunités vers développement réel de la télédétection en Haïti..... 123
2.13 Une analyse succincte des travaux d'occupations de sol en Haïti..... 124
2.13.1 Contexte actuel de la recherche scientifique sur le contrôle territorial en Haïti..... 124
2.13.2 L'étude de Hedges et assesseurs sur l'évolution de la forêt primaire en Haïti..... 125
2.13.3 Le travail de Melo Ramirez sur l'estimation de l'occupation des sols en Haïti..... 126
2.13.4 Un travail de la CNULCD sur l'estimation de la dégradation du sol en Haïti..... 127
2.13.5 L'étude de Churches et ses pairs sur l'estimation du couvert forestier en Haïti..... 129

2.14 Des préoccupations relatives à la standardisation des produits fournis 129
2.14.1 Les préoccupations relatives à la méthodologie de traitement des données 130
2.14.2 Les préoccupations relatives à la nomenclature des produits thématiques 130
2.15 Analyse sur des études basées sur l'usage de la télédétection en Haïti 131
2.16 Sources de données satellites les plus utilisées par la recherche en Haïti 131
Conclusion 133
3 Analyse de la prise en charge et de la dynamique de la gestion et de la conservation de la biodiversité en Haïti : *Une mise en relief de l'importance des écosystèmes forestiers.* 135
Introduction 135
3.1 Analyse contextuelle de la dynamique de conservation de la biodiversité en Haïti 137
3.1.1 La dynamique de conservation de la biodiversité dans un contexte global 137
3.2 Quelques éléments caractéristiques de l'évolution de la biodiversité en Haïti 138
3.3 Démarche méthodologique adoptée 141
3.3.1 La revue documentaire réalisée 141
3.3.2 Réalisation d'une enquête institutionnelle 142
3.3.3 Consultation de certaines personnes ressources 143
3.3.4 Traitement et analyse des informations issues de l'enquête et des entretiens 144
3.4 Diagnostic du dispositif réglementaire lié à la gestion de la biodiversité en Haïti 144
3.4.1 La réglementation sur la gestion de la biodiversité vue dans un cadre global 144
3.4.2 Vers un cadre réglementaire relatif à la gestion de la biodiversité en Haïti 145
3.5 Haïti face aux défis d'application de la réglementation liée à la protection de la Biodiversité 149
3.6 Cadre institutionnel de gestion et conservation de la biodiversité en Haïti 151
3.6.1 Les institutions engagées dans la gestion et la conservation de la biodiversité en Haïti 152
3.6.2 D'autres structure ministérielles apprêtées à la gestion de la biodiversité en Haïti 157
3.6.3 Des organismes publics autonomes impliqués dans la gestion de la biodiversité 159
3.6.4 La société civile et le secteur privé dans la gestion de la biodiversité en Haïti 160
3.6.5 Des organismes internationaux impliqués dans la protection de la biodiversité en Haïti 162
3.7 Réflexions sur la diversité institutionnelle de la gestion de la biodiversité 162
3.8 Le schéma institutionnel de gestion de la biodiversité à l'égard des écosystèmes forestiers 163

3.9 Expériences de la société civile haïtienne en matière de gestion de la biodiversité 164
3.9.1 Panorama de quelques expériences valorisables de la biodiversité en Haïti..... 164
3.10 La gestion de la biodiversité basée sur les écosystèmes forestiers par la société civile 175
3.10.1 Analyse sommaire de la situation et de l'évolution de la biodiversité en Haïti 175
3.10.2 Aperçu holistique sur l'existence et la dynamique des écosystèmes en Haïti..... 176
3.11 Vue synoptique de l'état de la biodiversité en Haïti au regard des données existantes..... 177
3.12 Un recul perceptible de la biodiversité via la dégradation des écosystèmes forestiers..... 179
3.13 La protection de la biodiversité en Haïti : la place accordée aux écosystèmes forestiers .. 181
3.13.1 Les écosystèmes forestiers entant que substratums déterminant de la biodiversité... 181
3.13.2 La gestion et la conservation de la biodiversité en Haïti : une prise en compte manifeste des écosystèmes forestiers 182
3.13.3 La perte des écosystèmes forestiers : un accroc pour la conservation de la biodiversité 183
3.14 Mise au point sur les progrès du pays à l'égard de la Convention sur la Diversité biologique 184
3.15 Contraintes et défis relatifs à la gestion et la conservation de la biodiversité en Haïti 188
3.15.1 Des freins liés à la réglementation de la gestion et de la conservation de la biodiversité 188
3.15.2 Des freins liés à une défaillance institutionnelle et un déficit de gouvernance 189
3.15.3 Des défis et contraintes relatifs à la croissance démographique et à l'urbanisation ... 191
3.15.4 Des ressources financières très maigres et des mécanismes de financement précaires 192
Conclusion 194
4 Un diagnostic et une analyse de la prise en compte du changement climatique dans les stratégies de développement en Haïti : Quelle importance accordée à la gestion des écosystèmes forestiers ? 197
Introduction 197
4.1 Le processus méthodologique adopté dans le cadre de cette étude 199
4.1.1 La revue documentaire relative aux initiatives de lutte contre les changements climatiques en Haïti 200
4.1.2 Réalisation d'une enquête institutionnelle 200
4.1.3 Consultation des cadres chevronnées en matière de changement climatique en Haïti 201

4.1.4 Choix de la méthode de traitement et d'analyse des informations relatives à la recherche 201

4.2 Organisation institutionnelle de la lutte contre le changement climatique en Haïti 202

4.2.1 Des ministères directement impliqués dans la lutte contre le changement climatique en Haïti 203

4.2.2 D'autres organes publics impliqués dans la lutte contre le changement climatique en Haïti 207

4.3 La société civile haïtienne et la lutte contre le changement climatique 209

4.3.1 La Plateforme de la Société Civile sur le changement climatique (PSC-CC) 210

4.3.2 Le mouvement Alternatiba introduit et établi en Haïti 211

4.3.3 La plateforme Haïti-Climat mise en place par l'ACLEDD 211

4.3.4 Considérations sur l'implication de la société civile dans cette dynamique..... 212

4.4 Cadre réglementaire relatif au changement climatique en Haïti 212

4.4.1 Des instruments stratégiques sur la mise en œuvre de la CCNULCC en Haïti..... 216

4.5 Des freins de la réglementation du changement climatique en Haïti 220

4.6 Analyse de la gouvernance relative au changement climatique en Haïti 221

4.7 L'appropriation technique du changement climatique en Haïti 222

4.8 Mécanismes de financement liés au changement climatique en Haïti 223

4.8.1 Les sources financières internationales liées au climat les plus accessibles 224

4.8.2 Des organismes mondiaux et financement des actions pour le climat en Haïti 225

4.9 Les écosystèmes forestiers et la lutte contre le changement climatique..... 227

4.9.1 Les forêts : un moyen de lutte et une cible pour le changement climatique !..... 228

4.9.2 Les forêts et les stratégies de lutte contre le changement climatique en Haïti..... 229

4.9.3 Les écosystèmes forestiers en Haïti : une option déterminante dans la lutte contre le changement climatique ?..... 231

4.10 Des informations précises et régulières sur l'évolution du couvert forestier en Haïti : Une nécessité dans la lutte contre le changement climatique..... 232

4.11 Des freins à la lutte efficace contre le changement climatique en Haïti..... 232

4.11.1 Des contraintes liées à l'accès aux ressources financières climatiques 232

4.11.2 Des contraintes liées à un modèle de gouvernance défaillant et peu ordonné 233

4.11.3 Des contraintes liées à une défaillance institutionnelle et technique..... 234

Conclusion 234

5 Profil et caractéristiques des écosystèmes forestiers en Haïti : analyse de la dynamique du couvert arboré et de ses facteurs déterminants 237
Introduction 237
5.1 Approche méthodologique adoptée dans le cadre de ce travail 238
5.1.1 Revue et analyse documentaire relative au secteur forestier en Haïti 239
5.1.2 Enquête auprès des institutions impliquées dans le secteur forestier en Haïti 239
5.1.3 Consultation des cadres réputées du domaine forestier et secteurs connexes 240
5.2 La compréhension du concept forêt ou écosystème forestier 241
5.2.1 Le concept forêt perçu globalement mais selon des idéologies divergentes 241
5.2.2 Analyse et description de la typographie des forêts au niveau global 242
5.2.3 Les écosystèmes forestiers haïtiens vus à travers les différentes classifications 244
5.2.4 Une classification nationale spécifique aux écosystèmes forestiers en Haïti 245
5.3 La dynamique des écosystèmes forestiers haïtiens (littérature) 247
5.4 Historique de la déforestation et de la dégradation forestière en Haïti 248
5.5 Bilan entre disponibilité et besoins des produits ligneux en Haïti 250
5.6 Les facteurs déterminants actuels du recul du couvert arboré en Haïti 252
5.6.1 La dynamique agricole et le choix des pratiques culturales 253
5.6.2 L'exploitation démesurée des ressources ligneuses 254
5.6.3 L'exploitation des ressources minérales (or, carrières, sels etc.) 256
5.6.4 Le développement urbain et la croissance démographique 257
5.6.5 Les catastrophes naturelles et les effets du changement climatique 258
5.7 Les vertus naturelles de la forêt et les méfaits de la déforestation 259
5.7.1 La forêt et la protection de l'environnement en Haïti 259
5.7.2 Apports de la forêt au cycle de l'eau et au maintien des réserves en eau 259
5.7.3 L'influence de la forêt dans le cycle du carbone et le piégeage du CO_2 260
5.7.4 Les écosystèmes forestiers et l'adaptation au changement climatique 260
5.7.5 Les écosystèmes forestiers et la conservation de la biodiversité en Haïti 261
5.8 La déforestation : une menace pour l'environnement et climat 262
5.8.1 La déforestation : un perturbateur anthropique du cycle de carbone 262
5.8.2 La déforestation : un perturbateur anthropique du cycle de l'eau 262
5.8.3 La déforestation : un accro pour la conservation de la biodiversité 263
5.9 Dispositif institutionnel relatif au secteur forestier en Haïti 263

5.9.1 Responsabilité du ministère de l'Agriculture dans la dynamique 264
5.9.2 Responsabilité du ministère de l'Environnement dans la dynamique 264
5.9.3 Responsabilité du Bureau des Mines et de l'Energie dans la dynamique 266
5.10 Analyse critique de la gouvernance du secteur forestier en Haïti 267
5.11 Dispositif réglementaire relatif aux secteurs forestiers en Haïti 268
5.12 Cadre stratégique et politique national relatif au secteur forestier 270
5.13 Quelques contraintes majeures de la gestion du secteur forestier en Haïti 272
5.13.1 Des contraintes relatives à l'instabilité politique chronique du pays 273
5.13.2 Des contraintes relatives à une déficience institutionnelle et règlementaire 273
5.13.3 Des contraintes relatives à la précarité socio-économique du pays 274
5.14 Synthèse du contexte d'évolution du secteur forestier en Haïti 274
Conclusion 275
6 Une expérimentation destinée à l'estimation du couvert arboré en Haïti à partir des images Landsat-8 (fin 2017 & début 2018) 278
Introduction 278
6.1 Cadre contextuel de l'expérience 278
6.2 Estimation du couvert forestier en Haïti : des tentatives incohérentes 279
6.3 Démarches méthodologiques adoptées dans le cadre de l'essai 280
6.3.1 Acquissions des images satellites nécessaires à l'expérimentation 280
6.3.2 Indentification des scènes d'images acquises dans le cadre de ce travail 281
6.3.3 Prétraitement des scènes d'images retenues pour l'expérimentation 282
6.3.4 Processus de traitement relatif à l'estimation du couvert arboré en Haïti 283
6.3.5 Extraction du couvert arboré à partir de l'utilisation des indices de végétation 284
6.3.6 Processus de post-traitement destiné à l'amélioration des produits obtenus 285
6.4 Le produit cartographique réalisé à partir de l'exploitation du NDVI 286
6.5 La nomenclature adoptée et la description de l'appellation retenue 287
6.6 L'usage du NDVI et la particularité multidimensionnelle du territoire 289
6.7 Influence des propriétés géomorphologiques sur l'attitude du NDVI 289
6.8 Influence des propriétés biophysiques des ligneux sur le NDVI 290
6.9 Quelques remarques sur la portée de l'essai à l'égard des utilisateurs 291
6.10 Quelques contraintes particulières relatives à la réalisation du travail 291
6.10.1 Des contraintes liées aux techniques et méthodes d'estimation utilisées 292

6.10.2 Des contraintes liées à la qualité des images acquises/utilisées 292
6.10.3 Des contraintes liées au contexte paysager particulier du territoire haïtien..... 293
6.11 Analyse de l'apport du travail réalisé en termes de résultats 293
Conclusion 294
7 Analyse diachronique des différentes catégories d'occupations du sol identifiées et de la couverture forestière au niveau des différents sites d'étude 296
Introduction 296
7.1 Présentation des parcs et réserves nationaux ciblés par l'étude..... 296
7.1.1 Le Parc National Naturel Forêt des Pins (PNNFP) 297
7.1.2 Le Parc National Naturel La Visite (PNNLV) 299
7.1.3 Le Parc National Naturel Macaya (PNNM)..... 301
7.1.4 Le Parc National des Trois Baies (PN3B) 303
7.2 Méthodologie adoptée pour la production des données 306
7.2.1 Acquisition et sources des images satellites utilisées..... 306
7.2.2 Prétraitement des images acquises et retenues pour l'étude 307
7.2.3 Traitement des images et production des données 307
7.2.4 Calcul de la vitesse et du taux d'évolution des classes d'occupations de sol..... 311
7.2.5 Enquête auprès des gestionnaires des parcs ciblés par l'étude..... 312
7.3 Les nomenclatures adoptées dans le cadre de la réalisation de ce travail..... 312
7.3.1 Les nomenclatures adoptées dans le cadre des sites de montagne 313
7.3.2 La nomenclature adoptée dans le cas du Parc marin et côtiers (PN3B) 314
7.4 Présentation des produits cartographiques réalisés 316
7.4.1 Présentation cartographique des occupations de sols du PNNFP 316
7.4.2 Présentation cartographique des occupations de sols du PNNLV 320
7.4.3 Présentation cartographique des occupations de sols du PNNM 323
7.4.4 Présentation cartographique des occupations de sols du PN3B..... 327
7.5 Evaluation et validation des classifications réalisées 331
7.5.1 Les matrices de confusion et l'évaluation de la précision des classifications 333
7.6 Dynamique des occupations de sols au niveau des sites d'étude 343
7.6.1 Evolution des occupations de sol à Forêt des Pins de 1986 à 2019..... 343
7.6.2 Evolution des occupations de sols à La Viste de 1986 à 2018..... 344
7.6.3 Evolution des occupations de sols Macaya de 1988 à 2017 345

7.6.4 Evolution des occupations de sols au niveau de PN3B 1987 à 2017 346
7.7 Les matrices de changement relatives aux sites d'étude 348
7.7.1 Matrice de changement des occupations de sols du PNNFP (1986-2019) 348
7.7.2 Matrice de changement des occupations de sol de La Visite (1986-2018) 349
7.7.3 Matrice de changement des occupations de sol de Macaya (1988-2017) 351
7.7.4 Analyse des changements d'occupation de sol au niveau du PN3B 352
7.8 Vitesse et taux d'évolution des catégories d'occupations de sols 355
7.8.1 Vitesse et taux d'évolution des catégories d'occupations de sols au niveau du PNNFP (1986-2019) 355
7.8.2 Vitesse et taux d'évolution des catégories d'occupations de sols au niveau du PNNLV (1986-2018) 356
7.8.3 Vitesse et taux d'évolution des catégories d'occupations de sols au niveau du PNNM (1988-2017) 357
7.8.4 Vitesse et taux d'évolution des catégories d'occupations de sols au niveau du PN3B (1987-2017) 358
7.9 Bilan de conversion de surfaces de forêt au niveau des sites d'étude 361
7.9.1 Bilan de conversion de superficies de forêt au niveau de Forêt des Pins 361
7.9.2 Bilan de conversion de superficies de forêt au niveau de Parc La Visite 362
7.9.3 Bilan de conversion de superficies de forêt au niveau de Parc Macaya 363
7.9.4 Bilan de la dynamique des superficies de mangrove au niveau du PN3B 364
7.10 Les activités clés et les causes de déforestation des sites étudiés 366
7.10.1 Les principales activités pratiquées au niveau de l'aire du PNNFP 367
7.10.2 Les facteurs de dégradation et de déforestation au niveau du PNNFP 367
7.11 Implication des acteurs de développement dans la gestion du PNNFP 369
7.11.1 Les principales activités pratiquées au niveau de l'aire du PNNLV 369
7.11.2 Les facteurs de dégradation et de déforestation au niveau du PNNLV 369
7.11.3 L'implication des acteurs de développement dans la gestion du Parc 371
7.11.4 Les principales activités pratiquées au niveau de l'aire du PNNM 371
7.11.5 Les facteurs de dégradation et de déforestation au niveau du PNNM 372
7.11.6 L'implication des acteurs de développement dans la gestion du Parc 374
7.11.7 Les causes de dégradation et de perte des mangroves au niveau du PN3B 374
7.12 Analyse et discussions sur le travail réalisé et la démarche adoptée 378

7.12.1 Discussions sur les détections de la dynamique du couvert forestier 378
7.13 Analyse comparative des caractéristiques des différents sites étudiés 380
7.13.1 Analyse des caractéristiques communes des différents sites d'étude 380
7.13.2 Analyse des caractéristiques particulières des différents sites d'étude..... 382
7.14 Analyse de la pertinence et de l'apport de l'étude réalisée 384
7.15 La portée originale de l'étude comparée aux autres études répertoriées 386
7.15.1 Par rapport à d'autres travails à dimension nationale 386
7.15.2 Par rapport à d'autres travaux à dimension spécifique (locale) 388
Conclusion 389
8 Conclusion générale de la thèse 391
9 Références bibliographiques..... 394
Annexes 438
Annexe 1 : Liste des articles scientifiques rédigés 438
Annexe 2 : Images de base de la classification du sol des différents sites 439
Annexe 3 : Guide de collecte d'informations sur les Parcs nationaux 446

Liste des tableaux

Tableau 1 : Quelques indices de végétation couramment utilisés.....54
Tableau 2 : Les institutions et leurs personnes de contact et coordonnées 96
Tableau 3 : Les personnalités consultées, leurs institutions et leurs coordonnées.....97
Tableau 4 : Les domaines d'application prioritaire et utilité de la télédétection en Haïti..... 120
Tableau 5 : Liste des instituons ciblées et consultées dans le cadre de cette étude..... 142
Tableau 6 : Quelques compétences émérites consultées dans le cadre de cette étude 143
Tableau 7 : Des structures nationales impliquées dans la conservation de la biodiversité..... 161
Tableau 8 : Les personnalités consultées, leurs institutions hôtes et leurs coordonnées 201
Tableau 9 : Des institutions impliquées dans le financement des actions - climat en Haïti..... 226
Tableau 10: Liste des différents cadres techniques et experts ciblés pour consultation..... 240
Tableau 11 : Analyse du cadre institutionnel de la coordination du secteur forêt en Haïti 268
Tableau 12 : Quelques détails sur les tuiles d'images récupérées pour ce travail..... 281
Tableau 13 : Caractéristiques des images acquises pour les différents sites d'études..... 306
Tableau 14: Nomenclature adoptée dans le cadre des sites de montagne..... 313
Tableau 15 : nomenclature adoptée dans le cas du Parc marin et côtiers (PN3B)..... 314
Tableau 16 : Matrices de confusion relative à la classification du sol du PNNFP en 1986 333
Tableau 17 : Matrices de confusion relative à la classification du sol du PNNFP en 1999 334
Tableau 18 : Matrices de confusion relative à la classification du sol du PNNFP en 2011 334
Tableau 19 : Matrices de confusion relative à la classification du sol du PNNFP en 2019 335
Tableau 20 : Matrice de confusion relative à la classification du sol du PNNLV en 1986 335
Tableau 21 : Matrice de confusion relative à la classification du sol du PNNLV en 1998 336
Tableau 22 : Matrice de confusion relative à la classification du sol du PNNLV en 2008 336
Tableau 23 : Matrice de confusion relative à la classification du sol du PNNLV en 2018 337
Tableau 24 : Matrice de confusion relative à la classification du sol du PNNM en 1988 337
Tableau 25 : Matrice de confusion relative à la classification du sol du PNNM en 1998 338
Tableau 26 : Matrice de confusion relative à la classification du sol du PNNM en 2005 339
Tableau 27 : Matrice de confusion relative à la classification du sol du PNNM en 2017 339
Tableau 28 : Matrice de confusion relative à la classification du sol du PN3B en 1987 340
Tableau 29 : Matrice de confusion relative à la classification du sol du PN3B en 1997 341
Tableau 30: Matrice de confusion relative à la classification du sol du PN3B en 2007..... 341

Tableau 31 : Matrice de confusion relative à la classification du sol du PN3B en 2017 342
Tableau 32 : Evolution spatiotemporelle des occupations de sols au PNNFP (1986-2019)..... 343
Tableau 33 : Evolution spatiotemporelle des occupations de sols du PNNLV (1986-2018)..... 344
Tableau 34 : Evolution spatiotemporelle des occupations de sols au PNNM (1988-2017) 345
Tableau 35 : Evolution spatiotemporelle des occupations de sols au PN3B (1987-2017)..... 346
Tableau 36 : Matrice de changement des occupations de sol du PNNFP de 1986 à 1999..... 348
Tableau 37 : Matrice de changement des occupations de sol du PNNFP de 1999 à 2011..... 348
Tableau 38 : Matrice de changement des occupations de sol du PNNFP de 2011 à 2019..... 349
Tableau 39 : Matrice de changement des occupations de sol du PNNLV de 1986 à 1998 349
Tableau 40 : Matrice de changement des occupations de sol du PNNLV de 1998 à 2008 350
Tableau 41 : Matrice de changement des occupations du PNNLV de 2008 à 2018..... 350
Tableau 42 : Matrice de changement des occupations du PNNM de 1988 à 1998..... 351
Tableau 43 : Matrice de changement des occupations de sol du PNNM de 1998 à 2005 351
Tableau 44 : Matrice de changement des occupations de sol du PNNM de 2005 à 2017 351
Tableau 45 : Vitesse et taux d'évolution des occupations de sols du PNNFP (1986-2019)..... 355
Tableau 46 : Vitesse et taux d'évolution des occupations de sols du PNNLV (1986-2018) 356
Tableau 47 : Vitesse et taux d'évolution des occupations de sols du PNNM (1988-2017) 357
Tableau 48 : Vitesse et taux d'évolution des occupations de sols du PN3B(1987-2017)..... 358
Tableau 49 : Bilan 1986-1999 de la dynamique forestière du PNNFP 361
Tableau 50 : Bilan 1999-2011 de la dynamique forestière du PNNFP 361
Tableau 51 : Bilan 2011-2019 de la dynamique forestière du PNNFP 362
Tableau 52 : Bilan 1986-1998 de la dynamique forestière du PNNLV..... 362
Tableau 53 : Bilan 1998-2008 de la dynamique forestière du PNNLV..... 363
Tableau 54 : Bilan 2008-2018 de la dynamique forestière du PNNLV..... 363
Tableau 55 : Bilan 1988-1998 de la dynamique forestière du PNNM 363
Tableau 56 : Bilan 1998-2005 de la dynamique forestière du PNNM 364
Tableau 57 : Bilan 2005-2017 de la dynamique forestière du PNNM 364
Tableau 58 : Bilan 1987- 1997 de la dynamique de la mangrove du PN3B 365
Tableau 59 : Bilan 1997-2007 de la dynamique de la mangrove du PN3B 365
Tableau 60 : Bilan 2007-2017 de la dynamique de la mangrove du PN3B 366

Liste des figures

Figure 1: Propriété des ondes électromagnétiques....35
Figure 2 : Mécanisme de la télédétection....42
Figure 3 : Représentation des ondes dans le spectre électromagnétique....44
Figure 4 : Télédétection passive dans le visible/ PIR....45
Figure 5 : La télédétection passive et active dans les hyperfréquences, le Radar et le Lidar....46
Figure 6 : Illustration de la diffusion des ondes de Radar....48
Figure 7 : Schéma illustrant le fonctionnement d'un système Lidar....49
Figure 8 : Comportement spectral de la végétation saine en fonction des longueurs d'onde....52
Figure 9 : Superficies (1000 ha) des forêts par région en 2015....62
Figure 10 : Taux de changement annuel du couvert forestier par région....63
Figure 11 : Parcs nationaux et grandes Aires protégées établis par l'Etat haïtien 187
Figure 12 : Cartographie des écosystèmes forestiers généralement les pus reconnues en Haïti 247
Figure 13 : Troncs d'arbres empilés pour l'alimentation énergétiques (St Raphael, Nord) 255
Figure 14 : Organigramme de la gouvernance du secteur forestier en Haïti.... 267
Figure 15 : Affichage des tuiles d'images retenus pour l'expérience.... 281
Figure 16 : Extraction de l'aire d'Haïti à partir de l'image mosaïque constituée.... 283
Figure 17 : Résumé graphique de la méthodologie appliquée pour l'estimation du couvert arboré 286
Figure 18 : Produit cartographique de l'estimation de la couverture arborée d'Haïti (Landsat-8).... 287
Figure 19 : Cartographie de la localisation géographique des différents sites d'études 297
Figure 20 : Cartographie des structures géologiques du Parc National Naturel Forêt des Pins 298
Figure 21 : Cartographie de la localisation du Parc National Naturel Forêt des Pins 299
Figure 22 : Cartographie des structures géologiques du Parc National Naturel La Visite 300
Figure 23 : Cartographie de la localisation du Parc National Naturel La Visite 301
Figure 24 : Cartographie des structures géologiques du Parc National Naturel Macaya.... 302
Figure 25 : Cartographie de la localisation du Parc National Naturel Macaya.... 303
Figure 26 : Cartographie des structures géologiques du Parc National des Trois Baies 304
Figure 27 : Cartographie de la localisation du Parc National des Trois Baies.... 305
Figure 28 : Schéma résumé de la méthodologie relative au traitement des images Landsat.... 316
Figure 29: Cartographie des occupations du sol du PNNFP en 1986.... 317
Figure 30 : Cartographique des occupations du sol du PNNFP en 1999 317

Figure 31 : Cartographie des occupations du sol du PNNFP en 2011 318
Figure 32 : Cartographie des occupations du sol du PNNFP en 2019 318
Figure 33 : Cartographie comparée des occupations du sol du PNNFP de 1986 à 2019 319
Figure 34 : Cartographie des occupations du sol du PNNLV en 1986 320
Figure 35 : Cartographie des occupations du sol du PNNLV en 1998 321
Figure 36 : Cartographie des occupations du sol du PNNLV en 2008 321
Figure 37 : Cartographie des occupations du sol du PNNLV en 2018 322
Figure 38 : Cartographie comparée des occupations du sol du PNNLV de 1986 à 2018 322
Figure 39 : Cartographie des occupations du sol du PNNM en 1988 324
Figure 40 : Cartographie des occupations du sol du PNNM en 1998 324
Figure 41 : Cartographie des occupations du sol du PNNM en 2005 325
Figure 42 : Cartographie des occupations du sol du PNNM en 2017 325
Figure 43 : Cartographie comparée des occupations du sol du PNNLV de 1988 à 2017 326
Figure 44 : Cartographie des occupations du sol du PN3B en 1987..... 327
Figure 45 : Cartographie des occupations du sol du PN3B en 1997..... 328
Figure 46 Cartographie des occupations du sol du PN3B en 2007..... 328
Figure 47 : Cartographie des occupations du sol du PN3B en 2017..... 329
Figure 48 : Cartographie comparée des occupations du sol du PN3B) en 1987 à 2017 330
Figure 49 : Dynamiques des occupations de sols à forêts des Pins de 1986 à 2019 344
Figure 50 : Dynamique des occupations de sols à La Visite de 1986 à 2018 345
Figure 51 : Dynamique des occupations de sols à Macaya de 1988 à 2017..... 346
Figure 52 : Dynamique des occupations de sols au PN3B de 1987 à 2017..... 347
Figure 53 : Production du charbon et établissement des marais salants au dépens de la mangrove 375
Figure 54 : Schéma résumé de la conception logique de la thèse 393

Listes des sigles et acronymes

AFAT : Agriculture, Forêt et Affectation des Terres

ANAP : Agence Nationale des Aires Protégées

BID : Interaméricaine de Développement

BME : Bureau des Mines et de l'Energie

BNEE : Bureau National des Évaluations Environnementales

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

CCI-LC : Climate Change Initiative Land Cover,)

CCNUCC : Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques

CDB : Convention sur la Diversité Biologique

CDN : Contribution Déterminée au niveau National

CEEAC : Communauté économique des États de l'Afrique centrale

CEOS : Commitee on Earth Observatory Satellites

CEPAL : Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)

CEPALC : Commission économique pour L'Amérique Latine et las Caraïbes

CETE-SO : Centre d'Etudes Technique et de l'Equipement du Sud-Ouest

CHCL : Campus Henry Christophe de Limonade

CIAT : Comité interministériel d'aménagement du territoire ()

CIESIN : Consortium for International Earth Science Information Network

CIMATE : Conseil Inter-Ministériel sur l'Aménagement du Territoire et l'Environnement

CNES : Centre National d'Etudes Spatiales

CNIGS : Centre National de l'Information Géo-Spatiale

CNIGS : Centre National de l'Information Géo-Spatiale

CONATE : Conseil National pour l'Aménagement du Territoire et l'Environnement

COTIME : Commissions Techniques Inter-Ministerielles de Haut Niveau sur l'Environnement

CPDN : Contribution Prévue Déterminée au niveau National

DCC : Direction des Changements Climatiques

DFER : Direction des Forêts et des Énergies Renouvelables

ESA : European Space Agency

ESA : Agence spatiale européenne

ETM : Enhanced Thematic Mapper

FAMV : Facultés d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire

FAO : Food and Agriculture Organisation

FDS : Faculté des Sciences

FEM : Fonds pour l'environnement mondial

FOKAL : Fondation Connaissance et Liberté

FoProBIM : Fondation pour la Protection de la Biodiversité Marine

FRA : Evaluation des ressources forestières mondiales (Forest Ressources Assessment)

GEF : Global Environment Facility

GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

GNDVI : Green Normalized Difference Vegetation Index

GTAP : Groupe Technique d'Appui aux Aires Protégées

ICC : Initiative sur le changement climatique

IHSI : Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique ()

IRD : Institut de recherche pour le développement

IRD : Institut de Recherche pour le Développement

LAQUE : Laboratoire pour la Qualité de l'Eau et de l'Environnement

LDN-TSP : Land Degradation Neutrality -Target Setting Programme

LIDAR : Lights Detection and Ranging

MARNDR : Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural

MCC : Ministère de la Culture et de la Communication

MDE : Ministère de l'Environnement

MEF : Ministère de l'Économie et des Finances d'Haïti

MICT : Ministère de l'Intérieur et des Collectivités Territoriales

MODIS : Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer

MPCE : Ministère de la Planification et de la Coopération Externe

MSPP : Ministère de la Santé Publique et de la Population

MTIC : Ministère du Tourisme et des Industries Créatives

MTPTC : Ministère des Travaux Publics, Transports et Communications

NASA : National Aeronautics and Space Administration

NDT : Neutralité de la dégradation des Terres

NDVI : Normalized Difference Vegetation *Index*

OAB : Objectifs d'Aichi pour la Biodiversité

ODD : Objectifs de Développement Durable

OLI : Operational Land imager

ONEV : Observatoire National de l'Environnement et de la Vulnérabilité

ONG : Organisation Non Gouvernementale

ONU : Organisation des Nations Unies

PADF : Pan American Development Foundation

PAE : Plan d'action pour l'environnement

PAGE : Programme d'Appui à la Gestion de l'Environnement

PANA : Programme d'Action National d'Adaptation

PAN-LCD : Programme Aligné d'Action de Lutte contre la Désertification

PDA : Politique de Développement Agricole

PISLM : Partnership Initiative for Sustainable Land Management

PITDD : Programme d'Informations Territoriales pour le Développement Durable

PMF : Programme Micro - Financement

PNCC : Politique Nationale de lutte contre les Changements Climatiques

PNUD : Programme des Nations Unies pour le développement

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

PRAIS : Performance Review and Implementation System

PSDH : Plan Stratégique de Développement d'Haïti

REDD+ : Réduction des Émissions dues à la Déforestation et Dégradation des Forêts

REWF : Réserve Ecologique Wynne Farm

RO : Recovery Observatory

SAVI : Indice de végétation ajusté au sol (Soil Adjusted Vegetation Index)

SCBD : Secretariat of the Convention on Biological Diversity

SEAS : Surveillance de l'Environnement Assistée par Satellite

SEMANA : Service Maritime de Navigation

SERTIT : Service Régional de Traitement d'Image et de Télédétection

SGC : Service de Géodésie et de Cartographie

SIG : Système d'information Géographique

SNAP : Système National d'Aires Protégées

SNGE : Système National de Gestion de l'Environnement

SNGE : Système National de Gestion de l'Environnement

SNGRD : Système National de Gestion des Risques et des Désastres

SPANB : Stratégies et Plans d'Action Nationaux pour la Biodiversité

SPOT : Satellite pour l'Observation de la Terre

SRTM : Shuttle Radar Topography Mission

SVM : Support Vector Machines

THRS : Très Haute Résolution Spatiale

TIRS : Thermal Infrared Sensor

TM : Thematic Mapper

TNDVI : Transformed Normalized Difference Vegetation Index

UE : Union Européenne

UEH : Université d'Etat d'Haïti

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

UNIQ : Université Quisqueya

USAID : United States Agency for International Development

USAID : Agence Américaine pour le Développement International

USGS : United States Geological Survey

UTSIG : Unité de Télédétection et de Systèmes d'Information Géographique

WGS 84 : World Geodetic System 1984

ZCB : Zones de Conservation de la Biodiversité

Résumé

Depuis quelques années, la dégradation environnementale est devenue l'un des enjeux et défis les plus préoccupants en Haïti. Cette situation alarmante est surtout caractérisée par le déboisement et la déforestation qui induisent la dégradation des terres, la fragilisation et la perturbation des habitats et écosystèmes sous-jacents. Par conséquent, cela met en péril la biodiversité et engendre le dérèglement du climat en perturbant le cycle de l'eau et du carbone. Fort de ce constat, comprendre la dynamique de la forêt et du couvert arboré, devient une condition préalable, voire *sine qua non*, à la recherche d'une solution durable et efficace contre cette dérive environnementale.

L'objectif de cette thèse est de procéder à une analyse diachronique du couvert forestier au niveau des parcs et réserves nationaux haïtiens abritant les reliques forestières du pays en vue de déterminer le sens et les causes de la conversion du paysage au moyen de la télédétection. Cette étude est réalisée sur trois sites terrestres, à savoir les Parcs Nationaux Naturels de Forêt des Pins, de la Visite et de Macaya et un site côtier et marin, le Parc National des Trois Baies (PN3B). Les trois premiers sont constitués essentiellement de forêt de pins (*Pinus occidentalis*), hormis le Parc Macaya contenant une bonne partie de feuillus, alors que le dernier est formé principalement de mangrove.

Pour parvenir à l'objectif fixé, une cartographie multi-date des occupations physiques du sol a été réalisée sur chacun des sites d'étude envisagés. Ainsi, des images Landsat (TM, ETM et OLI) ont servi de base pour la classification thématique des sols. A partir des résultats de la classification pour chacune des dates qui ont été considérées, une matrice de changement a été établie. Cette démarche a permis non seulement de déceler les changements spatiotemporels du paysage, d'établir les relations de conversion entre les différentes catégories d'occupation du sol, mais aussi de déterminer les sens, la vitesse et le taux de changements des occupations du sol pour chaque période définie.

Les résultats obtenus ont permis de constater un recul continu de la couverture forestière au profit de l'extension des autres occupations identifiées, pour l'ensemble des périodes et pour chacun des sites d'étude. Au vu de ces résultats et à partir des informations recueillies sur le terrain, la destruction des superficies forestières résulterait principalement de l'anthropisation. Cette dernière est le plus souvent caractérisée par les mauvaises pratiques agricoles, l'artificialisation des espaces forestiers (développement urbain), l'exploitation des combustibles ligneux, l'extraction du bois d'œuvre et de construction et les incendies intentionnels. Ces actions sont soutirées, influencées et exacerbées par la défaillance de gouvernance et règlementaire associée à la précarité socio-économique et l'instabilité politique.

Maintenant, grâce à l'existence de données, les gestionnaires des Parcs nationaux et les différents acteurs concernés disposent d'un outil d'aide à la décision qui leur permettra de planifier au mieux la gestion et l'aménagement efficaces et durables de leurs aires d'intervention respectives.

Mots clés : Forêt, télédétection, biodiversité, changement climatique, anthropisation, Haïti.

Abstract

In recent years, environmental degradation has become one of the most worrying issues and challenges in Haiti. This alarming situation is above all characterized by deforestation and deforestation which lead to land degradation, the weakening and disturbance of the underlying habitats and ecosystems. Consequently, it endangers biodiversity and causes climate disruption by disrupting the water and carbon cycle. Based on this observation, understanding the dynamics of the forest and tree cover becomes a prerequisite, even sine qua non, in the search for a sustainable and effective solution against this environmental drift.

The objective of this thesis is to carry out a diachronic analysis of the forest cover at the level of Haitian national parks and reserves housing the forest relics of the country in order to determine the meaning and the causes of the conversion of the landscape by means of remote sensing. This study is carried out on three land sites, namely the National Natural Parks of Forêt des Pins, La Visite and Macaya and a coastal and marine site, the Three Bays National Park (PN3B). The first three are made up mainly of pine forest (Pinus occidentalis), apart from Macaya Park, which contains a large part of deciduous trees, while the last is made up mainly of mangroves.

To achieve the set objective, a multi-date mapping of physical land occupations was carried out on each of the study sites considered. Thus, Landsat images (TM, ETM and OLI) were used as a basis for the thematic classification of soils. From the results of the classification for each of the dates that were considered, a change matrix was established. This approach made it possible not only to detect spatiotemporal changes in the landscape, to establish the conversion relationships between the different categories of land use, but also to determine the directions, speed and rate of changes in land use for each period defined.

The results obtained showed a continuous decline in forest cover in favor of the extension of other identified occupations, for all periods and for each of the study sites. In view of these results and from the information gathered in the field, the destruction of forest areas would result mainly from anthropization. The latter is most often characterized by poor agricultural practices, artificialization of forest areas (urban development), exploitation of wood fuels, extraction of timber and construction, and intentional fires. These actions are drawn, influenced, and exacerbated by the governance and regulatory failure associated with socio-economic precariousness and political instability.

Now, due to the existence of data, the managers of National Parks and the various actors concerned have a decision support tool that will allow them to better plan the effective and sustainable management and development of their areas. respective interventions.

Keywords: Forest, remote sensing, biodiversity, climate change, anthropization, Haiti.

Introduction

D'après Parent (1990) l'environnement se définit comme « un ensemble, à un moment donné, des conditions physiques**,** chimiques et biologiques ainsi que des facteurs sociaux qui régissent la vie de l'homme. Selon Jolivet & Paré (1993), il est considéré comme « un ensemble d'agents physiques**,** chimiques et biologiques et des facteurs sociaux susceptibles d'avoir un effet direct ou indirect, immédiat ou à long terme sur les êtres vivants et les activités humaines. Dans ce cas, l'environnement peut se définir comme un milieu (terrestre ou aquatique) dans lequel évolue des êtres vivants (animaux et végétaux), conditionné par des éléments non vivants (le sol, l'eau, l'atmosphère, le climat). En effet, pour que les êtres vivants continuent d'exister il faut que les conditions abiotiques soient propices. Alors que, les humains, pour satisfaire leurs besoins et combler leurs désirs (Pyramide de Maslow), se livrent sans cesse à l'exploitation excessive de l'espace vital, ce qui engendre une dégradation accrue de l'environnement.

En fait, cette dégradation a débuté il y a longtemps, cependant ce sujet commençait à susciter un intérêt de plus en plus particulier depuis le sommet de Rio en 1992 organisé par l'ONU sur le climat. C'est à partir de cette aventure que les représentants des différentes nations participantes, fort de leur sensibilisation, ont commencé à prendre la décision de river un regard plus attentif et soutenu sur l'environnement en général, mais en particulier sur la diversité biologique et l'évolution du climat en se fixant des engagements concrets. Depuis, des « ***Conférences des Parties*** » se sont régulièrement organisées en vue de faire le bilan des engagements pris par les nations face au CCNUCC[1], mais aussi et surtout de fixer de nouveaux objectifs par rapport à ce combat incessant et ce défi costaud. Les COP 21 et 22 respectivement organisées à « **Paris** » et à « **Marrakech** » en sont des exemples. Entre temps, au cours de ces trois dernières décennies cette dégradation est devenue tellement critique qu'elle est devenue un sujet placé au centre des préoccupations de la communauté internationale et scientifique.

En 2015, à l'occasion de la commémoration de la journée mondiale de l'environnement, les constats et les évaluations ont montré que de nombreux écosystèmes terrestres ont atteint une phase critique et irréversible à cause notamment d'une forte croissance démographique et un développement économique galopant. Au-delà de ces constats, les prévisions ont montré que si en 2050, les modes de consommation et de production actuels ne changent pas, on aurait besoin de trois planètes pour

[1] Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique

maintenir nos modes de vie et de consommation avec une augmentation de la population de 9,6 milliards (ONU, 2015). Cet évènement[2] constitue un mécanisme utilisé par les Nations-Unies comme vecteur fondamental pour stimuler une prise de conscience globale et une action d'envergure mondiale pour la sauvegarde de l'environnement. En effet, cette démarche s'est évoluée vers l'aboutissement de la mise en place d'une plateforme mondiale mettant en branle la sensibilisation publique, et en ce sens pas mal d'efforts sont déjà entrepris. Cependant beaucoup de pas restent encore à faire, car malgré tout, des individus non avisés, des communautés inconscientes et des pays irresponsables continuent à épuiser sans réserve les domaines naturels dont notre avenir dépend. Il s'en suit, entre autres, le déclin de la biodiversité, une dégradation des écosystèmes forestiers et des sols, un souillage des milieux aquatiques, une pollution inquiétante de l'atmosphérique, une mauvaise gestion des déchets (AEE, 2015).

Interpelé par cette situation inquiétante nous comptons, dans le cadre de cette thèse, apporter une contribution dans le processus de recherche des solutions plausibles. Les problématiques et les thématiques environnementales étant multiples, à travers ce travail on se contente de mettre l'accent sur trois aspects majeurs **: *la protection des écosystèmes forestiers, la restauration de la biodiversité et la lutte contre le changement climatique***.

Il est d'un fait évident qu'il existe un lien indéniable entre la présence des forêts[3], la biodiversité et le climat. Cette relation d'interdépendance engendre nécessairement une dynamique inter-corrélée de ces éléments. De ce fait, toute modification au sein des écosystèmes forestiers aura des impacts sur la biodiversité et le microclimat, et vice-versa. En d'autres termes, le maintien et la restauration de la biodiversité par la gestion efficace des écosystèmes forestiers peuvent concourir à un rééquilibre de la nature et de l'environnement. **A*lors, comment interagissent ces différents éléments ?*** :

La biodiversité, en plus de la fourniture de matières premières (pour l'habitat et l'habillement), rend beaucoup de services à l'humanité. Là on se réfère, entre autres, à la qualité de l'air, la régulation climatique, la purification de l'eau, la lutte contre les parasites et les maladies, la pollinisation et la prévention des érosions, d'où la dépendance indéniable du bien-être et de la survie des humains de la biodiversité. Donc, la préservation de la biodiversité est devenue un enjeu fondamental et global pour la gestion durable de notre environnement et qui doit nous concerner tous.

[2] La Journée mondiale de l'environnement (JME) organisée par l'Organisation des Nations Unies
[3] Les forêts jouent un rôle d'habitat et de refuge pour de très nombreuses espèces animales et végétales sur terre.

Concernant le climat, pour que les plantes et arbres de la forêt puissent se développer, et que la biodiversité puisse s'entretenir et se maintenir il faut qu'il y ait un climat propice. Cela va par conséquent favoriser un environnement adéquat au développement et à l'épanouissement des différentes espèces (animales et végétales). Sachant que chaque espèce a besoin d'un niveau ensoleillement et de température ainsi que d'une quantité de précipitation. Dans ce cas, les dérèglements climatiques auront de grandes conséquences sur le foret et la biodiversité.

Quant aux forêts, elles contribuent à contrebalancer les émissions mondiales en CO_2 par l'absorption de carbone. Entre 2011 et 2015, Les forêts absorbent et stockent deux milliards supplémentaires de tonnes de CO_2 par an (FAO, 2015). Dans ce cas, si dans un temps record on n'arrive pas à stopper cette déforestation à laquelle on est en train d'assister, les forêts, bien qu'elles soient des puits de carbone par excellence, peuvent en même temps en devenir des sources irréfutables. Au-delà de cette fonction de régulateur climatique, les forêts, grâce à leur rôle d'habitat et de refuge, hébergent et abritent de très nombreuses espèces animales et végétales. En d'autres termes, elles participent au maintien et à la restauration d'une grande part de la biodiversité mondiale.

Pourtant, un peu partout sur la planète, en dépit des efforts déjà déployés, la déforestation[4] continue à prendre davantage d'ampleur au point qu'en 2014, le rythme du déboisement a été évalué à 13 millions d'hectares de couverture de forêts par an dans le monde (Magdelaine, 2016). Pour comprendre l'importance d'une telle dérive, il faut d'abord et surtout s'interroger sur les multiples conséquences qu'elle est susceptible d'entrainer, telles que : la prolifération des parasites et la propagation des maladies ; la perte de biodiversité, l'amplification des catastrophes naturelles et la vulnérabilité des milieux face au changement climatique.

Bien entendu, pour maitriser le mécanisme de ce déclin, il faut s'en attaquer aux causes fondamentales, entre autres : ***l'expansion agricole***, pointée du doigt comme la cause primordiale du déboisement à travers le monde, où les forêts sont détruites au profit de l'agriculture afin de subvenir aux besoins alimentaires de l'homme au rythme de la croissance démographique et du bétail (le cas de la canne à sucre au Brésil et de palmiers à huile en Indonésie); ***l'exploitation minière de métaux et de minéraux précieux*** qui constituent également des causes majeures de déboisement à cause de l'endommagement des milieux forestiers par les forages et la pose de pipelines[5]; ***l'extraction des***

[4] La conversion de la forêt à une autre utilisation des terres ou la réduction à long terme du couvert arboré au-dessous du seuil minimal de dix pour cent (selon les termes et définitions de la FAO)
[5] De gros conduits utilisés pour le transport des fluides sur de longues distances

combustibles fossiles et ***l'exploitation illégale du bois*** où la majeure partie de l'exploitation forestière dans les pays tropicaux clés comme le bassin de l'Amazone, d'Afrique centrale et d'Asie du Sud-est, est le fruit des actions illicites et clandestines.

En tout cas, le défi d'enrayer la dégradation de l'environnement en général, la perte de la biodiversité et les impacts du changement climatique dus à la destruction des écosystèmes forestiers (déforestation en particulier), est de taille. Dans de telle condition, des solutions adéquates mais aussi immédiates sont donc à mettre en branle en vue d'offrir à nous et à nos générations futures un avenir plus sûr et rassurant.

Dans cette démarche, des mécanismes de suivi et évaluation tant au niveau national, régional qu'international, sont mises en place par différents acteurs dans une pure tentative de freiner la progression de la déforestation, la perte de la biodiversité et l'évolution du climat. A titre d'exemple, il convient de mentionner, parmi tant d'autres :

- ✓ La mise en place du mécanisme dit « Liste rouge » par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), conçu en vue de dresser un bilan objectif des espèces animales et végétales menacées sur un territoire donné. Cet outil se veut aussi un levier de sensibilisation qui interpelle la responsabilité de toutes les catégories d'acteurs sur la nécessité, voire l'obligation, de préserver la biodiversité,
- ✓ La création des ***Réserves de la Biosphère*** à partir des zones à forte concentration de biodiversité par l'UNESCO, selon la « ***Convention sur la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel*** » et en considérant la biodiversité comme bien public global,
- ✓ La mise en place du mécanisme de « Réduction des Emissions liées à la Déforestation et à la Dégradation des Forêts ($REDD^+$) » dans le cadre de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC). Ce concept s'articule à la base autour des mesures d'incitations financières qui devraient être adoptées pour accroitre la valeur des forêts intactes au bénéfice des pays forestiers (Bemba, 2014). Ce mécanisme inclut des grands programmes de développement tels que la Gestion Durable des Forêts, la conservation de la Biodiversité et l'Accroissement des stocks de carbone.

En dépit de tout, le succès global n'est pas imminent, ce qui nécessite encore beaucoup d'efforts tant à l'échelle internationale, que régional et national. En effet, les acteurs concernés doivent, par leurs engagements et leurs actions, continuer à combiner leurs efforts afin de sauver la planète en général, et leur territoire hôte en particulier contre ce fléau.

Autant dire, Haïti n'est pas exempte de cette situation alarmante, et en tant que nation à part entière, doit se doter des moyens propres et efficaces pour y remédier. Pourtant, à ce sujet, sa situation reste encore plus critique aux yeux de la communauté internationale. D'un côté, beaucoup d'acteurs nationaux, régionaux et internationaux sont très critiques par rapport à la situation environnementale en Haïti, en déclarant que sa couverture forestière soit estimée à moins de 2 % de la superficie totale du territoire ou moins de 1 % de celle de la Caraïbe (Magny, 1991). D'un autre côté des recherches ont montré que ce territoire est tellement riche en biodiversité qu'il fait partie des points importants (**Hotspots**) de la biodiversité de la Caraïbe voire du monde entier (BirdLife International, 2010). Or, cette biodiversité est recelée, en principe, dans les zones de végétation, plus particulièrement les forêts. Ces dernières quant à elles sont établies en général sur des sites stratégiques, en l'occurrence des Parcs nationaux et réserves nationaux Haïtiens, considérés comme Zone clés de la biodiversité (ZCB) par la commission mondiale des aires protégées ou déclarés ***Réserves de la biosphère*** et patrimoines mondiaux par l'UNESCO. Dans ce cas, il y a une certaine divergence et incohérence qui y règne. Ainsi, à travers cette activité de recherche, non comptons réaliser toute une série d'opérations, en passant par une évaluation spatio-temporelle de la couverture forestière au niveau des sites clés, afin de mettre à plat ce sujet et d'apporter des réponses plus pertinentes aux plus curieux et de mettre à disposition des gestionnaires de ces milieux un outil stratégique d'aide à la décision.

En fait, ce travail de recherche est constitué de plusieurs sections différentes mais interdépendantes :

1. **La section I** qui traite de traite de l'introduction générale de la recherche
2. **La section II** qui porte sur le cadre conceptuel et théorique de la recherche, en d'autres termes le développement des concepts clés relatifs à la recherche
3. **La section III** qui expose l'état de l'art relatif aux différentes disciplines visées dans le cadre de cette recherche dont
   - ✓ Le contexte de l'évolution du domaine de la géomatique en Haïti
   - ✓ La gouvernance de la lutte contre le changement climatique en Haïti et la place des écosystèmes forestiers
   - ✓ La gestion et la conservation de la biodiversité en Haïti et l'importance de la couverture forestière
   - ✓ La gestion du domaine forestier et les caractéristiques des écosystèmes forestiers haïtiens
4. **La section IV** qui traite de la production des données et de l'analyse diachronique de la couverture forestière au niveau des parcs nationaux haïtiens ciblés par la recherche

- ✓ Estimation de la couverture arborée en Haïti à partir d'une expérimentions basée sur les images Landsat-8 (OLI/TIRS)
- ✓ Analyse de la dynamique spatiotemporelle de la couverture forestière au niveau des parcs ciblés

5. **La section V** qui traite de la conclusion et des recommandations générales

Problématique relative à la thèse

Les forêts sont donc des écosystèmes terrestres à l'intérieur desquels on peut trouver une diversité biologique importante, compte tenu de leurs rôles d'habitats ou d'abris pour diverses espèces animales, mais aussi comme source d'alimentation. Il s'en suit un lien indéniable entre cette biodiversité et la présence ou la structure même de la végétation. La forêt joue non seulement un rôle prépondérant dans la conservation de la biodiversité, mais aussi et surtout renvoie à des problématiques complexes du concept de développement durable comme : la régulation des mécanismes qui régissent les changements climatiques, la maîtrise de la déforestation, les interactions forêt-agriculture et agroforesterie, la valorisation des produits forestiers ligneux et non ligneux, l'aménagement forestier et la réglementation de l'exploitation forestière, etc. Finalement, les forêts rendent tellement de services à l'homme et aux animaux qu'elles sont considérées comme la base ou le fondement du système naturel. Pourtant cette richesse est fortement menacée, surtout du fait de l'explosion démographique enregistrée ces derniers temps. En effet, même si l'homme semble de plus en plus conscient des bénéfices qu'il pourrait tirer de toute cette richesse biologique, il y a urgence à agir, car l'érosion de la biodiversité est bien en cours.

Ce que l'on sait ?

Face à ce constat, la lutte contre le changement global, la protection de la biodiversité et la reconnaissance de la valeur des écosystèmes sont maintenant des préoccupations planétaires auxquelles adhère l'ensemble de la communauté scientifique (Toujas 2015). Dans ce cas, trois conventions[6] ont été établis par les Nations Unies en vue d'enrayer le phénomène de la dégradation de l'environnement. Par la suite, la ratification et l'adoption ont débouché sur la réalisation annuelle de la Conférence des Parties (COP[7]) au sein de laquelle les problématiques environnementales demeurent un sujet d'actualité. Au cours de la réalisation des différentes COP, des engagements de

[6] La Convention Cadre des Nations Unies sur le changement Climatique (CCNUCC), la Convention des Nations Unies Sur la Lutte contre la Désertification (CNULCD) et la Convention sur la Diversité Biologique (CDB)

[7] Conférence des Parties sont des événements annuels organisées par l'ONU en vue de faire le suivi des engagements pris par les signataires de la convention (CDB)

plus en plus contraignants, sont pris par les pays signataires, dont Haïti, en vue de sauvegarder et de restaurer la biodiversité mondiale et de lutter efficacement contre le climat. Dans ces conditions, les professionnels et les décideurs concernés doivent se doter d'outils et de données pertinentes leur permettant de faire une évaluation et un suivi régulier, mais surtout efficace, de l'état de l'environnement, notamment celui de la biodiversité et des écosystèmes forestiers en vue de prendre les bonnes décisions au bon moment.

Dans cette perspective, les grandes nations ont mis au point une palette de technologies en vue de parvenir à leur but. On peut citer par exemple : la mise en orbite des satellites qui aident les scientifiques à mieux comprendre la multiplicité et la complexité des mécanismes à l'œuvre sur Terre par la technique de la télédétection, la mise au point des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) qui permettent aux techniciens gestionnaires des territoires d'acquérir ou de produire, d'analyser et de traiter des données et/ou informations géographiques sur un espace donné etc.

En Haïti, la problématique environnementale se pose manifestement, elle demeure de plus en plus préoccupante et est exprimée d'une manière transversale. A rappeler que les conséquences du séisme de janvier 2010, associées à la vulnérabilité socio-économique de la population, ont contribué à accentuer les mécanismes de dégradation qui, selon certains, ont déjà atteint un seuil très critique (Dufour, 2011). Dans de telle condition, la prise de décision devient urgente, quoique de plus en plus difficile pour les gestionnaires des territoires, notamment pour ceux doivent assurer la gestion et maintien des écosystèmes forestiers. De ce fait, les solutions nécessitent donc l'adoption d'outils technologiques novateurs et efficaces comme ceux de la télédétection qui restent encore très peu ou mal connue en Haïti.

Ce que l'on veut savoir et que l'on cherche à démontrer ?

En raison de ce déficit technologique dont on vient de faire mention, l'évaluation, et le suivi de la couverture végétale, ou plus particulièrement de la couverture forestière en Haïti, reste un défi majeur. D'abord, la superficie couverte en forêt en Haïti n'est pas connue avec exactitude (MDE, 2015a) bien qu'un fameux taux de 2 % est souvent avancé dans certains documents. Ensuite, les chiffres évoqués par les différentes sources, notamment dans des travaux plus récents, sont le plus souvent différents voire très incohérents. Cela peut se justifier en se référant aux travaux de Churches, et al. (2014) révélant un taux de 29,4 à 32,3 % de couvert forestier en 2011, de Hedges, et al. (2018) indiquant 0,32 % de forêt primaire en 2016, de Melo Ramirez (2018) évoquant 65,30 % de surface boisée en 2017 et du rapport du MDE & PISLM (2019) affirmant 13,5 % de couvert arboré en 2015, entre autres.

Compte tenu de cette incohérence, il est difficile de s'accrocher à un chiffre ou un à autre en termes d'aide à la décision.

En fait, le constat est clair qu'il existe une dégradation excessive de la couverture forestière au niveau, en particulier au niveau des reliques les plus importants, mais l'essentiel est de savoir comment la quantifier de manière plus précise ? Cependant, la difficulté maintenant est que les gestionnaires des espaces forestiers au niveau du pays maitrisent peu les techniques ou les outils technologiques appropriées. Ainsi, dans le cadre de cette thèse nous tentons de mettre à profit une solution technologique très innovantes et inédites par rapport aux autres solutions déjà mise en œuvre ou proposées : *l'utilisation de la télédétection*.

Pourquoi proposer une telle solution ?

Depuis environ une trentaine d'années, l'évolution des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) et de la télédétection ne cessent de prendre de l'ampleur. Cela s'explique par le fait que, suite aux retombées des avancées des moyens informatiques, de l'accessibilité à l'information géographique, et en fonction de nos besoins ou de notre manière d'appréhender les problématiques quelles qu'elles soient, le SIG et la télédétection deviennent des domaines qui peuvent toucher à tous les secteurs. De plus ils évoluent actuellement dans un contexte plus que favorable avec notamment l'amélioration faite au niveau de la résolution spatiale, spectrale et radiométrique des images satellitaires. Ces progrès techniques, fondés sur des caractéristiques inédites, confèrent à ces dispositifs technologiques la capacité de répondre à des problématiques environnementales diverses, notamment la résolution de problèmes liés à la gestion des ressources naturelles (sol, eau, forêt etc.).

Dans le cadre de cette thèse, on se donne pour objectif principal de déterminer et de mettre en évidence la potentialité de la télédétection pour le suivi et l'évaluation des écosystèmes forestiers haïtiens. En effet, les résultats de cette étude doivent permettre aux gestionnaires du territoire de mieux comprendre l'évolution de la dégradation forestière en Haïti et de contribuer à la restauration de l'environnement, à la conservation de la biodiversité et à la lutte contre le changement climatique. En plus, étant en plein essor, cette stratégie permet à de nombreux de programmes d'augmenter leur valeur ajoutée par la quantité de données disponibles, ainsi que leur qualité en termes de temps.

Les hypothèses émises

La présente recherche a donc pour but de vérifier les hypothèses selon lesquelles une image satellitaire à haute résolution et/ou à très haute résolution offre la possibilité : 1) d'identifier différents groupes

homogènes d'occupation du sol et de faire un état des lieux d'une zone ; 2) de faire une analyse diachronique des données de télédétection aériennes et/ou spatiale en vue d'apprécier les changements temporels pour une zone déterminée ; 3) de localiser et de suivre les écosystèmes menacés en vue d'une intervention ponctuelle, rapide, rationnelle et efficace.

En définitive, on part de la conviction que la télédétection peut nous permettre de surveiller notre environnement sur de larges étendues, de faire des comparaisons dans le temps et dans l'espace, afin de mieux comprendre le fonctionnement et la dynamique des écosystèmes dont on dépend quotidiennement.

1 Cadre conceptuel et théorique relative à la recherche

Introduction

L'objet principal de la présente recherche est l'évaluation synchronique et diachronique du couvert forestier au niveau des parcs et réserves nationaux en Haïti. Cette initiative a été inspirée de l'évidence que depuis un certain temps les écosystèmes forestiers dudit territoire font montre d'une dégradation très préoccupante. L'importance des écosystèmes forestiers ne doit pas se mesurer, comme on a tendance de le faire souvent, seulement à la présence des ressources ligneuses, compte tenu du fait que les produits non ligneux sont aussi entachés d'énormes valeurs pathétiques qui méritent donc d'être prises en considération. Ces éléments, souvent négligés par certains, ont des importances non seulement économiques et écologiques, mais également culturelles et récréatives, voire sociale.

L'existence d'un couvert forestier sur un espace ou un territoire donné implique l'existence d'une variété de vie (Daily, et al., 1997), les unes aussi intéressantes que les autres ; ligneuses (les arbres) et non-ligneuses (autres types de végétaux : herbacés, lichens, champignons et de formes de vie). En d'autres termes, au niveau de ces écosystèmes peuvent se cohabiter des espèces de genres et de règnes différents : les végétaux (**gymnospermes, angiospermes, cryptogames** etc.) et les animaux (**oiseaux, mammifères, reptiles, batraciens, micro-organismes** etc.), cela dit, prétendre évaluer l'étendue ou la perturbation d'un tel écosystème revient également à apprécier l'existence, la quantité et la répartition de ces différentes formes de vie au niveau de l'espace considéré.

En outre, il est patent que les écosystèmes forestiers interagissent en permanence avec le climat et le milieu environnant. Cette interaction dépend de l'importance de ces écosystèmes, non seulement en termes de leurs tailles, mais aussi en termes de leurs compositions. Cet état de fait peut se justifier en faisant référence aux rôles qu'ils jouent dans les cycles de l'eau et du carbone.

Tout compte fait, pour évaluer ces éléments et ces paramètres, on va devoir utiliser des outils performants, efficaces et adaptés. A ce titre, compte tenu de la capacité des outils SIG et la télédétection à pourvoir à de telles exigences, notamment par leurs évolutions technologiques innovantes, le dévolu a été jeté sur leur usage. En somme, cette thématique de recherche porte de l'intérêt sur plusieurs disciplines à savoir la foresterie qui traite des écosystèmes forestiers et qui est la clef de voute du sujet, la biodiversité qui exprime l'existence des différentes formes de vie, le changement climatique qui tisserait un lien indéniable avec les végétaux et la télédétection qui

permettra d'évaluer la présence et la répartition de ces paramètres. D'où la nécessité, à travers ce chapitre, de passer en revue et de définir certains concepts clés portants sur ces disciplines et relatifs à la compréhension et à la réalisation de la présente recherche.

1.1 Définitions de quelques concepts clés du SIG et de la télédétection

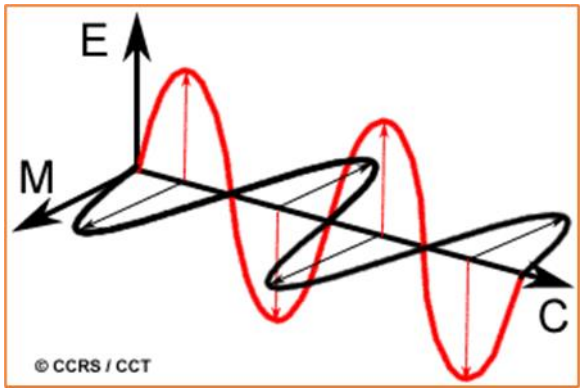
Le Système d'Information Géographique (SIG) et la télédétection font partie d'une discipline dénommée la « **géomatique** ». Cette dernière est définie comme une « discipline moderne qui intègre la collecte, le stockage, le traitement, la modélisation, l'analyse et la diffusion de données spatiales et d'information de localisation ». Elle englobe l'arpentage, l'hydrographie, la cartographie, la télédétection (souvent appelée observation de la Terre) et le traitement de l'information géographique à l'aide de système d'information géographique (souvent appelé SIG) (CCCOT, 2015).

1.1.1 Définition, anecdote et dynamique de la télédétection

La télédétection fait l'objet d'une gamme de définition avec des termes différents en orthographie, mais dans l'ensemble tout revient au même en termes de perception. Le terme télédétection (« remote sensing ») désigne, dans son acception générale, un ensemble de techniques permettant de mesurer à distance (c'est-à-dire sans contact) des grandeurs physiques caractéristiques des objets ou des phénomènes étudiés. Toutefois, en pratique, il est surtout utilisé pour les applications spatiales et aéroportées, et concerne essentiellement les techniques mises en œuvre pour l'observation de la surface de la Terre et d'autres planètes (Daniel, 2018). Au sens plus pointu, Le mot télédétection désigne l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci (Source : Commission interministérielle de terminologie de la télédétection aérospatiale, 1988).

Dans le domaine aérospatial, la télédétection est en fait l'ensemble des techniques qui permettent, par l'acquisition d'images, d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre en utilisant les propriétés du rayonnement électromagnétique émis, réfléchi ou diffusé par les corps ou surfaces étudiés. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et analyser l'information qu'il représente (CCCOT, 2015).

Figure 1: Propriété des ondes électromagnétiques



En somme, la télédétection est la science (et l'art, en quelque sorte) qui vise l'acquisition d'information sur la surface terrestre sans qu'il y ait de contact avec la Terre (CCCOT, 2015). Dans ce cas, l'énergie réfléchie ou émise est captée et enregistrée pour que l'information ainsi acquise soit par la suite traitée, analysée et appliquée au besoin (Bappel, 2005).

1.1.1.1 Brève anecdote du concept télédétection et de son apparition

L'expression télédétection est la traduction du terme en anglais « remote sensing ». Ce néologisme désignant l'ensemble des techniques permettant d'étudier des objets ou des phénomènes à distance, fit son apparition aux Etats-Unis dans les années soixante, suite au lancement des premiers satellites d'observation de la terre et l'acquisition des premières images/photographies du globe terrestre par TIROS[8]1(Television InfraRed Observation Satellite). Cet exploit a permis de compléter et d'améliorer les prises de vues réalisées par les capteurs aéroportés destinés à la photographie aérienne traditionnelle. Néanmoins, le terme de télédétection a été introduit officiellement dans la langue française en 1973 (Kergomard, 2017).

1.1.2 Système d'Information Géographique (SIG) : Définition du concept

Pour pouvoir bien définir le concept du SIG, il importe de définir certains éléments clés de cette expression. Tout d'abord, il est nécessaire d'attirer l'attention du lecteur d'abord sur le vocable **système d'information** et ensuite sur deux termes dont les significations prêtent souvent à équivoque : **Information** et donnée **géographiques**.

C'est quoi un système d'information ?

En faisant référence à la définition de Bédart (1982) citée par (Pornon, 2015), un système est un ensemble organisé globalement et comprenant des éléments qui se coordonnent pour concourir à un résultat. En effet, les éléments du système sont liés entre eux par des relations déterminées. Selon **Matheron, 2003,** cité par Wangi Ngoy (2007), le système d'information est composé d'éléments divers chargés de stocker et de traiter les informations relatives au système opérant afin de les mettre à la disposition du système de pilotage.

1.1.2.1 Information et donnée géographiques

Les notions « d'information » et de « donnée » sont souvent utilisées sans distinction dans le langage courant. Il est donc important de rappeler ce qui différencie, de manière générale, une information

[8] Premier satellite météorologique équipé de caméras de télévision pour le suivi des masses nuageuses

d'une donnée. Une **information** est le résultat d'un processus, obtenu à partir de **données brutes**, acquises sur un objet, une surface, un phénomène, puis mises en forme, structurées dans une base de données, et enfin analysées, exploitées par un utilisateur (Puissant, 2003). L'information est également une représentation de la réalité dans le temps et dans l'espace.

Une **donnée** ou une **information** est appelée **« géographique »** si elle fait référence à la description d'objets, d'événements, de phénomènes spatialement référencés par rapport à la surface de la terre (Puissant, 2003). Selon ce même auteur, la possibilité d'associer une localisation à des informations de nature extrêmement diverse (données économiques, sociales, techniques, *via* une adresse, un nom de lieu, un zonage administratif, des coordonnées mesurées par satellite) élargit le champ de l'information géographique.

1.1.2.2 Système d'Information Géographique (SIG)

La Société française de photogrammétrie et télédétection (1989) stipule que « un SIG est un système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace ». De ce fait, les systèmes d'information géographique (SIG) sont des outils informatiques utilisés dans le but de représenter un élément, un objet, un territoire ou un phénomène sur le globe terrestre. Grace à ces outils, il est possible d'acquérir, d'organiser, de gérer, de traiter, de représenter et de restituer des données géographiques dans un contexte ou un but bien particulier.

Les SIG, contrairement à ce que pensent beaucoup de gens, ne se limitent pas à l'utilisation des logiciels de gestion de données géographiques, mais concernent l'ensemble des ressources informatiques mobilisées, des données géographiques exploitées, des étapes et des démarches méthodologiques adoptées et les ressources humaines utilisées et destinataires.

1.1.2.3 Le paradigme du système d'information géographique (SIG)

Les SIG sont utilisés pour réaliser des descriptions de la réalité permettant d'obtenir l'information nécessaire pour répondre à une problématique donnée. Ces représentations cherchent à reproduire le plus fidèlement possible la réalité d'une manière compréhensible par les utilisateurs et utilisable informatiquement dans le but de répondre à des objectifs donnés.

1.1.3 Historique et dynamique du domaine de la géomatique dans le monde

Selon une suite logique, mais plutôt simple, l'avènement de la géomatique a suivi celui de l'informatique, si bien qu'elle a d'abord consisté à l'automatisation de la cartographie. Puis, les progrès informatiques ont permis l'intégration d'une masse croissante de données localisées, rendant nécessaire l'usage de bases de données à référence spatiales, ouvrant la voie à la conception du Système d'Information Géographique (SIG). Ensuite, la nécessité de gérer et de contrôler les territoires au moment de la guerre, ont impulsé la mise en orbite des satellites d'observation et la Terre et le progrès de l'aviation spatiale (Gueye, 2013).

« L'introduction de la cartographie **automatique** est l'événement le plus remarquable et le plus lourd de conséquences qui se soit produit dans le développement de la cartographie au cours des dernières décennies. La conception comme la réalisation des cartes en ont été bouleversées. Opérationnelle depuis 1960 environ, la cartographie automatique se perfectionne sans cesse avec une rapidité surprenante, et son usage est désormais de pratique courante. Elle a engendré le néologisme géomatique, né de la contraction de géographie et informatique. Celui-ci définit l'ensemble des technologies permettant de modéliser, de représenter et d'analyser le territoire pour en faire des représentations virtuelles : géolocalisation, imagerie spatiale, bases de données, système d'information géographique, systèmes décisionnels, technologies du Web etc. » (Joly, Bonnerot, & Ducom, 2018)

1.1.3.1 Brève anecdote du concept SIG et de son apparition

Pour parler de l'apparition du concept SIG, il est d'abord nécessaire de parler de la cartographie et de son évolution à travers le temps. Puisque ce domaine est en fait une évolution de la cartographie associée à la technologie informatique. La cartographie est l'ensemble des études et des opérations scientifiques et techniques intervenant dans l'établissement des cartes ou plans, à partir des résultats d'observations directes ou de l'exploitation d'une documentation préexistante (Joly, Bonnerot, & Ducom, 2018). Une carte est une représentation géométrique plane, simplifiée et conventionnelle, de tout ou partie de la surface terrestre, dans un rapport de similitude convenable qu'on appelle l'échelle.

La cartographie a pour but la conception, la préparation et la réalisation des cartes. Sa vocation est la représentation du monde sous une forme graphique et géométrique. Ainsi, elle répond à un besoin très ancien de l'humanité qui est de conserver la mémoire des lieux et des voies de communication ainsi que de leurs caractères utiles ou hostiles à l'activité des hommes (Joly, Bonnerot, & Ducom, 2018). D'abord stricte description de la Terre connue et des itinéraires maritimes ou terrestres parcourus par les militaires et les marchands, la cartographie s'est diversifiée avec le temps. Grâce à sa

précision et à son efficacité, elle est devenue, à partir du XVIIe siècle, un instrument de connaissance et de puissance au service des États et un moyen de prévoir et de planifier l'action de l'homme sur le milieu.

Depuis l'Antiquité, les hommes ont cherché à représenter leur territoire et à mémoriser des itinéraires. Jusqu'au XVIIe siècle, les cartographes se sont surtout préoccupés de donner une image d'ensemble de la Terre au fur et à mesure de sa découverte. À partir de cette période, apercevant que la gestion de l'administration territoriale et de la guerre exigea des cartes plus détaillées et à plus grande échelle (Joly, Bonnerot, & Ducom, 2018), les grandes nations commencèrent à s'intéresser grandement à la cartographie, et par conséquent ces intérêts auraient surtout des raisons particulièrement militaires. Cette conjoncture a suscité, en effet, l'intégration et l'usage de la géodésie et de la topographie dans le souci d'améliorer la précision des données de levé de terrain.

Cette partie de l'évolution du domaine ne nous intéresse guère, car elle importerait très peu dans le cadre de notre recherche, mais puiser l'origine de n'importe quel domaine est primordial pour comprendre l'intérêt, l'essence et la nature de son évolution. Toutefois, il faut mentionner que la période moderne de la cartographie topographique commence avec les grandes réalisations du **XIXe siècle** (Joly, Bonnerot, & Ducom, 2018).

De la première guerre mondiale à la fin des années 50, la **photographie aérienne** devient un **outil opérationnel pour la cartographie**, la recherche pétrolière, la surveillance de la végétation (Gueye, 2013).

Les conflits du **XIXe siècle** stimulent la production de cartes à grande échelle en Europe, puis en Afrique, en Océanie et en Amérique du Sud, parallèlement à l'expansion de l'Occident (Joly, Bonnerot, & Ducom, 2018). Depuis, le domaine, tant sur le plan d'usage que sur les plans fonctionnel et technologique, ne cesse de prendre de l'ampleur au niveau mondial. Ainsi, au début du **XXe siècle**, la cartographie profite des progrès de la géophysique dans la détermination de l'ellipsoïde comme du perfectionnement technique des instruments de mesure, de l'usage systématique de la photographie dans les traitements graphiques et du développement de l'impression polychrome (Joly, Bonnerot, & Ducom, 2018). Au final, Les systèmes d'Information Géographique sont devenus les pivots de l'information et de l'analyse du territoire (Puissant, 2003).

1.1.4 La compréhension du mécanisme de la télédétection

Comme mentionné antérieurement dans la rubrique des définitions, le terme télédétection évoqué dans notre recherche, concerne essentiellement les techniques mises en œuvre pour l'observation de la surface de la Terre. Pour ce faire, des capteurs sont alors embarqués à bord d'un vecteur qui peut être : un ballon aérien, un avion, une navette ou dans le cas spécifique à cette étude, un satellite.

La mise en place de ce système nécessite fondamentalement l'exploitation de la mesure du rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi par les objets. En fonction des longueurs d'onde ou des caractéristiques des ondes, ce rayonnement pour être analysé, est catégorisé en plusieurs secteurs dits domaines, notamment :

- Le **visible** s'étalant du bleu au rouge et de l'infrarouge, dans ce cas on parle de capteurs dits **optiques** ;
- Les **micro-ondes** millimétriques ou centimétriques (**hyperfréquences),** au-delà de l'infrarouge moyen et thermique, et dans ce cas-là on parle des capteurs dits **Radars (***Radio Detection And Ranging***).**

Dans la première catégorie, la source énergétique utilisée est le soleil qui produit le rayonnement analysé, et on parle en effet de « **Capteurs Passifs** ». Tandis que dans la seconde, le rayonnement est produit par le capteur lui-même, de ce fait, il est à la fois émetteur et récepteur des ondes électromagnétiques produites ; on parle alors de « **Capteurs Actifs** ».

Le rayonnement en provenance de la source lumineuse doit traverser l'atmosphère avant d'atteindre une cible à la surface de la terre. En traversant l'atmosphère, il doit renter en interaction avec les particules et les molécules qui s'y trouvent. En outre, arrivant à la surface, il produit une autre interaction avec la cible dépendamment de sa nature (Kergomard, 2000) : sa texture, sa structure, ses caractéristique physicochimique, sa température, sa teneur en humidité, etc.

1.1.4.1 Interactions rayonnement-atmosphère

Avant que le rayonnement utilisé pour la télédétection n'atteigne la surface de la Terre (Kergomard, 2000), celui-ci doit traverser une certaine **épaisseur d'atmosphère**. Les particules et les gaz dans l'atmosphère peuvent dévier ou bloquer le rayonnement incident (CCT, 2002). Ces effets sont causés par les mécanismes de **diffusion** et d'**absorption**. La diffusion se produit lors de l'interaction entre le rayonnement incident et les particules ou les grosses molécules de gaz présentes dans l'atmosphère (Kergomard, 2000). Les particules dévient le rayonnement de sa trajectoire initiale. Le niveau de

diffusion dépend de **plusieurs facteurs** comme la **longueur d'onde**, la **densité de particules** et **de molécules**, et l'**épaisseur de l'atmosphère** que le rayonnement doit franchir (CCT, 2002). Toutefois, il existe, selon la nature et le diamètre des particules et des molécules en interaction, trois types de diffusion :

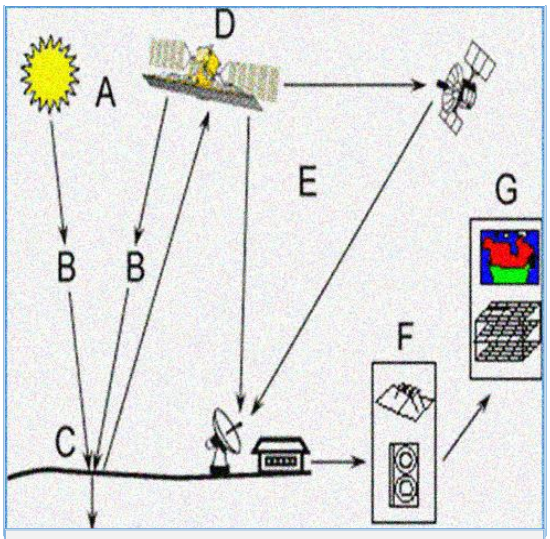
- La ***diffusion de Rayleigh*** quand la longueur d'onde (**λ**) > au diamètre (***d***) des particules ou des molécules (**λ>d**). Elle est proportionnelle à λ^{-4}, et importante pour **λ < 550nm**, liée à l'action des molécules d'oxygène et d'azote (Girard & Colette, 2010) ;
- La ***diffusion de Mie*** quand le diamètre (***d***) des particules ou des molécules se situe entre longueur d'onde (**λ**) * 10^{-2} et longueur d'onde (**λ**)* 10^{2} (**$\lambda.10^{-2} < d < \lambda.10^{2}$),** où **λ ≈ d.** Elle suit une loi simplifiée en λ^{-1}, due aux aérosols en suspension dans l'air (poussières, microgouttelettes d'eau) particulièrement importante près des sites industriels (Girard & Colette, 2010);
- La ***diffusion non-sélective*** quand le diamètre (***d***) des particules ou des molécules est supérieur à la longueur d'onde (**λ**) ou **d> λ**. Cette diffusion se produit dans le cas des nuages épais.

1.1.4.2 Interactions rayonnement-cible

Le rayonnement qui n'est pas absorbé ou diffusé dans l'atmosphère peut atteindre et interagir avec la surface de la Terre (Kergomard, 2000). Lorsque l'énergie atteint la cible, la surface peut absorber (**A**) l'énergie, la transmettre (**T**) ou réfléchir (**R**) l'énergie incidente. L'énergie incidente totale interagira avec la surface selon l'un ou l'autre de ces trois modes d'interaction ou selon leur combinaison. La proportion de chaque interaction dépendra de la longueur d'onde de l'énergie, ainsi que de la nature et des conditions de la surface.

1.1.4.3 Le mécanisme de la télédétection par imagerie satellitaire

Figure 2 : Mécanisme de la télédétection



Source : Centre Canadien de Télédétection

Source d'énergie (A) - À l'origine de tout processus de télédétection se trouve nécessairement une source d'énergie pour illuminer la cible (Le cas du soleil dans le cas de la télédétection passive)

Rayonnement et atmosphère (B) - Durant son parcours entre le soleil et la cible (le couvert végétal dans notre cas), le rayonnement EM émis interagit avec l'atmosphère terrestre

Interaction avec la cible (C) - Une fois parvenue aux parcelles de cannes à sucre (zones sous étude dans notre cas), l'énergie interagit avec la surface du couvert végétal.

Enregistrement de l'énergie par le capteur (D) - Une fois le rayonnement réfléchi par la cible (le couvert végétal dans notre cas), il doit être capté à distance par un capteur qui n'est pas en contact avec la cible pour être enfin enregistrée.

Transmission, réception et traitement (E) - L'énergie enregistrée par le capteur est transmise à une station de réception où l'information est transformée en images numériques

Interprétation et analyse (F) - Une interprétation visuelle et/ou numérique de l'image traitée est ensuite nécessaire pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible,

Application (G) - La dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraite de l'image pour observer l'état de la cible (la couverture forestière dans notre cas).

1.1.4.4 Présentation et description du spectre électromagnétique

Le **spectre électromagnétique** s'étend des courtes longueurs d'onde (dont les rayons gamma et les rayons X) aux grandes longueurs d'onde (micro-ondes ou ondes radio) (Baghdadi & Zribi, 2017). La télédétection utilise plusieurs régions du spectre électromagnétique. Les plus utilisés sont l'ultraviolet, le spectre visible et les hyperfréquences.

a) L'ultraviolet

Les plus petites longueurs d'onde utilisées pour la télédétection se situent dans l'ultraviolet. Ce rayonnement se situe au-delà du violet de la partie du spectre visible. Certains matériaux de la surface terrestre, surtout des roches et minéraux, entrent en fluorescence ou émettent de la lumière visible quand ils sont illuminés par un rayonnement ultraviolet (CCT, 2002).

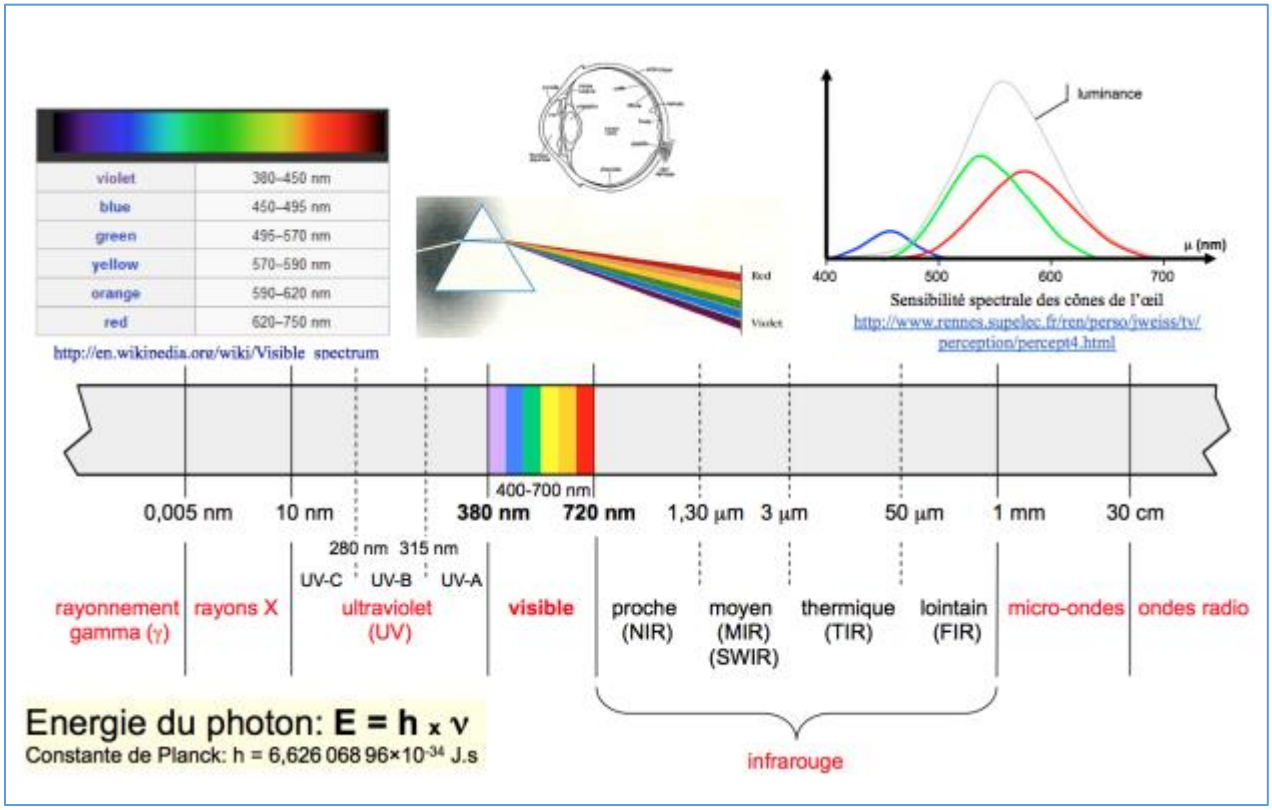
b) Le spectre visible

La lumière que nos yeux (nos tout premiers "capteurs de télédétection") peuvent déceler se trouve dans ce qui s'appelle le "**spectre visible**". Il est important de constater que le spectre visible représente une bien petite partie de l'ensemble du spectre. Une grande partie du rayonnement électromagnétique qui nous entoure est invisible à l'œil nu, mais il peut cependant être capté par d'autres dispositifs de télédétection (CCT, 2002). Les longueurs d'onde visibles s'étendent de 0,4 à 0,7 mm et s'étend donc du violet au rouge. Néanmoins, le bleu, le vert et le rouge sont les couleurs (ou les longueurs d'onde) primaires du spectre visible.

c) Les hyperfréquences

Depuis quelques temps, la région des hyperfréquences suscite beaucoup d'intérêt en télédétection (CCT, 2002). Cette région comprend les plus grandes longueurs d'onde utilisées en télédétection et s'étend approximativement de 1 mm à 1 m. Les longueurs d'onde les plus courtes possèdent des propriétés semblables à celles de l'infrarouge thermique, tandis que les longueurs d'onde les plus grandes ressemblent aux ondes radio (CCT, 2002).

Figure 3 : Représentation des ondes dans le spectre électromagnétique



Crédit image : Serge Razianoff

1.1.5 Les deux catégories de télédétection : La télédétection passive et active

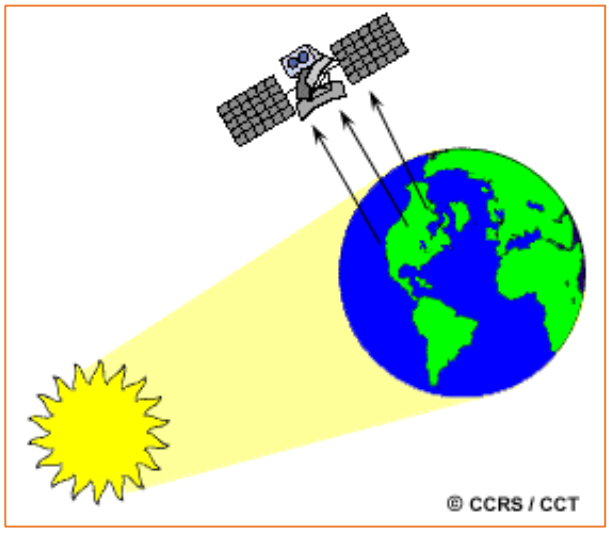
Les dispositifs de télédétection qui mesurent l'énergie disponible naturellement sont des capteurs passifs. Le capteur passif peut seulement percevoir l'énergie réfléchie lorsque le Soleil illumine la Terre. Il n'y a donc pas d'énergie solaire réfléchie le soir, tandis que l'énergie dégagée naturellement (l'infrarouge thermique) peut être perçue le jour ou la nuit.

Comme expliqué antérieurement, selon la subdivision du spectre électromagnétique, le domaine optique est limité au rayonnement du visible et du proche Infrarouge (de **0.5 à 4 µ**) et y est exclu l'infrarouge thermique (Rudant, 2016). Le visible et le proche Infrarouge sont les rayonnements réfléchis par la terre et la thermique qui se trouve autour de **10 µ** est une émission propre de la terre. Au-delà du domaine du thermique (Rudant, 2016) se trouvent les ondes Radio utilisées dans le Radar.

1.1.5.1 La télédétection passive dans le visible et le Proche Infra Rouge

La télédétection passive est une forme de télédétection dite optique qui prend en compte les longueurs d'onde du **visible** (Vis) et du **proche Infrarouge** (PIR) dans le spectre électromagnétique. Sa source d'énergie unique est le soleil. Comment est décrit le mécanisme de fonctionnement de ce système de télédétection ?

Figure 4 : Télédétection passive dans le visible/ PIR



L'énergie solaire traverse l'atmosphère terrestre pour atteindre des cibles au sol. Cette énergie en atteignant une cible peut être soit réfléchie par sa surface, soit transmise par celle-ci ou absorbée et emmagasinée à l'intérieur même de la cible.

De ce fait, la réponse des cibles donne généralement lieu à une combinaison complexe de ces trois formes d'interaction : réflexion, transmission et absorption (Briant, 2009). Le comportement de la cible, compte tenu de ces formes d'interaction, détermine sa signature spectrale[9]. Ces caractéristiques de la cible sont donc enregistrées par le satellite et seront représentées sur l'image en tons de gris (Derrar, 2015) sous forme de valeurs numériques (DN/CN) codées en bit (nombre binaire de valeur $\mathbf{2^n}$ où $\boldsymbol{n}$ est le nombre de bit). Par exemple pour une image codée en 8 bits on aura 256 ($\mathbf{2^8}$) valeurs qui varient de 0 à 255. En effet ce principe s'appuie essentiellement sur les différences de propriétés optiques (Bappel, 2005).

L'imagerie Vis-PIR multi spectrale, bénéficiant de plusieurs dizaines d'années d'existence, mais limitée par son faible nombre de bandes spectrales, a permis d'initier certains travaux de cartographie de grands types de sols (Escadafal & Pouget, 1987; Baghdadi & Zribi, 2017).

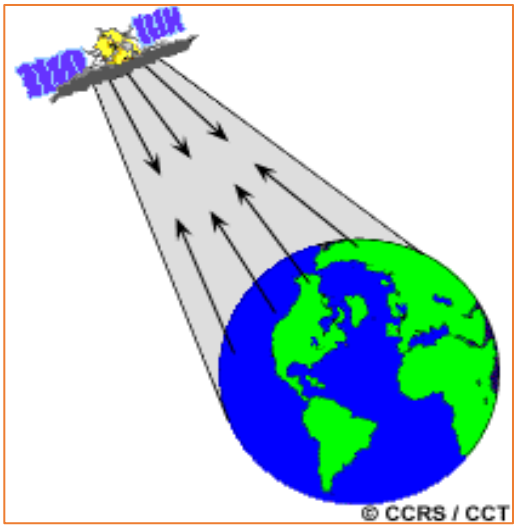
1.1.5.2 La télédétection passive et active dans les hyperfréquences, le Radar et le Lidar

Un capteur actif produit sa propre énergie pour illuminer la cible : il dégage un rayonnement électromagnétique qui est dirigé vers la cible (Girard & Colette, 2010) . Le rayonnement réfléchi par la cible est alors perçu et mesuré par le capteur. Le capteur actif a l'avantage de pouvoir prendre des mesures à n'importe quel moment de la journée ou de la saison (Rudant, 2016). Ils utilisent les longueurs d'onde qui ne sont pas produites en quantité suffisante par le soleil telles que les

[9] La signature spectrale est l'émission électromagnétique caractéristique d'un objet en fonction de la longueur d'onde

hyperfréquences ou pour mieux contrôler la façon dont une cible est illuminée (CCT, 2002). Néanmoins, ces capteurs doivent produire une énorme quantité d'énergie pour bien illuminer une cible. Le laser fluoromètre et le radar à synthèse d'ouverture (RSO) sont des exemples de capteurs actifs.

Figure 5 : La télédétection passive et active dans les hyperfréquences, le Radar et le Lidar



La détection par hyperfréquences (micro-ondes) comprend la forme active et la forme passive de la télédétection. Les longueurs d'onde considérées pour cette portion du spectre électromagnétique (hyperfréquences) varient de 1 centimètre à 1 mètre. Etant plus grandes que les ondes visibles et infrarouges, ces longueurs d'onde jouissent des propriétés particulières en télédétection car l'atmosphère leur parait relativement transparent. Grâce à ces caractéristiques, elles arrivent à passer au travers des couches nuageuses et d'autres particules atmosphériques (bruine, poussière, la pluie fine etc.) diffusant les ondes plus courtes. Il en ressort donc, la capacité de détecter et d'acquérir des données en tout temps et dans presque toutes les conditions atmosphériques (Rudant, 2016).

1.1.5.3 La télédétection passive dans les hyperfréquences

La télédétection passive par hyperfréquences est semblable à la télédétection thermique. Tout objet émet une certaine quantité d'énergie dans les hyperfréquences, mais la magnitude en est généralement très faible (CCT, 2002). Un capteur passif détecte l'énergie dans les hyperfréquences émises naturellement dans son champ de vision. Cette énergie est fonction de la température et de l'humidité de l'objet sur la surface émettrice (CCT, 2002). Les capteurs passifs sont habituellement des radiomètres ou des balayeurs et fonctionnent de la même manière que les systèmes dont il a été question précédemment. Toutefois, la détection de l'énergie dans les hyperfréquences requiert une antenne. L'énergie enregistrée dans la partie du spectre des hyperfréquences par un capteur passif peut être émise par l'atmosphère (1), réfléchie du sol (2), émise par le sol (3) ou transmise du sous-sol (4). Par conséquent, il est important de savoir discerner ces différentes sources afin de pouvoir analyser et extraire les informations essentielles selon la cible envisagée.

Si la télédétection passive par hyperfréquences offre l'avantage de pouvoir détecter et d'acquérir des données en tout temps, il n'en demeure pas moins qu'elle présente la difficulté de produire des

données à faible résolution spatiale. Cela est dû au fait que l'énergie disponible est très petite par rapport aux longueurs d'onde visibles compte tenu de la grandeur de la longueur d'onde. Ce qui exige un grand champ de vision en vue de détecter assez d'énergie pour enregistrer un signal (CCT, 2002).

1.1.5.4 La télédétection active dans les hyperfréquences (Radar)

Le plus répandu des systèmes actifs à hyperfréquences est le radar qui transmet vers la cible un signal radio dans les hyperfréquences et détectent la partie rétrodiffusée du signal. Le Radar est l'acronyme de l'expression « Radio Detection And Ranging ». Dans le langage français, ce terme renvoie à l'expression « détection et télémétrie par ondes radio **»**.

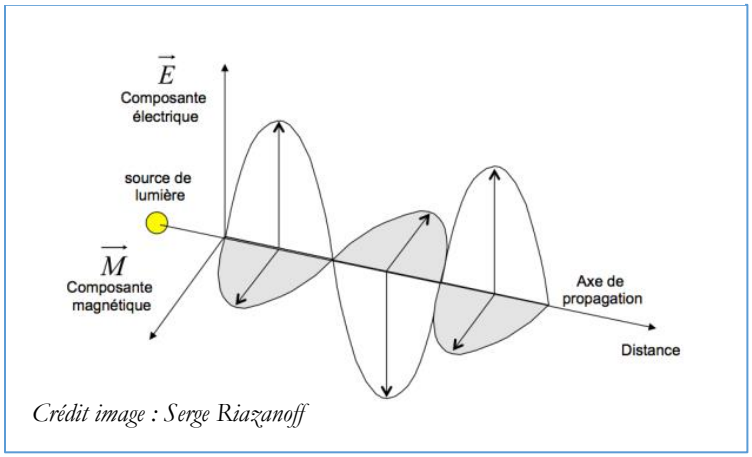
Les ondes Radio font partie des domaines de « **micro-ondes** » aussi appelées ondes centimétriques (3-60 cm) (Girard & Colette, 2010) (Rudant, 2016) .Le terme Ranging signifie une classification en distance des images de manière latérale, si on se réfère au terme « range » en anglais qui se traduit par le vocable transversal ou latéral. Les capteurs Radars utilisent pour leur fonctionnement les micro-ondes comme énergie électromagnétique. Ils sont constitués d'un système qui se comporte différemment de celui des **capteurs passifs**. Dans ce domaine spectral, l'atmosphère est transparente pour l'essentiel des longueurs d'ondes utilisées (de 3 mm à un peu plus de 30 cm), et étant indépendant du rayonnement solaire, il permet la détection des objets au sol en tout temps (nuageux ou pas) et ce, nuit et jour (Rudant, 2016). Les capteurs actifs à hyperfréquences fournissent leur propre source de rayonnement pour illuminer la cible. Ils sont généralement divisés en deux catégories distinctes : les **capteurs imageurs** et les **capteurs non-imageurs** (Kergomard, 2017).

a) Le fonctionnement des radars imageurs

Le Radar est un système monostatique, ce qui signifie que les antennes d'émission et de réception sont au même endroit (Rudant, 2016). En fait, c'est un système actif et latéral capable de transpercer nuit et jour car il est autonome en termes énergétiques et a l'avantage de pouvoir s'affranchir des conditions climatiques (Girard & Colette, 2010). Etant donné que dans le cas du Radar il y a une émission d'onde en provenance de l'antenne et une réflexion par le sol revenant vers l'antenne, on parle alors de **rétrodiffusion**. Tandis qu'en optique on mesure la luminance qui elle sera traduit en réflectance selon différents raisonnements qui peuvent être faits sur la mesure optique. Au même titre que le domaine optique, les ondes propagées dans le cas du Radar sont des ondes électromagnétiques, produits d'un couplage de champs électriques et de champs magnétiques, qui se propagent dans l'espace, et dans ce

cas on parle plutôt de **micro-onde**. Les catégories de longueur d'onde utilisées dans le domaine du Radar sont : la Bandes X (3 cm) la Bandes C (6 cm) ; la Bandes L (25 cm) et la Bandes P (60 cm).

Figure 6 : Illustration de la diffusion des ondes de Radar



Crédit image : Serge Riazanoff

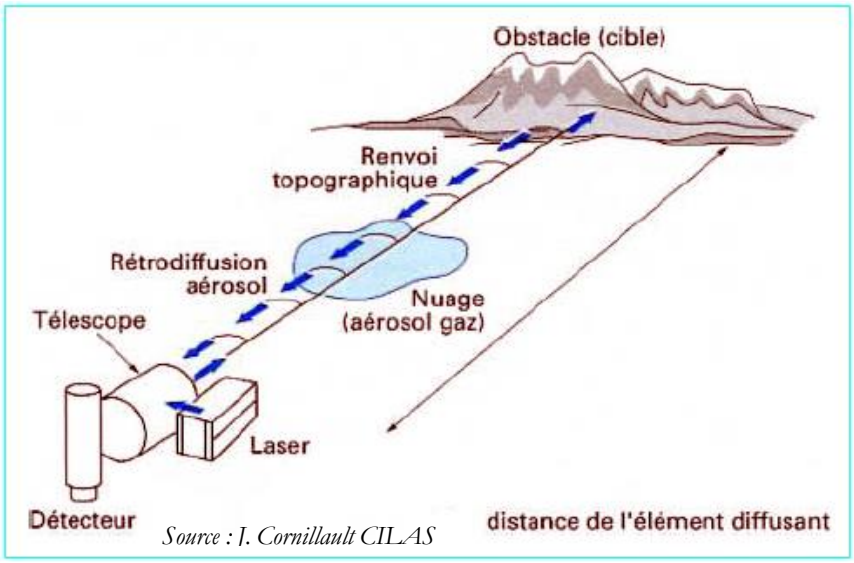
Toutefois, il est important de mentionner qu'il s'agit d'une émission d'onde EM et cohérente et polarisée ; d'où les notions de « **polarisation** » et de « **cohérence** » des ondes (Rudant, 2016). La polarisation, peut être verticale ou horizontale. Quand le champ électrique est inclus dans le plan d'incidence il s'agit d'une « **polarisation verticale** ». Cependant, dans le cas où au contraire, il ce champ électrique rayonne et vibre perpendiculairement au plan d'incidence, on parle plutôt de « **polarisation horizontale** ». En hyperfréquences la polarisation apporte des informations sur l'objet étudié (Girard & Colette, 2010). La cohérence signifie qu'il y a une stabilité en phase, ce qui permet de de faire une comparaison entre l'onde de retour et l'onde émise pour en déduire un temps de parcours puis une distance (Rudant, 2016). En fait, c'est la clef de voute du système étant donné que le Radar travaille toujours en distance, et en effet un défaut ou une destruction de cette cohérence dans une onde quelconque perturberait un tel mécanisme.

1.1.5.5 La télédétection active avec les rayons laser (Lidar)

La télédétection active via le Lidar est une forme de télédétection par laser permettant d'effectuer la mesure à distance des propriétés de l'atmosphère et de la surface terrestre (Mallet, Chauve, & Bretar, 2008). La télémétrie Lidar utilise à peu près le même principe que le Radar pour la détection et la mesure des objets ou des phénomènes à distance. Le terme **LIDAR** est l'acronyme de l'expression « ***LIght Detection And Ranging*** ». Cette expression anglaise est définie en français comme « Détection et mesure à distance à partir de la lumière ». Il s'agit d'une technique optique active de mesure à distance, par opposition aux techniques passives de télédétection d'une source de rayonnement naturel (Castellanos Belalcazar, 2008). Grâce à l'exploitation des propriétés de cohérence spatiale et temporelle spécifiques des sources laser, le lidar se différencie aussi des autres instruments de mesure à distance utilisant une source de lumière conventionnelle. Un Lidar est composé principalement de 2 éléments : un « **Laser** » ayant une fonction d'émission et un « **télescope** » ayant

fonction de réception. Néanmoins, après le télescope, se trouve toujours un **système électro-optique** d'acquisition permettant l'analyse du signal reçu.

Figure 7 : Schéma illustrant le fonctionnement d'un système Lidar



Source : I. Cornillault CILAS

a) Le principe de fonctionnement du Lidar

Le Lidar consiste à envoyer une pulsation laser vers une cible pour mesurer la distance du capteur au terrain à partir du temps que met le rayon de lumière à atteindre le sol et à retourner au capteur (Castellanos Belalcazar, 2008).

Connaissant « les coordonnées et les angles d'altitude de l'avion et l'angle du miroir, on peut calculer, à partir de ces données, les coordonnées des points. Les mesures Lidar doivent être effectuées dans un plan perpendiculaire à la surface visée. Il travaille en combinaison avec un système de GPS différentiel (DGPS) et un système inertiel de navigation - INS & (Mallet, Chauve, & Bretar, 2008). Le DGPS fournit des coordonnées de position absolues pour la rectification et le géocodage des données de l'image. Les récepteurs DGPS enregistrent l'altitude de l'avion et la position à une précision de 5 à 10 cm. L'INS fournit des paramètres d'orientation précis : roulis, tangage et lacet (roll, pitch et yaw en anglais). Le résultat d'un vol Lidar est une collection de points avec des coordonnées géographiques connues » (Castellanos Belalcazar, 2008).

1.1.6 L'importance du Lidar dans la détection de la végétation

La technique du Lidar, notamment le Lidar aéroporté présente différents avantages en comparaison aux méthodes précédemment employées pour évaluer des forêts (Lima, Treitza, Wulderb, St-Ongec,

& Floodd, 2003; Castellanos Belalcazar, 2008; Faridhouseini, Mianabadi, Bannayan, & Alizadeh, 2011). Grâce à leur forte capacité de mesurer la structure verticale et horizontale de la végétation en conservant une précision élevée, les données Lidar permettent la classification et la délimitation des essences forestières ainsi que l'évaluation de leurs caractéristiques morphologiques (Dubayah & Drake, 2000). Le Lidar est la seule technique de télédétection capable de détecter simultanément la surface du sol et la végétation (Castellanos Belalcazar, 2008). Cela permet la détection de la hauteur de la végétation et des arbres les plus hauts ou prédominants dans un écosystème forestier.

Cela dit, l'utilisation de la technologie Lidar serait un atout majeur et fondamental dans le cadre de notre recherche sur la forêt qui est aussi liée aux domaines de la topographie et de l'environnement, d'autant plus que nos sites d'études se trouvent dans une zone tropicale et pour la plupart en haute montagne. Toutefois on essaie de se limiter à une technologie de télédétection plutôt optique qui peut, à une différence moindre, nous amener à des résultats satisfaisants.

1.1.7 La télédétection et les occupations de des territoires

L'objet de la télédétection est de distinguer des types de surface ou d'en mesurer certaines caractéristiques, à partir du rayonnement reçu par le capteur (Kergomard, 2017). C'est en effet grâce à ces caractéristiques mesurées, déterminant la « signature spectrale » des objets à la surface, qu'on va arriver à cartographier les différents types d'occupation des sols ou de l'espace considéré, notamment les écosystèmes forestiers envisagés dans le cadre de cette recherche.

L'observation répétée d'un territoire depuis l'espace offre la possibilité de suivre de façon diachronique de nombreux phénomènes par exemple la sècheresse inhabituelle, les inondations, l'évolution de la végétation pour ne citer que ceux qui sont particulièrement d'intérêt pour notre recherche. En effet, le traitement des images satellites, sur une séquence de date définie et à partir de simple formule, permet de faire une analyse diachronique de la dynamique d'occupation des sols sur la zone étudiée (Soro, et al., 2014). En outre, la **télédétection par satellites** a démontré, dans de nombreux domaines d'application, qu'elle permettait souvent d'obtenir rapidement, par des méthodes désormais bien connues, et à coût relativement modéré, une information objective sur **l'occupation du sol** et son état et qu'elle permettait d'en suivre l'évolution (Baudot, 1994).

Les technologies de télédétection permettent de fournir rapidement et de manière répétée des informations sur des superficies importantes, incomparables à l'échelle de perception d'un individu sur le terrain (Baghdadi & Zribi, 2017). Les premières applications forestières de la télédétection étaient

basées principalement sur des systèmes optiques de type passif tels que l'imagerie aérienne ou satellite (Baghdadi & Zribi, 2017).

1.1.8 La télédétection et la détection de la végétation chlorophyllienne

Le champ d'application de la télédétection pour l'étude de la végétation est très vaste (Soudani, 2005). Les acquisitions ont été utilisées dans maintes études : description, identification et cartographie de la végétation et de l'occupation du sol, déforestation tropicale, indice foliaire LAI (Baghdadi & Zribi, 2017), photosynthèse et évapotranspiration, biomasse, productivité des systèmes agricoles, phénologie forestière, coupes et régénération, défoliation foliaire et dépérissement des couverts forestiers (Cyr, Bonn, & Pesant, 1995) (Guyot, 1989) & (Soudani, 2005).

Ces travaux sont possibles par le fait que le couvert des peuplements forestiers intercepte le rayonnement solaire incident essentiellement au niveau des feuilles et accessoirement au niveau du tronc et des branches (Bréda, Soudani, & Bergonzini, 2003). En effet, la télédétection, qu'elle soit passive ou active, est un outil capable de nous aider à discerner les zones de végétation des autres occupations des sols. L'un des éléments essentiels qui permet cette détection est la présence de la chlorophylle au niveau des organes végétatifs, notamment les feuilles. Cependant, la télédétection des couverts forestiers pose des problèmes particuliers liés à l'hétérogénéité du milieu. Toutefois, la télédétection, dépendamment de la résolution spectrale et spatiale, nous donne des moyens d'identifier et de délimiter rapidement différents types de forêts, une tâche qui serait difficile et longue avec des moyens traditionnels de levés terrestres (CCT, 2002).

En télédétection passive optique, les propriétés optiques d'un couvert forestier résultent des effets de ses différentes composantes (UVED, 2008) responsable de la photosynthèse et liées aux parties corticales (branches et troncs), et du sol sous-jacent, couvert ou non par une végétation herbacée (Soudani, 2005). Tandis qu'en télédétection active en hyperfréquences, le signal radar rétrodiffusé (réfléchi et réémis dans la direction de l'antenne de réception) est essentiellement conditionné par les propriétés géométriques (Rudant, 2016) et la teneur en eau du couvert et du sol (Soudani, 2005).

Tout compte fait, dans le cadre de notre étude, ce qui importe le plus est le comportement de la végétation, notamment les essences forestières dans le domaine optique (visible et Proche Infrarouge) du spectre électromagnétique. Pour mieux comprendre comment réussir à détecter la présence et l'état d'un couvert végétal sur une surface donnée, il est important de décrire le comportement des végétaux,

notamment les caractéristiques des feuilles par rapport aux différentes longueurs d'ondes des ondes électromagnétiques.

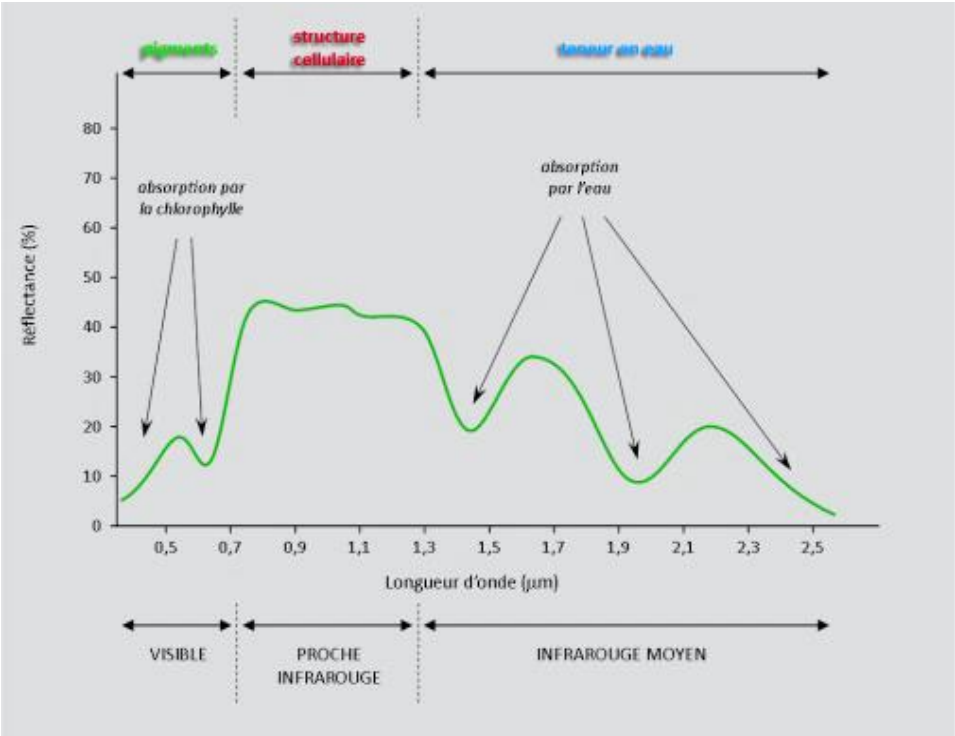
1.1.9 Le comportement spectral de la végétation

Tout comme les éléments de surface, la végétation a un comportement très particulier au regard des ondes électromagnétiques reçues à partir d'une source lumineuse, notamment le soleil. En général, une végétation saine est un très bon absorbeur d'énergie électromagnétique dans la région visible. La chlorophylle absorbe fortement la lumière aux longueurs d'onde autour de 0,45 (bleu) et 0,67 µm (rouge) et réfléchit fortement dans la lumière verte, par conséquent nos yeux perçoivent la végétation saine comme verte. Les plantes saines ont une réflectance élevée dans le proche infrarouge entre 0,7 et 1,3 µm. Ceci est principalement dû à la structure interne des feuilles des plantes. Comme cette structure interne varie selon les espèces végétales, les longueurs d'onde dans le proche infrarouge peuvent être utilisées pour différencier les différentes espèces végétales ou groupes de de végétaux : par exemple le cas des ***feuillus*** et des ***résineux***.

1.1.9.1 Les propriétés optiques des feuilles

Les propriétés optiques des feuilles sont reliées à leurs caractéristiques biochimiques (teneur en pigments, structure cellulaire, teneur en eau, état physiologique, *etc.*) (UVED, 2008). Dans les domaines spectraux du visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge moyen il existe trois types d'éléments qui interviennent dans les propriétés optiques des feuilles : la teneur en pigments ; l'anatomie des feuilles ; leur structure cellulaire ; et la teneur en eau (UVED, 2008).

Figure 8 : Comportement spectral de la végétation saine en fonction des longueurs d'onde



Source : UVED 2008

Cette caricature présente la signature spectrale de la végétation et illustre par conséquent que sa réflectance n'est pas constante (UVED, 2008) dans toutes les portions du spectre électromagnétique. *Ipso facto*, tous les types de végétaux ne réagissent pas de la même manière par rapport aux longueurs d'ondes des différents domaines du spectre électromagnétique, et l'état de santé d'une plante non plus. Un exemple probant est le cas des résineux et des feuillus, car les résineux ont une réflectance moins importante que les feuillus dans le proche infrarouge (UVED, 2008). Selon des expériences déjà prouvées (Baghdadi & Zribi, 2017) (Bréda, Soudani, & Bergonzini, 2003), la signature spectrale de la végétation dans le visible ne varie pratiquement pas quel que soit le type de végétal. En revanche, on peut noter des différences sensibles dans le proche infrarouge, liées à la structure du parenchyme lacuneux (UVED, 2008). Compte tenu de ces différentes caractéristiques fondamentales des végétaux, les experts (Huete, 1988), (Guyot, 1989) et autres, utilisent plusieurs types de combinaisons de bande de longueur d'onde différentes, notamment le rouge et l'Infrarouge, dénommées « **Indice de végétation** », pour essayer de mettre en évidence la présence ou l'état de la couverture végétale sur une surface donnée.

1.1.10 Les Indices de végétation déterminés à partir des néocanaux

Le principe consiste à relier entre-elles certaines caractéristiques de la végétation (teneur en eau, évapotranspiration, *etc.*) et les mesures radiométriques (valeurs de réflectance et éventuellement températures de brillance) acquises dans deux ou plusieurs bandes spectrales d'un capteur (Ghram-Messedi & Delaître, 2007; UVED, 2008). De nombreux indices de végétation ont, depuis les années 1980, commencé à être développés en combinant la réflectance rouge et proche infrarouge, compte tenu de l'absorption du rayonnement rouge par la chlorophylle (Guyot, 1989), (Huete, 1988). En effet, nombre d'expériences montrent que : plus la couverture végétale est dense, plus les valeurs de réflectance augmentent dans le PIR et plus elles diminuent dans la bande rouge (Guyot, 1989), (Cyr, Bonn, & Pesant, 1995). En fait, la nature numérique des données de télédétection se prête particulièrement bien à des opérations entre canaux. Le principe de ces opérations est d'effectuer, pour chaque pixel, des opérations mathématiques plus ou moins complexes faisant intervenir les valeurs

numériques observées pour ce pixel dans les différentes bandes spectrales (Huete, 1988) (Ghram-Messedi & Delaître, 2007).

Cependant, bien qu'une multitude ait été développée, on se contente, à travers cette rubrique, de mentionner ceux qui sont les plus communs, les plus utilisés et qui pourraient éventuellement faire l'objet d'intérêt dans le cadre de notre recherche. Néanmoins, il est judicieux de les classer par caractéristiques, question de mieux orienter les lecteurs et/ou les utilisateurs éventuels (Voir les tableaux ci-après).

Tableau 1 : Quelques indices de végétation couramment utilisés

Dénomination	Formule	Caractéristiques	Auteurs
Indices de végétation simple			
Indice différentiel de végétation	**DVI** = PIR - R	Forte sensibilité aux variations atmosphériques	Bacour *et al.* 2006
Indice de végétation par quotient (ratio)	**RVI** = PIR/R (*Indice pigmentaire*)	Saturation aux forts indices, sensibilité à la contribution spectrale des sols et aux effets atmosphériques	Knipling 1970, Viollier et al. 1985
Indice de végétation par différence normalisé	**NDVI** = (PIR-R) / (PIR+R)	Sensibilité aux effets atmosphériques, gamme de variation plus faible, que le précédent, mais sensibilité aux variations angulaires de la visée, selon la position vis à vis du soleil "hot spot"	Rouse et al. 1974, Tucker 1979
Indice de végétation transformé	TVI = $\sqrt{(\mathrm{NDVI} + 0{,}5)}$	Essai d'élimination des valeurs négatives, stabilisation de la variance	Deering et al. 1975
Indices de végétation tenant compte des effets du sol			
Indice de végétation perpendiculaire	PVI $=\frac{\mathrm{PIR}-\mathrm{aR}-\mathrm{b}}{\sqrt{a^2+1}}$ a et b : respectivement pente et ordonnée à l'origine de la droite des sols dans l'espace (R, PIR)	Diminution de la contribution spectrale des sols, mais sensibilité à diverses caractéristiques des sols	Richardson & Wiegand 1977

Dénomination	Formule	Caractéristiques	Auteurs
Indice de végétation ajusté au sol	**SAVI** = [(PIR-R) / (PIR+R+L)] (1+L) Avec L = 0,5 pour diminuer l'effet du sol	De nombreux indices sont issus de celui-ci pour minimiser l'effet du sol (TSAVI, MSAVI...)	Huete 1988
Indice de végétation tenant des effets atmosphériques			
Indice de végétation normalisé corrigé des effets atmosphérique s	**ARVI** = (PIR-RB) / (PIR+RB) Avec RB = R -ϒ (B- R) B et R réflectances dans le bleu et le rouge, ϒ fonction du type d'aérosols	Diminue l'effet des aérosols contenus dans l'atmosphère sur le NDVI mais sensible à la contribution spectrale des sols	Kaufman & Tanre (1992)
Les indices de stress hydrique de la végétation			
Indice de stress hydrique de la végétation	**MSI** = MIR/PIR MIR : réflectance dans la bande infrarouge moyen PIR : réflectance dans la bande proche infrarouge	Variation en fonction de la teneur en eau des feuilles. Décèlement des végétaux en état de stress hydrique. Très utiles pour le suivi de la végétation en zone sèche.	Hunt and Rock, 1989
Indice de l'eau par différence normalisé	**NDWI** = (PIR- MIR) / (PIR+MIR) MIR : réflectance dans la bande infrarouge moyen PIR : réflectance dans la bande proche infrarouge	Idem que le précédent	Gao, 1996
Les différents Indices de réflectance des sols nus ou minéraux			
Indice de brillance	IB = $\sqrt{\boldsymbol{PIR^2 + R^2}}$	Il permet de faire clairement la distinction entre les surfaces végétalisées et les sols nus	NA

1.2 Cadre conceptuel et théorique relatif à forêt et écosystème forestier

1.2.1 Forêt et écosystèmes forestiers : concepts et définitions

L'étendue des ressources forestières est le premier des éléments thématiques qui caractérisent la gestion forestière durable (FAO, 2006). Cela justifie déjà pourquoi dans le cadre de cette recherche il est important d'estimer la superficie couverte en forêt en Haïti avant même de parler de sa gestion et de son importance. « *La superficie forestière fournit la première indication de l'importance relative des forêts dans un pays ou une région, alors que les estimations du changement advenu dans la superficie forestière au cours du temps sont l'indice de la demande de terres à des fins forestières et pour d'autres utilisations, et pourraient également indiquer l'impact de catastrophes écologiques et des perturbations graves sur les écosystèmes forestiers* » (FAO, 2006). Dans ces conditions, la nécessité de présenter certains termes et concepts lié à la notion et la gestion de forêt ou écosystème forestier devient une étape cruciale dans la maitrise et l'appropriation de la thématique présentement abordée.

1.2.1.1 Les termes forêt et autres terres boisées

Dans un sens assez large, la forêt est un type de végétation dominé par les arbres (GIEC, 2001). L'arbre est, quand lui, défini comme un « plante ligneuse pérenne avec une seule tige principale ou, dans le cas d'un taillis, avec plusieurs tiges présentant un houppier plus ou moins distinct » (FAO, 2006).

La définition la plus répandue de la forêt est celle de la FAO (2006) stipulant qu'elle désigne les « Terres occupant une superficie de plus de 0,5 hectare avec des arbres atteignant une hauteur supérieure à 5 mètres et un couvert arboré de plus de 10 pour cent, ou avec des arbres capables d'atteindre ces seuils *in situ*. La définition exclut les terres à vocation agricole ou urbaine prédominante ». Selon cette source, il existe également d'autres concepts utilisés pour déterminer la présence des arbres sur un espace donné à savoir notamment la notion/concept d'« autres terres boisées » qui se définit comme étant des « terres qui ne sont pas classées comme « forêt », couvrant une superficie de plus de 0,5 hectare, avec soit des arbres d'une hauteur de plus de 5 mètres et un couvert forestier de 5-10 pour cent, soit des arbres capables d'atteindre ces seuils *in situ*. Sont exclues les terres à usage prédominant agricole ou urbain ».

Parallèlement, le terme « **couvert forestier** » désigne « le pourcentage de sol couvert par la projection verticale du périmètre le plus externe de l'expansion naturelle du feuillage des plantes.

1.2.1.2 Les concepts écosystème et écosystème forestier

Pour comprendre le concept écosystème forestier, il faut tout d'abord chercher à savoir ce que c'est un écosystème. Par définition, c'est un « Système d'organismes vivants en interaction, ainsi que leur environnement physique (GIEC, 2001). En fait, c'est un complexe dynamique formé de communautés de plantes, d'animaux et de micro-organismes et de leur environnement non vivant qui, par leur interaction, forment une unité fonctionnelle (ONU, 1992). Selon cette définition il y a possibilité de cohabitation des espèces de tous genres et de différentes familles, qu'elles soient végétales ou animales. Les écosystèmes peuvent se localiser au sein notamment des déserts, des récifs coralliens, des zones humides, des forêts tropicales, des forêts boréales, des prairies, des parcs urbains et des terres cultivées (Sukhdev, 2008). En effet, la forêt représente un des principaux écosystèmes, d'où la notion d'écosystème forestier. A ce titre, en parlant d'un écosystème forestier, on fait référence à un écosystème à prédominance d'espèces forestières, mais qui en même temps peut se servir d'habitat pour d'autres espèces non végétales à savoir les animaux et les micro-organismes, en fonction du milieu ambiant ou des caractéristiques climatiques (température, humidité, pression de l'air etc.). Toutefois, les limites de ce que l'on peut appeler un écosystème sont quelque peu arbitraires, et dépendent du centre d'intérêt ou de l'étude. Par conséquent, l'étendue d'un écosystème peut aller de très petites échelles spatiales jusqu'à l'ensemble de la terre » (GIEC, 2001).

Il existe également le concept « peuplement forestier » qui renvoi à la « Plantation forestière collective, comprenant la biomasse aérienne et souterraine et le sol, suffisamment uniforme dans la composition des essences, la classe d'âge, l'organisation et les conditions pour pouvoir être considérée comme une entité pour les besoins de l'exploitation » (GIEC, 2000).

1.2.2 Des facteurs déterminants de l'existence des écosystèmes forestiers

L'existence des forêts ou des écosystèmes forestiers est influencée par plusieurs facteurs ou éléments qui peuvent soit contribuer à leur **amélioration** ou à leur restauration, soit induire leur **dégradation** ou leurs destruction (**déforestation**). Ces éléments sont notamment les suivants :

- **Amélioration forestière**

Changements au sein de la forêt qui affectent positivement la structure ou la fonction du peuplement ou du site et qui, par conséquent, augmentent sa capacité à fournir des produits et/ou des services.

- **Dégradation forestière**

Changements au sein de la forêt qui affectent négativement la structure ou la fonction du peuplement ou du site et qui, par conséquent, diminuent sa capacité à fournir des produits et/ou des services. Par conséquent, le terme dégradation forestière est différent de la déforestation.

- **La déforestation**

La déforestation est par définition la « Conversion de la forêt à d'autres utilisations des terres ou réduction permanente du couvert forestier au-dessous du seuil minimal de 10 pour cent » (FAO, 2012).

Selon cette définition : d'une part, « la déforestation implique la perte, à long terme ou permanente, du couvert forestier et la conversion des terres à une autre utilisation ; d'autre part elle comprend les superficies forestières converties pour l'agriculture, le pâturage, la création de réservoirs d'eau ou de centres urbains ». Cependant, « le terme exclut spécifiquement les zones où les arbres ont été enlevés au cours d'activités d'exploitation ou de récolte, et où il est prévu que la forêt se régénère naturellement ou au moyen de mesures sylvicoles, à moins que l'exploitation ne soit suivie d'un défrichage des restes de forêt abattue pour introduire des utilisations alternatives des terres. La déforestation comprend aussi les zones où, par exemple, l'impact des perturbations, la surexploitation ou le changement des conditions environnementales affectent tellement la forêt qu'elle ne peut maintenir un couvert forestier supérieur au seuil de 10 pour cent ». À titre d'exemple, une estimation en termes de déforestation montre que de 2010 à 2015, la forêt naturelle a subi une perte nette de 6,6 millions d'ha par année (perte de 8,8 millions d'ha et gain de 2,2 millions d'ha) (FAO, 2015).

- **Le déboisement**

Il existe différentes façons de définir le terme « déboisement » (FAO, 2006). En fait, si on se réfère à celle qui se base sur la notion de changement d'affectation des terres ; il peut être défini comme étant la transformation d'une terre forestière en terre non forestière, l'inverse étant vrai pour les termes « boisement » et « reboisement », avec pour seule différence entre ces deux derniers termes le laps de temps durant lequel les terres n'étaient pas couvertes de forêts » (GIEC, 2000). Mais aussi, il peut se définir autrement, en se basant sur une diminution chiffrée ou sur le passage d'un seuil relatif au couvert végétal ou à la quantité de carbone, et « boisement » et « reboisement » en se fondant sur des critères inverses (GIEC, 2000). Cependant, la déforestation, ou la conversion des forêts, est un phénomène plus compliqué (FAO, 2015), car le changement de superficie forestière peut être décrit comme un processus de gain (expansion de la forêt) et de perte (déforestation).

- **Le boisement**

Le boisement est l'établissement de plantations forestières sur des terres qui, précédemment, n'étaient pas classées comme forêts. Le terme implique le passage de l'état de non-forêt à celui de forêt (FAO, 2006). Par définition, il est désigné habituellement par la création d'une forêt sur une terre qui n'a pas été boisée depuis un certain laps de temps (ex. : entre 20 et 50 ans ou plus) et qui entrait au préalable dans une autre affectation (GIEC, 2000).

- **Le reboisement**

Le reboisement est défini comme étant « le réétablissement de plantations forestières sur des terres temporairement déboisées considérées comme forêts » (FAO, 2006) ou le **« rétablissement d'une forêt par plantation et/ou ensemencement délibéré sur des terres classifiées comme forêt** » (FAO, 2012).

Selon cette définition, il : n'implique pas de conversion de l'utilisation de la terre ; inclut la plantation ou l'ensemencement de zones forestières temporairement non boisées ainsi que la plantation ou l'ensemencement de zones avec un couvert forestier ; inclut les taillis des arbres originairement plantés ou semés et exclut la régénération naturelle des forêts.

Quelques définitions usuelles du terme « reboisement » comprennent l'activité de régénération par renouvellement du peuplement forestier immédiatement après récolte, ou détérioration lorsque l'on ne procède pas à un changement d'affectation des terres (GIEC, 2000). Ainsi, au terme reboisement peut s'associer celui de régénération.

- **La régénération**

La régénération est elle-même défini comme le « renouvellement de peuplements forestiers par des moyens naturels (semences sur place ou à côté de peuplements forestiers, ou déposées par le vent, les oiseaux ou les animaux) ou artificiels (plantations de semis d'arbres ou ensemencement direct) » (GIEC, 2001).

- **Aménagement forestier**

L'aménagement forestier, quant à lui, est le processus de planification et de mise en œuvre de pratiques de gestion et d'utilisation des forêts et autres terres boisées visant à atteindre des objectifs environnementaux, économiques, sociaux et/ou culturels donnés (GIEC, 2001).

- **Plantation forestière**

Peuplements forestiers établis par plantation et/ou semis dans un processus de boisement ou de reboisement. Il s'agit d'espèces introduites[10] (tout peuplement planté) ou de peuplements d'espèces indigènes[11] soumis à un aménagement intensif et obéissant aux critères suivants : une ou deux espèces plantées, de classe équienne, avec un espacement régulier.

Des éléments chiffrés sur l'évolution de la surface forestière au niveau mondial

Les chiffres qu'on va ici évoquer sont majoritairement tirés du document d'évaluation des ressources forestières mondiales rédigé en 2015 par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) interrogeant et traitant le changement des forêts de la planète. Une petite partie est aussi extraite d'un document de l'Office National des Forêts (ONF) qui présente aussi brièvement des chiffres clés sur le plan global, mais étant toutefois un peu spécifique à la France.

Selon la première source, en l'occurrence l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, les forêts et autres types de terres boisées couvrent au total près de 4 milliards d'hectares dans le monde, soit 30 % de la superficie des terres émergées. Parallèlement, la déforestation annuelle représente 7,3 millions d'ha pour la période 2000-2005. Ce bilan fait apparaître une amélioration sensible par rapport à la décennie 1990/2000 pendant laquelle le recul annuel des surfaces forestières s'élevait à -8,9 millions d'ha (ONF, 2018).

Depuis vingt-cinq ans, les forêts et la gestion forestière ont subi d'importants changements. En 1990, la planète comptait 4 128 millions d'ha de forêt, contre 3 999 millions d'ha en 2015. Entre 1990 et 2015, l'étendue totale des forêts est passée de 31,6 % à 30,6 % de la superficie terrestre mondiale (Calculé selon la superficie terrestre de 2015) (FAO, 2015). Il en résulte une perte nette d'environ 129 millions d'ha de forêt (naturelle et plantée), ce qui représente un taux annuel net de –0,13 % et une superficie totale à peu près égale à celle de l'Afrique du Sud.

1.2.3 Les régions les plus touchées par la perte de superficie forestière

La principale perte de superficie forestière s'est produite dans les tropiques, particulièrement en Amérique du Sud et en Afrique, bien que le taux de perte dans ces régions ait substantiellement baissé depuis cinq ans (FAO, 2015).

[10] Essence introduite en dehors de sa répartition géographique courante, passée et actuelle.
[11] Essence qui croît naturellement dans une zone ou un écosystème donné, c'est-à-dire sans y avoir été introduite par l'homme.

Entre 1990 et 2015, la superficie forestière moyenne par habitant a décliné, passant de 0,8 ha à 0,6 ha. Même si ce déclin est plus marqué dans les tropiques et sous-tropiques, il se produit dans tous les domaines climatiques (sauf dans le domaine tempéré), en raison de la hausse des populations et de la conversion des terres forestières à des fins agricoles et autres (FAO, 2015). Selon cette même source. La majorité des forêts de la planète sont des forêts naturelles[12], qui couvrent 93 % de la superficie forestière mondiale en 2015, ou 3,7 milliards d'ha. Sur le plan global, « *la superficie de forêt plantée a augmenté de plus de 110 millions d'ha depuis 1990, et elle représente maintenant 7 % de la superficie forestière mondiale. Le taux annuel moyen d'augmentation entre 1990 et 2000 se chiffrait à 3,6 millions d'ha. Il a plafonné à 5,2 millions d'ha pour 2000-2010, pour ensuite ralentir à 3,1 millions d'ha (2010-2015) en raison d'une baisse de la plantation en Asie de l'Est, en Europe, en Amérique du Nord ainsi qu'en Asie du Sud et du Sud-Est. Durant cette période, les forêts plantées ont présenté un gain net de 3,1 millions d'ha par année (expansion de 3,5 millions d'ha et perte de 0,4 million d'ha)* » (FAO, 2015). Finalement, une augmentation de la production/consommation de bois en général est constatée car la dépendance envers le bois de feu est demeurée importante.

1.2.4 Des causes de la dégradation forestière et de la déforestation au niveau mondiale

Plusieurs éléments majeurs (PNUE, 2002) sont à la base de la dégradation forestière et de la déforestation au niveau mondiale. Certains sont plus importants que d'autres dépendamment du contexte de développement en vigueur dans chaque région ou territoire. Néanmoins, il y en a qui sont considérés comme fondamentaux et universels.

En somme, les causes directes majeures du défrichement et de la dégradation des forêts sont l'expansion des terres agricoles, la surexploitation du bois à des fins industrielles, la collecte de bois de feu (Gillet, Vermeulen, Feintrenie, Dessard, & Garcia, 2016) et autres produits de la forêt, et le surpâturage (PNUE, 2002). **Pourtant dans certains cas comme Haïti** (Toussaint, 2010)**, ou d'autres pays en Afrique par exemple**, les causes profondes de ce phénomène sont la pauvreté, l'accroissement de la population, le fonctionnement des marchés et le commerce des produits forestiers, et diverses politiques macroéconomiques (PNUE, 2002).

A ce titre, une brève rétrospective montre que la relation entre la croissance démographique, la demande accrue des terres agricoles et les pertes de superficie forestière est vieille de plusieurs millénaires et que les forêts se sont parfois reconstituées naturellement lorsque les pressions de

[12] Forêts primaires et / ou autres forêts naturellement régénérées.

déforestation se sont atténuées (FAO, 2016). Toutefois, les forêts sont également endommagées par des facteurs naturels tels que les infestations d'insectes, les maladies, les incendies et des événements climatiques extrêmes (PNUE, 2002).

Dans les zones tropicales et subtropicales, la déforestation est imputable à l'agriculture commerciale à grande échelle, à l'agriculture de subsistance locale, aux infrastructures, à l'expansion urbaine et à l'extraction minière (Gillet, Vermeulen, Feintrenie, Dessard, & Garcia, 2016) à raison, respectivement, de 40 pour cent environ, de 33 pour cent, de 10 pour cent, de 10 pour cent et de 7 pour cent, avec, cependant, des variations importantes (FAO, 2016).

1.2.5 Quelques éléments sur la répartition des forêts dans le monde et par région

On se propose ici de donner quelques éléments chiffrés sur la couverture mondiale en forêt. Ces éléments sont extraits du document de synthèse de l'évaluation des ressources forestière mondiales (FRA 2015) de la FAO en 2015. Ces sont des informations collectées à partir de rapports fournis par certains responsables du gouvernent de chaque pays. En effet, les chiffres qui sont donc évoqués, sous aucun prétexte, ne prétendent pas être exhaustifs. Toutefois, ils sont quand même importants pour avoir une idée globale de la situation forestière au niveau mondial et aussi au niveau de chaque région, voire dans certains cas au niveau de chaque pays. Alors, les graphiques ci-après peuvent nous aider à cerner cette situation à partir des tendances qu'elles reflètent.

Figure 9 : Superficies (1000 ha) des forêts par région en 2015

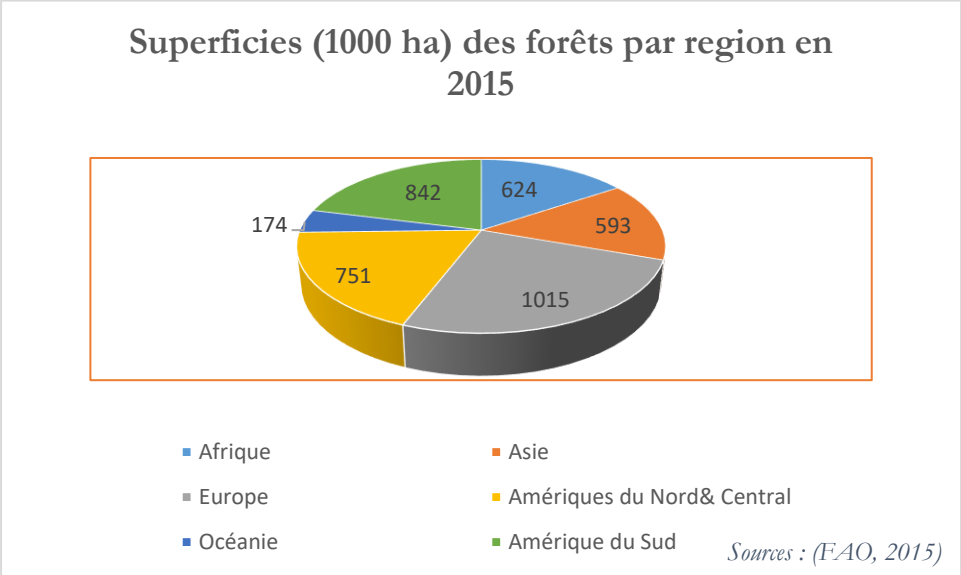
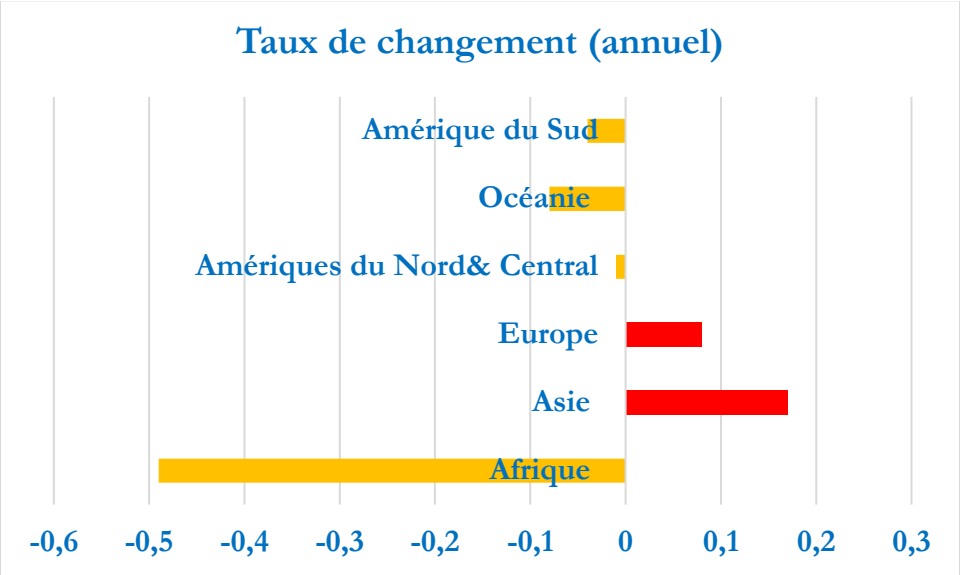


Figure 10 : Taux de changement annuel du couvert forestier par région



Source : (FAO, 2015)

1.2.6 Les différentes fonctions de la forêt pour l'homme et la nature

La forêt est le foyer d'un ensemble d'interactions entre différents agents biologiques du milieu selon leur catégorie. Chacun joue un rôle indispensable dans le cycle de la vie en milieu forestier : végétaux producteurs de nourriture, animaux consommateurs de végétaux, prédateurs acteurs de l'équilibre de l'écosystème, décomposeurs qui transforment tout ce qui est mort (végétaux comme animaux) en éléments minéraux simples, de nouveau assimilables par les plantes (ONF, 2018). Chacune de ces communautés satisfait nécessairement ses besoins aux dépens d'autres espèces végétales et animales ; c'est ce qui constitue la chaîne alimentaire (trophique).

La forêt se nourrit en partie du sol et lui restitue ainsi une partie de ses prélèvements. Ainsi, « *Tout ce que produit la forêt finit au sol et forme la litière (feuilles mortes, rameaux, fruits, graines…). Des particules provenant de la décomposition de la litière sont entraînées dans le sol par les eaux de pluie et se mélangent aux minéraux des roches géologiques en cours d'altération et de transformation. La flore trouvera dans ces sols les substances qui lui sont nécessaires. Elle-même, dans sa diversité, servira de nourriture à une partie de la faune. Cette capacité à recycler est remarquable en milieu naturel* » (ONF, 2018).

Cet équilibre est naturel mais précaire. Il peut être perturbé ou rompu en cas de mauvaise gestion du milieu (modification de la composition de la forêt, déforestation, introduction d'espèces différentes...) ou bien encore sous l'effet d'une évolution du climat telle qu'on la connaît actuellement (ONF, 2018).

1.2.7 La classification mondiale des forêts : Les différentes catégories

1.2.7.1 Classification mondiale selon la latitude et le climat

Selon la latitude et le climat, les forêts du monde peuvent se classer en trois types principaux (ONF, 2018) (ONF & FAO) :

- ✓ **La forêt boréale** (ou **Taïga**) se situe dans l'hémisphère Nord, sur le pourtour du cercle polaire. Elle est essentiellement composée de conifères (sapins, mélèzes, épicéas et pins)
- ✓ **Les forêts tropicales** et **subtropicales** (ou forêt équatoriale et forêt humide), toujours vertes et composées de plusieurs étages de végétaux, se caractérisent par leur richesse biologique. On y dénombre ainsi plus de 50 000 espèces d'arbres
- ✓ **Les forêts tempérées** sont composées d'essences à feuilles caduques (peuplier, bouleau, charme, hêtre, chêne) et de conifères (selon les régions : pins, sapins, cèdres, séquoias…)

1.2.7.2 Classification des forêts selon le degré de perturbation (naturelle/anthropique)

La foret dans un endroit donné peut subir des perturbations de toutes sortes (**naturelles** ou **anthropiques**) mais aussi peut demeurer sans aucune perturbation évidente. Selon ces cas on arrive, en tenant compte de la nomenclature de la FAO, à définir les classes suivantes :

- ✓ **Forêt/autres terres boisées primaires**

Cette catégorie est constituée de forêt/autres terres boisées formées d'espèces indigènes où aucune trace d'activité humaine n'est clairement visible et où les processus écologiques ne sont pas sensiblement perturbés (FAO, 2006; FAO, 2012).

Elle comprend les zones où a lieu la récolte de produits forestiers non ligneux, à condition que l'impact humain soit limité. Certains arbres pourraient avoir été extraits (FAO, 2012).

- ✓ **Forêt/autres terres boisées naturelles modifiées**

Dans cette catégorie on trouve les écosystèmes de forêt/autres terres boisées formées d'espèces indigènes régénérées de façon naturelle, où sont clairement visibles des traces d'activités humaines (FAO, 2006; FAO, 2012). Elle comprend, sans s'y limiter, les zones ayant fait l'objet d'une coupe sélective, les zones se régénérant de façon naturelle après une utilisation agricole de la terre, les zones récupérant après des incendies d'origine humaine, etc. ; les zones pour lesquelles une distinction entre la régénération naturelle et la régénération assistée n'est pas possible (FAO, 2012).

- ✓ **Forêt/autres terres boisées semi-naturelles**

Cette catégorie concerne les espaces de forêt/autres terres boisées comprenant des espèces indigènes, établies par plantation, semis ou régénération naturelle assistée (FAO, 2006; FAO, 2012). Y sont inclus : les zones sous gestion intensive dans lesquelles sont utilisées des espèces indigènes et où des efforts ont été faits pour accroître/optimiser la proportion d'espèces souhaitées ce qui porte à des variations dans la structure et la composition de la forêt ; les zones sous gestion intensive dans lesquelles des efforts ont été faits pour améliorer ou optimiser (à travers l'éclaircie ou la coupe) les fonctions souhaitables de la forêt. Ces efforts peuvent avoir porté à des variations dans la structure et la composition de la forêt (FAO, 2012).

- ✓ **Plantations de production (à l'intérieur de la forêt/autres terres boisées)**

C'est une catégorie de forêt/autres terres boisées comprenant des espèces introduites, et dans certains cas des espèces indigènes, établies par plantation ou semis principalement pour la production de bois ou de produits non ligneux (FAO, 2012) & (FAO, 2006). Elle comprend : tous les peuplements d'espèces introduites, établies pour la production de bois ou de produits non ligneux ; pourrait inclure des zones comprenant des espèces indigènes caractérisées par leur nombre limité et la présence d'arbres plantés en ligne droite et/ou de peuplements équiennes (FAO, 2012).

- ✓ **Plantations de protection (à l'intérieur de la forêt/autres terres boisées)**

Cette catégorie fait référence aux types de forêt/autres terres boisées comprenant des espèces indigènes ou introduites établies, par plantation ou semis, principalement pour la fourniture de services (FAO, 2012) & (FAO, 2006). Elle comprend tous les peuplements d'espèces introduites établis pour la fourniture de services environnementaux, tels que la protection des sols et des eaux, la lutte contre les ravageurs et la conservation des habitats et de la biodiversité ; des zones renfermant des espèces indigènes caractérisées par leur nombre limité, et la présence d'arbres plantés en ligne droite et de peuplements équiennes (FAO, 2012).

Des arbres régénérés naturellement appartenant à des espèces autres que celles plantées/semées pourraient être présents. Pourrait inclure des zones renfermant des arbres régénérés naturellement d'espèces introduites (FAO, 2012).

1.2.7.3 Classification des arbres selon le type de feuille

Certaines classifications de la forêt se basent sur les types de feuilles que portent les arbres qui la composent. Sachant que la quasi-totalité des arbres appartiennent aux phanérogames (plantes à fleurs) (Jaziri, 2013), on peut en distinguer deux grands types :

✓ **Les conifères ou les résineux**

Les conifères (ou les résineux) se caractérisent par des feuilles sous formes d'aiguilles (le sapin, L'araucaria, le Pin, etc.). Selon le Thésaurus de l'activité gouvernementale du Québec, un Conifère est « un arbre ou arbrisseau qui appartient à l'ordre des Conifères et qui porte des feuilles en forme d'aiguilles ou d'écailles ».

✓ **Les feuillus ou les latifoliés**

Les feuillus ou latifoliés se caractérisent par des feuilles larges et aplaties (chênes, eucalyptus, etc.). Au sens technique le feuillu se définit comme un arbre qui appartient au sous-embranchement des angiospermes et qui porte des feuilles à limbes larges (Gouvernement du Québec, 2018). Il se subdivisent en deux types :

- ***Les feuillus sempervirents à feuilles persistantes*** et qui présentent un feuillage toujours vert. Par exemple : l'olivier sauvage (*Olea europaea*), le chêne liège (*Quercus suber*), le chêne vert (*Quercus ilex*)
- ***Les feuillus à feuillage caduc*** : qui *perdent leurs feuilles* pendant une saison quelconque. Exemple : Chêne zen (*Quercus faginea*), le peuplier blanc (*Populus alba*)

1.2.7.4 Autres types de classification des forêts

A ces types de classification utilisé à l'échelle de l'écosystème même qui tiennent compte du de la diversité des espèces qui les constituent. Dans ce cas on peut parler de :

Forêt mono-spécifique quand elle est composée d'une seule espèce (par ex. forêt constituée uniquement de pin). Cette situation se présente le plus souvent dans le cas des forêts artificielles (Jaziri, 2013); **Forêt Plurispécifique** constituée par de espèces végétales feuillus et conifère ; **forêt Mixte** se dit d'une formation forestière comportant à la fois des essences sempervirentes et caducifoliées. Elle désigne également une formation forestière comportant à la fois des feuillus et des résineux (exemple : hêtraie-sapinière) et **forêt mélangée** désigne un ensemble d'arbres forestiers constitués d'essences variées toutes feuillus ou toutes résineuses (Jaziri, 2013).

La classification des forêts est très importante dans le cadre de cette recherche, car le comportement spectral pour la télédétection va dépendre de toutes ces caractéristiques qu'on vient de mentionner antérieurement.

1.2.8 La stratification ou la structure verticale des végétaux au niveau d'une forêt

La structure verticale d'une forêt est caractérisée par la nature des espèces végétales qui la constituent. Le classement des végétaux forestiers se fait en fonction de leurs hauteurs ce qui permet de les répartir en strates (Jaziri, 2013). A ce titre on peut distinguer classiquement :

- ✓ **La strate arborescente :** elle regroupe les arbres les plus hauts. La taille des arbres est supérieure à 7 m
- ✓ **La strate arbustive :** constituée de petits arbres de taille inférieure à 7 m
- ✓ **La strate herbacée :** constituée d'espèces herbacées de quelques décimètres de hauteur. A cette stratification, on peut ajouter u**ne strate muscicole** composée de mousses ou de lichens accrochés aux troncs d'arbres ou aux roches.

La stratification est le résultat de deux compétitions : une compétition pour la lumière et un autre pour l'eau et les nutriments.

Parallèlement, il faut aussi signaler la présence possible **des épiphytes** étant des espèces grimpantes à l'instar des lianes présentant une morphologie bien particulière. Ces espèces s'accrochent aux troncs d'arbres pour grimper aux cimes d'arbres à la recherche de la lumière (Jaziri, 2013).

1.2.9 La conjonction forêt, biodiversité et changement climatique

Les écosystèmes forestiers, étant déjà un ensemble d'espèces végétales, constituent les habitats de de prédilection de bon nombre d'espèces animales. Dans ce cas, ils impliquent un niveau de diversité biologique considérable. De même, compte tenu du rôle qu'ils jouent dans la régulation du climat, ils constituent des enjeux cruciaux de la lutte contre le changement climatique.

Toutefois, le climat est le principal facteur contrôlant la structure et la productivité végétale ainsi que la composition des espèces animales et végétales à l'échelle mondiale (GIEC, 2002). En effet, un grand nombre de végétaux ne peuvent se reproduire et croître que dans une plage de températures spécifiques, réagissent à des volumes et des profils saisonniers de précipitations spécifiques, risquent d'être déplacés par la concurrence d'autres végétaux ou de ne pas survivre à des changements climatiques (GIEC, 2002). De même, les espèces animales nécessitent des plages de températures

et/ou de précipitations spécifiques et dépendent de la présence continue d'espèces nécessaires à leur alimentation (GIEC, 2002).

Les liens entre la diversité biologique et les changements climatiques sont bidirectionnels : les changements climatiques menacent la diversité biologique et la diversité biologique peut réduire les conséquences des changements climatiques (ONU/PNUE, 2007). A titre d'exemple, une augmentation de 10 % de la déforestation augmente de 4-6 % la fréquence des inondations (Dajoz, 2008).

De nombreuses espèces et populations animales sont déjà menacées, et cette tendance devrait s'accentuer sous l'effet conjugué des changements climatiques qui rendront une partie des habitats inutilisables et des changements d'affectation des terres qui fragmentent les habitats et créent des obstacles aux migrations des espèces (GIEC, 2002).

De récentes estimations mettent en évidence un risque sérieux d'extinction mondiale pour 25 % (≈ 1 125 espèces) des mammifères mondiaux et 12 % (≈ 1 150 espèces) d'oiseaux (GIEC, 2002). Les forets continuent à être dégradées et détruites alors que la disparition des habitats constitue la principale menace au maintien de la biodiversité. Par exemple, d'après les estimations, les forêts contiendraient la moitié de la biodiversité mondiale. Les forêts tropicales abriteraient à elles seules plus de 80 % des représentants de nombreux groupes d'animaux et de plantes (Robitaille & Carisey, 2013). Aussi, la conservation des forêts a aussi l'avantage de freiner les changements climatiques en stockant de grandes quantités de carbone et de conserver la biodiversité (Dajoz, 2008).

1.3 Cadre conceptuel sur la diversité biologique ou la biodiversité

La préservation de la biodiversité consiste à respecter le droit de vie et de l'existence de chaque individu et de chaque espèce. Sachant que la perte de cette biodiversité engendra la rupture de l'équilibre vital, en la préservant et en la restaurant, on arrive éventuellement à maintenir la vie des espèces et des individus et donc l'équilibre la chaine trophique, un milieu écologique vivable, des habitats naturels spécifiquement riches et diversifiés, un système de production rentable et durable, une population socialement équitable et confortable, une stabilité politique garantie et durable, une société géopolitiquement stable et un lien social fort.

De ce fait, il important pour nous, dans le cadre de cette étude, notamment à travers cette rubrique de présenter certains éléments clés qui permettraient non seulement de cerner au mieux ce concept, mais aussi de mettre en évidence le lien qu'il tisse en permanence avec les écosystèmes forestiers.

1.3.1 Définition du concept de la biodiversité

Le concept de biodiversité fait l'objet d'une multitude de définitions, mais d'après la Convention sur la diversité biologique adoptée au Sommet de Rio de 1992, elle est la « Variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes ». Toutefois d'autres définitions qui nous permettront de mieux s'approprier du terme sont en aussi prises en compte. Par exemple, selon la stratégie canadienne de la biodiversité : elle représente " la multitude des espèces et des écosystèmes de la Terre ainsi que les processus écologiques dont ils font partie (Bernhardt, 2018).

En somme, le thème concerne la conservation et la gestion de la diversité biologique aux niveaux génétique, de l'écosystème (paysage) et des espèces (FAO, 2006). A ce titre, elle désigne l'ensemble des formes de vie : la diversité génétique (variations génétiques au sein des espèces), la diversité des espèces (diversité des espèces végétales et animales) et la diversité de l'écosystème (variété des écosystèmes tels que les forêts tropicales, les récifs coralliens et les déserts présents sur notre planète) (De Chazournes, 2009).

D'une manière plus générale, la « diversité biologique » englobe la variété des formes de vie existantes, les rôles écologiques qu'elles remplissent et la diversité génétique qu'elles renferment (FAO, 1989).

Dans les forêts, la diversité biologique permet aux espèces de s'adapter continuellement à des conditions environnementales en évolution dynamique, de maintenir les possibilités de reproduction et d'amélioration des arbres (pour répondre aux besoins humains en biens et services et à ceux des nouvelles utilisations finales), et de favoriser leurs fonctions écosystémiques.

1.3.2 Brève historique du terme ou concept de la biodiversité

Le concept de biodiversité biologique est aussi vieux que la science elle-même. Mais la dénomination « biodiversité », très récente, a été inventée par contraction de diversité et de biologie pour marquer les esprits et faire revêtir au concept qu'il soutient une apparence plus « sexy », plus médiatique (Marc, Lavenus, & Bron, 2009). La science de la biodiversité découle en grande partie de l'écologie (l'étude du rapport entre les organismes et leur environnement) et des recherches sur l'évolution (les origines de la diversité) (Bernhardt, 2018). En effet, c'est un terme assez jeune mais d'ampleur considérable, ce qui lui confère une certaine maturité scientifique. En fait, ce terme a notamment été popularisé depuis la ratification de la Convention sur la Diversité Biologique en 1992 (Marc, Lavenus, & Bron, 2009) suite au sommet de Rio.

1.3.3 La typologie de la diversité biologique selon les experts

Selon bon nombre d'experts, il existe généralement trois types ou trois niveaux de biodiversité : la diversité génétique qui concerne l'individu, la diversité spécifique qui renvoie aux espèces ou à une population et la diversité écosystémique faisant référence aux écosystèmes constitués d'une ensemble de communauté.

1.3.3.1 Diversité Génétique

La diversité génétique d'une population est l'ensemble d'individus de la même espèce vivant sur un même territoire), qui est une diversité moléculaire (Marc, Lavenus, & Bron, 2009). La diversité génétique peut se définir sur le plan des allèles (les variantes d'un même gène, qui dictent par exemple la couleur des yeux, bruns ou bleus), celui des gènes entiers (qui fixent les traits caractéristiques, par exemple la capacité ou l'incapacité à métaboliser telle ou telle substance), ou celui d'unités plus vastes que les gènes, la structure chromosomique par exemple (Torsten Bernhardt, 2018). Cette diversité tient compte de la différence existant entre les gènes au sein d'une même espèce. Sachant qu'un même gène peut exister sous différentes versions appelées allèles (Le Guyader), la diversité des allèles d'un individu à l'autre de la même espèce constitue la biodiversité génétique. L'expression phénotypique des individus de la même espèce en est un témoignage.

Ce niveau intéresse tout particulièrement les généticiens et les sélectionneurs et comprend l'étendue et le mécanisme de variation des populations, la variation des génotypes et les fréquences, effets et flux des allèles (les différentes formes de mutation d'un gène donné, et les unités qu'affecte la sélection pour aboutir à la diversité génétique) (Burley, 2002). Néanmoins, il importe de noter que dans les communautés écologiques (biocénoses), la diversité génétique peut croître avec la diversité des espèces (Torsten Bernhardt, 2018).

1.3.3.2 Diversité Spécifique

La diversité spécifique d'une communauté est l'ensemble de populations partageant une aire de vie commune qui est celle des espèces (Marc, Lavenus, & Bron, 2009). Cette diversité biologique est évidente lorsqu'on imagine la quantité fantastique d'espèces différentes (découvertes ou encore inconnues) qui vivent ou ont vécu sur Terre (Le Guyader). C'est ce niveau qui intéresse particulièrement les taxinomistes, les écologistes et les défenseurs de l'environnement et désigne le nombre, l'abondance ou la rareté, et l'endémisme des espèces ; elle est couramment admise comme synonyme du terme original "diversité" utilisé par les écologistes théoriques lorsqu'ils parlent de compétition et de coexistence des espèces (Pielou, 1994) cité par (Burley, 2002).

1.3.3.3 Diversité Eco-systémique

La diversité écosystémique est la diversité résultant d'une association de communauté vivante (biocénose) et d'un milieu abiotique (biotope) (Marc, Lavenus, & Bron, 2009). En d'autres termes, cette diversité correspond à la diversité des milieux de vie incluant les espèces qui les habitent et toutes les relations qu'elles ont entre elles, notamment les relations liées à la chaine trophique. A ce niveau, il intéresse principalement les écologistes, mais aussi les aménageurs des écosystèmes/sites, car il englobe l'importance mondiale et locale de la composition, de la structure et du fonctionnement des écosystèmes, et l'existence de ce qu'on appelle les "points chauds" de la variabilité biologique (Burley, 2002).

1.3.4 Définition de certains termes et concepts relatifs à la biodiversité

1.3.4.1 Définition de du terme : Espèce

Une espèce est par définition la résultante d'un ensemble d'êtres vivants (individus) se ressemblant morphologiquement (caractéristiques du phénotype) et génétiquement (caractéristiques du génotype). Ces individus ont la capacité de se reproduire entre eux dans des conditions naturelles, et ce de génération en génération (des progéniteurs aux progénitures). Par conséquent, deux espèces se

diffèrent quand elles ne peuvent donner de descendance fertile (Alzaz, 2011). Naturellement, en relation avec son environnement naturel, la présence de chaque espèce est caractérisée par trois éléments fondamentaux : son aire de répartition (ou de distribution) géographique ; son habitat et sa niche écologique.

Entre temps, selon le mode de regroupement et l'organisation de ces espèces dans un espace donné, il est important d'évoquer trois termes fondamentaux qui souvent peuvent se prêter à confusion : la **population**, le **peuplement** et les **guildes**. A noter que tous ces regroupements font partie, bien entendu, d'une **Biocénose**.

La **population** est l'ensemble des individus de même espèce qui vivent dans une zone géographique donnée, en un moment particulier (France Valley, 2018). Donc on peut parler de **population** quand on ne considère que les individus d'une même espèce dans l'écosystème, c'est à dire capables de se reproduire entre eux (Alzaz, 2011). Par contre, on parle de **peuplement** quand il s'agit de porter son regard sur l'ensemble des populations vivant sur un même lieu géographique, c'est à dire tous les végétaux ou tous les animaux (Alzaz, 2011). Alors que sont désignés sous le nom de « **guilde**s » les regroupements des peuplements partageant un même régime alimentaire.

1.3.4.2 Différence entre « peuplements » et « guildes »

Souvent, vu la complexité des biocénoses, il parait difficile et fastidieux d'en faire un examen complet, dans ce cas il s'avère nécessaire de les subdiviser en sous-ensembles. Ces derniers représentants des niveaux d'organisation intermédiaire entre la population et la biocénose, tiennent la plupart du temps compte de l'étude des populations d'espèces d'un même groupe taxinomique, plus ou moins (Blandin, Couvet, Lamotte, & Sacchi, 2016) ; c'est le cas des groupes d'insectes, d'oiseaux, de mammifères ou de végétaux présents dans une biocénose. Dans ce cas on fait allusion au terme de peuplement. Cependant, quand les recherches portent sur des groupes de populations appartenant à des espèces taxinomiquement apparentées et qui exploitent, au sein de l'écosystème, le même type de ressources on parle de « **guildes** » (Blandin, Couvet, Lamotte, & Sacchi, 2016).

1.3.4.3 Le concept de biocénose

La notion de **biocénose** peut se définit comme étant l'ensemble des populations d'espèces quelles qu'elles soient (végétaux, animaux, champignons, microbes etc.) dans un milieu (biotope) donné. Selon le biologiste allemand Möbius qui a introduit ce terme dans le langage scientifique en 1877, une biocénose est « un groupement d'êtres vivants dont la composition, le nombre des espèces et celui des

individus reflète certaines conditions moyennes du milieu ; ces êtres sont liés par une dépendance réciproque » (Duvigneaud, Lamotte, Lavergne, & Pérès, 2016). Dans ce cas, la notion de peuplement se confond un peu avec celle de biocénose.

Il est également important de noter que la **biocénose** donne lieu à l'écosystème par association avec son **biotope**. Ce dernier quant à lui est « *l'ensemble des facteurs abiotiques, c'est-à-dire physico-chimiques, qui caractérisent l'environnement d'un organisme. Il peut s'agir de la température, de la pression atmosphérique, de l'acidité d'une eau, de la vitesse du courant d'un cours d'eau, de la granulométrie d'un sol, de la luminosité, etc.* »

A titre d'exemple, on peut parler de **peuplement forestier** pour désigner tous les arbres de la forêt, quelle que soit l'espèce ou du **peuplement des oiseaux /aviaire** pour désigner tous les oiseaux de la forêt. Néanmoins, au sens le plus strict de l'écologie, le terme **communauté** désigne la biocénose dans son ensemble.

1.3.4.4 Le terme écosystème

Par définition un écosystème est un « système d'organismes vivants en interaction, ainsi que leur environnement physique. Les limites de ce que l'on peut appeler un écosystème sont quelque peu arbitraires, et dépendent du centre d'intérêt ou de l'étude. Par conséquent, l'étendue d'un écosystème peut aller de très petites échelles spatiales jusqu'à l'ensemble de la terre » (GIEC, 2001).

En fait, le terme écosystème désigne un ensemble d'êtres vivants (animaux et végétaux) et de composantes physiques et chimiques qui agissent plus ou moins étroitement les uns sur les autres (Abbadie, 2017). L'écosystème est avant tout un moyen d'analyser la nature, même s'il correspond fréquemment à des environnements concrets comme une mare ou une forêt (Abbadie, 2017). La Terre elle-même peut être considérée comme un écosystème L'écosystème est le résultat d'interactions multiples au sein du monde vivant et entre le monde vivant et son milieu (Abbadie, 2017).

Dans un écosystème, la population d'une espèce donnée entretient de nombreuses interactions avec les autres composantes de la biocénose en même temps qu'elle est soumise aux caractéristiques particulières de l'espace qu'elle occupe dans le biotope (Blandin, Couvet, Lamotte, & Sacchi, 2016). Comparée aux populations d'autres espèces vivant dans le même écosystème, cette population a donc avec celui-ci un ensemble de relations qui lui est propre et qui constitue sa niche écologique (Blandin, Couvet, Lamotte, & Sacchi, 2016)

1.3.4.5 Habitat et biodiversité

Un « Habitat » est le lieu ou type de site dans lequel un organisme ou une population existe à l'état naturel (ONU, 1992). En somme, l'habitat désigne l'eau, la nourriture, la couverture et l'abri formant l'environnement essentiel dont les organismes et les espèces vivantes ont besoin pour survivre (France Valley, 2018).

A l'intérieur d'une aire de répartition géographique[13], les espèces et les populations d'espèce existantes vont se regrouper et coloniser un milieu de vie naturel auquel elles s'adaptent le mieux. En effet, l'habitat d'une espèce peut être considéré comme un milieu naturel auquel sont inféodées (RPAPN, 2018d) les espèces d'une population ou de plusieurs populations. En revanche, ce milieu tel qu'il est désigné doit pouvoir répondre à trois exigences fondamentales à l'espèce concernée : la possibilité de se nourrir (besoin en nourriture satisfaisant) ; la possibilité de se reproduire (conditions de reproduction adéquates et sécurisées) et la possibilité de s'abriter (abri fiable, protégé et adapté). Ainsi il va de soi, la forêt constitue sans conteste un habitat de prédilection pour beaucoup d'espèces tant végétales qu'animales et cryptogamiques.

Les habitats ont théoriquement leurs caractéristiques propres mais il existe en réalité une mosaïque d'habitats dans les milieux naturels qui se succèdent avec des frontières plus ou moins distinctes (transition par la notion d'écotone). Au niveau de l'habitat, les espèces, dépendamment des conditions biotiques et abiotique, vont se concentrer davantage dans un espace où elles arrivent à s'imposer par rapport à d'autres espèces moins fréquentes ; d'où l'utilisation de la notion de « ***niche écologique*** ».

1.3.4.6 Niche écologique

La niche écologique quant à elle peut se définir comme étant la fonction ou le rôle de l'espèce (proies, prédateurs) dans le fonctionnement de l'écosystème (Norpac, 2011). Pour certains, elle est la « position occupée par un organisme, une population ou plus généralement une espèce dans un écosystème. C'est l'environnement unique servant à assurer l'existence d'un organisme ou d'une espèce » (France Valley, 2018). Pour d'autres, la niche d'une espèce désigne non seulement le type de place qu'occupent dans le milieu les individus de cette espèce, mais aussi les multiples relations qu'ils ont avec le reste de l'écosystème ; en d'autres termes, la niche écologique d'une espèce serait dans un écosystème à la fois son habitat et sa fonction (Blandin, Couvet, Lamotte, & Sacchi, 2016). En d'autres mots, selon la

[13] Zone délimitant la répartition géographique d'une espèce vivante qui inclut la totalité de ses populations

célèbre analogie d'Odum (1959) : " la niche écologique, c'est la profession de l'espèce alors que l'habitat en est l'adresse" (RPAPN, 2018d) .

En fait, cette notion niche écologique peut être caractérisée et décrite par deux éléments essentiels que sont des paramètres physico-chimiques caractérisant l'environnement où évolue l'organisme et des paramètres biologiques (RPAPN, 2018d) qui déterminent la nature des espèces colonisatrices de l'espace concernée.

1.3.5 Interactions entre espèces dans une communauté ou un habitat donné

Dans une communauté coexistent des espèces entre lesquelles s'établissent des interactions nombreuses. Si l'on considère un couple de deux espèces A et B, il est possible de définir huit types principaux d'interactions. La limite entre les divers types d'interactions, et en particulier entre le commensalisme, la symbiose et le parasitisme n'est pas toujours facile à établir et il existe de nombreux cas ambigus. Les trois interactions les plus importantes sont la compétition, la prédation et le mutualisme.

a) La compétition

La compétition existe lorsque des individus de la même espèce ou d'espèces différentes, recherchent et exploitent la même ressource présente en quantité limitée ou les ressources ne sont pas limitées mais que les organismes en concurrence se nuisent (un abri, un site de nidification…) Dans ce cas, deux types de compétition peuvent exister :

On parle de compétition intraspécifique lorsque des individus appartenant à la même espèce se mettent en rivalité pour les ressources alimentaires, la reproduction, le territoire etc. En revanche, on fait mention à la compétition interspécifique quand des individus appartenant à des espèces différentes sont en cooccurrence pour s'apprivoiser des ressources (aliments, abri, milieu de reproduction etc.).

La compétition interspécifique se produit le plus souvent entre espèces voisines appartenant à un même niveau trophique, mais elle peut aussi exister entre espèces éloignées (Giraudet, 2008). Elle peut être directe (par interférence) ou indirecte (par exploitation). Ce type est indissociable de celle de niche écologique (RPAPN, 2018a). Cela dit, deux espèces exploitant la même niche écologique seront forcément en compétition ce qui aboutit, au bout d'une période plus ou moins longue, à l'exclusion d'une des deux espèces.

b) La prédation et le parasitisme

La prédation au même titre que le parasitisme est une forme d'interaction où certaines espèces vivent aux dépens de certaines autres. Dans le cas de la prédation, l'organisme qui vit au dépend de l'autre est désigné sous le nom de « **prédateur »** et celui qui est exploité s'appelle **« proie** ». Pourtant, dans le cas du parasitisme, l'organisme qui bénéficiaire porte le nom de « **parasite** » et celui exploité est connu sous le nom de « l'**hôte** ». Cependant, il est important de noter que le prédateur est tout organisme libre qui se nourrit aux dépens d'un autre, c'est le cas des animaux **herbivores** (prédateurs) qui se nourrissent de végétaux (proies). Tandis que le parasite se nourrit lui aussi au dépend de son hôte, mais il ne mène pas une vie libre ; il est, au moins à un stade de son développement, lié à la surface (ectoparasite) ou à l'intérieur (endoparasite) de son hôte (Giraudet, 2008). A titre d'exemple dans le cas d'**ectoparasite** on peut considérer les « **Tiques** sur les **mammifères et les oiseaux** », et dans le cas d'**endoparasite** on peut faire allusion au **tænia** et aux **amibes** chez les humains.

c) L'amensalisme

L'amensalisme est une interaction dans laquelle une espèce est éliminée par une autre espèce qui sécrète une substance toxique ; c'est une forme de compétition à sens unique (Giraudet, 2008) où c'est seulement l'un des deux organismes en interaction qui en profitent.

d) Le commensalisme

Il s'agit d'une interaction entre une espèce commensale qui en tire un bénéfice et une espèce hôte qui n'en tire ni avantage ni nuisance (mutualisme à sens unique). Dans ce cas, l'organisme « **hôte** » ne tire aucun bénéfice de l'organisme étranger à qui il offre le gite et/ou le couvert (Hecker, 2009) ; à titre d'exemple on peut mentionner le cas de **l'épiphyte et de l'arbre** ; du **poisson pilote et du requin** etc.

e) Le mutualisme (coopération et symbiose)

Le mutualisme est une association entre deux espèces qui procure des avantages réciproques (la protection, l'apport de nutriments, la pollinisation, la dispersion, etc.). L'association peut être facultative (coopération) ou indispensable (symbiose) (Giraudet, 2008).

- **La coopération**

Dans le cas de la coopération, contrairement au cas de la symbiose, les deux espèces forment une association de mutualisme facultative, c'est à dire qui n'est pas indispensable et en effet peuvent vivre de manière isolée sans difficulté. Par conséquent, les deux organismes tirent un bénéfice mutuel de leur association sans être associés par des liens obligatoires (Hecker, 2009).

- **La symbiose**

La symbiose est une association de mutualisme obligatoire et indissoluble entre deux espèces. Cela signifie que les deux organismes sont associés par des liens structuraux et fonctionnels et ne peuvent pas vivre l'un sans l'autre (Hecker, 2009) ; c'est le cas par exemple de l'arbre et du champignon. Un cas probant de ce type est celui où « les mycorhizes, symbioses entre les arbres et certains champignons, constituent une association à bénéfice réciproque au niveau des fines racines de l'arbre entourées de filaments mycéliens qui permettent aux deux partenaires d'échanger : le champignon se nourrit des sucres de la sève élaborée par l'arbre, ce dernier bénéficie en contrepartie de l'azote minéral fourni par le champignon » (Bastien & Bournérias, 2017)

1.3.6 Importance de la biodiversité

Se référant au fait que les parties contractantes de la Convention sur la Diversité Biologique, (premier paragraphe du préambule) se montrent conscientes de la valeur intrinsèque de la diversité biologique et de la valeur de la diversité et de ses éléments constitutifs sur les plans environnemental, génétique, social, économique, scientifique, éducatif, culturel, récréatif et esthétique (ONU, 1992), il y a lieu ici de mettre en évidence l'importance de cette biodiversité. De ce fait, la protection de la biodiversité est inscrite dans les textes comme étant une obligation éthique (RPAPN, 2018c).

En fait, la biodiversité constitue une richesse en fournissant la matière première de nos aliments, de nos habillements, de nos médicaments, en nous approvisionnant en combustibles et en assurant en permanence la protection des sols, la lutte contre l'érosion, l'épuration des eaux. De plus, elle permet la pollinisation et la dispersion des graines sans oublier son rôle culturel (esthétique, divertissement) et son rôle dans le maintien de l'hétérogénéité et de la qualité des paysages, qui témoignent d'un patrimoine (RPAPN, 2018b).

1.3.7 Les différentes techniques de mesures de la diversité biologique

La connaissance de la diversité biologique dans un milieu naturel donné (habitat/biocénose ou communauté/peuplement) nécessite l'utilisation des techniques de mesure appropriées. En fait, cette diversité biologique mesurée, selon le cas étudié, peut être interspécifique ou intraspécifique (Giraudet, 2008). La mesure de la diversité interspécifique représente la richesse en espèce d'une communauté ou d'un peuplement ou biocénose. Elle se mesure en termes de nombre d'espèces S (mais ne rend pas compte de l'importance numérique de chaque espèce), ou par différents indices numériques (Giraudet, 2008).

Les indices le plus souvent utilisés sont assez simples, même si dans la plupart des cas ils ne sont en mesure de fournir des estimations exhaustives. Les indices classiques de diversité utilisés sont ceux de Shannon et de Simpson, et la richesse spécifique (Marcon, 2016) pouvant être estimés à partir des données d'inventaire. La richesse est tout simplement le nombre d'espèces présentes dans le taxocène considéré. Selon Marcon (2016) C'est la mesure conceptuellement la plus simple mais pratiquement la plus délicate dans des systèmes très riches comme les forêts tropicales : même avec des efforts d'inventaire considérables.

1.3.8 Les indices de la diversité biologique au niveau d'un site

Nous nous intéressons ici à trois indices très utilisés en écologie et en génétique.

1.3.8.1 La richesse spécifique

La richesse spécifique c'est l'indice le plus simple pour mesurer la biodiversité est le nombre S de catégories diminue de 1 afin qu'une collection comprenant une seule catégorie ait une biodiversité nulle. Cet indice s'écrit $Hr = S - 1$ et est appelé richesse. Cela revient à dire qu'une communauté dont le nombre de catégorie d'espèces est estimé à dix espèces contient une richesse ($\boldsymbol{Hr}$) de 9. Cependant, comparée aux autres indices, il contient beaucoup de limites en termes d'exhaustivité.

1.3.8.2 L'indice de Shannon

Cet indice donne une idée de la diversité spécifique d'un milieu. En d'autres termes, il renseigne sur le nombre d'espèces de ce milieu pour estimer sa richesse spécifique et de la répartition des individus au sein de ces espèces pour évaluer la représentativité de des espèces (équitabilité spécifique).

La formule de l'indice de Shannon peut s'écrire de la manière suivante :

$\boldsymbol{H = -\sum_{i=1}^{S} pi \log_2 pi}$, ou H$=-\sum_{i-1}^{S} \boldsymbol{Pi(lnPi)}$ avec $\boldsymbol{pi = ni/N}$

La variable (***pi) étant*** considérée comme l'abondance relative de l'espèce ***i.*** A noter que : ***ni*** est l'abondance de l'espèce $\boldsymbol{i}$; $\boldsymbol{N = \Sigma ni}$ est le nombre total d'individus et $\boldsymbol{S}$ le nombre d'espèces de l'espace considéré (habitat/biocénose ou peuplement).

1.3.8.3 L'indice de Simpson

L'indice de Simpson se définit par interprétation comme la probabilité que deux individus pris au hasard parmi la population soient d'espèces différentes (Marc, et al., 2009). Sa détermination tient en effet compte des fréquences observées des espèces dans un site étudié. En effet, il est d'autant plus

grand que le nombre d'espèces est grand et pour un nombre fixé d'espèces, il est d'autant plus grand que la répartition des fréquences est équitable. « *Cet indicateur prend donc en compte les deux composantes de la diversité spécifique, ce que les autres ne faisaient pas. Il est donc plus informatif que les précédents bien que d'appréhension moins directe. Autrement dit, il est plus précis mais moins éloquent* » (Marc, et al., 2009).

La formule de l'indice de Simpson peut s'écrire de la manière suivante :

$\boldsymbol{I = 1 - (\Sigma ni(ni - 1))/N(N - 1)}$ Ce qui devient $\mathbf{I = 1 - \sum_{i=1}^{S} Pi^2}$

Il peut être interprété comme la probabilité que deux individus tirés au hasard soient d'espèces différentes. Il est compris dans l'intervalle [0 ; 1[. Sa valeur diminue avec la régularité de la distribution :

- ✓ $E = 0$ si une seule espèce a une probabilité de 1, $E = 1 - 1/S$ si les S espèces ont la même probabilité $ps = 1/S$.
- ✓ La valeur 1 est atteinte pour un nombre infini d'espèces, de probabilités nulles (Marcon, 2016).

Les indices ici évoqués sont différents les uns des autres en termes de conception. Pour un même site étudié, les résultats en chiffres sont, dans la majorité des cas étudiés, différents.

1.3.9 Les composantes de la biodiversité : richesse spécifique & équitabilité/abondance

Pour chacun des niveaux de biodiversité on peut définir deux composantes : la diversité spécifique et richesse spécifique.

La première composante est la **richesse** (génétique, spécifique ou écosystémiques) qui est simplement le nombre d'entités différentes du type considéré (gènes, espèces, écosystèmes) présentes dans la région d'intérêt (Marc, Lavenus, & Bron, 2009). Par exemple, c'est le nombre d'allèles différents pour un gène donné dans une population donnée, ou bien le nombre d'espèces vivant dans une communauté donnée ou encore le nombre d'écosystèmes différents observés dans une certaine région, celle-ci pouvant être aussi bien définie comme étant d'une surface d'un mètre carré ou comme étant la terre entière. La richesse spécifique d'un milieu correspond au nombre total d'espèces présentes dans un biotope. Elle varie en fonction du nombre d'espèces et de la surface sur laquelle elles sont présentes. En général cette richesse est liée à la qualité du territoire en termes de disponibilité des ressources alimentaires, abris, site de nidification et de ponte etc. (RPAPN, 2018b).

La deuxième composante de la biodiversité, quel que soit le niveau de biodiversité considéré est l'équitabilité (Marc, Lavenus, & Bron, 2009) ou l'abondance des espèces. Cette composante ne prend pas en compte seulement le nombre de types d'éléments différents (gènes, espaces, écosystèmes)

présents dans une communauté donnée mais également sa distribution spatiale ou importance relative en termes de quantité par rapport aux autres types d'éléments y étant présents. Par exemple, pour une population de cinq individus (N=5) regroupés en trois caractères différents (a, b, & c) on peut avoir 6 répartitions d'abondance : (a, b, 3c) ; (a, 3b, c) ; (3a, b, c) ; (2a, 2b, c) ; (a, 2b, 2c) et (2a, b, 2c). Dans les trois premiers cas, l'abondance de certains caractères est plus élevée que d'autre et dans les trois autres, il y a plus ou moins une répartition équitable, et il en ressort donc une diversité est mieux répartie. En effet, un bon indicateur doit nécessairement prendre en compte ces deux aspects de la diversité : richesse et équitabilité (Marc, Lavenus, & Bron, 2009).

1.3.10 Les services écosystémiques

Du fait de son succès, le concept de service écosystémique est de plus en plus souvent considéré comme un acquis (Barnaud, Theil, Choisis, & Eychenne, 2015). L'évaluation des écosystèmes pour le Millénaire (MEA, 2005) définit les services éco systémiques comme étant les bénéfices que les humains tirent des écosystèmes. Ainsi, il existe trois types de services écosystémiques contribuant directement au bien-être humain (MEA, 2005) : les services de prélèvement (aussi appelés produits écosystémiques), comme les aliments et le bois de chauffage ; les services de régulation, comme la régulation de l'eau, du climat ou de l'érosion des sols ; et les services culturels, comme les services récréatifs, spirituels ou religieux. Outre ces trois types, les services d'auto-entretient représentent un quatrième type et comprennent les services qui sont nécessaires à la production d'autres services, comme la production primaire, le cycle des nutriments et la formation des sols (Locatelli, 2013).

1.3.11 Les enjeux de la biodiversité au regard de la survie de l'humanité

On s'inquiète beaucoup, ces temps-ci, de la dégradation de la diversité biologique. Cependant, peu de gens connaissent exactement les tenants et les aboutissants de ce phénomène et rares sont ceux et celles qui peuvent expliquer pourquoi il est capital de préserver la biodiversité (Bernhardt, 2018).

La diversité biologique, notamment au niveau des écosystèmes forestiers, constitue une composante naturelle fondamentale car elle comprend les différentes espèces de la planète et leurs caractéristiques génétiques dont dépend l'humanité pour vivre et prospérer dans un environnement sain. La perte d'écosystèmes, d'espèces et de gènes constitue une menace sérieuse à la survie de l'homme et d'autres organismes.

En se référant aux nombreux services que rendent les écosystèmes (cf. services écosystémiques), en particulier les écosystèmes forestiers, en garantissant l'alimentation nutritive, la santé, l'abri, la

protection, et la reproduction des espèces, on peut déjà imaginer les menaces auxquelles peut faire face l'humanité en cas de perte ou de réduction de la biodiversité. Cette structure dont on parle, constitue un système dont les éléments sont intimement liés et dont la rupture est extrêmement dangereuse et préoccupante. Ainsi, « *la biodiversité est par excellence le domaine des représentations de la nature que nous avons, les uns et les autres. Ces représentations, sont le fruit de notre culture et de nos expériences. Elles ont une influence considérable sur le regard porté sur les plantes et les animaux, et par conséquent sur notre manière de gérer nos rapports avec la nature* » (Lévêque, 2008).

1.4 Changement Climatique : Paradigme, concepts, définitions et enjeux

1.4.1 Bref cadre légal et réglementaire du domaine changement climatique

Depuis le sommet de Rio de Janeiro en 1992, le changement climatique associé à la dégradation de de la diversité biologique sont devenues des préoccupations environnementales mondiales. Cette manifestation a alerté et réveillé la conscience des nations sur le fait de protéger à l'urgence leur environnement respectif. En effet, cette initiative a donc accouché à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et la Convention sur la Diversité Biologique (CDB). Les documents sont devenus les guides inéluctables des acteurs de gestion de l'environnement au niveau mondial. Ils sont constitués d'éléments contraignants suscitant les nations parties et signataires à travailler et lutter conjointement pour un développement durable. Par la suite, cette dynamique s'est développée en l'organisation des Conférences des Parties (COP) ; un dispositif mis en place dans le but de contrôler, suivre et évaluer les efforts engagés par chacune de ces parties.

1.4.2 Cadre scientifique relatif au domaine du changement climatique

Hormis le cadre réglementaire auquel il est soumis, le domaine du changement climatique est également coordonné par un cadre scientifique de niveau international chargé de conduire des réflexions poussées et assidues, de concevoir et de prévenir des scenarios, de proposer des solutions plausibles permettant de suivre efficacement l'évolution du climat : le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) synonyme de l'acronyme anglais IPCC (**Intergouvernemental Panel on Climate Change**).

Ce panel de scientifiques de haut niveau est créé en 1988 suite d'un accord mutuel entre deux institutions des Nations Unies : l'**Organisation météorologique mondiale** (OMM) et le **Programme des Nations unies pour l'environnement** (PNUE).

Ce regroupement œuvre pour regrouper, évaluer et synthétiser les connaissances sur l'évolution du climat, ses causes, ses impacts, mais aussi les possibilités d'atténuer l'évolution future et de s'adapter aux changements attendus.

En ce qui a trait à l'organisation des travaux du GIEC, il se compose de trois groupes de travail **(I, II& III)** et d'une équipe spéciale.

- Le groupe I traite des éléments scientifiques de l'évolution du climat : son observation, sa compréhension et son estimation future. En d'autres mots, il s'occupe des aspects scientifiques du système climatique,
- Le groupe II s'occupe des questions concernant la vulnérabilité des systèmes socio-économiques et naturels aux changements climatiques, les conséquences de ces changements et les mesures d'adaptation. Il s'occupe aussi des éventuels scénarios d'adaptation à ces évolutions,
- Le groupe III s'intéresse aux mesures d'atténuation. Sa mission est de trouver des solutions,
- L'équipe spéciale est en charge des inventaires nationaux de gaz à effet de serre.

En complément, le groupe d'experts compte une assemblée générale, un bureau et un secrétariat. Son siège social se trouve Genève en Suisse.

1.4.3 Compréhension du paradigme du changement climatique et des concepts liés

Selon maintes recherches déjà effectuées et une multitude de scenarios déjà présentés (FAO, 2008), Un autre enjeu évident dont le lien avec l'existence des écosystèmes forestier sur un territoire donné, au même titre que la biodiversité d'ailleurs, suscite la préoccupation de plus d'un, serait la manifestation du phénomène du changement climatique.

Compte tenu de ce constat, à travers cette rubrique il y a lieu : d'une part de présenter la façon dont les experts ont essayé de définir et de concevoir la survenue et la manifestation du phénomène ; et d'autre part de cerner par définition quelques concepts liés à la compréhension de ce paradigme.

1.4.3.1 La définition du concept « changement climatique »

Le concept changement climatique se définit comme une « Variation de l'état du climat, qu'on peut déceler (par exemple au moyen de tests statistiques) par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus. Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels ou

à des forçages externes, notamment les modulations des cycles solaires, les éruptions volcaniques ou des changements anthropiques persistants dans la composition de l'atmosphère ou dans l'utilisation des terres » (GIEC, 2014).

En résumé, les « changements climatiques » sont définis comme étant « des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables » (ONU, 1992).

1.4.3.2 Le mécanisme de manifestation du changement climatique

Pour déceler les conséquences du phénomène des changements climatiques sur le plan global, il faut essayer de comprendre le mécanisme de manifestation du phénomène. Il s'agit d'une augmentation de la température moyenne de l'atmosphère au niveau global/mondial (GIEC, 2007). Cette augmentation accrue de température est due à une augmentation de la concentration des Gaz à Effet Serre (GES). Ces gaz sont en grande partie produits par les activités humaines, et s'amplifient davantage avec le développement de l'industrie (GIEC, 2014). Et, voilà pourquoi on accuse l'homme d'être le principal responsable de ce fléau.

1.4.3.3 La manifestation du phénomène d'effet de serre

Il n'est un secret, même pour les moins avisés, que le soleil est la source d'énergie principale de la Terre. Une partie du rayonnement émis est réfléchie ou est absorbée au niveau de l'Atmosphère (Kergomard, 2000) (CCT, 2002), et l'autre partie parvient au sol (CCT, 2002). Ensuite, une partie de cette énergie est réfléchie par la surface de la Terre, et l'autre portion est absorbée par le sol. La portion absorbée à son tour va être transformée en une autre forme d'énergie (Infra Rouge) qui est perçu sous forme de chaleur.

Ce mécanisme est rendu possible grâce à la présence des Gaz à Effet Serre (GES) de l'atmosphère. Ce sont des « constituants gazeux de l'atmosphère, tant naturels qu'anthropiques, qui absorbent et émettent un rayonnement à des longueurs d'onde données du spectre du rayonnement infrarouge thermique émis par la surface de la Terre, l'atmosphère et les nuages » (GIEC, 2007).

Les Gaz à Effet Serre (GES : Gaz carbonique, Méthane, Protoxyde d'azote, Ozone artificiel etc.) se trouvant dans la basse couche de l'atmosphère, notamment la troposphère, piège une grande partie des ondes IR émises par la terre pour produire de la chaleur à ce niveau, et réémet aussi cette forme d'énergie vers la surface de la terre et des océans. Par conséquent, plus ces gaz (GES) augmentent en

concentration au niveau de l'atmosphère, plus cette production de la chaleur sera amplifiée (GIEC, 2007). Cette augmentation de chaleur au niveau des espaces continentaux et des océans et des rivières (GIEC, 2007) engendre une évaporation à outrance de ces milieux. En effet, plus il y a d' évaporation, plus il va avoir des précipitations intenses, avec une augmentation de la fréquence des phénomènes hydrométéorologiques (sécheresse, cyclone, ouragan..) et ceux-là vont, par conséquent, engendrer des catastrophes de toutes sortes (Leclerc, Osorio, & Siron, 2015) notamment : les inondations, les remontées de la mer ; les crues intempestives des rivières ; l'érosion des terres arables ; les glissements de terrains, les éboulement et l'érosion des berges des rivières, la destruction des voies de transport (infrastructures routières) ; la pollution des eaux ; la destruction des écosystèmes fragiles (terrestre/marins) ; la délocalisation de la population des zones côtières ; la destruction des ouvrages hydrauliques, des structures d'irrigation, la perte de la production agricole d'où l'amplification de l'insécurité alimentaire.

Toutefois, il faut signaler que cet « **effet de Serre** » est un phénomène naturel d'extrême importance qui rend possible la vie sur Terre (création de la température ambiante : $14^{0\,C}$ au lieu de $-19^{0\,C}$) (GIEC, 2007). Cependant, suite à l'augmentation de la concentration des Gaz à Effet de Serre (GES) par les activités humaines (GIEC, 2007) il est devenu renforcé et dangereux pour l'humanité.

1.4.4 Les causes du réchauffement et des dérèglements climatiques

Comme mentionné antérieurement, les dérèglements climatiques émanent de l'augmentation de la concentration des Gaz à Effet de Serre, qui découlent des mauvaises pratiques liées aux activités humaines (GIEC, 2007) cherchant sans relâche à subvenir aux besoins des populations. Ces activités sont le plus souvent :

- ✓ La combustion du charbon, du pétrole et du gaz produisant du dioxyde de carbone et du protoxyde d'azote (CO2 et N2O),
- ✓ La déforestation par l'absence des arbres contribuant à réguler le climat en absorbant le dioxyde de carbone (CO2) de l'atmosphère,
- ✓ L'augmentation de l'élevage des ruminants produisant de grandes quantités de méthane par la digestion de nourriture,
- ✓ L'utilisation des engrais azotés produisant des émissions de protoxyde d'azote (N2O),
- ✓ Les gaz fluorés issus des systèmes de climatisation et de réfrigération.

En somme, les variations de la concentration de gaz à effet de serre (GES) et d'aérosols dans l'atmosphère, de la couverture végétale et du rayonnement solaire modifient le bilan énergétique du système climatique (GIEC, 2007).

Le changement climatique constitue une préoccupation majeure au niveau global, car les conséquences en cours et à venir sont de taille, mais surtout annoncent de grands dangers pour la survie de l'Humanité. Ce phénomène se manifeste par une augmentation de la température moyenne de l'atmosphère et des océans au niveau global/mondial.

Définitivement, les impacts d'un tel réchauffement climatique sur les territoires, les ressources et les modes de vie sont inédits et encore mal maîtrisés. Les pays les plus vulnérables, en particulier les pays moins avancés (PMA) et les petits États insulaires, seront les plus touchés, notamment par l'accroissement des risques naturels, le stress hydrique, la désertification, la modification de la pluviométrie (Laubin, Fauveaud, Chéron, & Gautier, 2012)..

1.4.5 Des éléments conceptuels relatifs au phénomène du changement climatique

La dimension mondiale du changement climatique incite naturellement à focaliser l'attention sur les solutions discutées à cette échelle, notamment sur les négociations du partage des efforts qui permettront ou non d'aboutir à une réduction des émissions de GES (Vert, Schaller, & Villien, 2013).

Ainsi, se trouvant dans la nécessité de lutter contre ce phénomène inquiétant, bon nombre d'experts se sont mis d'accord pour travailler sans relâche dans le but de créer des scenarios et d'étudier les possibilités de réduire les émissions des GES (Vert, Schaller, & Villien, 2013), ses inducteurs, et ainsi de mettre en place des mesure d'adaptation et d'atténuation efficaces afin de limiter les impacts (PNUD, 2011).

Ce qui est important de signaler, c'est que la possibilité d'un territoire ou d'une communauté ou une population d'être affecté(e) par les effets néfastes des changements climatiques dépend non seulement de l'aléa du phénomène en soi, mais aussi de sa vulnérabilité ou de son exposition par rapport à la survenue du phénomène et de sa résilience par rapport à ces effets (GIEC, 2014). Par conséquent, il est nécessaire de définir les concepts clés liés à ce paradigme.

1.4.5.1 Les éléments conceptuels relatifs aux conséquences du phénomène

- **Incidences**

Le GIEC dans son cinquième rapport définit les incidences comme étant des « Effets sur les systèmes naturels et humains ». « *Dans le présent rapport, le terme est employé principalement pour désigner les effets, sur les systèmes naturels et humains, des phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes et des changements climatiques. Il s'agit en général des effets sur la vie des personnes, les modes de subsistance, la santé, les écosystèmes, le patrimoine économique, social et culturel, les services et les infrastructures, découlant de leurs interactions avec les changements climatiques ou les phénomènes climatiques dangereux qui se produisent au cours d'une période donnée, et de la vulnérabilité de la société ou du système exposé. Dans ce sens, on emploie aussi les termes conséquences ou impacts. Les incidences des changements climatiques sur les systèmes géophysiques, notamment les inondations, les sécheresses et l'élévation du niveau de la mer, constituent un sous-ensemble d'incidences appelées impacts physiques* » (GIEC, 2014).

- **Les effets néfastes des changements climatiques**

On entend par « effets néfastes des changements climatiques » les modifications de l'environnement physique ou des biotes dues à des changements climatiques et qui exercent des effets nocifs significatifs sur la composition, la résistance ou la productivité des écosystèmes naturels et aménagés, sur le fonctionnement des systèmes socio-économiques ou sur la santé et le bien-être de l'homme (ONU, 1992).

1.4.5.2 Les éléments conceptuels liés à la manifestation du changement climatique

- **Aléa Climatique**

L'aléa au sens large constitue un phénomène, une manifestation physique ou une activité humaine (par ex. activité industrielle) susceptible d'occasionner des dommages aux biens, des perturbations sociales et économiques voire des pertes en vie humaines ou une dégradation de l'environnement (ADEME, 2013). Par conséquent, l'aléa climatique est considéré comme étant la probabilité pour qu'un évènement naturel d'origine atmosphérique (tempêtes, grêle) puisse engendrer des perturbations hydrologique (inondations, coulées de boue), et lithosphérique (glissement de terrain, séisme), matériels (destructions des infrastructures) et biologiques (destructions des systèmes naturels et humains).

- **Danger relatif au changement climatique**

Le terme danger dans le domaine du changement climatique est perçu comme une « Éventualité d'un phénomène ou d'une tendance physique, naturelle ou anthropique, ou d'une incidence physique, susceptible d'entraîner des pertes en vies humaines, des blessures ou autres effets sur la santé, ainsi que des dégâts et des pertes matérielles touchant les biens, les infrastructures, les moyens de subsistance, la fourniture des services, les écosystèmes et les ressources environnementales » (GIEC, 2014). Selon le sens dans lequel ce terme est utilisé dans le cinquième rapport du GIEC, il se rapporte en général aux phénomènes et tendances physiques dangereux associés au climat ou à leurs impacts physiques.

- **Risque face au changement climatique**

Le risque en général est considéré comme de « conséquences éventuelles et incertaines d'un événement sur quelque chose ayant une valeur, compte dûment tenu de la diversité des valeurs. Le risque est souvent représenté comme la probabilité d'occurrence de tendances ou d'événements dangereux que viennent amplifier les conséquences de tels phénomènes lorsqu'ils se produisent. Le risque découle des interactions de la vulnérabilité, de l'exposition et des aléas » (GIEC, 2014). Dans le cinquième rapport du GIEC, le terme risque sert principalement à désigner les risques liés au changement climatique.

- **Vulnérabilité au changement climatique**

Sur le plan général, les géographes utilisent le terme de vulnérabilité pour designer l'ensemble des facteurs de faiblesse d'un système naturel ou humain. En effet, la vulnérabilité peut être humaine, matérielle, fonctionnelle, à risque environnemental, etc. (Bourrelier, Deneufbourg, & Vanssay, 2000);

Cependant d'une manière spécifique au changement climatique la vulnérabilité est la « Mesure dans laquelle un système est sensible ou incapable de faire face aux effets défavorables des changements climatiques, y compris la variabilité du climat et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation du climat à laquelle le système considéré est exposé, de la sensibilité de ce système et de sa capacité d'adaptation » (GIEC, 2007). En d'autres termes, La vulnérabilité aux impacts du changement climatique est fonction de l'exposition à des conditions climatiques, à la sensibilité à ces conditions, ainsi qu'à la capacité de s'adapter aux changements (USAID, 2007).

Selon la FAO, la « **vulnérabilité » peut être définie** comme étant la « possibilité d'un système de subir les conséquences du changement climatique, en tenant compte des impacts du changement climatique sur le système ainsi que sa capacité de s'y adapter » (GIEC, 2007).

En fait, la vulnérabilité est fonction de l'exposition et de la sensibilité d'un système aux effets négatifs de l'aléa, et de la capacité d'y faire face (GIEC, 2007).En effet, moins la population dispose de moyens et de capacités d'adaptation face à un risque élevé, plus la vulnérabilité est grande. Et, plusieurs facteurs, comme la pauvreté, peuvent amplifier le niveau de vulnérabilité (GIEC, 2007).

- **L'exposition au changement climatique**

L'exposition au changement climatique correspond à la nature et au degré auxquels un système est exposé à des variations climatiques significatives (GIEC, 2001) sur une certaine durée (à l'horizon temporel de 10 ans, 20 ans etc.) donnée (ADEME, 2013). L'exposition peut être réduite par la mise en place de mesures structurelles (équipement de protection : digues, murs pare-avalanches) et non structurelles (actions de prévention : réglementation de l'utilisation des sols, information et éducation des populations) (ADEME, 2013).

- **La sensibilité au changement climatique**

« La sensibilité est une condition intrinsèque d'un élément (collectivité, organisation…) qui le rend particulièrement vulnérable. Elle se traduit par une propension à être affecté, favorablement ou défavorablement, par la manifestation d'un aléa » (ADEME, 2013). La sensibilité est inhérente à un territoire. Par définition, elle désigne le « degré auquel un système est influencé, positivement ou négativement, par la variabilité du climat ou les changements climatiques. Les effets peuvent être directs (par exemple la modification des rendements agricoles due à un changement de la valeur moyenne, de l'amplitude ou de la variabilité de la température) ou indirects (par exemple les dommages causés par une augmentation de fréquence des inondations côtières en raison d'une élévation du niveau de la mer) » (GIEC, 2007). La sensibilité d'un territoire aux aléas climatiques est fonction de multiples paramètres : les activités économiques sur ce territoire, la densité de population, le profil démographique de ces populations etc. (ADEME, 2013)

1.4.5.3 Les éléments conceptuels liés aux réactions face au changement climatique

- **Résilience aux effets du changement climatique**

La résilience est définie comme la capacité d'un système à intégrer une perturbation dans son fonctionnement, à s'adapter à une perturbation ou un stress, voire à être renforcé par cette perturbation (Holling, 1986). Ce terme souvent utilisé en matière de risque correspond à la capacité d'ajustement permettant à une société de continuer à fonctionner après une perturbation. Ceci se traduit notamment par la capacité à anticiper les risques en mettant en place un dispositif de PPRR » (PNUD, 2008). Dans le cadre du changement climatique, **la Résilience** est la « Capacité des systèmes sociaux, économiques ou écologiques à faire face aux événements dangereux, tendances ou perturbations, à y réagir et à se réorganiser de façon à conserver leurs fonctions essentielles, leur identité et leur structure, tout en maintenant leurs facultés d'adaptation, d'apprentissage et de transformation » (GIEC, 2014).

- **Adaptation aux effets du changement climatique**

L'adaptation peut être définie comme « Les mesures prises par des particuliers ou des systèmes pour éviter, résister ou tirer parti de la variabilité du climat, de ses changements et de ses impacts actuels ou futurs. L'adaptation abaisse la vulnérabilité d'un système ou accroît sa résilience aux impacts » (FAO, 2008). Pour certains, « l'adaptation est communément définie comme un changement dans les comportements et les caractéristiques d'un système de manière à pouvoir composer avec une situation dans un endroit spécifique. L'adaptation aux changements climatiques fait référence ici à ces ajustements qui sont faits spécialement pour composer avec un climat en évolution rapide » (Leclerc, Osorio, & Siron, 2015). Aussi, elle consiste à développer diverses options visant à limiter les impacts négatifs et à éviter les dommages importants, en tenant compte des conséquences indirectes à long terme (PNUD, 2008).). L'adaptation se concrétise alors par des mesures et des réajustements, préventifs ou curatifs, au sein des systèmes naturels et humains, face aux données climatiques d'aujourd'hui et de demain. En outre, il est à signaler que plus la capacité d'adaptation est élevée moins la vulnérabilité est forte et plus la résilience aux impacts augmente (FAO, 2008). A ce titre, la capacité d'adaptation comprend à la fois des qualités intrinsèques du territoire concerné et la possibilité d'envisager et d'adopter des mesures et stratégies destinées à réduire les impacts du changement climatique (ADEME, 2013).

- **Atténuation des effets du changement climatique**

Le concept d'atténuation est perçu comme une intervention humaine visant à réduire les sources ou à renforcer les puits de gaz à effets de serre. En d'autres termes, c'est un « ensemble de mesures visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre par sources et/ou accroître l'élimination du carbone par les puits de carbone » (FAO, 2008).

L'atténuation est considérée comme une « Modification et substitution des techniques employées dans le but de réduire les ressources engagées et les émissions par unité de production. Bien que certaines politiques sociales, économiques et technologiques puissent contribuer à réduire les émissions, du point de vue du changement climatique, l'atténuation signifie la mise en œuvre de politiques destinées à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à renforcer les puits » (GIEC, 2007).

- **Transformation due au changement climatique**

La transformation est caractérisée par un « changement des attributs fondamentaux des systèmes naturels ou humains » (GIEC, 2014). Dans le résumé du cinquième rapport du GIEC, elle peut refléter le renforcement, la modification ou l'ajustement de paradigmes, d'objectifs ou de valeurs en vue de promouvoir une adaptation propice au développement durable, y compris la lutte contre la pauvreté.

1.4.6 Confrontation agriculture-foresterie et le changement climatique

Dans les secteurs d'**agriculture et de foresterie**, force est de constater un déséquilibre exhibé entre une évolution croissante des besoins des populations (alimentation, énergie, bioproduits, services écosystémiques, loisirs etc.), et une disponibilité insuffisante des biens et services due à l'amplification des dérèglements climatiques tant au niveau national qu'international. Cela dit, l'agriculture et la forêt sont deux secteurs particulièrement exposés aux changements du climat, dont les effets sont susceptibles de s'accentuer dans l'avenir et affecteront la résilience des systèmes agricoles et forestiers, car ces deux secteurs sont des activités très dépendantes des conditions naturelles et du climat : apports en lumière, en chaleur ou en eau (Vert, Schaller, & Villien, 2013).

Au-delà des conséquences directes sur les productions, les effets du changement climatique agissent en cascade sur les ressources utilisées (notamment l'eau), les bioagresseurs, l'état des sols et l'ensemble des écosystèmes dont dépendent plus ou moins les systèmes naturels et cultivés (Vert, Schaller, & Villien, 2013). Cependant, tout en étant très sensible aux effets des changements climatiques déjà observés et à venir, ces secteurs peuvent aussi potentiellement remplir les fonctions de puits de carbone et de producteur d'énergies renouvelables (Denhartigh, 2014). Pour y parvenir, il faut dans ce

cas mettre en branle des stratégies de lutte très efficace contre ces effets, soit par atténuation, soit par des mesures d'adaptation. Même si, L'atténuation du changement climatique et l'adaptation à ce changement tendent à être traitées comme deux champs distincts (Vert, Schaller, & Villien, 2013).

De ce fait, les bonnes pratiques en matière d'agriculture, de foresterie et d'aménagement des terres sauraient être des facteurs clés permettant de satisfaire les besoins actuels et d'améliorer les moyens d'existence des communautés, tout en préservant l'environnement de façon durable (Sanogo, 2012). Particulièrement, les forêts et les arbres hors forêt peuvent jouer un rôle patent dans la modération des systèmes pédologiques, hydrologiques et aquatiques, en sauvegardant l'eau propre (y compris une population saine de poissons) et en réduisant les risques et l'impact des inondations, de l'érosion et de la sécheresse (FAO, 2006). Dans ce cadre, l'importance et les enjeux de la gestion des écosystèmes forestiers sont surtout illustrés par le fait que les arbres représentent à la fois des « **puits** » et des « **sources** » de carbones. Par définition (ONU, 1992) on entend par :

- « **Puits** » tout processus, toute activité ou tout mécanisme, naturel ou artificiel, qui élimine de l'atmosphère un gaz à effet de serre, un aérosol ou un précurseur de gaz à effet de serre.
- « **Source** » tout processus ou activité qui libère dans l'atmosphère un gaz à effet de serre, un aérosol ou un précurseur de gaz à effet de serre.

Tout cela explique pourquoi il est important d'aborder cette dimension thématique dans le cadre de la présente recherche.

1.5 Conclusion

L'objectif principal de ce chapitre était de passer en revue et de définir certains termes et concepts clés qui permettraient une meilleure appropriation et appréciation du lecteur ou de l'utilisateur potentiel de cet ouvrage. La compréhension de ces éléments mentionnés permettra de cerner au mieux l'importance et l'intérêt d'une telle initiative, surtout à partir des rubriques qui y seront ultérieurement traitées.

Les termes et concepts ici définis et étudiés relèvent de de quatre disciplines différentes, mais qui pour la plupart, sont intimement liées. Reference est dans ce cas faits : à la foresterie qui traite des écosystèmes forestiers et qui est la clef de voute du sujet ; la biodiversité qui exprime l'existence des différentes formes de vie ; le changement climatique qui tisserait un lien indéniable avec les végétaux et la géomatique (SIG & télédétection) qui permettra d'évaluer la présence et la répartition de ces paramètres.

Toutefois, d'autres termes non mentionnés et définis dans ce présent chapitre du document, sont aussi importants, mais ceux-là évoqués sont ceux qui révèlent d'une importance capitale et d'un intérêt pertinent pour la réalisation, la compréhension et l'appropriation de la thématique de recherche mise en évidence. En d'autres termes, ils permettront de mieux cerner l'objectif pour lequel la recherche a été réalisée.

2 La dynamique du domaine géomatique en Haïti : Chronique des démarches et des initiatives les plus marquantes.

Introduction

Le domaine de la géomatique est devenu une discipline de plus en plus confirmée dans le domaine de la gestion territoriale (incluant les domaines associés) et du développement humain. En fait, les outils géomatiques permettent de prendre la meilleure décision au bon moment et de réagir efficacement en cas d'urgence (FAO/COOPI, 2014) et de dérive, mais aussi aident à partager des informations nécessaires aux divers acteurs (FAO/COOPI, 2014) concernées par une situation d'intérêt commun.

« *Les nouvelles technologies de l'information ont facilité l'accès à de nombreuses bases de données offrant au grand public, mais surtout aux professionnels, une multitude de services. Le domaine de l'information géographique a également suivi ce mouvement en modernisant l'ensemble des supports, des plans, des cartes topographiques et de tous les types de données à référence spatiale* » (EPFL, 2016).

De l'année 1858, marquée par la première prise de photographie aérienne à partir d'une caméra embarquée à bord d'un ballon (Kergomard, 2017), en passant par le lancement de satellites artificiels TIROS-1[14] en avril 1960, le premier satellite à délivrer des images de la Terre et de sa couverture nuageuse ; à la mise en orbite en juillet 1972 du satellite ERTS-1[15] marquant les débuts de la télédétection spatiale moderne, et renommé plus tard Landsat-1 (Land Satellite), le domaine de la télédétection aérospatiale n'a pas cessé de prendre une ampleur inexorable au niveau du monde entier.

Depuis, on assiste à un développement continu de la télédétection, marqué notamment par l'amélioration ou l'augmentation de la résolution spatiale des capteurs (Kergomard, 2017) ; la diversification et le progrès technologique des capteurs, à l'exemple des capteurs actifs (Radar, Lidar), utilisant des domaines de plus en plus variés et spécialisés du spectre électromagnétique (Kergomard, 2017) ; la création et le renforcement continue d'un marché concurrentiel de plus en plus croissant pour la diffusion des données, mettant en scène, non seulement des institutions militaires mais aussi des sociétés privées.

[14]Télévision and Infra-Red Observation Satellite (TIROS-1) : mis au point pour les services américains de météorologie
[15] Earth Resources Technology Satellite (ERTS-1) /Landsat-1 : premier d'une longue série destinée à l'observation civile de la Terre et de ses ressources naturelles.

Ainsi, le développement constant des capteurs et des méthodes de traitement des données numériques ouvre de plus en plus le champ des applications de la télédétection et en fait un instrument indispensable de gestion de la planète, et, de plus en plus, un outil économique (Kergomard, 2017).

En effet, cette technologie en perpétuelle mutation, couplée à l'évolution des systèmes d'information géographique (SIG) et de l'informatique, ajoutée au progrès de l'aviation spatiale (Gueye, 2013), et utilisable dans des domaines d'applications diverses, est devenue un outil incontournable pour la maitrise, la gestion et le suivi des espaces géographiques quels qu'ils soient. En très peu de temps, la télédétection est devenue un outil d'aide à la décision (Bouju, et al., 2013), un outil intelligent mis au service du développement et de la surveillance des territoires.

Cependant, en Haïti, se référant aux enquêtes menées et aux différentes recherches effectuées, ce domaine commençait à se développer et à être mis en application, il y a seulement environ une vingtaine d'années.

Au tout début, une réflexion autour de la question des SIG et de la télédétection s'est initiée et jalonnée en Haïti entre 1995-1996 (Piard, 2014). Puis, cela s'est abouti à une étude de faisabilité et le montage d'un Projet « Utilisation de l'Imagerie Satellitaire pour l'Aménagement du Territoire » au niveau de Ministère de la Planification et de la Coopération Externe et la formation des premières compétences en la matière. Et depuis, le processus a été déclenché jusqu'à la création du « Centre National de l'Information Géo-Spatiale » (CNIGS).

En réalité, les réalisations concrètes sont entamées, cela remonte à 1998 à partir de l'implémentation du Projet « Utilisation de l'Imagerie Satellitaire pour l'Aménagement du Territoire » avec le financement de l'Union Européenne (UE) et une contrepartie du gouvernement haïtien (Piard, 2014). Parallèlement, une cellule dénommée « Unité de Télédétection et de Systèmes d'Information Géographique (UTSIG) » a été créée dans le but d'assurer la mise en œuvre de ce projet et la consolidation des acquis qui en résultent.

Depuis, un long processus se déclenche, et les actions et opérations se sont enchainées et multipliées jusqu'à l'instauration de la fameuse institution baptisée « Centre National de l'Information Géo-Spatiale » (CNIGS) en bon fonctionnement jusqu'à date. Pour permettre à l'institution de se tenir et garantir le fonctionnement effectif, le « Programme d'Informations Territoriales pour le Développement Durable (PITDD) » a été conçu, planifié et dûment mise en œuvre. Il faut toutefois,

mentionner que ce programme a été financé par des fonds de l'Union Européenne (UE) avec bien entendu une contrepartie importance de l'Etat Haïtien (Piard, 2014).

2.1 Démarche méthodologique adoptée pour l'étude

Un des objectifs principaux de l'écriture scientifique est de détailler les méthodes et les procédures afin que la recherche puisse être reproduite (Kazdin, 2013) cité par (Robitaille, et al., 2017). Il va de soi, les données scientifiques n'ont de sens que dans le contexte des procédures utilisées pour les générer (Robitaille, et al., 2017). En bref, la méthodologie est à l'étude dans le domaine de la recherche ce que représente une recette à un plat de qualité dans l'art culinaire (Kotz, et al., 2013). Dans cette logique, la démarche méthodologique relative aux chroniques des évènements séquentiels de la dynamique géomatique en Haïti, de son initiation à son utilisation actuelle, a été cernée et charpentée par les étapes suivantes :

2.1.1 Conception d'une fiche de collecte d'informations dédiée aux institutions clés

Il s'agit à partir de cette rubrique de concevoir et d'élaborer une fiche d'enquête institutionnelle consistant à collecter des informations utiles se rapportant à l'initiation et à l'utilisation des outils du Système d'information Géographique (SIG) et de la télédétection en Haïti. Ce domaine technologique étant carrément technique et pointu, en d'autres termes intellectuellement élitiques, mérite d'être abordée de manière stratégique et rationnelle. Ainsi, il a été jugé judicieux de conduire une enquête institutionnelle spécifique et restreinte qui permettrait de trouver des informations pertinentes plutôt que d'élargir le cadre pour finalement aboutir quasiment aux mêmes résultats. En bref, cette fiche s'est focalisée particulièrement sur les éléments suivants :

- La dénomination, la raison sociale de la création, le statut et le type de structure de l'institution,
- Les types de services fournis les espaces naturels intéressés par la structure,
- Les secteurs d'activité, les types de données cartographiques utilisées et les applications cartographiques réalisées par la structure,
- Le rythme d'utilisation des images satellites, les sources des données imageries utilisées, et les types de traitements réalisés et/ou délégués au sein de l'institution,
- Les types de plateformes (spatiales/aériennes) utilisés et le rythme/les conditions d'acquisition des images (satellites ou aériennes) au sein de l'institution,
- Les moyens de travail complémentaires de l'imagerie spatiale et les objectifs poursuivis avec une utilisation d'images satellites,

- Les principaux freins relatifs à l'utilisation des images satellites au sein de l'institution,
- La procédure utilisée en matières des activités d'utilisation et de traitement d'images satellites au sein de l'institution,
- La destination des produits et services fournis par l'institution en matière de télédétection,
- Les partenaires privilégiés en matière de production et/ou d'utilisation des données de télédétection en Haïti ou à l'étranger,
- Les éléments d'impulsion/de motivation particuliers de l'institution en matière d'utilisation et de traitement des images satellites,
- Les moyens ou stratégies utilisées pour la promotion et la valorisation des services du SIG et de la télédétection en Haïti,
- Les stratégies de renforcement des capacités des cadres de l'institution en matière de l'usage de la télédétection,
- Estimation de l'évolution de l'offre et de la demande en matière du SIG et de la télédétection en Haïti actuellement.

2.1.2 Cadre de la réalisation effective de l'enquête institutionnelle

Comme mentionnée antérieurement, dans le but de réaliser ce chronique relatif à l'initiation et au développement effectif de la géomatique (SIG et télédétection) en Haïti, une grille de collecte des informations jugées pertinentes relatives à la démarche a été élaborée et acheminée vers les institutions majeures dont les activités se portent essentiellement et/ou prioritairement sur les Systèmes d'information Géographique (SIG) et de la télédétection. Dans ce contexte, la fiche a été expédiée aux institutions suivantes : CNIGS, CIAT, BME, FAO-HT, MDE etc.

Tableau 2 : Les institutions et leurs personnes de contact et coordonnées

Institutions	Contacts	E-mail
CNIGS	Boby Emmanuel PIARD	bepiard@cnigs.ht
	Philémon MONDESIR	mondesirphilemon@yahoo.fr
CIAT	Michel ORIOL	omichele2002@yahoo.fr
	Ned CHARLES	charlesned28@gmail.com
BME	Claude PREPETIT	claudeprepetit@hotmail.com
FAO-HT	Roger FANKAP	Roger.Fankap@fao.org
MDE	Eder AUDATE	ederaudate@gmail.com

Toutefois, l'expérience de collecte de cette information n'a pas été du tout facile, vu la réticence voire le refus de certaines institutions ou leurs représentants auxquelles la fiche a été transmise d'y collaborer et à fournir les informations souhaitées.

2.1.3 Consultation de certaines compétences chevronnées du domaine de la géomatique

Dans le cadre de ce processus de diagnostic de la dynamique de la géomatique en Haïti, il a été aussi convenu de consulter certains cadres haïtiens qui ont fait leurs noms par preuve d'expériences dans ce domaine au niveau du pays. Cependant, il faut noter que ces consultations n'ont été nécessairement des entrevues structurées, mais de préférence de simples conversations entre pairs qui ont pu permettre d'extraire certaines informations pertinentes relatives aux besoins de la recherche engagée. Ainsi, des personnalités importantes issues de différentes institutions pratiquant le SIG et la Télédétection au niveau du pays ont donc été ciblées de cette consultation (tableau ci-après).

Tableau 3 : Les personnalités consultées, leurs institutions et leurs coordonnées

Prénom et nom	Institution hôte	Adresse de courrier
Boby Emmanuel PIARD	CNIGS	bepiard@cnigs.ht
Philémon MONDESIR	CNIGS	mondesirphilemon@yahoo.fr
Ned CHARLES	CIAT	charlesned28@gmail.com
Emmanuel PIERRE	USAID/Chemonics	pieremmanuel@yahoo.fr
Eder AUDATE	MDE	ederaudate@gmail.com

2.1.4 Les recherches bibliographiques relative à l'étude de cette dynamique

Dans tous travaux à caractères scientifiques, les recherches bibliographiques ou documentaires restent et demeurent une étape plus que cruciale. Elle est considérée comme un préalable indispensable, et en effet se place en amont de presque toutes les activités relatives à toutes réalisations scientifiques de recherche. Une recherche documentaire est un processus intellectuel dont l'objectif est de trouver (et de lire) des documents sur un sujet donné (Mouillet, 2015). En d'autres termes, elle constitue donc la base même de la recherche et consiste à ce titre à consulter différents ouvrages, articles et revues, site web ou tous autres documents scientifiques relatifs à la /aux thématique (s) ciblée(s) et à traiter. Par conséquent, dans le cadre de la présente étude, nombre de documents de typographie/caractéristiques

différentes ont été consultés afin de constituer et d'aboutir aux résultats dégagés dans le présent document. Cette étape, compte tenu de son importance, mais aussi des difficultés auxquelles on a été confronté vu la précarité scientifique et documentaires de la thématique géomatique en Haïti, n'a pas été une mince affaire. Toutefois, il a été devenu un devoir autant professionnel que scientifique et intellectuel de chercher d'identifier, de trouver et de passer en revue le maximum de ce qui a été disponible pour qu'au bout du compte on ait abouti à des résultats non des moindres satisfaisants. Cependant, il a été aussi important de repérer la documentation la plus pertinente à la recherche (Robitaille, et al., 2017).

2.1.5 Analyse et présentation des informations résultantes de la prospection

Il s'agit ici d'une prospection orientée beaucoup plus vers une analyse qualitative que quantitative. Dans ce cas, il convient de présenter les résultats en lien avec chacune des questions de recherche (Robitaille, et al., 2017) mais d'une manière assez synthétique. Cela nous a permis de faire une description analytique plutôt textuelle du secteur au niveau du pays, sans toutefois s'abstenir à évoquer quelques chiffres à titre indicatif. Cette étape permet de faire un état des lieux actualisé du développement de la dynamique géomatique dans le milieu professionnel haïtien, mais aussi et surtout dans un cadre relatif aux aspects scientifiques des démarches adoptées, aux vrais besoins en termes d'utilisation de la géomatique, notamment de la télédétection des écosystèmes fragiles entre autres : les forêts, les sols (espaces dégradés), les zones humides et les espaces côtiers et marins (mangrove, récifs coralliens, herbiers marins etc.). En fin de compte, bien que la manière de rapporter des résultats qualitatifs soit moins standardisée que celle des résultats quantitatifs et laissent davantage place à la créativité du chercheur, une grande rigueur est de mise afin de ne pas entacher la crédibilité des résultats (Robitaille, et al., 2017).

2.2 Historique de l'usage et de la pratique de la géomatique en Haïti

2.2.1 La démarche institutionnelle et du formalisme de la dynamique géomatique en Haïti

Pour mieux appréhender le développement de la dynamique de la géomatique en Haïti et mettre en avant les évènements les plus déterminants y étant relatifs, il convient, notamment, de passer en revue les périodes et contextes clés liées à la création des plus hautes institutions étatiques dédiées au domaine, ou dont les taches se portent prioritairement sur la mise en applications et l'utilisation des outils qui s'y associent.

A ce jour, deux grandes institutions à caractères gouvernementaux sont réellement et particulièrement impliquées dans la mise en application, l'utilisation et la promotion du domaine de la géomatique en Haïti : le « Centre National de l'Information Géo-Spatiale » (CNIGS) et le « Comité Interministériel pour l'Aménagement du Territoire (CIAT) »

2.2.2 Les différentes phases de l'émergence du domaine de la géomatique en Haïti

L'introduction de de la géomatique en Haïti s'est déroulée en différentes phases cruciales, notamment les suivantes (CNIGS, 2005) (Piard, 2014) :

- **Une phase préparatoire ou de diagnostic du secteur (1996 -1998)** ayant été consacrée au plan de restructuration du Service de Géodésie et de Cartographie (**SGC**) qui était jugé en état de disfonctionnement et à la conception du Projet « Utilisation de l'Imagerie Satellitaire pour l'Aménagement du Territoire ». Cette phase incluait aussi la formation du premier noyau d'experts nationaux (1 au Canada, 5 en France) du domaine dans le pays (Piard, 2014) ;

- **Une phase opérationnelle initiale (1998 -2002)** portant sur la création de « l'Unité de Télédétection et de Systèmes d'Information Géographique (UTSIG) » et parallèlement caractérisée par la mise en œuvre du Projet « Utilisation de l'Imagerie Satellitaire pour l'Aménagement du Territoire ». Cette initiative a été réalisée sur le financement de l'Union Européenne (UE) (Piard, 2014) ;

- **Une phase intermédiaire (2002 -2005)** caractérisée par l'acquisition d'une nouvelle couverture photographique aérienne complète du territoire et réalisation des orthophotographies. Cette phase était censée considérée une matérialisation continuelle des démarches antérieures.

- **Une phase de lancement du renforcement et de la consolidation (2005 -2008)** constituée par deux actions fondamentales (Piard, 2014) : la création et l'initiation de la mise en place du Centre National de l'Information Géo-Spatiale (CNIGS) en 2005 par fusion du SCG et UTSIG ; et la conception et démarrage du Programme d'Informations Territoriales pour le Développement Durable (PITDD) financé par l'UE avec une contrepartie de l'Etat Haïtien se terminant au 31 décembre 2014.

2.2.3 La mise en place du Centre National de l'Information Géo-Spatiale (CNIGS)

Créé par décret présidentiel le 26 mars 2006, Le Centre National de l'Information Géo-Spatiale (CNIGS) est un organisme autonome sous tutelle du MPCE (Piard, 2014). Il est créé afin de garantir

une organisation et une cohérence dans les mandats actuels et futurs du dispositif institutionnel de production, d'archivage et de diffusion de l'information spatiale. Sa mise en place vise à permettre notamment de disposer d'un fondement institutionnel solide, adapté aux besoins et capable de répondre aux exigences de l'évolution technologique du domaine ainsi qu'aux impératifs de développement national » (CNIGS, 2005). La mission de cet organisme consiste à : « *produire et diffuser l'information géographique actualisée et fiable sur tout le territoire national par l'utilisation de technologies modernes appropriées, garantissant la mise à disposition de méthodes, d'outils, de produits et de formation devant supporter la planification des actions de développement durable du pays* ».

2.2.3.1 Vers la mise en place du « Centre National de l'Information Géo-Spatiale » (CNIGS)

Au vu de l'ampleur alarmante des problèmes d'aménagement désordonné, de la dégradation accélérée de ses sols, de l'exploitation anarchique de son patrimoine naturel et culturel, entre autres, auxquels est confronté le territoire, il a été devenu une nécessité d'en disposer de meilleures connaissances afin de définir des approches stratégiques efficaces visant une meilleure gestion et une planification appropriée et viable de ce territoire. En effet, ce constat a donné lieu à une réflexion approfondie autour de l'utilisation des données et outils d'analyse spatiale étant censé être de plus en plus efficaces et innovants.

Etant considérés comme des piliers techniques fondamentaux devant garantir et maintenir une gestion rationnelle et plus viable du territoire, ces outils semblaient pouvoir dégager la solution jusqu'alors la mieux appropriée.

Pour pouvoir parvenir au but fixé, les démarches de mise en place respectives ont été multiples :

a) La réalisation des réflexions autour de la restructuration du Service de Géodésie et de Cartographie (SGC) au niveau du ministère des Travaux Publics Transports et Communications ;

b) La réalisation de l'étude de faisabilité et le montage du « Projet Utilisation de l'Imagerie Satellitaire pour l'Aménagement du Territoire » au niveau de Ministère de la Planification et de la Coopération Externe qui a voulu se doter de données et d'outils pour appuyer la planification spatiale et la formulation de schémas d'aménagement du territoire (CNIGS, 2005) (Piard, 2014) ;

La création de l'Unité de Télédétection et de Système d'Information Géographique (UTSIG), une cellule chargée de la mise en œuvre et de la prise en charge du « Projet Utilisation du l'Imagerie Satellitaire pour l'Aménagement du Territoire » ;

La planification et la mise œuvre du « Programme d'Informations Territoriales pour le Développement Durable (PITDD) » exigeant la mise en place d'un organisme technique et autonome devant assurer sa gestion, sa prise en charge et sa pérennité ;

Enfin, la création d'un organisme autonome à caractère administratif et scientifique capable de répondre de manière structurée, efficace et rapide aux attentes du pays en matière d'informations géographiques et territoriales dénommé « Centre National de l'Information Géo-Spatiale » dont le sigle est CNIGS.

2.2.4 Le Service de Géodésie et de Cartographie (SGC)

Le Service de Géodésie et de Cartographie (SGC) a été une entité instituée au niveau du ministère des Travaux Publics Transports et Communications. En fait, ce service existait de nom, mais en termes d'actions concrètes il n'a pas su laisser de trace trop importante. Dans l'exposé des motifs ayant donné lieu à l'instauration du « Centre National de l'Information Géo-Spatiale », il est clairement avoué que cet organe n'a pas pu remplir convenablement sa mission compte tenu des attributions qui lui ont été confiées (CNIGS, 2005).

2.2.5 Création du « Comité Interministériel pour l'Aménagement du Territoire (CIAT) »

2.2.5.1 Présentation du Comité Interministériel pour l'Aménagement du Territoire (CIAT)

Le Comité interministériel d'aménagement du territoire (CIAT) est un organisme gouvernemental créé en 2009 par arrêté du Premier Ministre d'alors (Pierre-Louis, 2009). Normalement, sa création date de janvier 2009 (CIAT, 2011) mais elle a été officiellement reconnue en mars 2009 (Pierre-Louis, 2009). En fait, cet organe a été instituée en vue de rétorquer à un constat alarmant (CIAT, 2011) relative à la dégradation environnementale et à la nécessité d'actions cohérentes et coordonnées en matière d'aménagement du territoire (CIAT, 2011).

En effet, il a pour objectif de définir une politique claire sur l'aménagement du territoire, de la mettre en œuvre au niveau national comme au niveau local de façon volontariste et coordonnée, tout en tenant compte des attentes, des contraintes et des ressources des populations.

Sa mission consiste à définir la politique du gouvernement en matière d'aménagement du territoire, de protection et de gestion des bassins versants, de gestion de l'eau, de l'assainissement, de l'urbanisme et de l'équipement.

Il a également pour attributions « d'assurer la révision du cadre légal, réglementaire et institutionnel de l'aménagement du territoire », « de garantir une répartition des ressources humaines, techniques et financières qui permet la mise en œuvre de la politique d'aménagement du territoire et prend en compte le développement des collectivités territoriales » (CIAT, 2011).

2.2.5.2 Les différentes cellules techniques de fonctionnement composant le CIAT

Au préalable, le **Secrétariat Technique** du CIAT est constituée en quatre grandes cellules techniques (CIAT, 2011) relatives à des initiatives sectorielles de fonctionnement différentes, à savoir :

- Une cellule d'Aménagement du territoire et développement régional,
- Une cellule d'Urbanisme et habitat,
- Une cellule de Gestion des bassins versants et des ressources en eau,
- Une cellule de Législation, institutions, foncier.

Tout récemment, il vient aussi d'héberger une nouvelle cellule de Réduction de la vulnérabilité dont l'une de ces taches est de conduire le Programme pilote pour la résilience aux changements climatiques, en étroite collaboration avec la Direction des Changements Climatiques du ministère de l'Environnement (DCC/MDE).

En plus de ces cellules techniques, il dispose d'une unité de cartographie et informatique (CIAT, 2011) chargée de produire ou commanditer la production, d'analyser, de gérer et de publier des données cartographiques et sémantiques nécessaires à la planification, à la prise de décision et aux réflexions relatives à l'aménagement du territoire.

2.3 L'existence et la mobilisation des compétences en géomatique en Haïti

Jusqu'à la période située entre 1996 et 1998, coïncidant à la phase préalable de la mise en œuvre du projet « *Utilisation de l'Imagerie Satellitaire pour l'Aménagement du Territoire* » et de la création de « *l'Unité de Télédétection et de Systèmes d'Information Géographique* (UTSIG) », aucune information relative à une quelconque existence de compétences en matière de géomatique n'a été décelée. C'était à partir de cette phase que le premier noyau de cadres nationaux haïtiens (1 au Canada, 5 en France) a pu

bénéficier d'une formation dans ce domaine (Piard, 2014). Depuis, un progrès discret de compétences commence à s'instaurer dans le pays, soit par des efforts personnels d'apprentissage, soit à travers des séances de formations ponctuelles organisées par des institutions ou experts étrangers le plus souvent commanditées par des institutions nationales ou intervenant sur le territoire. Entre temps, des cours de cartographie et d'interprétation photographiques ont été initiés dans certaines facultés de l'Université d'Etat d'Haïti (UEH), notamment la Facultés d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire (FAMV) et la Faculté des Sciences (FDS), puis aussi à l'Université Quisqueya (UNIQ). A ce moment-là, la géomatique, plus particulièrement la télédétection demeurait une discipline rare en dépit de son utilité avérée pour la planification territoriale, l'agriculture, la gestion des ressources naturelles (eau, sol et forêt), de l'environnement et des risques naturels. Avant l'année 2010, le métier de géomaticien, quoiqu'il ait été basé presqu'uniquement sur la manipulation des données dans un système d'information géographique (SIG), était considérée comme une profession de luxe en Haïti. Par ailleurs, seul le Centre national d'Information Géo-Spatiale (CNIGS) possédait une poignée de cadres consacrées à la manipulation des bases de données géographiques et au traitement des images (aériennes et satellitales), avec toutefois quelques rares prestataires particuliers. Et étant donnée la quantité réduite ou, pour certaines tâches, les connaissances limitées des cadres dont il dispose par rapport à l'importance des besoins et de certaines demandes ponctuelles, il était obligé parfois d'utiliser les services d'autres entreprises étrangères accréditées dans le domaine.

A partir de de 2010, la tendance à commencer à évoluer et s'est amplement intensifiée. Compte tenu des besoins du pays d'identifier, de localiser et d'évaluer les dommages post-catastrophes, nombre d'institutions internationales (Kal-Haïti, RO-Haïti[16])ont décidé d'y apporter leur soutien en acquérant des images de sources multiples sur le territoire (Clarka, et al., 2018) (RO-Haiti, 2018). Par conséquent, pour valoriser ces données images, il a fallu aussi au pays et aux instances concernées de se disposer de cadres chevronnés capables de transformer ces données en informations utiles. De ce fait, plusieurs de ces institutions étrangères, en partenariat avec des universités soit en France, soit au Canada ou aux Etats Unis, ont décidé de former ou de financer la formation d'un nombre considérable de cadres haïtiens dans le domaine de la géomatique. En plus, actuellement, plusieurs d'établissements universitaires, à travers notamment les carrières d'agronomie, de génie civil et d'aménagement du territoire, décident délibérément d'intégrer cette discipline dans leurs cursus. En effet, il existe actuellement plusieurs organismes publics et privés et des centres de recherche et d'éducation qui

[16] Recovery Observatory en Haïti

travaillent activement dans le domaine de la télédétection. Malgré tout, le besoin des compétences techniques se fait encore sentir dans le domaine de la télédétection, compte tenu du volume de travail à exécuter en vue de doter le pays d'une base de données géographiques nationale exhaustive et standardisée, tous domaines confondus.

2.4 Les données utilisées et les ressources informatiques mobilisées au départ

La donnée est au système d'information géographique (SIG) ce que le carburant est aux engins motorisés. Le système d'information géographique (SIG) est un cas particulier des systèmes d'information (SI) définis comme une collection de données et d'outils qui manipulent ces données (Paegelow, 2004). En d'autres termes, c'est un élément indispensable au fonctionnement d'un SIG, voire de la géomatique. Donc pour pouvoir pratiquer la géomatique en Haïti, il a fallu se disposer des données provenant de sources multiples et de processus différents. Au début de la pratique et de l'utilisation de la géomatique en Haïti, les principales données utilisées étaient pratiquement de la photographie aérienne et également parfois des images SPOT destinées à la numérisation des objets ou phénomènes géographiques, mais aussi des relevées au moyen d'un système de positionnement globale (GPS : Global Positionning System). Les photographies aériennes étaient surtout utilisées dans le but de caractériser et de tracer le profil du paysage, et ainsi de déterminer les occupations de l'espace. Mais avec le temps, la tendance a beaucoup évolué suite à l'évolution incessante de l'aviation spatiale, de la nouvelle technologie de la communication et de l'information, notamment des systèmes informatiques relatifs à l'application de la géomatique, et également avec l'amélioration continue de la photographie.

Actuellement, il existe de nombreuses sources de données et de moyens et de mécanismes de production de données géographiques relatives à la surveillance et à la gestion du territoire haïtien. C'est d'ailleurs une période de la révolution spatiale avec l'amélioration considérable de l'aviation spatiale et des capteurs embarqués à bord des satellites d'observation de la terre.

En sus, c'est l'heure de la démocratisation (Vitter, 2018) et de la gratuité des données d'imagerie satellitaires. Il existe actuellement deux grands fournisseurs de données de télédétection de résolution moyenne gratuite et couvrant toutes les régions du monde (NASA, ESA etc.) depuis le milieu des années 2010, bien que leur qualité laisse parfois à désirer en certains endroits des tropiques (en raison de la nébulosité, de la saisonnalité, etc.) (Achard, Malheiros de Oliveira, & Mollicone, 2017). Ce contexte d'évolution, d'ailleurs en perpétuelle amélioration et de plus en plus accessible offre la

possibilité à toutes entités et acteurs haïtiens intéressés de procéder à la production des données cartographiques plus ou moins automatisées (Puissant, 2003).

Au-delà de ces dispositifs mondiaux offrant l'accès facile aux données images, il existe également des dispositifs spécifiques (Kal-Haïti, SEAS-Haïti, RO-Haïti) visant l'observation du territoire haïtien en vue d'optimiser les actions de secours à la population, d'évaluations des dommages, et du relèvement du pays suite aux catastrophes naturels (séismes, cyclones, tsunamis, inondations, glissement de terrains etc.). Ensuite, il y a lieu de signaler la possibilité de produire des données à partir de l'utilisation des véhicules aériens sans pilote (UAV), bien qu'ils puissent engendrer des coûts considérables (Lemoine, 2017).

Quant aux ressources informatiques utilisés, au départ, il s'agissait de l'utilisation de certains ordinateurs de faibles capacités de stockage, hormis l'UTSIG qui disposait un petit système informatique relativement à la hauteur des tâches à accomplir à l'époque. Les logiciels les plus utilisés au démarrage étaient surtout le MapInfo suivi de certaines applications d'ArcGIS. Néanmoins, il existe une grande variété de logiciels et d'applications, notamment avec la pleine extension et diffusion des licences libres et gratuits, en utilisation par les acteurs et experts œuvrant dans le domaine de la géomatique au niveau du pays.

2.5 La géomatique et les modes de production des données en Haïti

L'existence des données relatives au domaine de la géomatique en Haïti se fonde principalement sur trois méthodes de production différentes mais aussi complémentaires. Cela dit, ces données sont produites soit en utilisant des instruments de mesure directe sur le terrain (GPS, Smartphone, théodolite ou tachéomètre etc.) ; soit par Photo-Interprétation Assistée par Ordinateur (PIAO) sur des images aérienne ou satellites ou par le traitement automatique des images (optique, Radar et Lidar). Les deux dernières méthodes font l'objet de ce que l'on appelle la « **Télédétection** » selon le jargon technique. En d'autres termes, la photo-interprétation et le traitement automatisé sont deux méthodes de télédétection permettant de reconstituer les trajectoires d'un paysage à la surface de la Terre. En général, ce qui est important de mentionner c'est que ces méthodes permettent toutes d'aboutir à la production des données ou informations géographiques. Par ailleurs, la production de données dont on parle, part alors des cartes historiques aux cartes d'analyse et thématiques produites à partir des images satellites récentes.

2.5.1 La production des données via des instruments de mesure directe sur le terrain

Comme mentionnée préalablement, l'un des procédés souvent adoptés pour la production des données géospatiales en Haïti est une méthode *in situ*, *i.e.* qui s'applique directement sur le terrain. Par ailleurs, elle consiste à prélever et/ou à collecter les informations directement sur le terrain au moyen d'instrument de mesure pour être ensuite traitées et analysées par un spécialiste en la matière. C'est un travail fastidieux qui requiert la dextérité du technicien, mais aussi et surtout la qualité de l'instrument utilisé, notamment sa précision.

En Haïti, il existe plusieurs types d'instruments de mesure dont on se sert pour collecter les informations géospatiales sur le terrain. Les plus utilisés sont les suivant : le GPS (Global Positioning System), le téléphone intelligent (Smartphone)/la tablette et le tachéomètre le moins utilisé. Ce dernier il est de deux types : le tachéomètre (théodolite) opte-mécanique et Tachéomètre électronique (T) avec ou sans enregistrement. En Haïti, le tachéomètre est très peu utilisé, il est surtout utilisé par les topographes et les géomètres lors de la construction des routes. Les données relevées à partir de ce dernier instrument ne sont surtout utilisées que pour la connaissance et l'analyse des reliefs concernés par le chantier routier afin de pouvoir modéliser le tracé.

2.5.2 La production des données à partir de la photo-interprétation

L'appellation PIAO (Photo-Interprétation Assistée par Ordinateur) est un concept destiné à l'exploitation des photographies aériennes et des images issues de satellites d'observation de la Terre. La photo-interprétation est une méthode de production de d'informations géospatiales entièrement manuelle (Vitter, 2018). Il s'agit d'une technique de numérisation des objets ou phénomènes géographiques en se servant des images (aérienne ou satellitaires) comme supports de reproduction graphique. Pour ce faire, les images sont photo-interprétées à partir des logiciels et application cartographiques couramment utilisés. En Haïti, cette technique, selon certaines sources (IGN & AQUATER, 2002), (UTSIG, 2005) & (Piard, 2014) serait la première méthode qui a été utilisée, en vue de la réalisation des cartes d'occupation des sols, compte tenu probablement des atouts pour la cartographie à grande échelle (Vitter, 2018). A titre d'exemple la carte d'occupation de sol réalisée en 1998, le seul exercice officiel de ce genre sur le pays ayant une couverture nationale, a été un produit dérivé de la méthode de photo-interprétation à partir d'une ortho-photo réalisée avec le soutien de l'IGN (Institut Géographique National) en France.

Le recours à la photo-interprétation est d'un enjeu considérable puisqu'il permet de déterminer à la surface des objets en utilisant des photographies aériennes et des images satellites (Hugerot, et al., 2017). Cependant ce langage est particulièrement utilisé, lorsqu'il s'agir de détecter, de caractériser et d'analyser des objets à des ortho-photos. Compte tenu de la résolution importante dont elles font souvent l'objet, ces dernières permettent de détecter des petits détails souvent imperceptibles à partir de certaines images satellites de moyenne résolution. La Photo-Interprétation Assistée par Ordinateur (PIAO) répond toujours au besoin de cartographie aux grandes échelles, malgré son coût important (Vitter, 2018). Définitivement, la photo-interprétation experte est donc nécessaire pour compléter la classification automatique (Hugerot, et al., 2017) et malgré son coût important reste la méthode privilégiée des prestataires (Vitter, 2018).

2.5.3 La production des données via le traitement automatique des images

En comparaison avec la photo -Interprétation (PIAO), la méthode de production par le traitement automatisé ou semi-automatisé des images est un autre niveau plus élevé de la télédétection. Elle se réalise par ailleurs sur tous les types d'images satellites, qu'elles proviennent des capteurs passifs (optique) ou actifs (Lidar et Radar). En fait, elle permet de reconstituer le paysage d'un territoire de manière automatisée à partir de ces images. D'ailleurs, au cours de ces trois (3) dernières décennies, l'imagerie par satellite est devenue l'un des outils les plus importants pour le développement de données géospatiales et un puissant outil d'évaluation des ressources naturelles (Quiñones, et al., 2006).

Cette forme de production est tout à fait inédite en Haïti, puis elle a effectivement débuté en 2016 avec la mise ouvre du projet PITDD. Pourtant, elle a commencé vraiment à prendre un essor considérable depuis l'événement du 12 janvier 2010, un séisme qu'a connu le pays comme l'un des catastrophes les plus monstrueuses de son histoire. Cette situation est devenue favorable à la production des données suite à la mobilisation de la communauté internationale dans l'acquisition des images satellites et la production des données destinées la distribution de l'aide humanitaire, au rapatriement et au secours des sinistrés.

2.6 Le partenariat international et l'accès aux données en Haïti

Selon nombre de constats (Puissant, 2003) (Caloz & Collet, 2001; Dejour, Essevaz-Roulet, & Iratchet, 2015), au-delà d'être un outil puissant d'aide à la décision dédié aux acteurs de développement territorial et de l'environnement, la géomatique est émanée d'une discipline technologique puissante et dynamique (Vitter, 2018) à l'affût de solutions innovantes, efficaces mais aussi simplificatrices,

susceptibles d'être adaptée à des problématiques territoriales et environnementales diverses, et évoluant avec le temps, l'espace et selon le contexte.

***A quel moment la géomatique a commencée à prendre de l'ampleur effectivement en Haïti* ?**

En fait, la période, où ce domaine a commencé à prendre vraiment une ampleur considérable au niveau du pays remonte à 2010, à la suite du passage du séisme majeur du 12 janvier de la même année. Si cette date a laissé des souvenirs effrayants, mélancoliques et épineux dans la mémoire de tous les Haïtiens, pourtant elle a été l'occasion de produire de nouvelles réflexions sur la manière de penser, de planifier et de gérer ce territoire constamment menacé afin de se lancer sur une base nouvelle et solide. Un tournant qui allait permettre aux acteurs, partenaires et décideurs du pays de se doter de nouvelles stratégies et de nouveaux outils efficaces et appropriés destinées à la planification, la surveillance et la gestion du territoire. Dans ce contexte, l'aide et le partenariat international en matière de l'utilisation et du service de la technologie a été à l'œuvre. Les projets « **Kal-Haïti** », « **SEAS-Haïti** » (Surveillance de l'Environnement Assistée par Satellite) et le « RO-Haïti (Recovory Observatory – Haïti) en sont la preuve.

2.6.1 Le projet KAL-Haïti, un départ crucial dans la dynamique

Le projet KAL-Haïti est une base de données recherche destinée à servir de support à des activités de recherche dans le domaine de la gestion globale du risque, de la prévention, la gestion de crise à la résilience - mais aussi à des opérations de reconstruction durable en Haïti (Giros, et al., 2012) (Bozza, 2012) (Joseph, 2013). Cette initiative entre dans le cadre de l'activation de la Charte internationale « Espace et catastrophes majeures » qui est un dispositif unique visant l'utilisation des technologies spatiales dans le but de sauver des vies et évaluer les dégâts causés par les catastrophes naturelles qui engendre beaucoup de destructions dans le monde entier (Husson, et al., 2010).

Comme mentionné précédemment, il fait suite à l'appel à projet "Flash Haïti" lancé par l'Agence Nationale de la Recherche française (ANR) en mars 2010, suite au tremblement de terre du 12 janvier 2010 (Giros, et al., 2012). Le projet a été proposé par le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) en partenariat avec le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), le Service Régional de Traitement d'Image et de Télédétection de l'université de Strasbourg (SERTIT) et le Centre d'Etudes Technique et de l'Equipement du Sud-Ouest (CETE-SO) du ministère de l'Environnement du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE).

Le projet s'inscrit également dans la lignée des activités menées par les différents partenaires, en particulier la mise à disposition par le CNES de données d'observation de la Terre à usage scientifique (programme Kalideos), la préparation de l'arrivée du satellite Pléiades (programme d'accompagnement ORFEO), les activités de soutien à la recherche et aux applications (programme ISIS) et l'implication du CNES et du SERTIT dans la Charte Internationale "Espace et Catastrophes Majeures" (Kal-Haiti, 2018).

La base de données KAL-Haïti est constituée d'images de télédétection et de données complémentaires sur Haïti (Giros, et al., 2012) (Joseph, 2013). Elle contient notamment des images satellitaires à très haute résolution acquise avant et après le séisme (Bozza, 2012) (Joseph, 2013). Ces données sont mises à disposition gratuitement - sous conditions - aux scientifiques, chercheurs, étudiants et décideurs en charge de la reconstruction durable en Haïti (Giros, et al., 2012).

Du coup, ce projet a été donc non seulement un outil puissant de connaissance, de planification et de surveillance du territoire haïtien, mais aussi un lieu d'échange enrichissante entre les utilisateurs :

- ✓ Il a été un outil, car la base de données aurait dû permettre d'extraire un ensemble d'informations pertinentes pour mieux comprendre le séisme, ses conséquences, mais aussi le processus de la reconstruction (Joseph, 2013),
- ✓ Aussi, il a été un lieu d'échanges et de dialogues, à la fois humains, scientifiques et techniques (Giros, et al., 2012), car en rassemblant des scientifiques, des chercheurs et des acteurs du développement (institutions haïtiennes, associations, société civile, ONG, organisations internationales), le projet a pu favoriser les échanges sur la compréhension, la gestion et la prévention du risque. Ces acteurs ont formé ainsi une plateforme de travail et de discussion, se regroupant lors d'ateliers annuels au cours desquels ont été proposés des projets ou études à réaliser. Ainsi, au cours de sa mise en œuvre, ce projet a pu faciliter, dans son actif, la réalisation d'environ une vingtaine d'études ou de sous-projets parmi une trentaine qui ont été proposés par les utilisateurs.

Un site Internet dédié permet de s'informer sur la vie du projet et d'accéder à la base de données (http://kal-haiti.kalimsat.eu).

2.6.1.1 Le transfert et la gestion actuelle de la base de données Kalideos-Haïti

L'objectif principal de ce projet était de constituer une base de données images de haute et de très haute résolution spatiale destinées destinée à la gestion des risques en Haïti. Mais dans le but d'atteindre cet objectif visé il a été question de procéder à la transmission de cette base en Haïti pour être gérée par une institution nationale. En effet, des discussions ont été déroulées et le processus a été déclenché. Définitivement, après maintes réflexions et démarches, il a été décidé de passer la gestion de ce patrimoine au bon soin du Centre National de l'Information Géo-Spatiale (CNIIGS).

Maintenant, qu'en est-il de la gestion et l'utilisation effective de ces données archivées ?

Comme souhaité, la base de données est actuellement gérée par le Centre National de l'Information Géo-Spatiale (CNIIGS). Cependant, la passation est censée tenir une forme virtuelle, d'où le nom de « base de données miroir », car le server original qui héberge effectivement cette base est encore gérée par le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) depuis la France. Par déduction, les ressources de cette infrastructure de données sont cogérées entre le CNES et le CNIGS. Par conséquent, pour partager et faciliter l'accès aux données, ce dernier dispose du site ou un géoportail dénommée « HaïtiData.org » accessible au grand public.

2.6.2 Le projet SEAS-Haïti : une opportunité loupée de l'essor de la télédétection

Le projet « Surveillance de l'Environnement Assistée par Satellite (SEAS-Haïti) » est un projet proposé et conçu par un noyau d'expert de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) en France de concert avec le gouvernement haïtien ayant comme instance de représentation l'Université d'Etat d'Haïti (UEH), notamment le Campus Henry Christophe de Limonade (CHCL). La mise en œuvre de ce projet, par la mise en place d'une station d'acquisition d'imageries satellitaires issues de capteurs multiples, allait constituer un tournant majeur dans le développement de la télédétection en Haïti. Malheureusement, il n'a pas pu être accouché convenablement comme c'était attendu, autrement dit, le fœtus de cette initiative aurait été asphyxié et dénaturé dans l'œuf.

Grâce à cette station qui allait être mise en place à travers ce projet, des images satellites d'observation de la Terre en temps réel auraient été quotidiennement recueillies sur le territoire tout entier afin de pouvoir procéder à une surveillance régulière de l'espace éventuellement considéré au niveau de la Caraïbe et plus spécifiquement au niveau du territoire haïtien. En somme, ce dispositif allait permettre de contribuer à la pleine valorisation du potentiel de l'imagerie satellitaire en constituant un outil

précieux pour l'analyse multi-échelle des structures, du fonctionnement et de la dynamique des écosystèmes et des territoires.

2.6.2.1 Brève description et contexte de conception du projet SEAS-Haïti

Le projet SEAS-Haïti (Surveillance de l'Environnement Assisté par Satellite – Haïti) est un projet à vocation géospatiale et d'observation territoriale destinée à surveiller constamment et de manière particulière l'environnement haïtien. Cette importante initiative s'est lancée suite à un accord de partenariat signé en 2012 entre les gouvernements français et haïtiens respectivement représentés par l'institut de Recherche pour le développement (IRD) et l'université d'Etat d'Haïti. Cependant, elle commençait à être réellement concrétisée en 2014 à partir de la signature de la convention de mise en œuvre SEAS Haïti entre les deux parties mentionnées précédemment.

Ce projet se voulait une contribution de la France entrant dans le cadre de la mise en place d'un réseau d'Animation Régional Théia[17] (ART)-Pays du Sud dénommée GeoDEV, un dispositif destiné à la promotion et au développement des partenariats avec les utilisateurs de l'observation spatiale des pays et territoires du Sud (2018). Cette structure se veut constituer un réseau de centres de compétences autour de l'observation spatiale à l'échelle internationale, spécialement au bénéfice des pays du Sud, bien entendu en relation avec les Centres d'Expertise Scientifique (CES) Theia (Le réseau d'Animation Theia au Sud/ GeoDEV, 2016). Par conséquent, cette structure scientifique et technique a pour vocation de faciliter l'usage des images issues de l'observation des surfaces continentales depuis l'espace.

En outre, le pôle Theia dont émane ce dispositif met à disposition de la communauté scientifique nationale et internationale, et des politiques publiques de suivi et de gestion des ressources environnementales, une vaste panoplie d'images à différentes échelles, de produits, de méthodes et de formation liés à l'observation des surfaces continentales en particulier depuis l'espace. En effet, ce réseau offre une gamme de collaborations élargie, allant de l'animation scientifique de communautés partenaires au transfert d'outils et de technologies vers des centres de compétence au Sud (Le réseau d'Animation Theia au Sud/ GeoDEV, 2016).

Haïti, étant un pays fort de la coopération française, dont la stratégie d'action préexistait au tremblement de terre (Franco, 2015), devant répondre urgemment aux conséquences de cette

[17] Le pôle de données et de services surfaces continentales

catastrophe désastreuse, devient automatiquement éligible et un partenaire immédiatement privilégié en termes de la mise en exécution de ce programme.

2.6.2.2 Une évaluation succincte des avancées de la mise en œuvre du projet SEAS-Haïti

Les but de ce projet était d'arriver à mettre en place un centre de compétences et de service en télédétection doté d'une plateforme technologique d'acquisition et de traitement des images satellites destinée à la recherche, à la formation et à la surveillance environnementale. Il faut entre temps souligner que ce dispositif de réception satellitaire tel que perçu par le projet SEAS-Haïti envisageait de servir l'ensemble des communautés scientifiques haïtiennes afin de soutenir leur effort de recherche dans les différentes thématiques scientifiques (Le réseau d'Animation Theia au Sud/ GeoDEV, 2016) quelles qu'elles soient. Cette initiative n'excluait cependant pas des activités certains acteurs œuvrant dans le domaine du développement durable, notamment la gestion de l'environnement, l'aménagement du territoire et la gestion des risques et désastres entre autres. Dans ce cas, il a été important de procéder à l'identification des thématiques prioritaires dans le but ultime d'optimiser le dimensionnement du dispositif et le choix de données à mobiliser par le dispositif afin de garantir que le projet atteigne les objectifs poursuivis en matière de développement des capacités institutionnelles et scientifiques d'Haïti.

Inspiré des projets similaires conduits en Guyane et à La Réunion par l'IRD et ses partenaires, ce centre se voudrait être un dispositif visant à produire des données spatiales à l'échelle nationale voire régionale et à fournir des services de géo-traitement relatifs aux besoins de la communauté d'utilisateurs des produits en général et des décideurs en particulier. En fait, ce projet dans sa conception originale, s'est constitué en deux grande phase de mise œuvre : une phase de planification (phase 1) et une phase de mise proprement dite.

La première phase était organisée en quatre groupes d'activité dits lots, à savoir : l'acquisition d'un serveur et mise en ligne d'un Géoportail ; l'étude de site pour l'accueil d'une antenne de réception ; l'étude de dimensionnement du futur Centre et aussi l'étude de faisabilité de formations. Ces activités ont dû se dérouler en parallèle, même si en durée elles ont été organisées différemment. En termes de répartition de taches, au niveau de cette phase, l'IRD s'était chargé des deux dernières activités évoquées, se réfèrent à l'ordre d'énumération préalablement indiquée. Au cours de cette phase, une panoplie d'activités a été réalisée, notamment dans le cadre de l'étude de dimensionnement, entre autres : la conception et la conduite d'enquêtes en ligne, des missions et visites sur place, des séries entretiens et de collecte d'informations, l'organisation et l'animation d'un Atelier à Port-au-Prince.

La deuxième phase quant à elle-même a dû consister en la mise en place et la mise en fonction du centre de compétence localisée dans le Nord du pays, plus précisément sur le Campus Henry Christophe de Limonade de l'Université d'Etat d'Haïti (CHCL/UEH). Cependant elle devrait être la suite de la première phase, car son dimensionnement dépendait des recommandations émises au niveau des différents rapports de cette phase et des décisions prises par le Comité d'Orientation du Projet. Malheureusement, bien que l'étude de dimensionnement ait produit une dizaine de rapports techniques et proposé différents scenarii d'implantation du futur Centre, avec ou sans moyens de réception directe, à nos jours certaines des réalisations et des décisions dont elle dépendait n'ont pas su être conformément délivrées, et par conséquent l'implantation de ce dispositif reste jusqu'alors un rêve sans fin.

Un autre élément important à signaler est qu'un conflit d'intérêt a été déclenché entre les membres de l'équipe qui s'était chargée de la gestion du projet au sein de l'UEH. Il en résulte un scandale révélant qu'une bonne partie du fonds qui a été alloué à ce projet a été dépensée de manière inutile. Cela a en effet entrainé la difficulté de procéder à la mise en place adéquate de la phase initiale du projet. Ainsi, cette situation a également constitué un accroc majeur à la réalisation de l'initiative.

2.6.3 Observatoire du relèvement-Haïti /Recovery Observatory -Haïti

L'Observatoire de la reconstruction est une initiative du groupe de travail autour des désastres (Working Group Disasters) du Comité sur les satellites d'Observation de la Terre en en anglais Commitee on Earth Observatory Satellites (CEOS). Depuis 2014, le CEOS (Committee on Earth Observation Satellites) travaille sur les moyens d'accroître la contribution des données satellitaires au redressement de ces événements majeurs. Étant donné la mission pour laquelle elle a été conçue, cette structure a jugé la nécessité d'intégrer Haïti dans plan de mise en œuvre compte tenu de son exposition et sa vulnérabilité aux catastrophes diverses (séisme, cyclone, inondation etc.). En effet, tout récemment le comité (CEOS) vient de se lancer pour l'observation en Haïti. Cette décision a été prise suite à une réflexion d'apporter un soutien solide et durable à la population haïtienne affectée par le passage de « l'ouragan Matthew » en 2016, une des rares catastrophes de catégorie 4 ayant survenu et causée des dégâts majeurs dans la côte Sud-ouest du pays (Stewart, 2017), (Melo Ramirez, 2018). Une réflexion autour d'une solution durable estime qu'après des événements catastrophiques de cette ampleur, une approche coordonnée maximiserait l'efficacité des efforts et favoriserait une utilisation plus généralisée des données satellitaires après des événements plus modestes, en sensibilisant mieux aux avantages que l'utilisation de ces données permettrait d'obtenir (Hosford, et al., 2015).

2.6.3.1 Description sommaire de l'observatoire du relèvement /RO-Haïti

Cette structure est gérée par une équipe projet composée d'agences CEOS et de représentants des parties prenantes dans la gestion des risques et des catastrophes et des communautés d'utilisateurs (RO-Haiti, 2018). Ce dispositif permettrait de développer des outils spécifiques sur mesure pour fournir un accès facile aux données sur les zones touchées (données antérieures à l'événement, données de réponse et acquisitions coordonnées après l'événement) (Hosford, et al., 2015) au cours d'une catastrophe majeure. Grâce à ce mécanisme, les acteurs du développement, notamment ceux de la gestion des catastrophes pourront disposer facilement des images satellites nécessaires à l'accomplissement de leurs tâches. Ce dispositif est censé être un référentiel organisé, qui sert de plate-forme de découverte pour les données et les produits, permettrait aux responsables de gestion des catastrophes de travailler dans un environnement connu avec des produits satellites avancés et de promouvoir leur utilisation auprès des communautés d'utilisateurs clés (Hosford, et al., 2015). En Haïti, la mise en place, la supervision et la coordination de ce projet est assurées par le CEOS et se partenaires (nationaux et internationales) pour une période de trois à quatre ans.

Cette initiative constitue une approche unique et coordonnée appuyée par une planification préalable destinée à l'augmentation considérable de l'efficacité et de l'impact des mesures à prendre à la suite d'événements majeurs (Hosford, et al., 2015). En général, pour mettre en place et faire fonctionner ce dispositif, plusieurs acteurs tels que des Agences spatiales (ASI, CSA, CNES, ESA, NASA etc.), des partenaires internationaux (GFDRR, UNDP, UNEP, WB, etc.), des partenaires haïtiens (CNIGS, CIAT & ONEV) et des associés à la réalisation des produits à valeurs ajoutés (CIMA-RF & ERTIT), sont aussi impliquées dans ce processus (RO-Haiti, 2018).

Un aspect important à signaler dans la mise en œuvre de cette plate-forme est l'existence d'une cohabitation harmonieuse entre l'Observatoire de relèvement et la Charte internationale. Les agences du CEOS soutenant l'Observatoire sont dans de nombreux cas également membres de la Charte internationale (Hosford, et al., 2015). D'ailleurs, il est fort probable que la charte soit activée dans le cas de catégorie de catastrophes envisagée par l'Observatoire. Dans ce cas, l'activation de la Charte serait une condition préalable à la création d'un observatoire. La stratégie consiste à éviter toute possibilité de redondance d'action entre les deux dispositifs ci-dessus mentionnés (Hosford, et al., 2015).

Nombre d'activités sont déjà déroulées dans le cadre de cette observatoire (RO). Depuis son déclenchement après le passage de l'ouragan Mathieu par le CEOS fin décembre 2016, plusieurs

ateliers des utilisateurs sont déjà réalisés dans le processus de mise en œuvre de ce dispositif de rétablissent du territoire. Ces ateliers sont organisés tant dans le grand sud du pays qu'à Port-au-Prince dans le but de favoriser une appropriation de l'initiative par les utilisateurs potentiels au niveau local, régional et national. Le 1er atelier des utilisateurs locaux du RO (Recovery Observatory) s'est tenu aux Cayes, le 8 mai, 2018. Il y avait une trentaine de participants dont le maire de Jérémie, la mairie des Cayes, Université américaine des Cayes, MARNDR, MDE/ONEV, PADF, ONU-Habitat, les ONG Goal et Care. A l'occasion, de échanges nourris et dynamiques ont été à l'œuvre et ont agrémentée toute la journée. Puis, le deuxième atelier utilisateurs s'est déroulé à Port au Prince et Les Cayes du 7 au 11 mai 2018. Depuis plusieurs autres activités relatives à l'initiative se sont enchainé à date. Au fait, trois premières missions avaient été organisées dans le courant de l'année 2017 afin de définir les grandes lignes des besoins des acteurs locaux en termes d'imagerie satellite et autre produits dérivés. Ensuite, d'autres missions seront organisées dans le but d'identifier les besoins et les manquements, d'évaluer les produits RO réalisés, et d'y apporter les rectifications ou améliorations nécessaires.

2.7 Vers un progrès réel de la production des données en Haïti

La géomatique voire la télédétection a connu un début tout à fait ardu, froid et incertain en Haïti. Avant d'atteindre son niveau actuel elle a dû connaitre tout un long processus (Piard, 2014) avec des étapes les unes plus statiques que les autres. Mais à l'heure actuelle, elle commence à avoir une ampleur grandissante (Clarka, et al., 2018), dans un contexte de développement technologique et spatial plus que jamais favorable à sa pratique. De plus, l'heure est à la démocratisation et à la gratuité des images satellites sur le monde entier via des plateformes en ligne. Un dynamisme qui favorise la production des données à partir de l'imagerie satellitaire au niveau du pays. A cet égard, cette rubrique se veut être une description sommaire sur le développement réel de la production des données à partir de la télédétection.

2.7.1 Des antécédents à l'orientation de la production des données au nveau national

Bien que dans beaucoup de pays à travers le monde entier, la technologie de la télédétection connait des avancées spectaculaires et en perpétuelles extension (Guyon & Bréda., 2017), il n'en demeure pas pour autant moins qu'en Haïti, il est à son tout début (Quiñones, et al., 2006). Les prémices de cette discipline ont vu le jour, certes, en 1996 avec la restructuration du « Service de géodésie et de cartographie » du MTPTC et la conception d'un projet d'utilisation d'imagerie satellitaire (Piard, 2014). Comme mentionné antérieurement, la plus importante institution technique chargée de produire et de règlementer la production des données dans ce domaine au niveau du pas, le Centre National

d'Information Géospatiale (CNIGS), un organisme autonome relevant du ministère de la Planification et de la Coopération Externe (MPCE). Cette structure a été créée en mars 2006 et a commencé à être rendue opérationnelle avec la mise en œuvre du Programme d'Informations Territoriales pour le Développement Durable (PITDD) au cours de la même année. Démarré en 2006, ce programme financé par l'Union européenne visait à collecter des données sur l'ensemble du territoire haïtien pour mieux planifier les interventions de l'État dans différents domaines (UE-HAITI, 2014). En effet, terminé en 2014, le PITDD a été une occasion pour les décideurs politiques d'utiliser les avancées technologiques pour mieux collecter les informations pour une meilleure connaissance des potentiels disponibles sur tout le territoire haïtien (UE-HAITI, 2014). Cette tâche émane du besoin de la connaissance territoriale multidimensionnelle ressenti par les acteurs protagonistes de la gestion et de l'aménagement du territoire.

Néanmoins, il est important de signaler que d'autres institutions ou prestataires, hormis le CNIGS, peuvent se permettre de produire des données, il suffit que cela se fasse dans le respect des normes et principes établis par cette institution suprême ou selon un accord de collaboration dont il est co-producteur sauf en cas de dérogation.

2.7.2 Les prémices de la production des données de télédétection en Haïti

Les prémices de la production des données au moyen de l'imagerie satellitaire ont commencée entre les années 1996 & 1998 à partir de la mise en œuvre du « Projet Utilisation du l'Imagerie Satellitaire pour l'Aménagement du Territoire » au niveau de Ministère de la Planification et de la Coopération Externe qui a voulu se doter de données et d'outils pour appuyer la planification spatiale et la formulation de schémas d'aménagement du territoire (CNIGS, 2005) (Piard, 2014). Cette initiative a été mise en place dans le but de procéder à la réalisation d'une carte d'occupation du sol sur le pays tout entier. La procédure de production utilisée dans ce cas a été l'utilisation de la technique de photo-interprétation assistée par Ordinateur (PIAO (UTSIG, 2005)). En guise de support de numérisation, l'équipe chargée de cette tâche se servait d'une orthophotographie réalisée avec l'appui de l'Institut Géographique National de la France (IGN) mais aussi des images satellites SPOT. L'assortiment de données qui a été utilisée pour la réalisation de cette carte de la couverture du sol a été constituée d'images satellites (SPOT), de photos aériennes numériques (~ 587), de relevés sur le terrain sur 152 aires et de modèle numérique du terrain (MNT) (IGN & AQUATER, 2002).

Pour la réalisation de cette carte d'occupation du sol, une échelle de représentation de 1 :100.000 a été adoptée ; et pour l'unité minimale de cartographie une dimension d'environ 25 mm^2 a été choisie, ce

qui correspond à une surface de 25 ha dans la réalité par rapport à l'échelle qui a été considérée (IGN & AQUATER, 2002).

Pour ce qui est de la nomenclature, elle a été échafaudée autour d'une série de principe se voulant : que tous les objets soient classables *i.e.* qu'elle doit avoir un caractère exhaustif ; qu'il n'existe aucune possibilité de superposition entre les diverses classes afin qu'un objet soit correctement attribué à une classe et une seule ; et qu'il existe une hiérarchisation bien organisée par niveau en vue d'éviter toute indépendance des instruments utilisés et de l'échelle de représentation (IGN & AQUATER, 2002). En plus, la carte de la couverture du sol réalisée à ce moment-là a été conçue de façon à ce qu'elle puisse être croisée avec d'autres thématismes (érosion, urbanisation ou autres thématismes non produits par ce projet) afin de pouvoir produire de nouvelles classifications du territoire qui tiennent compte de la combinaison de plusieurs facteurs (IGN & AQUATER, 2002). Cependant, vu la complexité de la morphologie du territoire haïtien et des fragmentation et dispersion extrêmes certaines couvertures, notamment des parcelles agricoles, il n'a pas été possible d'éviter la présence de classes mixtes (couvertures diverses) (IGN & AQUATER, 2002).

2.7.3 Le contexte actuel de la production des données via l'imagerie satellitaire en Haïti

Depuis 2010, juste après notamment la survenu du séisme du 12 janvier de cette année, l'utilisation des outils géomatiques, incluant la télédétection et les applications associées, est devenu une nécessité et a commencé à prendre un essor grandissant en Haïti (Clarka, et al., 2018). Des données images multi-capteurs et multiformats (optique, radar, Lidar etc.) ont été collectées par plusieurs acteurs de la communauté internationale dans le but de mieux cerner l'ampleur des dégâts causés par la catastrophe (Giros, et al., 2012; Bozza, 2012; Joseph, 2013; De Boissezon, et al., 2014),. Les données dérivées de l'utilisation de ce mécanisme ont été d'une importance capitale et décisives pour la coordination et l'apport et la distribution de l'aide ou du secours humanitaire au niveau des communauté affectées ou impactée par cette catastrophe majeure. Ainsi, la Charte internationale a été déclenchée, des mécanismes ou projets d'observation de la Terre ont été mise sur pied (Kal-Haïti, SEAS-Haïti etc.), mais aussi d'une communauté de contributeurs OSM (Open Street Map) a été engendré et s'est vite mise au travail dans le souci de produire des informations utiles en termes de la géolocalisation et de la cartographie des endroits, des infrastructures, des communautés et écosystèmes naturels affectés par ce fléau.

Ensuite, le passage de « l'ouragan Matthew » en 2016, une des rares catastrophes de catégorie 4 ayant survenu sur le pays (Stewart, 2017; Melo Ramirez, 2018), et ayant causée beaucoup de dommages dans la côte sud-ouest, vient renforcer l'intérêt et la nécessite de l'emploi de l'imagerie satellitaire (Clarka & Guiffault, 2018; Melo Ramirez, 2018),. En effet, la dynamique s'est amplifiée par la conjonction des efforts de plusieurs acteurs du domaine d'observation et de surveillance de la Terre (RO-Haiti, 2018) à apporter leur soutien à la communauté haïtienne face à ces catastrophes désastreuses, compte tenu bien évidemment de son exposition et de sa vulnérabilité aux risques. Ainsi, certaines affiliations de la communauté scientifique internationale en collaboration avec des agences spatiales ont vivement manifestée le désire de créer des dispositifs facilitant l'accès des données géospatiales de haute qualité sur Haïti tout entier, mais avec regard particulier vers les zones impactées par les catastrophes. A ce titre, ces acteurs internationaux ont décidé de se mettre donc d'accord pour apporter leurs contributions dans la reconstruction du pays par la mise à disposition des acteurs nationaux d'une gamme d'images satellites ou produits associés gratuitement. Il convient de mentionner, par exemple, le projet « **Recovery Observatory - Haïti (RO)**, Cette structure est gérée par une équipe projet composée d'agences CEOS (Committee on Earth Observation Satellites) et de représentants des parties prenantes dans la gestion des risques et des catastrophes et des communautés d'utilisateurs (RO-Haiti, 2018). En fait, ce dispositif accompagne depuis début 2017 la récupération des infrastructures et des activités agricoles et la réhabilitation environnementale d'Haïti suite au passage dévastateur de l'ouragan Matthew en octobre 2016 (Melo Ramirez, 2018).

2.8 Les institutions et acteurs impliqués dans l'application de la géomatique en Haïti

Il s'agit à partir de cette chronique de recenser, d'identifier et de répertorier les différentes institutions et les différents acteurs clés œuvrant dans l'application du domaine de la géomatique en Haïti. Elle est notamment focalisée sur les institutions et acteurs impliqués dans l'usage de la télédétection au niveau du pays. Cette dernière se rapporte en principe au traitement et à l'analyse des images satellites pour en extraire les informations utiles par rapport au besoins exprimées, ou tout simplement à la Photo-Interprétation Assistée par Ordinateur (PIAO) des photographies aériennes (ortho-photos). En Haïti les institutions œuvrant dans cette discipline ne représentent que moins d'une dizaine. En effet elles sont encore très peu celles s'attachant à pratique/l'usage de la télédétection en permanence, ou la considérant comme un domaine d'intervention à part entière.

En 2015, dans le cadre de la planification du projet SEAS-Haïti, une étude de dimensionnement (Faure, et al., 2015) d'un centre d'acquisition d'imagerie satellitaire et d'expertise en géomatique a été réalisée. Elle a été coordonnée par une équipe de l'Institut de recherche pour le développement (IRD) avec la contribution d'un groupe de facilitateurs haïtiens, des enseignants-chercheurs de l'université d'état d'Haïti (UEH) notamment. Cette étude, se basant en particulier sur l'identification des domaines prioritaires en Haïti en matière des besoins d'utilisation de la télédétection (Faure, et al., 2015), a vite révélé une gamme d'institutions (acteurs) déjà impliquées dans la mise en application de cette technologie.

En effet la majorité des documents et articles recensés et consultés se rapportent à des initiatives isolées (Faure, et al., 2015). Ces dernières sont le plus souvent des activités de recherche universitaire, des travaux sporadiques réalisés dans le cadre de certains projets de développement implémentés par des institutions nationales et ou internationales (ONG, Organisation, gouvernement, etc.). Parallèlement, il existe aussi une panoplie d'acteurs institutionnels impliquées dans la dynamique à travers des projets à long terme (Faure, et al., 2015). A ce titre il y a lieu de mentionner : Le CIESIN (Consortium for International Earth Science Information Network) ; Le ministère de la Santé Publique et de la Population (MSPP) à travers du projet Gheskio mis en place par la Cornell University ; Le CNIGS et la CIAT ; Le BME ; Le Centre de Salagnac ; Le Laboratoire pour la Qualité de l'Eau et de l'Environnement (LAQUE) de l'UNIQ ; Les Universités de Columbia, Purdue, Grand State Valley, Colorado, FIU, et de Floride.

2.9 Les domaines d'application favoris en matière de la télédétection en Haïti

Cette nouvelle rubrique fait référence aux domaines d'application pour lesquels l'utilisation de la télédétection est plus importante en Haïti. Selon une enquête menée auprès de plusieurs cadres et institutions, le domaine de la télédétection touche à de très nombreux domaines d'application en Haïti. Cependant, il est beaucoup plus utilisé dans certains domaines tels que : l'agriculture (culture herbacée et ligneuses), foresterie (couvert forestier, mangrove et la déforestation), hydrologie (marine et continentale) et hydrographie (Réseaux hydrographiques et bassins versant), aménagement du territoire (bassin versant, urbain, littoral, etc.), l'irrigation (périmètres irriguées et plans parcellaires), dynamique territoriale (occupation et utilisation du sol, dégradation de l'espace, étalement urbain etc.), urbanisation (bâti, services, transport et voies de communications etc.), risques et désastres

naturels (séisme, glissement de terrain, inondation, raz-de-marée/tsunami etc.), épidémiologie (typhoïde, malaria, cholera etc.) et la climatologie (paramètres climatiques, changement climatique etc.)

Tableau 4 : Les domaines d'application prioritaire et utilité de la télédétection en Haïti

Domaines d'application	Utilité de l'usage de la télédétection en Haïti
Agriculture	Évolution des espaces cultivés, prévision des rendements, statistiques agricoles, typologie des cultures pratiquées
Foresterie	Evaluation et suivi du couvert végétal (forêt, mangrove), évaluation de la déforestation, différenciation des différentes espèces (feuillus et résineux) et des différents types de végétation (arbres, arbustes, herbacée etc.).
Hydrologie	Identification, localisation, délimitation et typologie des eaux continentales et marines, détection des ressources dulcicoles et marines (herbier, coraux, etc.)
Hydrographie	Description des bassins versant et des réseaux hydrographiques identifiés
Aménagement territorial	Diagnostic territorial (Bassins versant, littoral et urbain), planification territoriale (plan d'occupation des sols, schémas d'aménagement)
Dynamique territoriale	Evolution de l'occupation et de l'utilisation des sols, tendances de la dégradation de l'espace, évolution de l'étalement urbain, suivi du littoral et des espaces marins.
Urbanisation	Identification, analyse et typologie des composantes urbaines (Bati, réseaux de transport et de communication, infrastructures de services, sites de décharge etc.)
Risques et désastres	Description des aléas et risques (sismique, cyclonique), évaluation des dégâts ; localisation des sinistrées et détection de changements
Épidémiologie	Détermination de zones à risques selon l'occupation ou l'utilisation du sol (eau, végétation, infrastructures humaines etc.)
Climatologie	Etablissement des liens entre les types d'occupation des sols et du climat (précipitation, température, humidité, évapotranspiration, vent etc.)

Par ailleurs, ces derniers temps, surtout après le séisme du 12 janvier 2010 et le passage de l'ouragan Matthew en octobre 2016, une plus grande affluence des travaux de télédétection a été orientée vers la détection, la gestion et la prévision des risques et désastres naturels (Clarka & Guiffault, 2018; Melo Ramirez, 2018).

2.10 Usage de la télédétection et examen de la qualité des produits dérivés

Au vu de l'importance et de l'ampleur de cette discipline technologique qu'est la télédétection au niveau mondial, il est nécessaire ici d'aborder et d'évoquer son utilisation avec beaucoup de retenue et de délicatesse. Des données en matières de l'utilisation de la télédétection basées en principe sur le traitement de l'imagerie satellitaires, mais également de la photographie aérienne, ont été certes produites et rendues disponibles ; cependant, la question la plus pertinente à se poser serait : quelle est la qualité de ces produits dérivés ? cela dit, à travers cette composante de la rubrique, il convient de mettre un accent très fort sur les caractéristiques fondamentales et même opérationnelles de ces informations. En fait, la notion de qualité ici évoquée renvoi non seulement à l'exactitude des propriétés graphiques, mais aussi aux précisions sémantiques et aux dates d'acquisition des données en relation avec les besoins et les objectifs pour lesquels elles ont été produites. En ce qui a trait à cet aspect de qualité, plusieurs éléments d'enjeux peuvent être pris en compte dans le jeu : les méthodes de traitement et d'extraction utilisées, les moyens de vérification des informations produites, l'implémentation des modèles statistiques non encore testés sur le terrain concerné par l'étude, la position géographique et les caractéristiques du reliefs concernées, les types de plateformes et de capteurs utilisées etc. Se référant à ceux-là, plusieurs cas de figure peuvent été mentionnées à titre d'exemple :

Des données produites par des experts étrangers sans pour autant avoir le temps de faire connaissance physiquement avec le terrain concerné par l'étude, peuvent être entachées d'erreur colossale. Celles-ci sont susceptible d'obtenir des biais émanés du manque de connaissance du terrain, car il y a certainement des éléments réels qui vont s'échapper à l'interprétation et à l'analyse de l'expert.

Des données produites en se servant des modèles statistiques de traitement d'images expérimentés sur des terrains complètement différents, sans tenir compte de la réalité particulière du territoire haïtien, sont susceptibles d'engendrer des erreurs, non des moindres considérables ; le cas des données produites sur Haïti à partir de l'extension (Plugin) Trend-Earth dans Qgis pour estimer les indicateurs de la dégradation des terres pourrait en être un exemple connu.

2.11 Quelques freins conditionnels relatifs au développement de la télédétection en Haïti

En dépit de l'évolution grandissante de la dynamique de la télédétection en Haïti, il faut toutefois mentionner que quelques freins considérables sont susceptibles d'entraver son développement réel et continu. Ces freins sont liés particulièrement à l'accès aux images (qualité et type d'images accessibles), aux compétences disponibles (en nombre, en qualité et en diversité) et aux plateformes ou moyens technologiques et matériels utilisés (logiciels et applications, matériels informatiques/servers etc.).

Bien que le problème relatif aux images soit relativement résolu avec la mise en service de plusieurs portails d'accès gratuit d'imagerie satellitaire, il n'en demeure pas moins que la disponibilité de l'imagerie soit considérée comme un frein majeur au développement de la télédétection en Haïti. Cela s'explique par le fait que souvent des images sont disponibles certes, mais présentent l'inconvénient d'avoir beaucoup trop de nuages dans les zones d'intérêt envisagées. Des images peuvent avoir des résolutions spatiale ou temporelles élevées, mais ont une fréquence d'acquisition basse en raison du masquage des nuages (NDVI-derived forest area change and its driving factors in China, 2018). Cette situation est due aux caractéristiques morphologiques du territoire, où la majeure partie de son relief est constituée de hautes montagnes escarpées et accidentées. Sans nul doute, ces endroits nuageux, dépendamment de leur importance, peuvent engendrer dans beaucoup de cas des biais monumentaux qui falsifient complètement les résultats obtenus. En outre, dans la plupart du temps, les images ne sont même pas disponibles sur les zones considérées selon la période souhaitée. A ce moment, il est amené à penser à la photographie aérienne ; un processus complexe et couteux, ou dans une moindre mesure à l'utilisation des images Radar disponibles, mais là encore, à ce niveau les compétences font vraiment défaut.

Après la catastrophe de 2010 (séisme du 12 janvier), surtout grâce aux soutiens de beaucoup d'institutions et des universités internationales, avec bien entendu quelques cas d'apprentissage sur le tas, l'effectif des compétences en matière de l'usage de la télédétection s'est vu augmenter de manière considérable. Cependant, compte tenu de l'importance des tâches à accomplir afin de remédier aux déficits existants dans ce domaine, le nombre actuel est insuffisant. En outre, vu l'évolution galopante de la technologie y est relative ; compte tenu du niveau et du temps d'expérience de la majorité des cadres existants sur le marché, et sachant que la télédétection se fait actuellement à différents niveaux et se subdivise en différentes catégories (optique, radar, lidar, sonar etc.), une simple typologie permet

vite de constater un déficit de compétences relatif l'aspect de qualité, en admettant que la grande majorité n'utilise que de l'optique.

En Haïti, à part le CNIGS et le CIAT, seules quelques rares institutions internationales (PNUD, FAO, USAID etc.) intervenant dans le domaine, disposant de moyens et de matériels informatiques lourds nécessaires à la pratique intensive de la télédétection (logiciels et applications performantes et robustes, serveurs de grandes capacités, plateformes de mise en ligne et de partage des données etc.). Sinon les institutions nationales et les prestataires particuliers sur place, ne disposent le plus souvent que des ordinateurs de capacités allant de 8-16 GB de RAM ou dans des rares cas jusqu'à 32 GB. Sachant que les images sont très lourdes et par conséquent il exige des microprocesseurs rapides et des mémoires (RAM) importantes, cet aspect est considéré comme un indiscutable au bon déroulement des traitements d'images. En ce qui a trait aux logiciels et applications, les plus utilisés sont des plateformes sous licence libre (GPL) qui s'accompagnent le plus souvent de bugs à chaque version publiée (QGIS, GRASS, OTB etc.). Cette situation est due au fait que les plateformes-logiciels les plus performantes et les plus robustes sont payantes et du coup sont très couteuses (Argis, Erdas, e-Cognition, ENVI etc.). En revanche, les résultats obtenus à partir des traitements issus de ces logiciels et applications sont susceptibles d'entacher d'importantes erreurs, même si dans certains cas ils sont autant voire mieux appropriés que ceux payants.

2.12 Des opportunités vers développement réel de la télédétection en Haïti

Vu l'évolution grandissante d'actualités des différentes composantes du domaine de la télédétection (Guyon & Bréda., 2017), (Michez, Bauwens, Bonnet, & Lejeune, 2017) elle est ainsi devenue une discipline scientifique assez abordable et relativement praticable au niveau de n'importe quel pays du monde. A l'heure actuelle, il y a bien des améliorations qui se sont opérées au niveau des capteurs et de l'aviation spatiale. Ensuite, on est aussi à l'heure de la démocratisation (Vitter, 2018) et de la gratuité des données d'imagerie satellitaires. Toutefois, certains fournisseurs et portails promoteurs de cette politique exigent des conditions relativement contraignantes à honorer. Ce contexte d'évolution, d'ailleurs en perpétuelle amélioration et de plus en plus accessible offre la possibilité à toutes entités et acteurs intéressés (institutions, gouvernements, techniciens, experts etc.) de développer leurs compétences en matière de production cartographique plus ou moins automatisée (Puissant, 2003). Aussi, l'utilisation des véhicules aériens sans pilote (UAV), bien qu'ils puissent engendrer des couts considérables (Lemoine, 2017), est une opportunité envisageable en devenant de moins en moins chers, cependant la photogrammétrie, la planification de vol, le géoréférencement et la météo exigent

une maitrise avérée de puissants logiciels y soient relatifs. En plus de ces dispositifs mondiaux offrant l'accès facile aux données images, il existe également des dispositifs spécifiques (Kal-Haïti, SEAS-Haïti, RO-Haïti) visant l'observation du territoire haïtien en vue d'optimiser les actions de secours à la population, d'évaluations des dommages, de la résilience et du relèvement du pays suite aux catastrophes naturels (séismes, cyclones, tsunamis, inondations, glissement de terrains etc.).

Parallèlement, sur le plan de l'informatique de grands progrès technologiques se sont développés en vue de l'amélioration des logiciels de traitement d'images et de cartographie. Puis, avec l'avènement des images à Très Haute Résolution Spatiale (THRS), les méthodes de traitement numérique des images se sont considérablement développées (Vitter, 2018). Les logiciels et applications sont donc devenus beaucoup plus performants et robustes (Caloz, et al., 2001), qu'auparavant avec la capacité de pouvoir traiter de grands volumes de données dans un temps record. D'ailleurs, ces améliorations et performances concernent autant les logiciels libres (QGIS, OTB, Grass, R etc.) les plus utilisés que les payants (ArcGIS, ENVI, Erdas Imagine, e-Cognition etc.). Par conséquent, cette tournure de la dynamique de la télédétection, notamment les dispositifs dédiés à Haïti, offre aux acteurs haïtiens l'opportunité de pratiquer cette discipline en toute liberté et à faible coût. Subséquemment, ces récents mécanismes deviennent des atouts qui permettront de répondre aux nouveaux besoins croissants d'informations spatialisées (Vitter, 2018) au niveau du pays. Par ailleurs, pour que ces opportunités puissent être bien exploitées, il faut s'assurer qu'il existe bien des compétences appropriées.

2.13 Une analyse succincte des travaux d'occupations de sol en Haïti

Compte tenu du fait que notre travail de recherche s'articule autour de la caractérisation du paysage haïtien, plus précisément la détection et le suivi des écosystèmes forestiers relevant de l'application de la télédétection aux travaux d'occupation de sol, il s'est estimé judicieux et nécessaires de procéder à une analyse sommaire mais un peu critique de quelques travaux de cette allure relatifs au territoire haïtien.

2.13.1 Contexte actuel de la recherche scientifique sur le contrôle territorial en Haïti

Actuellement, la dynamique de l'offre des images satellites et de la production des données à partir de l'usage de l'imagerie satellitaire en Haïti évolue dans des conditions relativement profitables et accessibles aux utilisateurs potentiels. De ce fait, le développement des recherches scientifiques relatives à la surveillance du territoire et au suivi des écosystèmes naturels est devenu amplement favorable aux intéressés. Par conséquent, entre 2010 à date, nombre de travaux autant scientifiques que professionnels se rapportant au traitement d'imagerie satellitaire sont déjà réalisées sur Haïti

(Churches, et al., 2014), (Clarka, et al., 2018), (Hedges, et al., 2018), (Melo Ramirez, 2018); les travaux en cours étant exclus. Cependant ce qui stimule la préoccupation de tout le monde et qui engendre la nécessité de s'interpeller, est le fait que les résultats présentent souvent des dissemblances considérables. Par exemple, dans une étude sur l'évaluation du couvert forestier haïtien réalisée par un groupe de chercheurs (Churches, et al., 2014) le taux de la couverture forestière toutes catégories arborées inclues était estimé à 32 % du territoire entier. Une autre a été réalisée en se basant sur l'algorithme ou la chaîne de classification du sol iota² (Melo Ramirez, 2018) engendre une exagération du taux de couvert boisé à plus de 60 % du territoire, avec bien entendu cultures ligneuses, zones arborées, mangroves et zones arbustives, sans une spécification sur la couverture forestière. Pourtant, une autre utilisant une technique aléatoire de maillage basée sur l'occurrence de la présence de la végétation forestière sur une grille entre plusieurs (5) années consécutives présente un taux de 0.32 % de couverture forestière primaire sur tout le territoire en 2016. Ce constat amène à s'interroger sur les différentes méthodologies adoptées et destinées à la production de ces données, en s'interpellant, de ce fait, sur leur niveau de confluence vers les résultats.

2.13.2 L'étude de Hedges et assesseurs sur l'évolution de la forêt primaire en Haïti

Dans une étude récente (Hedges, et al., 2018) ont tenté de faire une analyse de la couverture forestière en Haïti en vue de caractériser le couvert forestier primaire. Pour ce faire, ils ont utilisé des séries temporelles Landsat sur une période de 33 ans allant de 1984 à 2016. Selon cette démarche, une zone est considérée comme forêt primaire, si au cours de ces 33 années d'analyse elle est constituée d'un couvert forestier continuellement fermé de plus de 70 % de l'espace considéré. Leurs enquêtes révèlent que des espèces endémiques ont été disparues avec réduction de la forêt primaire et qu'une extinction massive de la biodiversité est bien en cours (Hedges, et al., 2018), en donnant des preuves que la déforestation des zones protégées n'est jusqu'à présent pas cessée.

Pour aboutir aux résultats espérés, une méthode assez logique a été adoptée, mais risque de compromettre la possibilité qu'une bonne partie de forêt du pays soit exclues des résultats obtenus par l'étude (Hedges, et al., 2018). Cette méthodologie est axée sur un principe de distribution aléatoire de point de référence sur le territoire entier, alors que la majeure partie de la forêt primaire en Haïti se localise dans des zones spécifiques bien connues telles que : forêt des pins, La visite, Macapa, Ile de la Navase, les mangroves de Grande saline (estuaire de l'Artibonite) et du parc des trois baies etc. La distribution étant aléatoire, les point de référence ont une forte possibilité de se localiser dans des zones d'analyse n'ayant aucune présence de végétation ou de forêt. Toutefois, ce travail, bien qu'il soit

très intéressant, n'est pas forcément comparable aux autres travaux d'occupation du sol, compte tenu du fait qu'il a été surtout mis en place spécifiquement pour évaluer la quantité de forêt primaire détectée sur le territoire de 1988-2016.

2.13.3 Le travail de Melo Ramirez sur l'estimation de l'occupation des sols en Haïti

Au même titre que l'étude précédente (Churches, et al., 2014), une étudiante (Melo Ramirez, 2018) dans le cadre de son mémoire de master, a aussi effectué une étude destinée à la réalisation d'une carte d'occupation de sol sur Haïti tout entier. Pour se disposer des données nécessaires à son travail, elle a utilisé des images Sentinel- 2 émanées des produits niveau 2A du MUSCATE[18]. Pour avoir une couverture complète sur Haïti, un total de 9 tuiles d'images Sentinel-2 sur Haïti ont été utilisées (18QWF, 18QXF, 18QYF, 18QZF, 18QXG, 18QXG, 18QZH, 18QXF, 18QYH).

Le travail n'étant pas réalisé sur place, pour avoir des échantillons d'apprentissage, des données externes de sources multiples (DD\CNES-Haïti et Open-Street-Map 2018 etc.) et de Systèmes de Coordonnées de Référence (SCR) divers ont été par conséquent utilisées (Melo Ramirez, 2018). De ce fait, les probabilités d'incohérence, superposition, de redondance entre les couches, des décalages ou des incompatibilités dans la donnée (Melo Ramirez, 2018) sont évidentes et inévitables.

Pour procéder au traitement automatique des images l'application (*iota²*) a été mise à l'œuvre. Cette application est une chaîne de traitement développée par le CESBIO pour produire des classifications d'occupation du sol à partir des images satellites d'un ou plusieurs capteurs et des données de référence (Melo Ramirez, 2018). Cette classification est mise en œuvre selon une nomenclature de composée de neuf (9) classes : « Culture », « Végétation boisée », « Bâti », « Surface minérale », « Eau », « Mer », « Zone d'inondation », « Prairie », et « Sol nu ». Cependant, la classe de « végétation boisée » telle qu'elle est conçue par l'auteur (Melo Ramirez, 2018) est formée de plusieurs sous-classes (cultures ligneuses, zones arborées, mangroves et zones arbustives) en référence au système de classification de la FAO (FAO, et al., 2009). En outre, si dans l'ensemble ces sous-classes se combinent pour donner un taux de 21.46 % de la superficie totale du pays (FAO, 2015), selon cette nouvelle classification (Melo Ramirez, 2018) elles représente 65.30 % ; une valeur beaucoup trop importante pour être fiable, en comparaison avec d'autre travaux de ce genre déjà réalisés.

[18] Utilisation de la chaîne de traitement MAJA (MACCS ATCOR® Joint Algorithm ; Multi-sensor Atmospheric Correction and Cloud Screening ; Atmospheric and Topographic Correction)

Selon l'auteur (Melo Ramirez, 2018), certains éléments ont toutefois constitués de forts obstacles susceptibles d'affecter la qualité de la classification produite dans le cadre de son travail. Ainsi, l'insuffisance données de référence des classes prédominantes sur le territoire ; la taille restreinte des échantillons disponibles par rapport à la taille du pixel des images ; le décalage des données polyligne utilisées ; la similarité des signaux spectraux de certaines classes différentes créant ainsi des confusions de classification ; l'existence des ombres liées au relief accidenté d'une bonne partie du territoire, sont autant de conditions (Melo Ramirez, 2018) pouvant induire en erreur le classifieur, et par conséquent mettant en doute la qualité optimale de carte d'occupation de sol éditée. Un autre aspect important à signaler et surtout à retenir concernant ce travail, c'est qu'aucune donnée de terrain n'a été recueillie spécifiquement pour ce travail, et que toutes les données qui ont été utilisées provenaient de sources externes. En effet, le simple acte de ne pas avoir fait connaissance physique avec le terrain pour comprendre la réalité, serait un facteur majeur de défaillance potentielle hypothétique de la classification produite.

2.13.4 Un travail de la CNULCD sur l'estimation de la dégradation du sol en Haïti

Un autre travail important en termes de l'occupation du sol qui a été réalisé sur Haïti, est un rapport national établi par la **Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification (**CNULCD) dans le cadre de détermination de la neutralité de la dégradation des Terres (CNULCD/PRAIS, 2018). Cette initiative a été prise dans le but de d'obtenir une indication du niveau de référence de l'utilisation des terres/du couvert terrestre pour définir les cibles de NDT à partir de l'année 2015.

A cause d'un déficit de données nationales (MDE & PISLM, 2019), pour déterminer l'utilisation des terres/le couvert terrestre sur Haïti, le jeu de données sur le couvert terrestre de l'Initiative sur le changement climatique de l'ESA (Climate Change Initiative Land Cover, CCI-LC) a été donc exploité comme source de données mondiales par défaut (LDN-TSP, 2017), (CNULCD, 2018). En outre, ces sources des données prétraitées par défaut ont été sélectionnées en raison de leur disponibilité et de leur possibilité d'utilisation immédiates, ainsi que de la résolution et de la couverture temporelle et spatiale (LDN-TSP, 2017). Il faut aussi noter que l'ensemble de données sur le couvert terrestre mondial (CTM) de l'Initiative sur le changement climatique (ICC) de l'Agence spatiale européenne est un ensemble de données fiables de haute qualité, dont les deux périodes traitées, 2000 et 2010, ont été soumises à un processus mondial de validation approfondi (CNULCD, 2018). A signaler que ces

données prétraitées de l'ESA concernant la couverture terrestre sont produites à partir des images MODIS de 300 m de résolution (CNULCD, 2018).

Ce travail est édifié d'une classification hiérarchique basée sur le Système de classification du couvert terrestre (LCCS) de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, selon une nomenclature constituée de 22 classes de « niveau 1 ». Néanmoins, les données de référence du couvert terrestre sont mises à la disposition de chaque pays au format original (22 classes) mais ont été aussi agrégées en six grandes classes de couvert terrestre (LDN-TSP, 2017) : « Forêts », « Prairies », « Terres cultivées », « Zones humides », « Zones artificielles », « Autres terres », incluant la classe « Masse d'eau » (CNULCD/PRAIS, 2018), (MDE & PISLM, 2019). Au final, les 36 classes de couvert terrestre de l'ESA ont été agrégées en 7 catégories afin d'établir les rapports. Selon une analyse basée sur ces données par défaut (CNULCD, 2018) à partir de Trend-Earth (LDN-TSP, 2017), Haïti contient 43,48% de sa superficie totale comme zones dégradées. Subséquemment, les zones n'ayant subi aucune modification (zones stables) représentent 39,41 % de la superficie et celles ayant connu une nette amélioration des conditions, par rapport aux indicateurs mentionnes, représentent **16,6 %** des terres de la superficie totale (CNULCD/PRAIS, 2018; MDE & PISLM, 2019).

L'importance des cartes réalisées avec les données de la CUNLCD est qu'elles permettent de suivre et d'analyser la tendance des changements observés dans le paysage de manière temporelle (2000-2015). En d'autres termes, cela permet de suivre l'évolution des différentes occupations des sols dans le temps et dans l'espace, notamment la végétation arborée et arbustive (MDE & PISLM, 2019). Puis, au-delà des données sur le couvert terrestre, la méthode d'analyse adoptée dans ce rapport a permis d'extraire d'autres informations concernant la productivité des Terres et le stock de carbone organique du sol (dans et sous le sol), ce qui permet d'estimer la proportion des terres dégradées au niveau du pays (CNULCD, 2018).

L'avantage de l'adoption d'un système commun de classification de l'utilisation des terres/du couvert terrestre, mis en œuvre au niveau international, il garantit l'harmonisation et la normalisation de l'analyse du couvert terrestre ainsi qu'un certain degré de comparabilité entre les pays (LDN-TSP, 2017). Cependant, compte tenu de l'importance de l'emprise spatiale (mondiale) prise en compte par l'analyse, de la faible résolution spatiale des images traitées (300 m), du mode traitement adopté et des algorithmes de perfectionnement (classification automatique), il est fort probable que les résultats obtenus soient entachés d'imprécisions. En outre, sachant qu'une meilleure résolution spatiale permet d'améliorer la précision, puisque de plus faibles différences dans le couvert terrestre peuvent être

détectées ; convaincu qu'une classification supervisée (ou semi-automatique) moyennant une contribution importante d'analystes locaux (échantillons de terrain pour apprentissage et validation) sur une emprise réduite (locale/nationale), une carte mondiale ne sera jamais autant précise qu'une carte nationale de haute qualité.

2.13.5 L'étude de Churches et ses pairs sur l'estimation du couvert forestier en Haïti

Churches et ses collaborateurs (Churches, et al., 2014) ont mené une étude visant à estimer la superficie totale de la couverture forestière en Haïti. Pour réaliser cette étude ils ont utilisé l'imagerie Landsat 2010-2011 du capteur Thematic Mapper (TM) et la méthode de classification du maximum de vraisemblance. Puis, les images aériennes haute résolution de Bing Maps et une connaissance préalable de la région (Churches, et al., 2014) ont été utilisés pour la numérisation des polygones d'entrainement de l'échantillonnage de chaque classe.

Ensuite, afin d'aboutir à la carte d'occupation du sol, le système de classification utilisé par (Churches, et al., 2014) dans le cadre de cette étude a été adapté du système de classification de la couverture du sol (LCCS) de la FAO tirée de l'enquête par télédétection (RSS) pour l'évaluation des ressources forestière mondiale (FAO, et al., 2009). Cependant, en ce qui a trait à la nomenclature utilisée sur la carte thématique finale, la classe de couvert arbustif et la classe herbacées ont été combinées en une seule classe en raison de difficultés de différenciation entre les deux classes (Churches, et al., 2014). En outre, les zones de couverture nuageuse et les ombres ont été combinées en une seule classe appelée « pas de données » ; ce qui est susceptible de provoquer des biais relatifs à l'exactitude de la reproduction des différentes thématiques sur la carte finale. Finalement, cette étude révèle une superficie totale de couvert forestier sur le pays de de 32,4 %, et a été réduit à 29,4 % après normalisation de la définition de la classe de couvert forestier donnée par la FAO (FAO, et al., 2009).

Pour évaluer le degré de précision et d'acceptabilité du produit réalisé, les producteurs (Churches, et al., 2014) ont essayé de comparer le résultat obtenu avec quatre autres sources mondiales et une source nationale fournissant des données du même ordre sur le pays. Certains présentent des disparités considérables (FAO de 4 %, GLC2000 recodé de 7,0 %) et d'autres montrent un minimum de proximité acceptable (CNIGS de 19,5 %, MCD12Q1 de 21,1 % et Globcover 2009 de 26,9 %).

2.14 Des préoccupations relatives à la standardisation des produits fournis

Il est intéressant de constater et d'inventorier différents travaux de télédétection relatifs à l'occupation des sols réalisés sur le pays. Cette dynamique déclenchée, il n'y a pas si longtemps, fait déjà preuve de

grand progrès. Cependant, il n'en reste pas moins que les produits extraits puissent susciter des grandes préoccupations, notamment liées à leur standardisation et leur cohérence et leurs précisions. Toutefois, si certains d'entre eux paraissent assez harmonieux et logiques, certains autres laissent beaucoup à désirer.

2.14.1 Les préoccupations relatives à la méthodologie de traitement des données

Les premières préoccupations suscitées par les travaux déjà réalisées s'en vont à l'endroit des différentes méthodologies adoptées. Chacun de ses travaux sélectionne un type de procédé à adopter en vue d'atteindre son but. Le problème n'est pas le fait que les approches sont différentes, mais plutôt la conclusion qu'elle produisent souvent des résultats très incohérents. Un facteur important à la base de cette incohérence serait le fait d'utiliser des définitions ou des sources de définitions différentes des différentes catégories thématiques désignées et traitées lors de la réalisation de leurs classifications.

L'utilisation des méthodes différentes pour arriver à produire les données serait bien et utile dans la mesure où elles aboutiraient à des résultats plus ou moins identiques. Bien au contraire, c'est une disparité importante qui a pu être observé se référant à plusieurs cas de figure analysés (Churches, et al., 2014), (Hedges, et al., 2018), (Melo Ramirez, 2018). Alors que ces travaux se réfèrent tous à la réalisation de la cartographie des occupations des sols visant notamment la détection du couvert forestier. Par conséquent, le principe qui serait amené d'adopter est l'application des démarches méthodologiques qui permettent d'avoir des résultats plus ou moins concordants. En outre, si ces travaux tiennent compte des espaces couverts en végétation arborée, en revanche la définition et la compréhension du terme « forêt » prête encore à équivoque dans la majorité des cas ci-mentionnés.

2.14.2 Les préoccupations relatives à la nomenclature des produits thématiques

Dans la réalisation de cette carte thématique en Haïti, en plus des méthodologies de production qui sont souvent différentes, mais en termes de nomenclature les classes/ catégories utilisées sont aussi fréquemment différentes. Dans certains cas, même si certaines classes sont assignés à des noms identiques, cependant en termes de perception elles sont décrites de manières différentes. C'est-à-dire, la production des données thématiques est généralement confrontée à un problème de standardisation. A titre d'exemple, dans certains cas les végétations arbustives de sclérophylles formées essentiellement de bayahonde (*Prosopis juliflora*) et/ou de cambon (*Acacia farnesiana*) sont considérées comme savanes ou des forêts sèches (IGN & AQUATER, 2002), (UTSIG, 2005), (Joseph, 2018) alors que dans

d'autres cas elles appartiennent à la classe désignée en tant que prairie/pâturage, (CNULCD, 2018), (LDN_TSP/ Haïti, 2018), et dans d'autres elles sont incorporées dans la classe « autres terres boisées (FAO, 2015).

En outre, l'un des problèmes majeurs de la classification des sols en Haïti, est qu'en raison de la complexité de la morphologie du territoire haïtien et des fragmentation et dispersion extrêmes, pour certaines composantes du paysage, il est difficile d'honorer la condition d'éviter les classes mixtes (IGN & AQUATER, 2002). Ces facteurs limitants exigent en effet une étape de reconnaissance du terrain en préalable à toute tentative de réalisation d'une activité d'occupation de sols fiable. Pourtant, certains travaux de ce genre (LDN_TSP/ Haïti, 2018) sont réalisés sur le territoire entier sans avoir fait connaissance du milieu, en se basant tout simplement sur des modelés (CNULCD, 2018) testés sur des territoires dont les réalités morphologiques et du paysage sont vraisemblablement différentes de celles d'Haïti.

2.15 Analyse sur des études basées sur l'usage de la télédétection en Haïti

Bien entendu, nombres de recherches se basant sur l'usage de cette technologie que représente la télédétection sont déjà effectuées en Haïti. Cependant, la quasi-totalité de ces recherches émane de l'initiative des institutions étrangères et majoritairement des universités, avec toutefois, dans la plupart des cas, la participation des étudiants ou chercheurs haïtiens dont une bonne partie s'installe dans la diaspora. Cela dit, sur le plan exclusivement scientifique, il n'existe vraiment pas de grandes choses en termes d'initiatives haïtienne sur place réellement connues, relatives à ce domaine. Après avoir passé en revue différents sites (Google Scolar, Scopus, ResearchGate, Universalis, ScienceDirect etc.) consacrés aux publications scientifiques de toutes sortes, peu de documents/articles scientifiques concernant Haïti, notamment ceux portant sur l'usage télédétection, ont été répertoriées. En plus, la majorité d'articles ou de travaux scientifiques publiés relatifs à la télédétection sur le pays ne sont l'œuvre des chercheurs haïtiens, mais plutôt ceux des étrangers dont les intérêts de recherche se portent sur le territoire haïtien et sur les problématiques scientifiques et sociétales que ce territoire peut porter.

2.16 Sources de données satellites les plus utilisées par la recherche en Haïti

Il va sans dire que le marché de l'observation de la Terre est actuellement en pleine extension et la concurrence de l'offre des images satellitaires commence à être de taille. Cela passe par la mise en place de plusieurs programmes aussi bien régionaux que mondiaux se lançant dans la dynamique. Dans cette optique, il existe pour le moment deux importants programmes (Achard, Malheiros de Oliveira, &

Mollicone, 2017) qui sont en train d'appliquer une politique de mise à disposition gratuite des images courant le monde entier. En premier lieu, il faut citer le programme Américain de la NASA sur le portail en ligne « **Earth-explorer** » de l'**USGS**[19] (*United States Geological Survey*) (Achard, Malheiros de Oliveira, & Mollicone, 2017) qui offre des images multi-capteur et plurimodales sur le plan mondial, et notamment les images de la mission Landsat. D'ailleurs, depuis 2008, la décision louable de l'USGS d'ouvrir l'intégralité des archives au public a enlevé l'obstacle historique majeur à leur utilisation (FAO, et al., 2009). Ensuite, il y a lieu de mentionner aussi celui de « **Copernicus** », un nouveau programme européen mise en place par l'agence spatiale Européenne (ESA), qui fournit actuellement des données satellitaires « **Sentinel** » à moyenne et haute résolution (10-60 mètres) gratuitement. Ces dispositifs représentent actuellement les deux grands fournisseurs de données de télédétection de résolution moyenne gratuitement et couvrant toutes les régions du monde (Achard, Malheiros de Oliveira, & Mollicone, 2017). En effet, ces initiatives, en plus d'ouvrir la voie à la démocratisation des données images au grand public sur le plan mondial, continuent à la renforcer de plus en plus.

Acquises par un grand nombre d'utilisateurs, ces données sont utilisées dans des domaines multiples, entres autre : la prévention et le suivi de catastrophes naturelles, la météorologie, l'inventaire des ressources naturelles (Eau, sol et forêt), la géodésie, l'étude et la modélisation du climat etc.

a) Caractéristiques des images optiques le plus utilisées à partir de ces mécanismes

Le programme Landsat mise en place par la NASA en vue de l'observation de la Terre est déjà à son 8ème satellite lancé dans l'espace. Doté d'un capteur de résolution moyenne (15-30 m), le dernier satellite en date, Landsat 8, mis en orbite en 2013 (Achard, Malheiros de Oliveira, & Mollicone, 2017), offre d'autres avantages que les premiers satellites de la série. En outre, les images Landsat-8 offrent l'avantage d'avoir une très bonne résolution spectrale (11 bandes) permettant, à l'aide des différentes combinaisons de bandes, de déceler différentes occupations du sol ; une option limitée avec d'autres images de très haute résolution. Les images Landsat ont des résolutions spatio-temporelles relativement élevées, mais une fréquence d'acquisition basse en raison du masquage des nuages (NDVI-derived forest area change and its driving factors in China, 2018). La recherche d'images sans nuages couvrant tout le territoire Haïtien peut nécessiter des images à cheval sur plusieurs années différentes ou une combinaison de données de satellites, donc de capteurs différents ; ce qui crée une

[19] http://glovis.usgs.gov/

difficulté de traitement immédiat et oblige par conséquent une normalisation radiométrique des images à traiter

La mission Sentinel-2 de l'ESA, lancée dans le cadre du programme Copernicus de l'Union Européenne, se compose de deux satellites, Sentinelle 2A et Sentinelle 2B : le premier a été lancé en juin 2015 et le second en mars 2017 (Theia, 2019). Tout comme le landsat-8, les images de la série Sentinel possède une très bonne résolution spectrale et résolution spatiale optique amélioré (10 m : Visible + PIR) par rapport au Landsat. En outre, elles possèdent des bandes de 60 m de résolution destinées à la correction des perturbations atmosphériques.

D'autres sources de données (SPOT, Pléiades, GeoEye, RadidEye etc.) existent aussi, mais elles sont souvent fournies sous des conditions de licence payante, ou selon d'autres conditions de fermes restrictions liées notamment à leurs possibilités d'acquisition mais aussi et surtout aux types d'usages dont elles font éventuellement l'objet. Ces conditions créent une nonchalance chez les utilisateurs potentiels devant s'en servir.

Conclusion

La présente étude se porte sur la dynamique du domaine géomatique (Système d'Information Géographique et Télédétection) en Haïti en essayant de mettre en exergue les démarches et initiatives les plus déterminantes dans le cadre du processus. Dans le cadre du travail, une importance particulière est accordée à la Télédétection compte tenu de sa capacité, étant en pleine extension, à faciliter la production de données géospatiales sur des territoires étendus et dans un délai record et à répondre aux nouveaux besoins croissants d'informations spatialisées (Vitter, 2018). En sus, la télédétection propose des données et des outils pouvant répondre à des besoins cartographiques précis de façon rapide et fiable sous couvert d'un choix réfléchi des données et méthodes (DEVAUX, 2006).

L'essentiel de la démarche était d'exposer la dynamique par rapport à l'introduction et l'utilisation du Système d'Information Géographique (SIG) et la Télédétection, l'historique de la technologie géomatique au niveau du pays, l'évolution du domaine en lien avec la disponibilité et production des données en Haïti. Ce travail a tenu également à passer en revue le partenariat international en termes d'offre et de coopération scientifiques relatives à la production des services et données géographiques au niveau du pays. A partir d'une méthodologie fondée sur une petite enquête institutionnelle ciblant spécifiquement les acteurs et organismes du domaine de la géomatique (SIG & télédétection) et des entrevues semi structurées avec certains cadres chevronnés, reconnus et travaillant activement dans ce

domaine en Haïti on est arrivé à recueillir et donc à se disposer d'une grande partie des informations souhaitées.

Les informations recueillies ont permis de constater que le domaine de la géomatique a été introduit dans le pays il y a environ une vingtaine d'année. Tout de suite après son introduction dans le pays entre 1996-1998, il a connu un progrès très discret au point qu'il était considéré comme un métier négligé, où très peu d'institutions et de cadres le pratiquait. Subséquemment, il a connu un essor considérable à partir de 2010 bénéficiant de l'envie de la communauté internationale à porter main forte dans la reconstruction du pays (De Boissezon & Dubois, 2014; Clarka & Guiffault, 2018) après le séisme majeur du 12 janvier de cette année qui l'a succombé. Depuis, nombreux organismes (institutions) et de cadres nationaux se sont lancés dans la pratique et l'utilisation de la géomatique dans le cadre de leurs travaux de développement au niveau du pays. Puis, il va continuer à avoir encore plus d'ampleur avec le passage de l'ouragan Mathew d'utilisateurs (RO-Haiti, 2018), l'un des rares catastrophes de catégorie 4 ayant survenu et causé tant de dommages au pays (Stewart, 2017), (Melo Ramirez, 2018).

Cet outil d'aide à la décision (Tritsch, 2013), (Dadouchi, et al., 2016) est appliqué à presque tous les autres domaines au niveau du pays, toutefois il est à signaler que la fréquence d'application est plus importante dans certains domaines tels que la gestion des risque et désastres naturels, le suivi du couvert terrestre (occupation de sol), l'étude des bassins versant, les statistiques agricoles, etc.

3 Analyse de la prise en charge et de la dynamique de la gestion et de la conservation de la biodiversité en Haïti : *Une mise en relief de l'importance des écosystèmes forestiers.*

La biodiversité et les *écosystèmes forestiers* en Haïti : des patrimoines naturels à préserver afin de garantir le bien-être des générations actuelles et futures, pourtant une association menacée.

Introduction

Le terme « biodiversité » a vu le jour lors d'un forum sur la diversité des formes de vie ayant eu lieu à Washington, D.C. en 1985 (National Academy of Sciences, 1988; Blandin, 2014). L'utilisation de cette désignation, dérivée de la contraction de « diversité biologique », a commencé à prendre de l'ampleur et s'est largement vulgarisée à partir de la conférence internationale sur l'environnement tenue à Rio de Janeiro en juin 1992. La biodiversité se définit comme étant la « *variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes* » (ONU, 1992). En d'autres termes, elle correspond à la variété et la variabilité des organismes vivants et des écosystèmes dans lesquels ils vivent incluant la diversité génétique, la diversité spécifique et la diversité écosystémique (Brahic & Terreaux, 2009). A savoir que cette diversité de vie sur terre est indispensable au bien être humain, soit directement comme ressources renouvelables à valeur commerciale, soit indirectement pour maintenir un certain équilibre écologique dans la nature actuelle (Pierre, 2005). Cela s'explique au fait que cette variation biologique des organismes vivants sur terre, alimentent les écosystèmes qui procurent bon nombre d'avantages et rendent des services d'importance capitale aux sociétés humaines (Goudard, 2007).

Le contexte de l'évolution de l'environnement depuis bien des décennies, où le phénomène de l'érosion de la biodiversité prenait une dimension planétaire (ONU, 2010; Breton, 2018), a nécessité des mesures, des dispositions et des prises de décisions urgentes à l'égard de cette diversité de formes de vie sur terre. Cela implique la mise en branle d'une série de dispositifs règlementaires internationaux communs, en particulier la signature et la ratification de la Convention sur la Diversité Biologique

(CDB). Les objectifs principaux de ce traité international, juridiquement contraignant (Breton, 2018), s'articulent autour de la conservation de la diversité biologique, de son utilisation durable et du partage juste et équitable des avantages découlant de l'utilisation des ressources naturelles (ONU, 1992). Cela dit, toute l'importance de la dimension de la biodiversité a commencé à se révéler à partir de la conférence de Rio.

Depuis, les efforts visant à préserver la diversité biologique partout à travers le monde ont commencé à se multiplier ; ce qui place la préservation de la biodiversité au rang des préoccupations prioritaires de la planète. Et étant un élément essentiel dans la protection de l'environnement mondial, elle est devenue un enjeu déterminant, crucial voire incontournable pour la survie de l'espèce humaine (Breton, 2018). Bien que ce soit un enjeu global, les initiatives visant à faire face à cette préoccupation commune doivent nécessairement passer par des actions territoriales à des échelles réduites (régionales, nationales, locales, etc.). Dans un tel contexte, il est judicieux voire impératif de les intégrer au niveau des politiques et planification nationale, si on souhaite aboutir à des résultats concrets et satisfaisants.

Etant signataire de la convention sur la Diversité Biologique (CDB), et compte tenu également de l'état alarmant de son environnement actuel, Haïti n'est pas exemptée de ce devoir global commun. À ce moment, la problématique de gestion et de protection de la biodiversité est censée être incorporée dans les grandes ambitions et politiques environnementales des acteurs (publics, privés, ONG, OL[20]) œuvrant dans le domaine de la protection de l'environnement.

A ce titre, il est nécessaire d'entreprendre des initiatives permettant d'assurer la protection et la préservation de la biodiversité au niveau national, mais dans un objectif plutôt global. Pourtant, le détriment des ressources naturelles renouvelables, notamment la dégradation de la biodiversité, ne cesse de devenir un défi /un problème majeur pour les acteurs du domaine dans un contexte où les menaces pèsent de plus en plus sur les écosystèmes et les espèces qui en dépendent.

Il y a quelques temps, des dispositifs d'évaluation, de suivi et de gestion de la biodiversité sont en train d'etre mis en place, et des initiatives sont entreprises dans un souci d'enrayer la progression de la dégradation de la biodiversité en Haïti. Des exercices d'inventaires d'espèces (flore & faune), des programmes de reboisement et de conservation au sein des bassins-versants, de la création de parcs et réserves nationaux, de la multiplication des zones protégées et du renforcement institutionnel via la

[20] Les Organisations Locales

création de nouvelles structures de gestion, mais aussi la mise en place des programmes d'éducation et de sensibilisation (Merat, 2012), autant d'actions mises en œuvre à cette fin.

Maintenant, quelle est la portée réelle de ces formes de contribution dans la dynamique de gestion et de protection de la biodiversité, se référant au contexte dans lequel elle évolue actuellement ? Les résultats jusque-là obtenus à partir des activités entreprises, concourent-ils à répondre aux expectatives générées par les objectifs fixés par les autorités concernées ? Telles sont des interrogations auxquelles on souhaite s'accrocher, et pour lesquelles on cherche des réponses soutenues à travers cette dissertation. Dans ces conditions, la présente rubrique se donne pour objet de passer en revue, d'analyser et de mettre en avant les initiatives les plus pertinentes susceptibles de contribuer à la gestion et à la protection de la biodiversité en Haïti.

3.1 Analyse contextuelle de la dynamique de conservation de la biodiversité en Haïti

Le but de cette section est de mettre en lumière la situation réelle dans laquelle évolue la dynamique de la gestion et de la conservation de la biodiversité en Haïti. Elle est censée tenir compte des différents facteurs socio-économiques, politiques et stratégiques, environnementaux voire naturels susceptibles d'influencer la prise en charge de la conservation de la biodiversité au niveau du pays.

3.1.1 La dynamique de conservation de la biodiversité dans un contexte global

Perçue comme un sujet sérieux mobilisant une large communauté scientifique à travers le monde (Blandin, 2014), l'évolution de la biodiversité devient l'une des préoccupations environnementales les plus importantes à l'échelle du globe. Malgré tout, cette diversité des formes de vie, telle qu'elle est perçue ou considérée par plus d'un (ONU, 1992; Brahic & Terreaux, 2009), ne cesse de faire face à une détérioration de plus en plus inquiétante, ou plus au-delà, à une disparition progressive à tous les niveaux[21]. Cette situation est le plus souvent dû à la perturbation, voire à la destruction des biotopes (milieux et habitats) hébergeant et abritant ces différents niveaux et différentes formes de vie. Et, cette disparition a évolué à un rythme alarmant depuis le début de l'ère industrielle (Le Danff, 2002; ONU, 2010). A ce titre, la biodiversité connaît actuellement un recul sans précédent du fait des activités humaines menées tout autour de la planète (CDB, PNUE, & PNUD, 2018). Pour affronter cette situation malencontreuse, des traités internationaux, et notamment la **Convention sur la Diversité**

[21] La diversité biologique peut être intraspécifique (génétique), interspécifique (spécifique) et écosystémique

Biologique et ces instruments adjoints tels que les Protocoles de Carthagène et de Nagoya, ont dû être mis en branle afin de modérer la progression de cette dérive bioécologique.

Cette convention, désignée comme un traité international juridiquement contraignant, prétend concourir à trois principaux objectifs que sont : la conservation de la diversité biologique, l'utilisation durable de la diversité biologique et le partage juste et équitable des avantages découlant de l'utilisation des ressources génétiques (ONU, 1992; SCDB, 2011). Elle vise à définir les droits mais aussi les devoirs et les responsabilités respectives des acteurs nationaux et internationaux - organisations internationales, États, organisations non-gouvernementales, entreprises privées, communautés locales - dans des domaines forts divers qui touchent tous au vivant **(Le Prestre, 1999)**. En effet, pas mal d'efforts sont en train d'être déployés tant au niveau international que national pour soutenir la diversité biologique, mais fort souvent ces efforts sont compromis par des politiques inconciliables (ONU, 2010). Ce qui constitue une difficulté coriace dans la mise en œuvre effective de cette convention, notamment au niveau des pays où les moyens et la gouvernance font défaut ; Haïti en serait un exemple typique. Par-dessus tout, l'ex-Secrétaire général des Nations Unies Ban Ki-moon (2010) à travers la troisième édition des *Perspectives mondiales de la diversité biologique*, estimait que « *les populations pauvres, qui ont tendance à être les plus directement dépendantes des écosystèmes, seraient les premières à souffrir, et le plus gravement* ». Dans un tel contexte, un pays comme Haïti détient beaucoup d'intérêt à s'investir à fond dans la dynamique de la gestion et de la conservation de la diversité biologique.

3.2 Quelques éléments caractéristiques de l'évolution de la biodiversité en Haïti

Evoluant dans un contexte socioéconomique délicat, caractérisé surtout par un niveau de pauvreté élevé et grandissant de la majorité de sa population (MDE & PNUD, 2011), Haïti est en passe de connaitre une situation de dégradation environnementale irréversible. Désormais, avec un couvert végétal extrêmement réduit, Haïti se voit perdre sa nature verdoyante et généreuse d'autrefois et continue de se dénuder (Michel, 2005).

Au rythme qu'évolue cette dynamique environnementale, elle entraine en conséquence une extinction considérable des espèces (végétales et animales) au niveau du territoire tout entier. Cela engendre un déséquilibre au niveau de la diversité biologique prenant une proportion progressive dans beaucoup d'endroits du pays. Bien que peu de données existent sur le niveau de la dégradation de la biodiversité en Haïti (Gentes & Vergara-Castro, 2005), il n'en demeure pas moins évident que la situation soit de plus en plus critique (Dufour, 2011).

Chapitre 3 : Prise en charge et dynamique de gestion de la biodiversité en Haïti

D'un constat patent, la dégradation de la biodiversité, due entre autres au recul des écosystèmes forestiers, aux mauvaises pratiques agricoles et à la pollution des eaux (OCDE, 2008) (MDE, 2016), ne cesse de faire montre de recrudescence incessante à cause d'une gestion vraisemblablement défaillante en Haïti. Il s'ensuit un manque à gagner fondamental sur les plans environnemental, économique voire alimentaire, compte tenu de la valeur et de l'importance des biens et services fournis par ces écosystèmes (Dufour, 2011). En d'autres termes, la perte de biodiversité induit la défaillance des biens et services qu'offrent ces dispositifs naturels.

L'érosion de la biodiversité constitue en effet l'un des principaux enjeux environnementaux auxquels le pays est contraint de faire face actuellement (Dufour, 2011), en considération au rôle fondamental de ce complexe naturel dans l'entretien et le maintien de la vie sur terre, alors que les moyens nécessaires pour pouvoir s'y prendre sont censés faire défaut.

Selon Gentes & Vergara-Castro (2005) près de 50 % des espèces classées sur la liste rouge de l'UICN sont en voie de disparition en Haïti. Toute une gamme de facteurs d'ordres anthropiques et naturels sont à l'origine de cette situation malencontreuse (Le Danff, 2002). De prime à bord, elle est notamment due à la surexploitation et la destruction des ressources forestières et halieutiques, à l'intrusion des espèces exotiques envahissantes, à la fragmentation et l'altération des écosystèmes et des habitats, à la pollution de l'air et des eaux, à l'étalement urbain engendré par l'explosion démographique, au changement d'affectation des terres, à l'insécurité foncière, etc. (Lahaye, 2001a; Goudard, 2007) (MDE, 2016) (MDE, 2019a). De surcroit, des phénomènes naturels tels que les inondations, la sécheresse, les feux de brousse et des tempêtes surviennent et concourent de plus en plus à empirer la plaie. Dans ce dernier cas, il y a lieu de prendre en considération les conséquences néfastes de la manifestation du changement climatique actuel. Toutefois, il est important de noter que la destruction des habitats imputable aux activités forestières et agricoles représentent les principales causes des atteintes à la biodiversité (OCDE, 2008).

En fait, n'étant ni inédite ni non plus une caractéristique autochtone, l'histoire de la dégradation de la biodiversité en Haïti remonte à la période coloniale (Brochet, 1993; MDE, 2015b; Vital, 2018). Depuis cette époque, la biodiversité subissait déjà des pressions énormes traduites par l'introduction d'espèces exotiques envahissantes, les pertes d'habitats, la disparition d'espèces indigènes et la surexploitation des ressources naturelles (Lahens, 2014). Dans ces conditions, la nécessité de bien gérer et conserver les ressources biologiques dans le pays ne devient ni un choix ni une option, mais plutôt une obligation, si on souhaite assurer le bien-être effectif des générations futures.

Chapitre 3 : Prise en charge et dynamique de gestion de la biodiversité en Haïti

Conscient de l'importance de protéger et de bien gérer l'environnement du pays et la diversité biologique le caractérisant, le gouvernement haïtien a aussi signé un certain nombre de traités dont les objectifs sont axés sur la conservation de la biodiversité. Cependant, comme dans beaucoup d'autres pays en développement, la forte dépendance de la population haïtienne aux ressources biologiques (Augier, 2010) engendre la nécessité de mettre en place des projets d'actions visant à accompagner la mise en œuvre des mécanismes internationaux et régionaux signés. A ce titre, bien que nombre d'efforts soient déjà accomplis en matière de gestion de conservation de la biodiversité au niveau du pays, il n'en demeure pas moins que la situation reste très inquiétante (Dufour, 2011).

Néanmoins, le phénomène de la dégradation de la biodiversité qui se manifeste dans le pays est un problème plus global où les différents écosystèmes terrestres et marins représentant l'habitat idéal pour les espèces font face à des menaces perpétuelles dues principalement aux activités humaines (Lahaye, 2001a). Fort de ce constat, des scientifiques spécialistes en écologie ont estimé que la lutte contre l'érosion de la biodiversité est devenue une question urgente (Breton, 2018).

Considéré comme un enjeu environnemental déterminant à l'échelle mondiale, la lutte contre l'érosion de la biodiversité constitue une piste remarquable pouvant permettre aux pays de protéger l'environnement naturel, de concourir au développement durable et de promouvoir le bien-être de sa population (Lahaye, 2001a; MDE, 2019a). Dans ce cas, Ban Ki-moon (2010) avouait que « si l'on veut s'attaquer aux causes sous-jacentes de l'appauvrissement de la biodiversité, il importe de lui accorder une plus grande priorité dans tous les domaines de prise de décision et dans tous les secteurs économiques ». Mais dans le cas d'Haïti, des stratégies particulières, basées notamment sur la mobilisation proportionnelle des moyens et de l'amélioration de la gouvernance, méritent d'etre envisagées afin d'aboutir à des résultats plus ou moins satisfaisants.

Pour mieux cerner l'évolution contextuelle de la prise en charge de ce mouvement en Haïti, il faut se permettre des réponses à un tas d'interrogations : quel est l'état d'avancement de la mise en œuvre des différents mécanismes internationaux et régionaux que le pays a signé ? Quelles sont les différentes instances chargées de mettre en œuvre les différentes initiatives susceptibles de contribuer à une gestion conservatoire de la biodiversité en Haïti ? Les initiatives identifiées et mises en œuvre ont-elles permis de redresser la tendance évolutive de la biodiversité dans ce pays ?

3.3 Démarche méthodologique adoptée

Tout travail de recherche requiert l'adoption d'une démarche méthodologique méticuleuse (Duchemin, 2010). Cela suppose les différentes étapes abordées et mises en œuvre, soit de manière consécutive, soit de manière simultanée ou en parallèle. Dans le cadre de cette étude, la méthodologie qui a été mise en place est modulée par un processus simple mais efficace par rapport aux objectifs fixés et aux résultats souhaités. Axée prioritairement sur la revue documentaire, cette méthodologie permet d'aboutir à la réalisation d'un produit résultant de la consultation d'une très riche documentation portée sur la gestion et la conservation de la biodiversité en Haïti. Dans une tentative de compléter, vérifier et bonifier les informations obtenues à partir de la revue documentaire, il a été judicieux d'avoir recours à un exercice d'enquête institutionnelle assez sobre visant des organisations œuvrant activement dans le domaine, et à la consultation de certaines personnes ressources ou des cadres expérimentés s'y impliquant également. En effet, le processus méthodologique est échafaudé et décrit à partir des étapes suivantes :

3.3.1 La revue documentaire réalisée

Comme il est souligné précédemment, la réalisation de ce chapitre du travail est en majeur partie axée sur la consultation et exploitation d'une documentation relativement riche portant sur la gestion et la conservation de la biodiversité au niveau du pays. Cette étape constitue, en effet, un pilier pour la réalisation de toute étude scientifique (CDI, 2017). Ainsi, il a été jugé important voire impératif de consulter un éventail de documents susceptibles de renseigner sur la biodiversité dans toute sa dimension au niveau du pays. Cela passe par : la signature et la ratification des traités internationaux ; les accords régionaux et bilatéraux ; les cadres règlementaires et institutionnels ; la prise en compte au niveau des stratégies, politiques, programmes et projets ; l'implication des différents acteurs (nationaux et internationaux) et de la société civile haïtienne, jusqu'à la mise en œuvre réelle des initiatives et actions relatives à la gestion et à la conservation de la biodiversité en Haïti. Cela concerne également les rapports nationaux, études et expéditions scientifiques et rapports techniques de projets relatifs à la gestion et la conservation de la biodiversité sur le pays. Il s'ensuit néanmoins l'existence d'une documentation relativement abondante, mais peu fiable, puisqu'il s'agit en majeure partie de simples rapports professionnels plutôt que des études scientifiques évaluées par les pairs. Dans ce cas, il a été jugé nécessaire de procéder à une sélection minutieuse mais surtout judicieuse des documents accessibles en termes de pertinence, de sources, et de qualité scientifique afin d'aboutir à des informations relativement plus fiables.

3.3.2 Réalisation d'une enquête institutionnelle

La gestion et la conservation de la biodiversité est pratiquée par plusieurs acteurs et institutions publiques, mais aussi des organisations de la société civile, soutenues financièrement et parfois techniquement par des institutions de la coopération internationale. De ce fait, dans le but de compléter et de bonifier les informations relevées à partir de la consultation documentaire, il a été donc nécessaire de conduire une enquête assez sobre mais pertinente au niveau institutionnel. Ce dispositif modéré et laconique de recherche d'informations visait les acteurs clés du domaine, notamment les entités publiques les plus haut placées auxquelles incombe principalement la gouvernance de la conservation de la biodiversité dans le pays. Aussi les organisations de la société civile impliquée concrètement dans la mise en œuvre des initiatives relativement au domaine ont été également visées et consultées. Sachant que les problématiques de gestion de la biodiversité au niveau du pays commencent à être considérées comme disciplines transversales qui pourraient impliquer la conjugaison des efforts de plusieurs institutions.

Pour parvenir au but de cette enquête, un canevas a été élaboré et adressé à l'endroit des institutions ou des organisations pointées par l'étude. Ce modèle, d'ailleurs non contraignant, y a été soumis à titre indicatif afin de servir d'un fil conducteur standard pour la transmission des informations. En réalité, ce cadre de recherche portait essentiellement sur : le statut, la vision et la mission de l'institution ; le(s) domaine(s) d'intérêt sur le plan général de l'institution, ses domaines d'interventions et de leur nature (stratégique, réglementaire, éducative, pratique et technique, etc.) en Haïti ; les activités concrètes et pertinentes, les succès obtenus et les freins identifiés en matière de gestion ou de conservation de la biodiversité ; le constat particulier de l'institution par rapport à la gestion et la conservation de la biodiversité entre autres. En effet, l'ensemble des institutions ciblées par cette prospection est illustré à partir du tableau suivant.

Tableau 5 : Liste des instituons ciblées et consultées dans le cadre de cette étude

Institutions	**Contacts ciblés**	**E-mail**
Direction de la Biodiversité/ANAP/MDE	Michelet LOUIS, Directeur	micheletagr@yahoo.fr
Direction Forêts & Énergies Renouvelables (DFER)	Eder AUDATE, Directeur	eder.audate@mde.gouv.ht
Helvetas Suisse – Haïti	Seth PIERRE, Responsable	seth.pierre@helvetas.org
Reef Check Haïti	Stephen JEAN-LOUIS	sjlouis@reefcheck.org
Fondation Wynne pour l'Environnement	Jean-Paul MEVS	jeanpaul@wynnefarm.org
Société Audubon Haïti	Arnaud DUPUY	info@audubonhaiti.org
FoProBIM	Jean WIENER	bluemail@foprobim.org

Fondation Seguin	Serge Cantave Jr	info@fondationseguin.org
FOKAL	Thierry CHERIZARD	parcdemartissant@fokal.org
Fondation Macaya	Alphonse Bruno Mentor	brunomentor@yahoo.fr
CIAT	Ned CHARLES	ned.charles@ciat.gouv.ht

Entre temps, il est important, voire fondamental, de mentionner que la majorité de ces institutions n'ont pas été réactives ou, tout simplement, n'ont pas exprimé la volonté réelle de participer à cet exercice de communication d'informations relatives à la gestion et la conservation de la biodiversité au niveau du pays. En effet, cette situation risque de compromettre la légitimité de ces informations compte tenu du fait qu'elles ont été collectées à partir des sources indirectes et n'ont pas pu être vérifiées et confirmées par les institutions concernées.

3.3.3 Consultation de certaines personnes ressources

Dans un souci de mieux appréhender la dynamique de la gestion et de la conservation de la biodiversité en Haïti, une approche inclusive et participative a été adoptée dans le cadre de la réalisation de ce travail. Eu égard à cette approche, il a été aussi jugé fondamental de consulter certains cadres expérimentés évoluant dans le domaine de la préservation de la biodiversité au niveau du pays. Cet exercice, déroulé sous une forme de conversation entre pairs, a permis d'acquérir certaines informations pertinentes et utiles servant à compléter, à rectifier ou à confirmer les données recueillies à partir de la revue documentaire et de l'enquête institutionnelle. Il faut en tout cas mentionner que certains cadres consultés sont en même temps des représentants de certaines institutions ciblées par l'enquête. Ainsi, le tableau suivant tache de présenter les personnes ressources et cadres consultés dans le cadre de cette démarche.

Tableau 6 : Quelques compétences émérites consultées dans le cadre de cette étude

Cadres consultés	Institutions hôtes	Adresse e-mail
Michelet LOUIS	Direction de la Biodiversité/ANAP/MDE	micheletagr@yahoo.fr
Eder AUDATE	Direction Forêts & Énergies Renouvelables	eder.audate@mde.gouv.ht
Seth PIERRE	Helvetas Suisse – Haïti	seth.pierre@helvetas.org
Stephen JEAN-LOUIS	Reef Check Haïti	sjlouis@reefcheck.org
Ned CHARLES	CIAT	ned.charles@ciat.gouv.ht

3.3.4 Traitement et analyse des informations issues de l'enquête et des entretiens

Une étape essentielle et décisive dans la réalisation de cette étude, a été le traitement et l'analyse des données collectées pour en faire des information utiles et utilisables. Bien entendu, la méthode de traitement et d'analyse utilisée dépend le plus souvent du choix méthodologique adopté par le chercheur (Livian, 2015). Dans ce cas, pour atteindre les résultats escomptés, il a été nécessaire de mettre en place un dispositif de traitement et d'analyse des éléments recueillis afin de pouvoir en extraire les informations jugées pertinentes par rapport aux objectifs fixés par l'étude et en adoptant une démarche appropriée. Pour ce faire, une approche qualitative, perçue comme une démarche qui consiste à recueillir des données verbales ou écrites en vue de procéder à une analyse interprétative (Aubin-Auger et al., 2008), a été donc adoptée. Cela a permis, au final, d'aboutir à la réalisation d'un produit descriptif basé sur des interprétations critiques et analytiques des éléments d'informations collectées à partir des différentes sources (documentation, compétences connues, institutions et organisations).

3.4 Diagnostic du dispositif réglementaire lié à la gestion de la biodiversité en Haïti

A travers cette section, il y a lieu de passer en revue et d'analyser la législation relative à la gestion de la biodiversité dans un cadre global et national, de déterminer les engagements internationaux et régionaux pris par le gouvernement haïtien et quelques instruments (légaux) et de diagnostiquer les possibilités d'application de la réglementation dans le cadre de la gestion de la biodiversité en Haïti.

3.4.1 La réglementation sur la gestion de la biodiversité vue dans un cadre global

Inquiétée par le rythme de la dégradation environnementale actuelle (Martin, 2002; Le Danff, 2002; ONU, 2010), la communauté internationale a vite compris la nécessité de mettre en place des dispositifs permettant d'enrayer son évolution au niveau global. En effet, il venait à l'esprit d'adopter et d'inciter l'application d'un cadre règlementaire commun, mais en tenant compte des actions à toutes les échelles territoriales (multi-échelles). Les premiers accords internationaux à propos de ce sujet, ont vu le jour lors du Sommet de la Terre tenu à Rio de Janeiro (Brésil) en 1992. A ce moment, trois conventions, toutes relatives à l'environnement, ont été mises sur le tapis pour signature et ratification : la Convention Cadre des Nations Unies sur le changement Climatique (CCNUCC), la Convention des Nations Unies Sur la Lutte contre la Désertification (CNULCD) et la Convention sur la Diversité Biologique (CDB). Cette dernière serait le premier traité international conclu abordant tous les aspects de la diversité biologique (écosystémique, spécifique et génétique). *Ipso facto*, elle vise à garantir de

l'exploitation et de l'utilisation durables des ressources naturelles, qu'il s'agit des écosystèmes, des espèces ou du patrimoine génétique, au profit de toutes les générations humaines (ONU, 1992). Pour y parvenir, elle s'est fixé trois objectifs principaux : la conservation de la diversité biologique : l'utilisation durable de ses éléments constitutifs ; le partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation de ses ressources génétiques (ONU, 1992; SCDB, 2012). D'intention, elle cherche à instituer un *régime,* c'est-à-dire un ensemble de normes, de règles et de procédures qui encadrent le comportement des acteurs internationaux afin de faciliter la poursuite d'un intérêt commun (Le Prestre, 1999).

Subséquemment, certaines faiblesses étant constatées dans la conception de la CDB au fil du temps, la nécessité se faisait sentir de mettre en place, en adjonction à cette convention, d'autres instruments juridiques et mécanismes appropriées au contexte actuel de l'évolution de la biodiversité. Il s'agit notamment : du Protocole de Carthagène sur la prévention des risques biotechnologiques (SCDB, 2000) ; du Protocole de Nagoya sur l'accès au partage des avantages (APA) (SCDB, 2012) ; des planifications stratégiques des initiatives de conservation à mettre en place au niveau national (SPANB[22]) selon les Objectifs d'Aichi pour la biodiversité (OAB) et les rapports nationaux de compte rendu des progrès réalisés en matière de protection des ressources biologiques.

Toutefois, bien que la Convention souligne que la conservation de la diversité biologique est une préoccupation commune de l'humanité, elle laisse cependant la gouvernance de la gestion des ressources biologiques à la discrétion des nations en fonction de leurs priorités de développement (Le Danff, 2002). Dans ce cas, il revient à chaque gouvernement de prendre en main sa responsabilité à propos de la gestion de la biodiversité en mettant en place des stratégies et politiques appropriées, en fonction de leurs besoins et de leurs priorités, mais également en tenant compte des moyens dont il peut disposer.

3.4.2 Vers un cadre réglementaire relatif à la gestion de la biodiversité en Haïti

Le pays exprime une volonté manifeste de lutter avec beaucoup de véhémence pour la sauvegarde des ressources biologiques, même si les conditions ne lui sont pas souvent favorables. Dans cette optique, il a su signer et ratifier un éventail d'accords (convention, protocoles etc.) internationaux et régionaux destinés à cette fin, et s'accorde à établir et constituer une législation nationale dévolue à la circonstance.

[22] Stratégies et Plans d'Action Nationaux pour la Biodiversité (SPANB)

En effet, maintes mesures ont été prises dans un souci d'établir un cadre réglementaire propice à une gestion efficace et durable de la biodiversité en Haïti. Ce cadre réglementaire est d'abord endoctriné et impulsé par la Convention sur la Diversité Biologique et ses instruments subsidiaires, notamment le Protocole de Carthagène et celui de Nagoya. Il existe en outre d'autres mécanismes internationaux et régionaux comme la Convention Internationale pour la Protection de la flore, de la faune et des beautés panoramiques naturelles des pays de l'Amérique signée par Haïti (Victor, 1995) relatifs à ce sujet. Puis, sur le plan strictement national, en supplément mais en conformité à la loi mer du pays (la constitution de 1987), il existe des instruments juridiques et stratégiques, tels que des arrêtés et décrets, des plans et politiques gouvernementaux constituant à échafauder et configurer ce cadre réglementaire. Bien entendu, ce cadre juridique sur la biodiversité reste un peu dispersé puisque les prescrits y relatifs ne s'assemblent pas dans un document bien spécifique. Dans ce cas, l'organe juridique le plus complètement dédié à cela demeure la convention sur la diversité biologique.

Signée par Haïti en août 1992 et ratifiée par le parlement en 1996 (Victor, 1995), cette convention par sa mise en œuvre, devrait être une opportunité décisive et un moyen stimulant en matière de gestion et de protection des espèces, des écosystèmes mais également du patrimoine génétique pour le pays. En fait, ce pacte représenterait un dispositif non seulement réglementaire mais aussi stratégique (Lahaye, 2001a). Cela s'explique non seulement au fait qu'il engendre un cadre international légal permettant de rendre compte du progrès et des contributions du pays aux efforts mondiaux de la sauvegarde de la biodiversité ; mais qu'il permet du coup au pays, de bénéficier des mécanismes financiers destinés à la restauration et à la préservation de la biodiversité, à titre de pays en développement, (Lahaye, 2001a) (MDE, 2016). Au-delà de ces aspects, l'impulsion créée par cette convention permet de réfléchir sur des mesures mieux appropriées au niveau national, en vue d'assurer la gestion durable et efficace des ressources biologiques dans un souci de garantir et d'améliorer les conditions de vie de sa population dont les éléments de subsistance dépendent quasi entièrement de ces ressources (MDE, 2019a).

En outre, à côté de la CDB, le pays a signé et ratifié d'autres conventions ne se portant pas exclusivement sur la biodiversité, mais qui toutefois sont susceptibles d'influer positivement sur la préservation de la biodiversité : la Convention Cadre des Nations Unies sur le changement Climatique, la Convention des Nations Unies Sur la Lutte contre la Désertification

3.4.2.1 Le gouvernement haïtien vers des engagements internationaux et régionaux

Comme mentionné antérieurement, le protocole de Carthagène et celui de Nagoya sont des instruments juridiques convenus en adjonction à la convention sur la diversité biologique en vue d'améliorer l'efficacité du mécanisme de la conservation des ressources biologiques à travers le monde. Cependant, bien qu'il soit signataire de la CDB, le pays n'a signé aucun de ces deux protocoles (SCBD, 2020). Toutefois, il existe au pays un point focal relatif à chacun de ces deux protocoles, logée au ministère de l'Environnement. Le protocole de carthagène se veut un outil international établissant des conditions pour l'exportation, la manipulation et l'utilisation des organismes vivants modifiés ou organismes génétiquement modifiés susceptibles d'entrainer des répercussions néfastes sur la biodiversité (SCDB, 2000; Demaze, 2009). Celui de Nagoya a pour objectif de promouvoir et d'encourager le partage juste et équitable des avantages découlant de l'utilisation des ressources génétiques, contribuant ainsi à la conservation et à l'utilisation durable de la biodiversité (SCDB, 2012; PNUE & CBD, Le Protocole De Nagoya progression de l'application et élaboration de politiques sur l'accès et le partage des avantages, 2016).

Au niveau régional, les efforts de conservation de la biodiversité du pays s'inscrivent dans une logique de coopération internationale relative à l'environnement effectuée conjointement entre Etats Parties à la Convention (CDB). Ces initiatives de coopération sont lancées en particulier sous l'influence du Protocole de Carthagène de 1993 au niveau de la région Caribéenne (Lahaye, 2001a) ; instrument qui malheureusement n'a pas été émargé par Haïti. A ce titre, l'exemple le plus concret est l'établissement depuis 2007 d'un Corridor Biologique entre Haïti, la République Dominicaine et le Cuba. Cette coopération régionale a été mise sur les rails dans un contexte de multiplication des expériences de coopération intra-caribéenne autour de la conservation de la biodiversité ; cela s'inscrit notamment dans une perspective de réduction de la perte de la biodiversité et de contribuer à un développement durable à différente échelles (Lahaye, 2001a). En Haïti, l'instauration de ce corridor biologique témoigne en effet la volonté de l'Etat de faire de la lutte pour la restauration de la biodiversité un axe prioritaire dans les politiques environnementales. En effet, cela représente une très belle opportunité pour le pays en matière de gestion et de conservation de la biodiversité non seulement à l'échelle national, mais également au niveau régional voire global.

Autant d'instruments à mettre en œuvre et d'engagements à assumer dans une perspective de gestion et de conservation des ressources biologiques en Haïti. Toutefois, il reste à questionner et à savoir si

la mise en œuvre de ces mécanismes tant internationaux que régionaux, à travers ces engagements, est réalisable et effective.

3.4.2.2 La législation sur la diversité biologique en Haïti : un dispositif très dispersé

L'existence d'une législation spécifique autour de la problématique de la biodiversité en Haïti n'est pas tout à fait bien déterminée. Cependant, toute une gamme de prescrits de lois traitent des mesures de protection et de conservation de la biodiversité de manière indirecte ou générale. Il existe depuis le début XXe siècle (Victor, 1995), selon les archives, un recueil de lois (décrets et arrêtés) s'accentuant notamment sur la création des zones réservées, les zones sous protection, les parcs nationaux, les sites naturels et les parcs nationaux naturels. Néanmoins, les outils les plus importants identifiés dans ce corpus juridique sont principalement la constitution de 1987, le code rural de François Duvalier et le décret cadre de 2006 portant sur la gestion de l'environnement (Victor, 1995).

En ce qui a trait à la constitution (1987), elle ne met pas une emphase particulière sur la biodiversité. Toutefois, à travers son chapitre II (titre IX), elle traite de l'interdiction des pratiques susceptibles de perturber l'équilibre écologique, fait obligation à l'État de mettre en valeur les sites naturels, de protéger les ressources forestières, de faire usage des énergies alternatives, de promouvoir la création de jardins botaniques et zoologiques et de protéger la faune et la flore etc…

Quant au code rural de François Duvalier, il constitue la base de la réglementation environnementale, incluant la conservation de la biodiversité dans le pays. En ses articles 63, 84 et 135, il porte interdiction formelle au déboisement ou au défrichement de tout terrain caractérisé par une pente de plus de 30 degrés dans les zones arides, de plus de 40 degrés dans les zones semi-arides et de plus de 50 degrés dans les zones pluvieuses. En outre, il fait obligation au propriétaire de veiller à prévenir la contamination ou pollution de la source, de la lagune ou de l'étang se trouvant sur son domaine (Victor, 1995).

L'autre prescrit juridique important inclus dans ce corpus, est le décret cadre de 2006 portant sur la Gestion de l'Environnement et la Régulation de la Conduite des Citoyens. Il a institué le Système National de Gestion de l'Environnement (SNGE) et a établi un ensemble de mécanismes dont leur objectif consiste à faciliter la gestion de l'environnement tels que le Système National des Aires protégées (SNAP) (MDE, 2016).

3.4.2.3 Listing de quelques instruments (légaux) relatifs à la gestion de la biodiversité en Haïti

En plus des instruments juridiques, la convention établit également des mécanismes de suivi et d'implémentation des actions en faveurs de la gestion et la conservation de la biodiversité au niveau global. Il s'agit entre autres de l'outil de « Stratégies et Plans d'Action Nationaux pour la Biodiversité (SPANB) » servant d'instrument de référence pour la conservation de la biodiversité au niveau national (CDB, 2020). Guidée par les 20 Objectifs d'Aichi pour la Biodiversité (OAB) à atteindre d'ici 2020 au niveau mondial, cette initiative envisage d'inciter les parties à établir des objectifs régionaux ou nationaux supplémentaires pouvant contribuer à la réalisation de ces objectifs mondiaux, mais devant refléter au mieux les besoins et les priorités du pays concerné (CDB, PNUE, & PNUD, 2018).

Au-delà de cet instrument global, il existe en Haïti tout un spicilège de documents stratégiques nationaux visant à encourager et à matérialiser la protection des ressources biologiques au niveau du pays. Il peut s'agir entre autres : du Plan de développement agricole (PAE 2000-2015) ; du Plan Stratégique de Développement d'Haïti (PSDH 2010-2030) ; Plan d'action pour l'environnement (PAE) ; du Programme d'Action National d'Adaptation (PANA) ; de la Politique nationale sur les changements climatiques (PNCC-2016) ; du Plan d'Action National de Lutte Contre la Désertification (PAN-LCD) et de la Politique de Développement Agricole (PDA) 2010-2020 du MARNDR (MDE, 2019a). Ces instruments, bien qu'ils ne soient pas spécifiquement dédiés à la biodiversité, prétendent fournir un apport considérable à l'égard de cette dynamique de protection des ressources biologiques au niveau du pays (MDE, 2016).

3.5 Haïti face aux défis d'application de la réglementation liée à la protection de la Biodiversité

Les défis de la protection de la Biodiversité sont énormes, et les moyens pour y faire face, il semble, font grandement défaut aux gestionnaires concernés par cette tâche en Haïti. Pourtant, bien des efforts sont déjà fournis sur toute l'étendue du territoire afin de pouvoir s'y prendre.

Par la signature de la Convention sur la Diversité Biologique (CDB), Haïti atteste déjà son engagement et sa volonté de bien gérer et de protéger la biodiversité au niveau de son territoire (MDE, 2019a). En outre, il est recensé au niveau national toute une série de textes de lois abordant la problématique de la conservation des ressources biologiques (Victor, 1995), sans compter ses engagements juridiques régionaux. Cependant, le fondement d'une réglementation suppose la mise en place et l'application des mesures efficaces visant à réguler ou à contrôler de manière optimale la matière ou le domaine

envisagé(e). Ensuite, sans le cas de la conservation de la Biodiversité, l'application d'une législation, pour avoir des effets patents, requiert la mise en place de systèmes de contrôle lourds et coûteux pour les acteurs publics. De ce fait, compte tenu du degré de pauvreté par lequel le pays est caractérisé, ajouté à une défaillance institutionnelle engendrée par une carence de cadres compétents et perpétrée par un déficit de transparence à laquelle il est confronté, le défi de la gouvernance de la gestion d'une réglementation, quelle qu'elle soit, est de taille et reste très difficile à relever en Haïti.

En fait, la mise en application de la réglementation pourrait être une mesure efficace contre la dégradation de l'environnement en général et de l'appauvrissement de la biodiversité en particulier, mais la promulgation ou la simple existence des textes de loi est loin d'être suffisante. Il faut cependant se disposer des moyens nécessaires à leur application. Ainsi, dans un contexte environnemental déjà fragile (Dufour, 2011), la réglementation haïtienne tente constamment de concilier protection de l'environnement et activités économiques non soutenables (Gentes & Vergara-Castro, 2005). D'ailleurs, comme le cite Reed (1999) et repris par Levrel (2006), beaucoup de décideurs sont tiraillés entre incitations au développement des exportations et à l'exploitation plus intensive des ressources naturelles, et la préconisation des nouvelles politiques en faveur de la conservation de l'environnement et de ces mêmes ressources naturelles. Néanmoins, conservation de la biodiversité et développement socio-économique demeurent difficiles à concilier, leurs finalités restant très différentes (Kiéma, Fournier, & Toutain, 2009).

En fin de compte, les principaux handicaps du pays, dans de telles dynamiques, sont dus à la fragilité politique de l´État et á l´insuffisance des capacités techniques et administratives (Gentes & Vergara-Castro, 2005) ajoutées à la précarité économique grandissante de la population. Par déduction, le pays s'apprêtait à lutter avec véhémence pour la sauvegarde des ressources biologiques, mais les conditions socio-économiques et politiques ne lui sont pas souvent favorables.

Toutefois, même si cela peut poser un problème en termes d'efficacité et de gouvernance en Haïti, la réglementation environnementale n'en reste pas moins à l'origine de changements profonds des comportements des acteurs et de leur perception des risques (Baudry, 2009) au niveau global.

3.6 Cadre institutionnel de gestion et conservation de la biodiversité en Haïti

Une étude réalisée par Nkengfack et al. (2020)**,** dans les pays de la Communauté économique des États de l'Afrique centrale (CEEAC[23]) a tenté de mettre en avant les relations de causalité entre gouvernance, institutions et protection de l'environnement. Cette étude a donc révélé qu'un renforcement des dispositifs institutionnels et de gouvernance, basé sur une amélioration des indicateurs de Kaufmann et al. (2007), à savoir contrôle de la corruption, efficacité du gouvernement, stabilité politique, qualité de la réglementation, état de droit (règles des lois) et voix et responsabilité dont la liberté d'expression, peut exercer un effet positif sur la gestion environnementale. En effet, la dimension institutionnelle, fondée sur la qualité de la gouvernance (Apaza, 2009), représente un élément fondamental dans la gestion des composantes environnementales, incluant la biodiversité, au niveau global. Dans ce cas, l'organisation et l'implication institutionnelle sont censées être une condition *sine qua non* pour la gestion et la conservation de la biodiversité. Dans cette optique, une analyse sur la gestion et la conservation de la biodiversité sur un territoire donné requiert du coup un examen des dispositifs institutionnels et de gouvernance y existant.

Fort de ce constat, en Haïti beaucoup d'efforts sont déjà consentis dans le but d'instaurer un cadre institutionnel favorable à la gestion de l'environnement (MDE, 2019a), incluant notamment la protection des ressources biologiques dans toutes leurs formes et dimensions ; même si toutefois, il reste encore une bonne longueur à parcourir avant d'arriver à une destination satisfaisante. A ce titre, de nombreuses institutions publiques et privées ainsi que des organisations nationales et internationales sont impliquées dans la gestion de l'environnement (PNUE, 2010; MDE, 2019a). Il y en a dont les champs d'activités englobent plusieurs composantes du domaine de l'environnement, il y en a d'autres qui se focalisent sur une thématique environnementale bien spécifique : comme c'est le cas de celles qui s'occupent du volet « changement climatique » ou de celui de la « diversité biologique ». Cette dernière fait l'objet de la composante sur laquelle est porté l'intérêt de ce chapitre.

En fait, la gestion de l'environnement reste essentiellement une affaire d'État, même si les organisations de la société civile, en particulier les associations de défense peuvent venir en soutien pour éveiller les pouvoirs publics (Morand-Deviller, 2010) et les inciter à prendre les meilleures décisions. Et en Haïti la situation n'est pas tout à fait singulière par rapport à cette tendance, cela

[23] Des pays, comme Haïti, classés parmi ceux présentant les institutions les moins bonnes, en termes de maîtrise de la corruption, de la qualité de la réglementation, de protection des libertés publiques et d'efficacité de l'action publique.

justifie pourquoi parmi les institutions les plus impliquées dans ce domaine, les institutions publiques sont en avant-garde. De toute façon, les engagements des institutions au respect des principes de protection de l'environnement, notamment au profit de la conservation de la biodiversité, relance l'intérêt de s'impliquer stratégiquement dans la démarche, quel que soit le statut considéré.

3.6.1 Les institutions engagées dans la gestion et la conservation de la biodiversité en Haïti

Au niveau mondial, la gestion de l'environnement reste essentiellement, voire prioritairement, une affaire d'Etat (Morand-Deviller, 2010). En effet, dès qu'il s'agit d'une telle dynamique, cela relève automatiquement de la tâche du Ministère chargé de l'Environnement au niveau des pays. En Haïti, cette fonction revient au ministère de l'Environnement (MDE) en tant que l'organe principal du gouvernement dédié à la prise en charge de ce domaine au niveau du pays. *Ipso facto*, étant une composante à part entière du domaine de l'environnement, la gestion de la biodiversité au niveau du pays relève immédiatement et légalement de la responsabilité du ministère de l'Environnement en qualité de principal concerné (MARNDR & MDE, 2017). Alors que, selon l'article 29 lié à la **planification environnementale du décret portant** sur la gestion de l'environnement (Le Moniteur, 2006), les mécanismes de coordination et de mise en œuvre de la conservation et la gestion durable de la biodiversité et d'autres programmes environnementaux prioritaires sont déclarés d'utilité Publique pour la période 2005 – 2020. En réalité, toute une panoplie d'institutions tant publiques que privées, ou faisant partie de la société civile, s'identifie à cette tâche au niveau du territoire. Dans cette conjoncture, Pour mieux cerner la configuration du dispositif de gestion et de conservation de la biodiversité existant, il y a lieu de présenter et de décrire par catégories les principales instances impliquées dans cette dynamique. Il s'agit, entre autres, des institutions gouvernementales, des institutions internationales, des organisations non gouvernementales (internationales, nationales), des organisations de la société civile (associations nationales, régionales et locales).

3.6.1.1 Le ministère de l'Environnement (MDE) et la gestion la biodiversité en Haïti

Etant le principal responsable de la gestion de l'environnement, le ministère de l'Environnement est chargé de la coordination exécutive des activités d'élaboration et de mise en œuvre de la politique nationale en matière d'environnement (Le Moniteur, 2006) incluant donc la gestion et la conservation de la biodiversité. Il participe et joue un rôle important au niveau de tous les instruments dédiés à la gestion efficace et durable de l'environnement en Haïti (Le Moniteur, 2006; MARNDR & MDE,

2017), notamment ceux du Système National de Gestion de l'Environnement (SNGE[24]). A titre d'exemple : Il est le secrétaire exécutif du Comité Interministériel pour l'Environnement (CIME) créé en novembre 1996 (MARNDR & MDE, 2017), il est également le secrétaire exécutif du Conseil Interministériel sur l'Aménagement du Territoire et l'Environnement (CIMATE), il préside le Conseil National pour l'Aménagement du Territoire et l'Environnement (CONATE) et présidé les Commissions Techniques Interministérielles de Haut Niveau sur l'Environnement (COTIME) via son Directeur General (Le Moniteur, 2006). Quant à la gestion et la préservation des ressources éco-biologiques, elle relève certes de la compétence légale du ministère de l'Environnement, cependant cette responsabilité est dévolue à la charge spéciale de la Direction de la Biodiversité annexée audit Ministère.

A. La Direction de la Biodiversité

Cette Direction, créée en octobre 2017 à la suite d'une proposition de loi organique du ministère de l'Environnement, constitue une instance d'importance particulière dans la gestion de la biodiversité en Haïti. En d'autres termes, c'est l'organe principal du ministère de l'Environnement chargé de planifier, de mettre en œuvre et d'orienter les actions du gouvernement relatives à la gestion des ressources écologiques et biologiques du pays. Sa principale mission est de procéder à la coordination de la conception et de l'application de la politique du Ministère touchant la protection et la conservation in situ et *ex situ* de la diversité biologique nationale (USAID, 2010; MDE, 2018a). Selon une analyse des informations tirées du site web du MDE (2018a), les différentes attributions de cette entité peuvent se résumer par : la préservation des espèces (menacées, rares, ou en voie de disparition) et des écosystèmes qui les abritent ; la mise en place des dispositions de contrôle et de règlementation de l'exploitation, de l'utilisation, des circuits de commercialisation et le transport des ressources biologiques tel que cela est stipulé par le Protocole de Nagoya (SCDB, 2012), et la production et la vulgarisation des données relatives à l'état de la biodiversité au niveau du pays. Au-delà de ces fonctions, elle doit aussi se plier au respect de toutes autres tâches connexes définies par les instances supérieures tout en étant conformes aux règlements internes du Ministère (MDE, 2018a). En fin de compte, la création de la direction de la biodiversité est une preuve concrète de l'émergence d'un nouveau dynamisme dans le secteur de la biodiversité dans le pays. (MDE, 2019a)

[24] Un réseau d'organes de gestion de l'environnement disposant d'un ensemble d'instruments juridiques et de moyens économiques visant à prévenir la dégradation de l'environnement et faciliter sa réhabilitation dans tous les cas où cela est nécessaire (Le Moniteur, 2006).

B. D'autres entités du MDE impliquées dans la gestion la biodiversité en Haïti

Bien que la Direction de la biodiversité soit l'unité s'occupant spécifiquement de la gestion de la biodiversité au sein du ministère de l'Environnement, il existe cependant d'autres entités de ce ministère qui sont censées impliquer, directement ou indirectement, dans la protection et l'amélioration de la biodiversité au niveau du pays. A ce titre, référence est faite aux entités suivantes :

- **La Direction des Forêts et des Énergies Renouvelables (DFER)**

Sa principale mission est d'assurer la conception et la promotion des campagnes périodiques et régulières de reforestation, de reboisement et d'afforestation au niveau du pays (MDE, 2018a). Aussi, il a dans ses attributions de concourir à la réhabilitation d'une couverture végétale et arborée qui limite l'érosion des ressources naturelles et soutienne un développement social, économique et politique durable. Du coup, ces actions consistent à contribuer considérablement dans la réhabilitation et la restauration de la biodiversité (FAO, 2013), compte tenue de l'importance incontestable des écosystèmes forestiers dans l'organisation de cette dynamique.

- **La Direction des Changements Climatiques**

Elle se donne pour tâche de produire des outils d'aide à la décision qui facilitent la planification en matière d'adaptation, l'inventaire des émissions des absorptions anthropiques de GES et d'atténuation des Changements Climatiques (MDE, 2018a). Ainsi, la stratégie basée sur l'établissement, la réhabilitation et la restauration des écosystèmes forestiers est envisagée comme l'un des moyens les plus efficaces à utiliser pour parvenir à ce but. En effet, l'intérêt de cette direction de s'impliquer activement dans le processus de gestion de la biodiversité est de taille au sens que la forêt, dispositif biologique ayant une double fonction stratégique d'atténuation du changement climatique et d'adaptation à ses effets (Beltrando, 2011; FAO, 2013), reste un écosystème de prédilection et incontestable pour le maintien et l'entretien de la biodiversité en Haïti. Parallèlement, les écosystèmes forestiers font partie des systèmes les plus susceptibles d'être affectés par les impacts du changement climatique (Lefèvre, Le Bouler , & Roman-Amat, 2011), étant étroitement dépendants du climat (Beltrando, 2011; Martin, 2012). En effet, la gestion de la biodiversité, à travers notamment la gestion des forêts, reste une tache incontournable pour la direction des Changements Climatiques.

- **Direction de Gestion des Zones Côtières et Marines**

Sa fonction essentielle consiste à établir, en collaboration avec les secteurs concernés, une politique nationale sur la gestion intégrée des zones côtières et marines (MDE, 2018a). Parmi ses attributions figurent la préservation de la nature et de la biodiversité dans les milieux marins et côtiers ; la création du Conservatoire du Littoral ; l'inventorier, la régularisation et le contrôle des interventions le long du littoral et sur les bandes côtières et marines et la protection des écosystèmes côtiers et marins prioritaires, comme les mangroves et les récifs coralliens (MDE, 2018a). Ces différentes tâches font toutes l'objet de la gestion et de la préservation de la biodiversité au niveau du pays.

- **Direction d'Aménagement et de Gestion Intégrée des Bassins Versants**

Son objectif principal consiste à établir en collaboration avec les secteurs concernés une politique nationale sur la gestion intégrée des bassins versants (MDE, 2018a). Entre autres attributions, cette Direction entend : établir en collaboration avec les secteurs concernés la politique nationale sur la protection et la réhabilitation des ressources pédologiques, des écosystèmes et du paysage ; puis promouvoir des stratégies visant à aider à la protection des ressources pédologiques et des plans d'eau, comme des périmètres éloignés des sources, des parties amont des rivières, des lacs et des étangs (MDE, 2018a). Ces initiatives contribuent sans nul doute à la protection et la préservation des ressources biologiques abritées par ces milieux. Dans ce cas, cette entité joue un rôle appréciable et pas des moindres dans la gestion de la biodiversité au niveau du pays.

- **Le Bureau National des Évaluations Environnementales**

L'une des instances du ministère de l'Environnement dont l'implication ne doit pas être négligée dans la dynamique de la gestion de la biodiversité en Haïti, est le Bureau National des Évaluations Environnementales (BNEE). Entre ses différentes attributions, il compte s'assurer de la prise en compte des préoccupations environnementales dans l'élaboration des politiques, plans, programmes et projets ; mais également garantir le contrôle de la mise en œuvre des plans de surveillance et de suivi environnemental et de tout autre engagement des promoteurs (MDE, 2018a). En effet, par ses actions de planification, d'orientation, de contrôle et d'évaluation, la fonction exercée par ce bureau incite et favorise le cadrage et la conformité des interventions visant l'amélioration, la conservation ou la restauration de la biodiversité à travers le pays.

C. Des organismes autonomes du MDE impliqués dans la gestion de la biodiversité

L'Agence Nationale des Aires Protégées (ANAP) : Créée par le décret portant sur la gestion de l'environnement (Le Moniteur, 2006), l'Agence Nationale des Aires Protégée (ANAP), est un

organisme autonome placé sous tutelle du ministère de l'Environnement (Le Moniteur, 2006). Ses principales attributions sont de gérer et de coordonner le Système National des Aires Protégées, et également de coordonner la préparation et la mise en œuvre du Plan National de Gestion des Aires Protégées (MDE, 2018b). Elle devient entre temps le concept phare qui doit guider toutes les planifications pour une gestion de l'ensemble des Aires Protégées actuelles et futures du territoire haïtien. (MDE & PNUD, 2009). Elle représente la structure de gouvernance commune inter-reliant et coordonnant l'ensemble des Aires protégées (actuelles et futures) formant le Système National des Aires Protégées (SNAP) du pays (Le Moniteur, 2006; MDE & PNUD, 2009). A signaler que le système national des aires protégées, représentatif des différents écosystèmes du pays, est un des instruments dont dispose Le Système National de Gestion de l'Environnement (SNGE) pour faciliter la gestion de l'environnement (Le Moniteur, 2006).

En appui à l'Agence Nationale des Aires Protégées (ANAP), il existe le Groupe Technique d'Appui aux Aires Protégées (GTAP). Mise en place en 2014 dans la perspective de dynamiser le domaine de la biodiversité en Haïti, le GTAP se veut un organe d'appui et d'orientation de la gouvernance des Aires protégées. Sa mission principale consiste à renforcer l'intervention des acteurs étatiques en vue de les orienter vers une gouvernance plus ouverte, voire partagée, étant donné la pluralité des intervenants au niveau des Aires protégées en Haïti (MDE, 2019a). De manière spécifique, il compte assister l'ANAP dans la mise en branle du mécanisme de protection des ressources éco-biologique via la planification, l'établissement, la gestion des écosystèmes et du Système National d'Aires Protégées (SNAP) ; la gouvernance et la participation citoyenne ; les activités habilitantes de renforcement de capacités ; la communication et la sensibilisation (MDE & PNUD, 2009).

Observatoire National de l'Environnement et de la Vulnérabilité (ONEV) : L'Observatoire National de l'Environnement et de la Vulnérabilité (ONEV) est un autre organisme autonome annexé au ministère de l'Environnement dont l'implication à la conservation et à la gestion de la diversité biologique n'est nullement dérisoire en Haïti. Cette entité publique a pour mandat particulier de collecter et produire des données sur l'environnement, mais aussi d'assurer des veilles environnementales périodiques sur les questions relatives à la montée des eaux, la dynamique des aquifères, le suivi des aires protégées et des zones à risque ; (MDE, 2018b). La biodiversité étant un enjeu environnemental majeur, d'autant plus qu'elle est fortement associée à l'existence des aires protégées, n'est censée en aucun cas s'échapper du regard et du contrôle de l'ONEV.

3.6.2 D'autres structure ministérielles apprêtées à la gestion de la biodiversité en Haïti

Hormis le ministère de l'Environnement (MDE), il existe d'autres structures ministérielles importantes œuvrant dans le domaine de l'environnement en général et de la biodiversité en particulier. Certaines de ces structures, de près ou de loin compétentes en matière de l'environnement, bénéficient de l'antériorité par rapport au ministère de l'Environnement (Breton, 2004). Sachant que ce ministère est créé par une loi du 28 janvier 1995, mais son existence légale remonte au 16 juillet 2002. Sa création est donc précédée de celle du Ministère l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR) en 1843 suivi de celle de l'Institut de Sauvegarde du Patrimoine National (ISPAN) en 1979. D'ailleurs, très souvent, aussi désireuses de conserver leurs prérogatives dont elles disposent, ces structures ministérielles réduisent le confort du ministère de l'Environnement à jouer effectivement et convenablement le rôle d'organe centralisateur qui en est attendu (Breton, 2004).

3.6.2.1 Le ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural

Le ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR) est l'une des structures les plus impliquées dans la gestion de la diversité biologiques en Haïti (MDE & PNUD, 2009). Créé en 1843, il a été l'instance la plus puissante chargée de la gestion de l'environnement jusqu'à la création du ministère de l'Environnement en 1995. D'ailleurs, le décret du 12 novembre 1987 sur l'organisation et le fonctionnement du MARNDR, à travers ses articles 58.4 et 58.5 lui attribue la protection et la conservation des ressources végétales et animales (Le Moniteur, 1987). Aussi, le MARNDR est le point focal de la Convention des Nations Unies sur le Droit de la mer concernant les règlements sur la pêche, conjointement avec le Service Maritime de Navigation (SEMANA) (USAID, 2010). Jouissant de ces prérogatives institutionnelles, il reste actuellement, sur le plan de mise en œuvre, le ministère le plus actif et incontournable en la matière, alors que le ministère de l'Environnement est considéré comme une puissance potentielle dans l'ombre (Breton, 2004). Ce dernier est plutôt chargé de la coordination exécutive des activités d'élaboration et de mise en œuvre de la politique nationale en matière d'environnement (Le Moniteur, 2006). Il faut d'ailleurs noter que l'une des principales attributions du MARNDR est de gérer les ressources naturelles incluant les ressources biologiques du pays.

3.6.2.2 Le ministère de la Planification et de la Coopération Externe

Dans la dynamique de la gestion de l'environnement, le ministère de la Planification et de la Coopération Externe (MPCE) est responsable de l'aménagement du territoire et détient la possibilité

de faire des recommandations en matière d'environnement (Breton, 2004). Son implication passe notamment à travers sa Direction de la Planification Territoriale et de la Protection Environnementale (DAPTE), ses Directions, Services et entités déconcentrées (MARNDR & MDE, 2017). Ces entités s'impliquent surtout dans la planification, la réglementation, mais parfois dans la mise en œuvre des initiatives de gestion et de conservation des milieux naturels et leurs ressources biologiques associées (végétales et animales).

3.6.2.3 Le ministère de la Culture et de la Communication

Le ministère de la Culture et de la Communication (MCC) créé par la loi du 28 janvier 1995 (Breton, 2004) est une des structures ministérielles impliquée de manière considérable dans la gestion des ressources biologiques en Haïti. Cette implication passe par la préservation des patrimoines historiques, culturelles et naturelles (Breton, 2004). A signaler que la pratique du vaudou encourage la conservation de certaines espèces d'arbre dans l'exercice de cette culture dans un objectif de vénérer les esprits à travers ces ressources biologiques. Placé sous la tutelle de ce ministère, l'Institut de Sauvegarde du Patrimoine National (ISPAN), est un organisme autonome en 1979 créé aux fins de la gestion du patrimoine (historiques, culturelles et naturelles) en Haïti (MDE & PNUD, 2009).

3.6.2.4 Le Ministère du Tourisme et des Industries Créatives

Le Ministère du Tourisme et des Industries Créatives (**MTIC**) a pour mission d'élaborer et d'appliquer la politique du Gouvernement dans le domaine du tourisme, de définir les stratégies pouvant assurer son plein développement, de réguler les activités du secteur et de ceux qui lui sont liés (Le Moniteur, 2002). C'est entre temps un autre ministère prenant très au sérieux, et ce de manière assez significative, la dimension environnementale, en particulier la protection des ressources biologiques (Breton, 2004; MDE & PNUD, 2009). Cet intérêt pour la conservation des ressources biologiques et les écosystémiques qui les hébergent réside dans le fait que l'existence de ces ressources, notamment de la diversité des formes de vie, représente un facteur déterminant favorisant l'attraction touristique. En revanche, cela représente un facteur déterminant qui permet d'assurer la promotion, l'épanouissement, le progrès et le maintien du secteur touristique, en particulier de l'écotourisme en Haïti, en vue d'assurer son plein développement comme le veut la loi portant sa création (Le Moniteur, 2002).

3.6.2.5 Le ministère de l'Intérieur et des Collectivités Territoriales

Le ministère de l'Intérieur et des Collectivités Territoriales (MICT) joue également un rôle non négligeable dans la conservation et la gestion de la biodiversité. Il participe à l'analyse et à la mise en place des mécanismes de gestion de la diversité biologique tels que l'ANAP (MDE & PNUD, 2009).

Son implication peut se faire directement à partir de ses collaborations avec les autres ministères concernés par ce sujet, ou indirectement à travers l'intervention et la participation des collectivités territoriales (MDE & PNUD, 2009). Cela résulte au fait que ces dernières détiennent des prérogatives de décider de la gestion de l'environnement et des ressources naturelles affectées à leurs espaces administratifs respectifs, bien entendu, selon l'établissement d'une voie réglementaire (Le Moniteur, 2006).

3.6.3 Des organismes publics autonomes impliqués dans la gestion de la biodiversité

Etant un processus dynamique mais aussi complexe à appréhender, la gestion et la conservation de la biodiversité au niveau du pays, ne nécessite pas que l'implication des structures ministérielles susmentionnées. D'autres structures jouant plutôt un rôle discret et transversal font toutefois montre d'une utilité incontestable. Il s'agit notamment de deux organismes publics autonomes : Le Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire (CIAT) et le Centre National d'Information Géo-Spatiale (CNIGS).

3.6.3.1 Le Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire

Créée en réponse à un constat alarmant et à la nécessité d'actions cohérentes et coordonnées en matière d'aménagement du territoire, le Comité Interministériel de l'Aménagement du Territoire (CIAT), n'a pour attribution de s'impliquer expressément dans la dynamique de la biodiversité. Se référant à l'Arrêté portant sa création (Pierre-Louis, 2009), (Le Moniteur, 2009), sa mission est de définir la politique du gouvernement en matière d'aménagement du territoire, de protection et de gestion des bassins versants, de gestion de l'eau, de l'assainissement, de l'urbanisme et de l'équipement (CIAT, 2011). Pourtant, son rôle dans la gestion et conservation de la biodiversité en Haïti, tout autant discret, n'y est pas à dédaigner. D'autant plus qu'il détient les prérogatives d'avoir un regard décisif sur l'utilisation et l'exploitation dont fait l'objet le territoire haïtien (art. 4.4 dudit Arrêté).

Les espaces concernés par la protection des écosystèmes et conservation des espèces qui les colonisent une fois repérés, doivent faire l'objet de réglementations afin de pouvoir les contrôler. Pour ce faire, il faut penser d'abord à définir et à limiter ces espaces. Cette tâche relève automatiquement de la compétence de l'instance chargée de l'aménagement du territoire en Haïti, en l'occurrence le Comité Interministériel de l'Aménagement du Territoire. Ainsi, cette structure est à pied d'œuvre et intervient dans tout ce qui est cartographie et travaux de délimitation physique des Aires Protégées (AP) au niveau de tout le territoire (MDE, 2016). En effet, au-delà de l'aspect légal qui prévoit son implication

dans la démarche, il y a aussi l'aspect de la délimitation qui nécessite son intervention dans le processus de gestion et de conservation de la biodiversité au niveau du pays.

3.6.3.2 Le Centre National d'Information Géo-Spatiale

Les systèmes d'information géographique (SIG), notamment avec le progrès croissant de l'aviation spatiale (Gueye, 2013), utilisables d'ailleurs dans des domaines applications diverses, sont devenus des outils incontournables pour la maitrise, la gestion et le suivi des milieux naturels. Ainsi, la géomatique, impulsée par la télédétection, est devenue un puissant outil d'aide à la décision (Bouju, et al., 2013), mais aussi intelligent, mis au service du développement et de la surveillance des territoires, incluant l'évaluation des ressources naturelles (Quiñones, et al., 2006).

Le Centre National de l'Information Géo-Spatiale (CNIGS) est un organisme autonome sous tutelle du MPCE (Piard, 2014). Sa mission consiste à : « *produire et diffuser l'information géographique actualisée et fiable sur tout le territoire national par l'utilisation de technologies modernes appropriées, garantissant la mise à disposition de méthodes, d'outils, de produits et de formation devant supporter la planification des actions de développement durable du pays* » (CNIGS, 2005). Or, pour pouvoir suivre l'évolution des écosystèmes en vue de prendre des dispositions appropriées à leur gestion, les gestionnaires et décideurs concernés doivent absolument se disposer des données géospatiales fiables et actualisées sur la dynamique des milieux naturels, possible à partir de la réalisation des occupations des sols. Dans ce cas, le CNIGS demeure, au même titre que le CIAT, un acteur peu apparent, mais très important dans la gestion et la conservation de la biodiversité en Haïti.

3.6.4 La société civile et le secteur privé dans la gestion de la biodiversité en Haïti

La société civile haïtienne est constituée à partir d'un ensemble d'associations désignées sous le label des Organisations de la Société Civile (OSC). Comme d'ailleurs partout dans le monde, ces associations sont créées spontanément par les citoyens, qui reflètent les intérêts et les liens les plus divers (OCDE, 2012). Cependant, cet ensemble peut être subdivisé en plusieurs assortiments dépendamment des secteurs ou domaines d'intérêt considérés ; c'est le cas par exemple d'une catégorie qui s'adonne aux préoccupations environnementales, ou plus particulièrement à la défense de la biodiversité. En Haïti, se réunissent dans le but de faire pression sur les acteurs étatiques pour les amener à prendre conscience de la nécessité de faire des choix économiques et d'opter pour des *policies* adaptées aux besoins réels de la population (Saint Paul, 2017). Toutefois, dans certains cas elles ne se contentent pas seulement à cette fonction de faire pression et de défenses, mais aussi elles interviennent dans la mise en œuvre de certaines actions utiles et congruentes. Les modes

d'intervention des organisations comme la Fondation Macaya, la Société Audubon Haïti (SAH), la Fondation Seguin et la Réserve Ecologique Wynne Farm (REWF) œuvrant en biodiversité terrestre (MDE & PNUD, 2009; MDE, 2019a), ou le Reef Check Haïti et la Fondation pour la Protection de la Biodiversité Marine (FoProBIM) s'engageant dans la biodiversité marine et côtière (MDE & PNUD, 2009). D'autres acteurs nationaux comme la Fondation Connaissance et Liberté (FOKAL) font aussi montre d'un apport appréciable dans cette démarche, notamment dans la valorisation des écosystèmes naturels au niveau urbain.

Tableau 7 : Des structures nationales impliquées dans la conservation de la biodiversité

Organisation	**Sites pris en charge**	**Modes d'interventions**
Ecosystèmes terrestres		
Société Audubon Haïti	Parc Macaya, Grand-Bois	Conservation, sensibilisation
Fondation Macaya	Parc Macaya	Surveillance, sauvegarde, Éducation, gouvernance
Fondation Seguin	La Visite	Sauvegarde et réhabilitation
FOKAL	Parc National de Martissant	Conservation, Promotion
Wynne Farm	Réserve Ecologique Wynne Farm	Sauvegarde et promotion
Ecosystèmes marins et côtiers		
Reef Check Haïti	La Cahouane	Sauvegarde et promotion
FoProBIM	Parc National des Trois Baies	Sauvegarde et promotion

3.6.4.1 Implication du secteur des Universités dans la gestion de la biodiversité en Haïti

Une autre instance d'extrême importance à ne pas négliger dans la dynamique de la gestion et de la conservation de la diversité biologique au niveau du pays est constituée par les Universités (MDE & PNUD, 2009). Ce secteur représente un partenaire privilégié en ce qui a trait à la recherche scientifique, destinée à l'identification, à la description et à la localisation des espèces et des patrimoines génétiques mais aussi des sites (écosystèmes) qui les abritent au niveau du territoire, et finalement à la publication scientifique des informations y étant relatives. Particulièrement, dans le cadre d'une collaboration engagée avec l'Agence Nationale de Aires Protégées (ANAP), ce secteur s'implique pleinement dans la préparation des plans de gestion des Aires Protégées en apportant les informations scientifiques nécessaires (MDE & PNUD, 2009). En gros, de concert avec les instances compétentes en la matière,

les universités sont censées se charger de la recherche, du traitement, de l'analyse et de la diffusion des données relatives à la diversité des ressources éco-biologiques au niveau du pays.

3.6.5 Des organismes internationaux impliqués dans la protection de la biodiversité en Haïti

Il n'y a pas que des institutions publiques et des organismes nationaux qui se préoccupent et s'occupent de la problématique de la gestion et de la préservation des ressources éco-biologiques en Haïti. Il existe également plusieurs institutions internationales qui s'y impliquent profusément (MDE, 2019a). Certaines d'entre elles s'engagent sous forme de bailleurs en donnant un appui financier à différentes structures nationales (ministères, entités ministérielles, organismes autonomes, ONG etc.) ou locales (collectivités territoriales et organisation de base) œuvrant dans le domaine ; et d'autres optent pour des initiatives propres ou des interventions directes sur le terrain. En tout cas, leur implication vise la mise en œuvre d'un ensemble de projets relatifs à la protection et la conservation de l'environnement en général et de la biodiversité en particulier. Dans certains cas, cela peut s'orienter vers les stratégies de planification (politiques, Plan, programme et projet), ou des programmes et projets d'éducation et de sensibilisation relatives à la protection de la biodiversité. Dans d'autres cas, l'exécution des projets de conservation des ressources naturelles à partir des interventions physiques reste l'option de prédilection.

Vraisemblablement, le nombre d'institutions de cette catégorie serait assez important, néanmoins, d'une liste non exhaustive mais prenant en compte les plus ostensibles, peuvent figurer entre autres : le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), l'Agence Américaine de Coopération Internationale (USAID), le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), la Banque Mondiale, la Banque Interaméricaine de Développement (BID), le Fonds pour l'environnement mondial (FEM), l'Union Européenne (UE), Helvetas Suisse, Birdlife International etc.

3.7 Réflexions sur la diversité institutionnelle de la gestion de la biodiversité

La multiplicité des institutions qui s'impliquent et intervenant dans la gestion de la biodiversité en Haïti témoigne de l'intérêt de la société en général à sauvegarder les ressources biologiques, notamment les plus rares au niveau du pays. Cependant, cela laisse aussi planer une certaine inquiétude quant à la bonne gestion et la bonne gouvernance des initiatives envisagées par chacune de ces institutions. Cela résulte du fait que : d'une part les lois en vigueur présentent une certaine incohérence et perplexité en termes de définition des responsabilités entre les différentes institutions concernées.

Cela laisse en effet présager une tendance conflictuelle dans la gouvernance et la mise en œuvre des actions et initiatives relatives à la gestion efficace et durable et à la conservation effective de la biodiversité en Haïti ; et d'autre part, les prérogatives dont disposent d'autres structures ministérielles, en particulier, le Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR), restreint la capacité du Ministère de l'Environnement à coordonner convenablement les actions et initiatives relatives à la gestion et à la prise en charge effective de la gestion de la biodiversité (Breton, 2004).

Ainsi, la fragilité institutionnelle du Ministère chargé de l'Environnement, sa faible légitimité mais aussi son déficit de maturité se manifestent dans la prise en charge assez peu responsable de la gouvernance réelle de cette dynamique de gestion de conservation de la biodiversité au niveau du pays. En outre, les maigres ressources budgétaires dont dispose ce ministère ne lui permet pas de faire face à ses obligations et de remplir conformément sa mission (MDE, 2001).

Fort de tous ces constats, la gouvernance effective de la gestion au niveau du pays, reste un défi de taille, voire très complexe à relever. Par conséquent, bien que toutes ces institutions et acteurs s'y impliquent, il n'en demeure pas moins que les résultats paraissent assez pauvres. Ainsi, il s'avère de fait urgent de réviser et de recadrer l'organisation, la réglementation et surtout la coordination des initiatives et interventions engagées par cette mosaïque d'institutions.

3.8 Le schéma institutionnel de gestion de la biodiversité à l'égard des écosystèmes forestiers

La dynamique des écosystèmes forestiers se place au cœur des objectifs fixés par ce travail de recherche. La biodiversité, en tant que thématique abordée, est quant à elle étudiée dans un souci de déterminer les enjeux de ladite dynamique par rapport au maintien, voire à l'évolution, des ressources biologiques du pays ; un processus étant étroitement lié à l'existence, la structure et le fonctionnement des habitats naturels, particulièrement les écosystèmes forestiers. En effet, il parait très judicieux de vérifier et d'apprécier la prise en compte de ce secteur au niveau de l'organisation institutionnelle relative à la gestion et à la conservation de la biodiversité au niveau du pays.

Selon une analyse pour le moins méticuleuse des différentes institutions, qu'elles soient étatiques ou issues de la société civile organisée, œuvrant ou impliquées dans cette démarche, la prise en compte des écosystèmes forestiers détient une fréquence très élevée et par conséquent occupe une place considérable, voire extrêmement importante, dans la gestion et la conservation de la biodiversité. Les

interventions de la majorité de ces institutions et /ou organisations se focalisent le plus souvent sur les aires protégées (marine, côtière et terrestre) ; sachant que plus de 80 % des aires protégées déclarées du pays sont des zones munies d'écosystèmes forestiers constitués soit de feuillus ou de résineux, soit de de mangrove et quelquefois de formations arborées ou végétales mixte (MDE & PNUD, 2009).

3.9 Expériences de la société civile haïtienne en matière de gestion de la biodiversité

Sur le plan de la mise en œuvre, les Organisations de la Société Civile (OSC) haïtienne demeurent les acteurs les plus actifs en matière de gestion et de conservation des ressources biologiques et des écosystèmes qui les abritent. A ce titre, les expériences les mieux valorisables en la matière en Haïti résultent des efforts accomplis par des structures locales organisées.

3.9.1 Panorama de quelques expériences valorisables de la biodiversité en Haïti

Conscients de la dégradation ostensible, voire incontestable, des écosystèmes et de la richesse biologique associée en Haïti, plusieurs organismes et acteurs, tant publics que privés ou associatifs, tant nationaux qu'internationaux, ont vu la nécessité de prendre des initiatives décisives en faveur de la réhabilitation et/ou de la restauration des milieux et des ressources biologiques menacées ou requérant de la protection. En lien à cette démarche, et comme il a été déjà relaté, depuis quelques années des organisations de la société civile haïtienne s'impliquent activement, et ce de manière croissante et de plus en plus décisive, dans la gouvernance et la mise en œuvre des initiatives relatives à la protection et l'amélioration de l'environnement au niveau du pays (Dufour, 2011) (MDE, 2016). Soutenue par des Organisations Non Gouvernementales (ONG) et certaines Agences de coopération internationale (MDE, 2016) ou des institutions gouvernementales, ces acteurs locaux parviennent à prendre des initiatives et à réaliser des expériences de plus en plus intéressantes et pertinentes en matière de gestion et de conservation de la biodiversité dans une perspective de développement durable en Haïti (MDE, 2019a). En revanche, la quote-part des instances de soutien (Gouvernement, ONG et Coopération Externe) est souvent fournie sous une forme financière, matérielle ou stratégique[25]. Dans cette optique, il parait judicieux de dresser un panorama de certaines de ces expériences attribuées à leurs organismes de mise en œuvre.

[25] La participation stratégique est souvent caractérisée par la planification, l'éducation, la formation, la sensibilisation et la diffusion des informations relatives à la gestion et de conservation de la biodiversité.

3.9.1.1 Expériences de la Société Audubon-Haïti dans la conservation de la biodiversité

Fondée en tant que fondation à but non lucratif en juillet 2003 (SAH, 2020), la Société Audubon Haïti est une organisation œuvrant pour la conservation de la biodiversité et des espaces naturels uniques d'Haïti (MDE, 2019a). Sa politique de fonctionnement est axée sur la recherche, l'éducation et la conservation (SAH, 2020), misée sur un partenariat entretenu avec les principales organisations internationales et communautés locales manifestement intéressées à la biodiversité en Haïti. Ainsi l'organisation fonctionnelle de la SAH s'articule autour des dispositifs suivants : pour mettre en œuvre ses activités de conservation, la SAH s'appuie sur les services des communautés locales via la formation et l'emploi ; pour financer ses activités elle établit des partenariats tant avec des entreprises haïtiennes qu'internationales ; et aussi, désireux de contribuer activement dans la réalisation des expéditions scientifiques menées au niveau des aires protégées d'Haïti, elle entretient des relations de collaboration tant avec des Universités nationales et internationales qu'avec des partenaires nationaux et internationaux (SAH, 2020).

En termes de réalisation, la Société Audubon d'Haïti, compte pas mal d'initiatives dans ses actifs. Toutefois, à travers ce travail, sans aucune prétention d'en faire un listing exhaustif, il est estimé judicieux de révéler celles qui, à notre avis, sont considérées comme les plus pertinentes :

La Société Audubon d'Haïti et Rezo Ekolo[26] dont elle est l'un des principaux initiateurs, avec, bien entendu, l'appui d'autres partenaires financiers et techniques, ont abouti à l'établissement, à la circonscription et à la publication des Zones clés pour la biodiversité[27] (ZCB) d'Haïti (Timyan & Hilaire, 2011). Aussi, à travers le projet « ***Stratégie d'Aire Protégée et Durabilité écosystémique*** » mise en œuvre au niveau du massif de La Hotte, la SAH vise à freiner, voire éradiquer sur le long terme, la perte de biodiversité manifeste sévissant augurée au niveau de cette Zone Clé de la Biodiversité (ZCB). Ce projet a prévu notamment de réaliser un inventaire des écosystèmes et des ressources biologiques qui modulent la biodiversité de la zone, à soutenir la création d'une aire protégée au niveau de ce massif et à sensibiliser les différents acteurs autour de la nécessité de conserver la biodiversité dans les différentes aires géographiques concernées par le projet (MDE, 2019a). Ainsi, elle a contribué à l'établissement, en 2015, du Parc National Naturel de Grand Bois (Le

[26] Une association réunissant les principales organisations environnementales et de conservation en Haïti.

[27] Le concept ZCB est développé par un consortium d'organisations de conservation internationales, nationales et régionales, afin de définir les zones prioritaires de protection en fonction de leurs vulnérabilités et de la nature unique de leurs populations.

Moniteur, 2015; CIAT, 2017) ; un apport qui a été conjugué aux efforts de Stephen Blair Hedges et Philippe Bayard (deux Co-fondateurs de Haïti National Trust).

La Société Audubon Haïti s'adonne, non seulement à la gestion et la sauvegarde des sites naturels d'intérêts biologiques et des ressources biologiques en général, mais aussi à la promotion et à l'archivage systématique des données y étant relatives. Depuis des années, elle s'est contribuée et engagée, en partenariat avec le Musée d'Histoire Naturelle de l'Université de Floride, dans la réalisation d'importantes études biologiques visant à identifier, collectionner, caractériser et valoriser les ressources biologiques du pays, en particulier au niveau du Parc National Naturel Macaya. Le projet de Réserve de la Biosphère Macaya, financé par l'USAID / Haïti, référencée au numéro (521-0191-A-00-7107), en est un exemple patent. Sachant que ce Parc, logé sur une partie des hautes montagnes du massif de la Hotte, est caractérisé par une écologie unique édifiée par de nombreuses espèces de plantes et d'animaux rares et endémiques à l'île d'Hispaniola, voire au pays. En outre, la société a participé à l'établissement et au financement d'un site web destiné à la mise en ligne et à la consultation des plantes, des données et des images des spécimens, et des références de l'Herbier E. L. Ekman (EHH), hébergés actuellement à l'Herbier de l'Université de Floride (FLAS) réalisé sur la région.

En outre, la SAH est le promoteur et l'initiateur d'un mécanisme de financement durable désigné « Haïti National Trust » au titre d'une société privée destinée au contrôle et à la gestion des aires protégées en Haïti (MDE, 2019a). Ce dispositif est muni d'un fonds de placement destiné à la protection de l'environnement et de la biodiversité pour les générations futures en Haïti, selon le MDE (MDE, 2019a).

3.9.1.2 Expériences de Wynne Farm en matière de conservation de la biodiversité en Haïti

La **Réserve Écologique de Wynne Farm** (REWF) ci-devant **Wynne Farm**[28], fondée en 1956 par **Victor Ainsley Wynne** (WFER , 2019), est un parc naturel situé à Kenscoff, non loin de Port-au-Prince (la capitale du Pays). En fait, elle est connue comme une entreprise écologique pleinement impliquée dans la protection de l'environnement incluant la préservation de la biodiversité en Haïti (MDE, 2019a). La stratégie d'intervention de cet organisme est surtout axée sur l'éducation, la formation, la promotion et la mise en œuvre des actions concrètes telles que le reboisement, la reforestation et la gestion systématique des déchets (MDE, 2019a). Elle a comme principale mission de favoriser l'éducation à l'agriculture durable et au reboisement en Haïti. Elle a été mise en place en

[28] Consulter le site de Wynne Farm pour de plus amples informations : https://www.wynnefarm.org/about-us

signe d'une volonté citoyenne d'affronter la dégradation de l'environnement en perpétuelle amplification par l'accélération de l'érosion, la dégradation des écosystèmes et par la perte des ressources biologiques du pays (WFER , 2019). L'un des gros soucis et défis de l'organisation reste la préservation des espèces (animales et végétales) en danger, menacées ou en voie d'extinction (MDE, 2019a). De ce fait, elle s'est arrangée pour pouvoir procéder à la production et à la valorisation de ces espèces au sein même de sa propre ferme. Selon la philosophie de la Ferme Wynne, la protection des habitats constitue l'un des premiers efforts à réaliser afin de conserver et de restaurer la biodiversité.

Avec le temps, la Wynne Farm est devenue un refuge naturel, un espace pour l'expérimentation de l'agriculture durable de montagne, et aussi pour la conservation des sols et des espèces locales et étrangères ; donc de la biodiversité en général. Subséquemment, d'autres initiatives entendent capitaliser sur ses expériences en vue de valoriser d'autres sites considérés comme des points chauds de biodiversité au niveau du pays, notamment le Trou Caïman, le lac Azuei, la Côte des Arcadins, le parc La Visite et l'Ile de La Gonâve (MDE, 2019a).

3.9.1.3 Expériences de la FOKAL en matière de conservation de la biodiversité en Haïti

La Fondation Connaissance et Liberté (FOKAL) est une initiative de Madame Michèle D. Pierre-Louis créée en 1995 sous le soutien de l'Open Society Foundations (FOKAL, 2017). Ce dispositif plutôt socio-culturel à but non lucratif se veut un promoteur d'une société démocratique optant pour un changement effectif de la société basé sur l'éducation, la formation et la communication des enfants et de jeunes. La fondation s'intéresse aux secteurs tels que les médias, la culture, mais aussi à celui de l'environnement en mettant surtout l'accent sur la valorisation de la paysannerie et la conservation de la biodiversité en milieu urbain (FOKAL, 2017). Dans cette optique, elle s'est impliquée très ardemment dans le projet du Parc de Martissant lequel elle a su instaurer, protéger et mettre en valeur ; une initiative contribuant à la régénération, à la conservation et à la valorisation des ressources biologiques du milieu. Placé en pleine sphère d'un quartier marginalisé de la capitale, où bien entendu la violence semble devenir monnaie courante, le Parc National Urbain de Martissant (PNU-MAR) a été rendu officiel par arrêté présidentiel en avril 2017 (CIAT, 2017) ; bien qu'il ait été déclaré d'utilité publique depuis 2007 par un précédent arrêté présidentiel (FOKAL, 2017). Etendu sur un ensemble boisé de 17 hectares, ce parc urbain régi par la Fondation Connaissance et Liberté (MDE, 2019a) représente l'un des premiers efforts de la société civile organisée relative à la conservation de la biodiversité en milieu urbain, sans toutefois ignorer la mise en place du Jardin Botanique des Cayes dans le Sud du pays. Au-delà de la gestion du parc, la FOKAL, étant consciente de l'état économique

précaire de la population du quartier, se met à œuvrer pour l'amélioration de la qualité de vie et la mise en branle des démarches citoyennes responsables au niveau de la zone. (FOKAL, 2017) A ce titre, la FOKAL représente un acteur à signaler et dont il ne faut pas se passer s'agissant de la gestion et de conservation de la biodiversité en Haïti.

3.9.1.4 Expériences de la Fondation Seguin en matière de conservation de la biodiversité en Haïti

La fondation Seguin est une organisation à but non lucratif créée 2004 dans le souci de s'impliquer dans le développement et l'avenir du pays[29]. Interpellée par la nécessité de freiner la détérioration progressive et inquiétante de l'environnement du pays, en particulier à Seguin (Sud-Est d'Haïti), elle s'est fixée pour objectif de s'impliquer activement dans le développement durable du pays (Fondation Seguin, 2011). Cette initiative est surtout axée sur la protection de l'environnement, à travers notamment la conservation de la biodiversité au niveau du Parc National Naturel La Visite (PNNLV) (MDE & PNUD, 2009) (MDE, 2019a) logé dans le massif de la Selle[30]. Ce parc est constitué essentiellement de forêt de pins (*Pinus occidentalis*), et demeure l'une des rares formations forestières restant au pays (MDE, 2001). La stratégie d'interventions de la Fondation est basée sur quatre (4) axes principaux qui sont : i) l'appropriation, la systématisation et la consolidation des acquis ; ii) l'innovation technologique, la communication et la génération de Revenus ; iii) la mobilisation financière et la communication en environnement ; iv) la gouvernance environnementale, la biodiversité et les aires protégées (MDE, 2019a). Ensuite, pour pouvoir mettre en œuvre ses initiatives de conservation et atteindre ses objectifs, la Fondation Seguin établit un cadre de partenariat avec des institutions ou des entreprises (publiques, privées ou associatives) œuvrant effectivement dans la protection de l'environnement et la conservation des ressources biologiques au niveau du pays. Il en résulte une tentative de restauration du panorama verdoyant du pays visant à redorer le blason de ses caractéristiques naturelles. Entre temps, la Fondation a vite compris que la conservation de la biodiversité suppose un élément fondamental de l'environnement, mais appartenant à un système assez complexe. Il en résulte que la mise en œuvre des mesures de conservation pour être viable doit aussi envisager des mesures d'accompagnement visant l'amélioration des autres éléments de ce système tels que : la situation économique de la population ; le sentiment d'appartenance de la population locale aux initiatives visées ; le niveau de formation et de conscience de population

[29] Information récupérée sur le site de la Fondation Seguin : http://www.fondationseguin.org/
[30] Le massif de la Selle figure parmi les plus importantes Zones Clés de la Biodiversité (ZCB) en Haïti (Timyan & Hilaire, 2011) et est declaree

concernée sur la nécessité de préserver les ressources naturelles vitales du pays, la viabilité des actions mises en œuvre etc.

Ainsi pour maintenir le système en vie, elle développe un cadre de promotion et entreprend des initiatives attrayantes visant à favoriser l'écotourisme au niveau des Parcs haïtiens, notamment le Parc National Naturel La Visite (MDE, 2019a). En même temps, elle s'implique dans la promotion et l'organisation de l'écoulement et de la commercialisation des produits locaux. Cela contribuera en effet à revitaliser l'économie de la population riveraine de l'aire du parc, tant au niveau local que régional. Aussi, la Fondation organise des événements d'intérêt culturel et artistique au plaisir des membres et partenaires actuels et potentiels de la Fondation impliquant les membres de la communauté locale en vue d'engendrer chez eux un sentiment d'appartenance.

Consciente de la défaillance éducative constatée et exprimée au niveau de la communauté locale et avoisinante, la Fondation organise et met en place un cadre de formation continu destiné à l'éducation et à la sensibilisation de la population. Cette démarche permet en effet d'adapter le niveau de formation et de conscience de population concernée sur la nécessité de préserver les ressources naturelles vitales du pays. La Fondation s'implique aussi dans la surveillance du Parc La Visite grâce au soutien fourni à la Direction de Surveillance Environnementale ; un organe du ministère de l'Environnement affectée au Parc (PNUD & MDE, Stratégie de Montage de l'Agence Nationale des Aires Protégées (ANAP), 2009). En outre, elle entretient et maintient un partenariat de fait avec l'Agence National d'Aires Protégées (ANAP) dans la gestion de ce Parc.

En somme toute une série de projets sont mis en œuvre par la fondation dans un seul souci commun de sauvegarder, de protéger et de réhabiliter l'environnement au profit du pays en général et de la population locale en particulier, mais également à l'attrait des étrangers en vue d'une meilleure dynamisation de l'écotourisme au pays.

3.9.1.5 Expériences de la Fondation Macaya en conservation de la biodiversité en Haïti

La **Fondation Macaya pour le Développement local (FMD)** est une organisation locale à but non lucratif, émanée du monde de la paysannerie haïtienne en 2000 dans la Côte-Sud (Mentor, 2006), plus particulièrement dans les environs du Parc National de Macaya. En fait, cette structure de réflexions et d'actions envisage d'accompagner la société civile locale et les collectivités territoriales de la Côte-Sud, dans la promotion et la prise en charge responsable, durable et améliorée de la gestion de l'environnement, et du développement économique, social et culturel de la zone (Mentor, 2005).

D'une manière générale, elle cherche à développer des éléments de solutions durables aux problèmes complexes de développement, de gouvernance locale et d'environnement au niveau de la Côte-Sud (Mentor, 2006). Bien que cette Fondation embrasse le développement durable dans un contexte multidimensionnel, les problématiques environnementales, liées notamment à la dégradation des écosystèmes forestiers et à la détérioration de la biodiversité, restent à son attention une préoccupation majeure et sans égal. D'ailleurs, l'une des principales raisons pour lesquelles la Fondation Macaya a été mise en place était de contribuer au respect de la nature, à la protection et à la restauration de l'environnement dans une tentative de garantir le bien-être des générations actuelles et futures, non seulement au niveau de sa zone d'intervention mais aussi à l'échelle du pays.

Sur le plan stratégique, l'organisation estime judicieux de placer les acteurs locaux, notamment les organisations de base de la société civile locale au centre de ses initiatives (Mentor, 2006) ; ce qui suppose un facteur de succès dans la mise en œuvre de ses actions. Ainsi, l'une des grandes priorités de la Fondation est une dimension écologique focalisée sur la protection de l'environnement à partir d'une dynamique de gestion participative (Mentor, 2005). Toutefois, elle a pressenti la nécessité de contribuer aussi au progrès socio-économique, au renforcement des capacités locales (technique et institutionnel), et à la participation inclusive de la population locale aux initiatives et actions entreprises afin de parvenir à ses buts (Mentor, 2005). Fort de cette réflexion, elle mise sur la valorisation des ressources locales, l'acquisition et le renforcement de savoir et de savoir-faire locaux, la participation locale, la dynamisation de l'économie locale comme éléments de motivation (Mentor, 2006).

Sur le plan de mise en œuvre des actions relatives à la conservation de la biodiversité, la Fondation Macaya intervient plus particulièrement au niveau du Parc de Macaya. Les interventions entreprises au niveau du Parc s'articule autour des programmes d'éducation et de sensibilisation, sur la nécessité de préserver les habitats et les ressources biologiques comme étant des patrimoines naturels à hautes importances écologiques, économiques, récréatives et culturelles ; des activités de reforestation des espaces dégradées mais stratégiques pour le Parc dans un souci de réhabiliter et de restaurer les écosystèmes forestiers et la biodiversité qu'ils recèlent ; des initiatives de protection des espèces et des opérations de surveillance des espaces d'intérêt écologique pour le parc dans une perspective de préserver et de maintenir la richesse biologique de la zone. A ce titre, elle entreprend des relations de partenariat avec d'autres instances publiques et/ou associatives compétentes impliquées dans la gestion du Parc, notamment le Ministère de l'Environnement (MDE) et l'Agence Nationale des Aires Protégées (ANAP) en qualité de chefs d'orchestre en la matière (PNUD & MDE, Stratégie de Montage

de l'Agence Nationale des Aires Protégées (ANAP), 2009) (MDE, 2019a), les Collectivités Territoriales locales, la Société Audubon Haïti (SAH), le Comité Interministériel d'Aménagement du territoire et le CNIGS, etc. Ce dispositif est mis en place afin de maintenir en branle le système de gouvernance du parc et d'assurer le progrès perpétuel de la dynamique de la conservation de la biodiversité non seulement au niveau du parc mais également à travers toute la région de la côte Sud.

3.9.1.6 Expériences de la FoProBiM en matière de conservation de la biodiversité en Haïti

Fondée en 1992 mais officiellement reconnue par l'Etat haïtien en 1995, la Fondation pour la Protection de la Biodiversité Marine (FoProBiM) est une ONG nationale à but non lucratif œuvrant dans les domaines du développement durable, de l'éducation, de la recherche, du suivi et du plaidoyer au niveau du pays (FoProBiM, 2020). A travers sa mission, elle entend lutter en faveur d'une meilleure gestion de l'environnement et d'une utilisation durable des ressources naturelles, incluant les patrimoines biologiques pour le bien-être de la population au niveau du pays.

Pour ce faire, son programme d'intervention est accentuée sur le renforcement du cadre règlementaire relatif à l'environnement, le renforcement des capacités institutionnelles et locales, l'établissement de programmes éducatifs et de recherches scientifiques visant une meilleure compréhension et une plus importante prise en compte de la gestion de l'environnement et en particulier de la protection de la biodiversité au niveau de différentes communautés du pays (FoProBiM, 2020). Toutefois, à propos de la conservation de la biodiversité, le travail de la Fondation se focalise beaucoup plus, voire essentiellement, sur la biodiversité marine et côtière. En effet, elle est reconnue comme le précurseur des ONG haïtiennes œuvrant pour la protection et la gestion des écosystèmes côtiers et marins et de leurs bassins versants dominants au niveau du pays.

Dans le but de dynamiser ses champs d'activités, elle entretient d'étroites relations avec d'autres structures homologues tant au niveau national qu'international. Parallèlement, pour mettre en œuvre ses initiatives et induire son succès, elle opte pour l'implication et la collaboration des différentes catégories (autorités, agriculteurs, pêcheurs femmes et jeunes) des populations concernées.

Elle est représentant et point focal de différentes structures internationales plaidant en faveur de la conservation de la nature et de la biodiversité (FoProBiM, 2020). Il s'agit entre autres de : l'Union internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) ; l'Initiative Internationale sur les Récifs Coralliens (ICRI) ; le Réseau mondial de Surveillance des Récifs Coralliens (GCRMN) ; la

Conservation de l'océan (The Ocean Conservancy) ; le Réseau de Conservation des Tortues Marines des Grandes Caraïbes et le Programme de Stabilité des Côtes et des Plages (COSALC).

Sur le plan de la mise en œuvre, elle entreprend et s'implique dans la coordination et la réalisation d'importants projets relatifs à l'environnement et en particulier à la conservation de la nature et de la biodiversité commandités par de nombreux institutions internationales dont le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), Programme des Nations-Unies pour le développement (PNUD), la Banque Interaméricaine de Développement (BID) et l'Organisation des Etats Américains (OEA). En même temps, elle reste un partenaire privilégié pour le ministère de l'Environnement en matière de conservation de la biodiversité marine et côtière.

La FoProBim a déjà fait preuve d'une expérience incontestable et démontrée en matière de protection et de réhabilitation des écosystèmes côtiers et marins en Haïti. Du coup, elle devient l'une des organisations Haïtienne les plus dévouées et les plus impliquées dans la restauration et la reforestation des écosystèmes de mangroves (MDE, 2019a); un écosystème forestier unique qui témoigne de son importance pour le maintien de la biodiversité côtière et marine (Jadot, 2016), mais aussi qui assure la résilience des systèmes naturels et humains face au changement climatique (Joseph & Saffache, 2003; FAO, 2013).

Également, elle entreprend et participe à des activités de recherche visant à remédier aux lacunes de données (déficit d'informations) relatives à l'environnement et notamment à la biodiversité marine et côtière en Haïti. Ainsi, elle a déjà réalisé deux activités de recherche portant respectivement sur le développement du système haïtien d'aires marines protégées (Wiener, 2013) et l'évaluation rapide des mangroves d'Haïti (Wiener, 2014). Elle a participé en qualité de consultant principal dans la préparation du Plan d'Action National pour l'Environnement (PANE) relatif aux ressources côtières et marines du pays. En effet, tout récemment, un accord de partenariat vient d'être établi entre la Fondation pour la Protection de la Biodiversité Marine (FoProBiM) et l'Agence Nationale des Aires Protégées (ANAP) sous tutelle du ministère de l'Environnement (MDE) par l'entremise de son Directeur Général. (Accord ANAP/FOPROBIM, 2020).

En fin de compte, la FoProBim est devenue une référence incontournable en matière de conservation de la biodiversité marine et côtière au niveau du pays, plus particulièrement dans l'identification, l'inventaire, la réhabilitation et la restauration des écosystèmes de mangroves (MDE, 2019a).

3.9.1.7 Expériences de Reef Check en matière de conservation de la biodiversité en Haïti

La **Fondation Reef Check** est une Organisation Non-Gouvernementale (ONG) internationale à but non lucratif dédiée à la conservation des écosystèmes et de la biodiversité au niveau marin. Ce mouvement ayant vu le jour en 1996, a pour mission de renforcer les capacités des gens à sauver nos récifs et nos océans par l'éducation, la recherche et la conservation (Reef Check Foundation, 2019). Dans ce domaine, cette institution entreprend des programmes au niveau d'au moins 90 pays et territoires dans le monde (Reef Check Foundation, 2019).

Implantée en Haïti depuis 2011, elle se fixe pour objectifs d'engager des études scientifiques et des documentaires (vidéos/photos) sur toute la côte d'Haïti, notamment au niveau sous-marin ; de former sur les sciences marines et d'entrainer des jeunes universitaires aux techniques d'enquête marines et sous-marines (nage, plongée, randonnée aquatique) ; et de contribuer à l'établissement d'un réseau d'Aires Marines Protégées au niveau du pays.

De sa date d'établissement en Haïti (2011) à nos jours, le Reef Check Haïti s'est vivement lancée dans l'identification et l'évaluation de l'état des écosystèmes sous-marins sur la quasi-totalité de la côte d'Haïti. Pour ce faire des relevés sous-marins ont été opérés tout le long de la Côte avec l'aide des cadres nationaux (jeunes universitaires, experts), la plupart du temps formés par la Fondation elle-même. Dans ce cas, elle contribue non seulement à la recherche et la diffusion des données, mais aussi elle permet l'émergence d'un noyau de plus en plus renforcé dans le domaine des sciences marines et sous-marines en Haïti à partir des techniques d'enquête appropriées ; un domaine qui a été presque complètement négligé à travers le pays. Ainsi, entre 2011 et 2017, elle a mis sur pied une étude scientifique quantitative sur 95 % des 1700 km de côte du pays, incluant toutes les îles satellites (Reef Check , 2018). Dans ces conditions, elle devient la première institution en Haïti, à en croire un rapport de la Fondation (Reef Check , 2018), à réaliser une évaluation des écosystèmes et ressources biologiques marines et sous-marines (récifs coralliens, ressources halieutiques, herbiers marins etc.). Dans ses recherches sur la biodiversité marine et sous-marine, elle tient aussi compte des écosystèmes et espèces côtiers d'importances et susceptible d'avoir des impacts (positifs ou négatifs) sur l'environnement marin, en particulier la mangrove.

Une combinaison de techniques a été adoptée dans la réalisation cette étude en série, l'organisation, dont le protocole d'enquête standard Reef Check, le « *manta tow*[31]» avec vidéo, photos et nage chronométrée pour obtenir des listes d'espèces. Au-delà d'avoir permis de relever et de localiser les récifs coralliens au niveau de toute la bande côtière du pays, Cette étude a été également l'occasion de procéder à un diagnostic plus ou moins approfondi de l'état de santé de ces récifs en matière de fonctionnement et d'abondance en ressources halieutiques. Cette étude a permis aussi de révéler les causes de la faible couverture corallienne vivante moyenne (HC) sur les récifs coralliens d'Haïti (15 %) par rapport à celle des Caraïbes (25 %) et la forte prolifération des macro-algues sur les récifs en Haïti (30 %) en référence à 13 % pour les Caraïbes (Reef Check , 2018). Par conséquent, ces informations serviront d'élément d'aide à la décision aux autorités compétentes concernées afin de mieux planifier et de mettre en place les moyens et stratégies nécessaires à la réhabilitation et la restauration appropriée des ressources biologiques caractérisant la biodiversité marine et sous-marine en Haïti. En fait, elle cherche à réaliser une description plus ou moins détaillée de la flore et de la faune marine du pays.

Après avoir décrit et analysé les structures biologiques marines, sous-marines et côtières affectées au territoire national, la fondation Reef Check a jugé important, voire urgent, de procéder non seulement à la proposition de plusieurs aires marines protégées (AMP), mais aussi à un réseautage de celles-ci au niveau du pays. Ainsi, elle a pu même révéler certaines zones intéressantes de récifs coralliens qui étaient censées être méconnues par les autorités compétentes haïtiennes en la matière. Ensuite, elle a essayé d'effectuer une catégorisation par ordre d'importance des différentes aires marines protégées (AMP) proposées. Pour ce faire, les critères de classification adoptés ont été orientés vers : le niveau de biodiversité (nombre d'espèces de poissons, d'invertébrés et d'algues) ; le pourcentage de couverture corallienne vivante et l'abondance de poisson ; la présence d'espèces en voie de disparition, menacées ou énigmatiques ; la présence d'écosystèmes associés intacts - récifs coralliens, mangroves et herbiers marins et également les intérêts touristiques et récréatifs des sites identifiées (Reef Check , 2018). Ensuite, le choix des sites de plus grande priorité en termes de conservation est basé sur l'état de santé relatif de leurs récifs coralliens. Bien entendu, dans la plupart des cas, ces sites comprennent également des zones d'herbiers marins et de mangroves associées (Reef Check , 2018). En outre, la fondation recommande d'utiliser le terme Aire Marine Gérée (AMG) en lieu et place d'Aire Marine

[31] Une technique de relevé sous-marin qui permet de repérer rapidement de vastes zones de récifs et de mesurer les changements importants qui s'y opèrent (abondance et distribution des organismes) en temps record et avec une équipe réduite (Bass & Miller, 2003).

Protégées (AMP) en raison du fait que ce concept décrit plus précisément le processus qui est censé se produire (Reef Check , 2018).

En fin de compte, la fondation Reef Check appelle aux autorités compétentes concernées à mettre en place toute les mesures nécessaires afin de permettre la dynamisation et la prise en charge responsable des aires marines gérées. Cela envisage en effet : la définition d'un plan stratégique national pour les aires et l'adjonction du gouvernement à la Convention Carthagène et la Convention sur la Biodiversité ; la mobilisation de fonds pour le financement de la mise en œuvre des AMP prioritaires et potentielles ; le renforcement immédiat de la capacité des plus hautes instances concernées (ANAP & MDE) en vue d'une valable gestion des zones marines ; la mise en place d'un personnel compétent dédié à la mise en œuvre des AMP ; la définition d'une réglementation effective relative à la gestion des AMP, le renforcement des capacités et l'implication participative des bénéficiaires et utilisateurs des Aires marines ; l'éducation et la sensibilisation des différentes catégories de la population concernée (homme, femmes, jeunes, et enfants), spécialement les pécheurs, sur la nécessité de la conservation marine et de ses valeurs ajoutées (Reef Check , 2018).

3.10 La gestion de la biodiversité basée sur les écosystèmes forestiers par la société civile

Selon maintes remarques, le concept de la biodiversité en Haïti est perçu et s'articule en grande partie autour de l'existence et du fonctionnement des écosystèmes forestiers terrestres et côtiers (feuillus, résineux, mixtes et mangrove). En revanche, la grande majorité des acteurs qui s'y impliquent œuvrent particulièrement dans la gestion et la conservation des écosystèmes forestiers, hormis quelques rares organisations telles que la FoProBim et la Reef Check Haïti qui s'occupent particulièrement de la biodiversité au niveau des écosystèmes marins, sous-marins et côtiers.

3.10.1 Analyse sommaire de la situation et de l'évolution de la biodiversité en Haïti

Selon plus d'un ? (ONU, 1992; Brahic & Terreaux, 2009), la biodiversité ou « diversité biologique » correspond à la variété et la variabilité des organismes vivants et des écosystèmes dans lesquels ils vivent. Cette définition fait toutefois référence à trois niveaux fonctionnels de vie que sont la diversité génétique, la diversité spécifique et la diversité écosystémique, en tenant aussi compte des relations d'interdépendance existant entre ces différents échelons. En se basant sur cette perception systémique de la biodiversité, les écosystèmes (terrestres, marins, côtiers, aquatiques etc.) sont censés représenter l'armature de ce complexe écologique (ONU, 1992). Ainsi, pour mieux cerner l'évolution et le fonctionnement de la biodiversité sur un territoire déterminé, il devient extrêmement important

d'investiguer et d'avoir des informations pertinentes sur l'état et la dynamique des écosystèmes existants. En considération à cette logique, il est estimé judicieux de fournir un aperçu holistique sur l'existence et la configuration des écosystèmes en Haïti.

3.10.2 Aperçu holistique sur l'existence et la dynamique des écosystèmes en Haïti

A travers tout le territoire haïtien, il existe un éventail d'écosystèmes et de paysages variés de types terrestres, côtiers, marins, aquatiques, agricoles etc. Ceux-là sont généralement symbolisés par les milieux forestiers et arboricoles, les parcelles et les champs cultivés, les mangroves et d'autres espèces tolérantes au sel, les récifs coralliens et les herbiers marins, les eaux intérieures et les zones humides (MDE, 2016) (MDE, 2019a).

Au niveau terrestre, la richesse et la diversité des ressources biologiques se concentrent davantage au niveau des écosystèmes forestiers, en particulier au niveau des Parcs et réserves nationaux dont les plus importants mais aussi les plus connus sont les suivants : Parc National Naturel de Grand Bois (PNN-GB) et Parc National Naturel Macaya (PNNM) ; Réserve Écologique de Wynne Farm (REWF) ; Parc National Urbain de Martissant (PNU-MAR) ; Parc National Naturel La Visite (PNNLV) ; Parc National Naturel de la Forêt des Pins 1&2 (PNNFD), Parc National historique - Citadelle Sans Souci Ramier (PNH-CSSR) ; Parc National Naturel Deux Mamelles (PNNDM) entre autres (MDE, 2016) (MDE, 2019a). En revanche, ce qui est extrêmement important de mentionner ici, c'est que les écosystèmes forestiers représentent la composante essentielle et du coup constituent l'élément commun de tous ces sites d'intérêt.

Au niveau côtier et marins plusieurs sites sont identifiés et en train d'être mis en valeur, cependant un intérêt particulier est porté sur le Parc National Naturel des Trois Baies (PN3B) et le Parc National Naturel d'Ile à Vache (PNNIV) notamment. A noter que ces deux écosystèmes sont munis essentiellement d'une végétation importante de mangrove. Toutefois, tout récemment, 21 zones d'intérêts ont été identifiées et proposées par le Reef Check Haïti pour être déclarées Aires Marine Protégées (AMP) ou au mieux Aires Marines Gérées (AMG). De ces sites présentés, neuf (9) sont qualifiés de priorités élevées et les autres de priorités moyennes (Reef Check , 2018). Ce choix est justifié par : la vitalité des coraux et la proportion de la couverture corallienne ; le degré de combinaison entre la couverture corallienne ; la quantité et la diversité des ressources halieutiques (poissons, tortue) qui colonisent les récifs ; l'étendue des colonies de coraux et l'importance des peuplements de corail, mais aussi la vigueur des herbiers marins et des mangroves.

En outre, une étude a été réalisée par la « Société Audubon d'Haïti » et « Rezo Ekolo » avec l'appui de BirdLife International sous un financement du Fonds de Partenariat pour les Écosystèmes Critiques (CEPF) en vue d'identifier et de décrire les Zones Clés de la Biodiversité [ZCB] d'Haïti. A la suite de ce travail, 31 Zones (ZCB) ont été recensées dont 17 sont de type terrestre constituées principalement d'écosystèmes forestiers et aussi quelques zones humides, et 14 sont des écosystèmes marins tels que des estuaires, des récifs coralliens et des mangroves (Timyan & Hilaire, 2011). Ces zones constituent des zones importantes sur le plan international qui jouent un rôle essentiel dans la conservation de la biodiversité ; en Haïti elles représentent des endroits de fortes concentrations d'espèces menacées figurant sur la Liste Rouge de l'UICN, en particulier les espèces endémiques à Haïti (Timyan & Hilaire, 2011).

3.11 Vue synoptique de l'état de la biodiversité en Haïti au regard des données existantes

La biodiversité, telle qu'elle définit par la convention sur la diversité biologique (CDB) dans son article (ONU, 1992), est une perception fondée sur la dimension protéiforme et multi-niveau de la vie sur terre. Ce complexe interactif de vie est indispensable au bien être humain, soit directement comme ressources renouvelables fondamentales à la vie et comme produits naturels à haute valeur commerciale, soit indirectement pour maintenir un certain équilibre écologique dans la nature actuelle (Pierre, 2005).

En Haïti, bien que la dégradation environnementale soit, d'un simple regard, assez perceptible, et atteint déjà un niveau critique (MDE, FME & PNUE, 2006; MDE & INESA, 2008; Dufour, 2011), le territoire regorge d'une richesse biologique exceptionnelle qui ne cesse d'impressionner des scientifiques du domaine et d'attirer l'attention des défenseurs de la biodiversité au niveau international (MDE, 2016). Au niveau terrestre et côtier, cette richesse naturelle est profusément liée à la présence et au fonctionnement des écosystèmes forestiers. Cette structure naturelle et dynamique constitue un énorme réservoir d'espèces de vie pour le pays (MDE, 2016). Identifiés notamment au niveau des parcs et réserves nationaux décrétés d'aires protégées, ces écosystèmes forestiers, représentent indubitablement des habitats de prédilection et des sources d'alimentation garanties au profit de bon nombre d'espèces animales, notamment des oiseaux, des reptiles, des amphibiens, des insectes, entre autres (Joseph & Saffache, 2018). En compensation, ces animaux, en contribuant à la pollinisation et la multiplication des plantes sexuées, concourent à l'amélioration de la diversité spécifique, au maintenir de l'équilibre bio-systémique et à l'ornement de la nature (MDE, 2016). Au niveau marin,

elle se trouve au niveau des récifs coralliens, dans les zones de transition Terre-Mer, au niveau des herbiers et dans les fonds marins de la taille des espèces considérées. Cependant, en Haïti, les écosystèmes auxquels l'attention est portée le plus sont les récifs coralliens et dans une moindre mesure les herbiers marins (Wiener, 2013; Reef Check , 2018).

En fait, depuis Erich Eichmann en passant Leslie Holdridge, H. D. Barker et W. S. Dardeau, et Wood Charles A. jusqu'à date plusieurs expéditions scientifiques et des exercices d'observations biologiques sont organisées et menées en Haïti. Ces missions scientifiques ont pour but de déterminer, de décrire et de présenter ce trésor naturel d'ordre biologique dont dispose le territoire haïtien. Ainsi, grâce à une analyse des données puisées dans différents documents scientifiques et rapports consultés, il est actuellement possible de présenter un aperçu holistique de l'état de la biodiversité du pays. Bien entendu, il faut mentionner que les chiffres évoqués ne sont nullement exhaustifs, mais sont toutefois des éléments indicatifs permettant de se faire une idée de la richesse et de la diversité biologique qui caractérisent les écosystèmes naturels en Haïti.

Selon les résultats de beaucoup de travaux consultés sur l'état de la biodiversité en Haïti (Rimmer, Gomez, & Brocca, 2005) (Woods, Sergile, & Ottenwalder, 1992; Orioli, 2012; Posner & Toussaint, 2016), les chiffres évoqués laissent retenir qu'il existe une abondance spécifique et génétique spectaculaire au niveau des écosystèmes examinés en Haïti. Cette tendance impressionnante est perçue tant sur le plan floristique que sur le plan faunistique.

Ainsi, se référant aux données de différents travaux et documents publiés (Orioli, 2012; Posner & Toussaint, 2016) (MDE, 2016; MDE, 2019a), la flore d'Haïti serait constitué de 5000 - 6000 espèces de plantes dont 1850 - 2700 endémiques qui représenteraient un taux de 37 %-45 %, et ces espèces de plantes se sont adaptées à une large diversité de zones de vie (MDE, 2016). A noter que de toutes les plantes vasculaires, environ 4500 seraient des phanérogames[32]. Ces chiffres incluent plus de 3000 plantes vasculaires (arbres et arbustes), 600 espèces de fougères et 350 espèces d'orchidées, 330 espèces de composés, 3 espèces de conifères dont le Pinus occidentalis (MDE, 2019a). Néanmoins, d'un document à l'autre, certains chiffres coïncident bien, mais d'autres varient considérablement ; ce qui peut dépendre de la période ou des dispositifs d'observation considérés. Du coup, cette tendance justifie déjà l'hypothèse que la richesse biologique du pays demeure encore mal connue. A en croire un constat d'Orioli (2012), la presque totalité de cette biodiversité est concentrée dans les aires

[32] Phanérogames ou Spermatophytes : Embranchement de végétaux à la reproduction sexuée apparente (Cône ou fleur), regroupant les gymnospermes et les angiospermes.

protégées du Pays en particulier au niveau des Parcs et réserves Nationaux naturels de la Forêt de Pins, du Pic Macaya et de La Visite.

Au-delà de la diversité floristique, Haïti abrite une diversité faunistique très riche en espèces, selon les recensements déjà réalisés. Cette faune est composée de plus de 2,000 espèces dont environ 1500 (75 %) endémiques, vertébrés, mollusques et insectes compris (Orioli, 2012) (MDE, 2016) (MDE, 2019a). Toutefois, il s'agit ici d'une tentative de mettre en lumière l'état d'existence des espèces importantes incluant les oiseaux, les poissons, les mammifères, les reptiles et des amphibiens, entre autres afin d'avoir une idée de la tendance de la biodiversité au niveau du pays. L'**avifaune** est constituée d'un effectif compris entre 245 et 260 formes d'oiseaux connues dont 31 espèces endémiques avec bien entendu un fort nombre décelé à la Gonâve (87) et à l'ile de la Tortue (47). Au niveau de l'**Ichtyofaune**, *grosso modo* 932 espèces sont reportées dont une bonne part sont marines et d'autres se trouvent dans les écosystèmes d'eau intérieure. Ces derniers recèlent un total de 41 espèces de poissons identifiées dont 11 d'entre elles, appartenant toutes à la famille des Poecillidae et à l'ordre des Cyprinodontiformes, sont endémiques à Haïti. En ce qui a trait aux **mammifères**, seulement deux (2) espèces de mammifères terrestres (rongeurs) à savoir le Zagouti d'Hispagnola (*Plagiodontia aedium*) en danger extrême d'extinction et la Musaraigne au Nez long (Solenodon paradoxus wordii) ; une espèce de mammifère marin, le Lamantin des Antilles (*Trichechus manatus*) de son nom créole haïtien « Bèf Lanmè » et 18 espèces de chauve-souris sont découvert sur le territoire haïtien (MDE, 2016; MDE, 2019a). Des cétacées migratoires saisonniers comme le phoque moine et les dauphins sont également présents en Haïti. Quant à l'**herpétofaune**[33], elle est constituée au total de deux cent dix-sept (217) espèces de reptiles et d'amphibiens sont connus sur l'Ile d'Hispaniola avec un taux d'endémisme de 98 % dont un tiers est recensé uniquement en Haïti (MDE, 2016; MDE, 2019a). Au sujet des amphibiens, en particulier les grenouilles terrestres, le pays présente un niveau d'endémisme très élevé avec un dénombrement de 54 espèces natives dont 31 sont classées en danger critique et neuf (9) en voie de disparition (MDE, 2016).

3.12 Un recul perceptible de la biodiversité via la dégradation des écosystèmes forestiers

Plusieurs expériences (Woods, Sergile, & Ottenwalder, 1992; Orioli, 2012) (Rimmer, Gomez, & Brocca, 2005) ont illustré l'idée qu'en Haïti la majorité de la biodiversité relative aux milieux terrestres

[33] En zoologie, c'est l'ensemble des espèces de reptiles et des amphibiens d'une région particulière, d'un habitat ou biotope désigné, ou de la période géologique considérée. https://www.aquaportail.com/definition-4815-herpetofaune.html

et côtiers est concentrée dans les aires protégées du Pays en particulier au niveau des Parcs et réserves Nationaux naturels de la Forêt de Pins, du Pic Macaya et de La Visite (Orioli, 2012), et des trois Baies (Kramer, et al., 2016). En parallèle, des travaux (Régis, 2003) (Gentes & Vergara-Castro, 2005; Toujas, 2015) (Dufour, 2011) ont également admis que l'environnement est extrêmement dégradé et que cette dégradation résulte de la déstructuration ou de la destruction des écosystèmes forestiers due aux interventions anthropiques(Banque Mondiale, 2018). Cette dégénérescence de l'état de ces milieux naturels entraine l'appauvrissement de la biodiversité (végétale et animale) au niveau du territoire haïtien. Ainsi, il est important ici de mettre en évidence certaines expériences faisant preuve d'un recul perceptible de la biodiversité dû à la détérioration incessante des écosystèmes forestiers.

Des observations réalisées par (Rimmer, Gomez, & Brocca, 2005) , avec la collaboration de la Société Audubon Haïti (Rimmer, Gomez, & Brocca, 2005) sur l'avifaune du Parc National naturel de La visite, ont permis de révéler que 24 % d'oiseaux détectés étaient des espèces migratoires alors que 76 % était des espèces résidentes permanentes dont 37 % endémiques. Cela fait preuve de l'existence d'une riche et abondante diversité biologique au niveau de ce parc. Néanmoins, à partir d'une analyse temporelle[34], cette investigation a du coup permis de constater une baisse spectaculaire de l'effectif de l'avifaune par rapport aux résultats obtenus il y a environ 20 à 40 ans. Ainsi, les examens de ces observations ont abouti à la mise en évidence d'importants impacts anthropiques au niveau de tout le parc (PNNLV), si vrai que la forêt de feuillus qui s'y trouve est sur le point de disparaître complètement.

En outre, dans son essai présenté à l'Université de Sherbrooke, Julien (2007) a tenté de faire une comparaison spatio-temporelle basée sur la présence d'une espèce aviaire, le Merle de La Selle (*Turdus swalesi*), observée singulièrement au niveau du Massif de la Selle. Le résultat du constat a révélé un fort recul de la population de cette espèce à partir d'une expédition de 2005 par rapport aux observations de Woods et Ottenwalder en 1986. Alors qu'en 2001 cet oiseau était encore « facilement observable en petits nombres très tôt le matin » (Rimmer, Gomez, & Brocca, 2005).

En effet, la biodiversité d'Haïti est exposée et sujette à de nombreuses menaces qui risquent de compromettre la sécurité alimentaire de la population, la nutrition, les services écosystémiques, la durabilité et la survie des espèces (Gentes & Vergara-Castro, 2005). Cette situation devrait s'aggraver avec les changements climatiques qui constituent une sérieuse menace pour les écosystèmes forestiers

[34] Focalisée sur une étude comparée réalisée sur quelques espèces comme le Pétrel à tête noire (*Pterodroma hasitata*) et la grive de Bicknell (*Catharus bicknelli*) au niveau du Parc National Naturel La Visite (Rimmer, Gomez, & Brocca, 2005).

du pays et la biodiversité, compte tenu de la forte vulnérabilité de ces systèmes naturels par rapport aux effets des changements climatiques.

3.13 La protection de la biodiversité en Haïti : la place accordée aux écosystèmes forestiers

La notion de la biodiversité renvoie à la variabilité organismes vivants de toute origine (ONU, 1992; Brahic & Terreaux, 2009), qu'ils soient animaux ou végétaux. Ces derniers font l'objet d'une attention particulière, car le but ici est d'essayer de mettre en avant la place accordée aux écosystèmes forestiers dans la protection et la restauration de la biodiversité en Haïti. Cela part de l'hypothèse que cette diversité biologique à laquelle on fait référence soit prioritairement fondée sur l'existence de ces structures biologiques.

3.13.1 Les écosystèmes forestiers entant que substratums déterminant de la biodiversité

Selon la définition adoptée à Rio (ONU, 1992) la biodiversité est perçue comme la « variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes ». L'espèce[35] étant un groupe d'êtres vivants présentant un ensemble de caractéristiques morphologiques, anatomiques, physiologiques, biochimiques et génétiques communes. Quant à l'écosystème il se définit comme « le complexe dynamique formé de communautés de plantes, d'animaux et de micro-organismes et de leur environnement non vivant qui par leur interaction, forment une unité fonctionnelle » (ONU, 1992). Ainsi, dans le cas où ce complexe est constitué essentiellement d'arbres ou de plantes ligneuses (espèces végétales), c'est l'appellation « écosystèmes forestiers » qui est à priori utilisée.

D'une manière plus générale, la « diversité biologique » englobe la variété des formes de vie existantes, les rôles écologiques qu'elles remplissent et la diversité génétique qu'elles renferment (FAO, 1989). Au niveau des écosystèmes forestiers cette variété de formes de vie est déterminée par les caractéristiques des espèces d'arbres qui s'y trouvent, telles que mentionnées plus haut. Au-delà de cette diversité de type végétal, l'existence de ces écosystèmes favorise également l'instauration d'une diversité animale, car ils constituent en même temps un milieu de vie exceptionnel pour les animaux (mammifères, reptiles, amphibiens, insectes et oiseaux) et les micro-organismes. Cela est dû au fait que ces habitats

[35] Définition tirée du site : https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/zoologie-espece-2261/

en plus d'être des endroits de refuge affirmés, mais également représentent une source d'alimentation viable pour les espèces associées. En revanche, certaines de ces espèces animales favorisent la pollinisation et la multiplication des plantes sexuées et contribuent donc à augmenter la diversité spécifique, à maintenir l'équilibre bio-systémique et à orner la nature. Ensemble, elles établissent une relation fortement interactive et mettent en place une cohabitation positive et évolutive (Joseph & Saffache, 2018).

Ipso facto, cela amène à considérer l'ensemble constitué par les arbres de différentes espèces, le milieu qui les supporte et les interactions qu'ils entretiennent entre eux et avec ce milieu comme un type à part entière de biodiversité.

3.13.2 La gestion et la conservation de la biodiversité en Haïti : une prise en compte manifeste des écosystèmes forestiers

En Haïti, la plus grande concentration de la biodiversité s'aperçoit au niveau des massifs de la Hotte et de la Selle (Timyan & Hilaire, 2011). Ces deux blocs de montagnes accueillent les plus grandes formations forestières du pays : le Parc National Naturel Macaya, le Parc National Naturel Grand Bois, le Parc National Naturel La Visite, le Parc National Naturel Forets des Pins, sans ignorer les « ***Rak Bwa***[36] » et d'autres endroits du pays déclarées d'aires protégées pour leurs richesses biologiques (végétale et animale). Ces écosystèmes terrestres ou intérieurs abritent un nombre important d'espèces végétales et animales (Joseph & Saffache, 2018). Cela résulte du fait qu'ils représentent des habitats bienveillants et des sources de subsistance imposantes au profit de différentes espèces animales, telles que les oiseaux, les reptiles, les amphibiens, les insectes etc.

A côte de ces sites terrestres, il y a également la mangrove constituée des écosystèmes particuliers observés généralement sur les littoraux des régions tropicales (Tomlinson, 1986; Jadot, 2016), mais en Haïti elle se développe le plus souvent entre les zones de fluctuation des marées et au niveau des estuaires (Koohafkan & Lilin, 1989) (Aube, 1999). Ces écosystèmes forestiers côtiers, en particulier ceux du Parc National des Trois Baies (PN3B), font office de sites prioritairement importants pour la biodiversité côtière et marine en Haïti (Wiener, 2013) (Kramer, et al., 2016). Ces écosystèmes de mangrove servent de refuges pour abriter de nombreuses espèces marines, aquatiques, terrestres et aériennes (Aube, 1999) (Jadot, 2016). En outre, ils jouent un rôle unique dans la protection des

[36] Cette connotation désigne des patches de formation arborée et/ou arbustive très dense, le plus souvent dominée par des feuillus (Flückiger & Gaspard, 2017)

structures et ressources biologiques marines en interceptant au passage les matériaux solides et déchets nocifs charriés par les eaux de ruissellement (Spalding, Kainuma, & Collins, 2010; Noel, Renoux, & Rakotonavalona, 2011).

Ainsi, les écosystèmes forestiers (terrestres et littoraux) détiennent une concentration confirmée et prépondérante en matière de la biodiversité au niveau du pays. A ce titre, ces écosystèmes, malgré leur faible taille et leur défaillance fonctionnelle, confèrent au pays une grande richesse biologique (MDE, 2019a). D'où l'intérêt de leur accorder une place importante dans la gestion et la conservation de la biodiversité à travers le pays.

En fin de compte, en Haïti, le concept de la biodiversité est perçu et s'articule en grande partie autour de l'existence et du fonctionnement des écosystèmes forestiers terrestres et côtiers (feuillus, résineux, mixtes et mangrove). Dans ce cas, le reboisement ou la reforestation peuvent s'avérer une option plausible ou un mécanisme déterminant dans le maintien ou la restauration de la biodiversité au niveau du territoire.

Enthousiasmées par cette évidence de fait, la quasi-totalité des institutions et organismes, tant publics qu'au niveau de la société civile, concentrent la majorité de leurs efforts de gestion et de conservation de la biodiversité au niveau de ces aires d'intérêts biologique mais aussi récréatif, culturel et économique pour le pays. A cet effet, une liste d'organismes émérites, bien entendu non exhaustive, œuvrant dans la gestion la biodiversité au niveau du pays et mettant en exergue l'importance des écosystèmes forestiers dans une telle dynamique, est présentée dans la section ci-après.

3.13.3 La perte des écosystèmes forestiers : un accroc pour la conservation de la biodiversité

Actuellement en Haïti, les principaux écosystèmes forestiers, caractérisés par une diversité biologique exceptionnelle et servant d'habitats et de sources de ravitaillement pour les espèces animales, connaissent un processus de dégradation à outrance, mettant en danger d'extinction la majorité des espèces qui y siègent (Gentes & Vergara-Castro, 2005). Et dorénavant, cette situation commence à devenir de plus en plus alarmante. De toute évidence, cet état de fait est le résultat d'un processus de déboisement et de déforestation progressif qui implique la perte, à long terme ou permanente, du couvert forestier et la conversion des terres à une autre forme d'utilisation (FAO, 2015). En évolution depuis plusieurs décennies, cette dégradation atteint déjà aujourd'hui un niveau très critique (Dufour, 2011) où une bonne partie de la couverture forestière totale du pays est déjà dégradée, voire détruite.

En fait, même si les incohérences des chiffres évoqués au sujet de l'estimation de la couverture forestière effective du pays laissent beaucoup à désirer, la dégradation excessive de ce patrimoine naturel est devenue un constat flagrant. Cette détérioration grandissante des écosystèmes forestiers contribuera à accroitre la vulnérabilité des espèces qui s'y trouvent. Cela entrainera une défaillance considérable, voire une rupture de l'équilibre écologique assurée par la présence de ces espèces (MDE, 2016). Subséquemment, ces écosystèmes forestiers ne seront plus en mesure de remplir leurs fonctions de soutien au maintien et l'amélioration de la biodiversité du pays.

La dégradation ou éventuellement la perte de la biodiversité ayant été induite par les écosystèmes forestiers engendra la rupture de l'équilibre vital, alors que sa restauration et sa préservation pourraient assurer le maintien des espèces et des individus, l'équilibre de la chaine trophique, un milieu écologique vivable, des habitats naturels spécifiquement riches et diversifiés.

Finalement un déséquilibre progressif se développe, et aboutira éventuellement à la détérioration critique ou à l'extinction définitive des espèces tant végétales qu'animales qui s'y installent, si aucune décision immédiate, mais surtout adéquate et efficace n'est prise par les autorités concernées (Joseph & Saffache, 2018).

3.14 Mise au point sur les progrès du pays à l'égard de la Convention sur la Diversité biologique

Entre autres faits importants relatés à travers cette étude, il est essentiel de faire une mise au point sur les progrès accomplis par le pays à l'égard de la Convention sur la diversité biologique et de ces instruments auxiliaires. A signaler que ces derniers ont été mis en place dans le but d'assurer la pérennité de la convention et de combler ses lacunes par rapport au contexte de développement actuel de la planète. Cette analyse est perçue sur le plan institutionnel, sur le plan légal et règlementaire, sur le plan stratégique et de la planification et sur le plan de la mise en œuvre.

Sur le plan institutionnel : Auparavant, les tâches relatives à la gestion de l'environnement incluant la gestion de la biodiversité en Haïti, étaient partagées entre plusieurs institutions publiques dont le ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR) qui représentait le chef d'orchestre. En 1995, la création du ministère de l'Environnement dont le rôle principal est de définir, de mettre en œuvre et d'assure le suivi de la politique nationale de l'environnement, a été la prémisse ou le départ effectif des initiatives relatives à la mise en œuvre des traités internationaux sur l'environnement et le développement durable conclu et convenu à Rio

(MDE & PNUD, 2011). *Ipso facto*, il lui revient la tâche d'assurer et de veiller au respect et à la conformité des obligations du pays à l'égard de ces traitées, incluant la Convention sur la Diversité Biologique (CDB). Cela constitue non seulement une base, mais aussi un pas très important, sinon le fer de lance, dans la mise en œuvre de cette convention en Haïti. Subséquemment viennent la création de la Direction de la Biodiversité et la mise en place de l'Agence nationale des Aires Protégées (ANAP) instituant le Système National d'Aires Protégées (SNAP[37]) dont elle est gestionnaire (PNUD & MDE, Stratégie de Montage de l'Agence Nationale des Aires Protégées (ANAP), 2009). En outre, il existe d'autres entités publiques et des organisations de la société civile apportant un soutien très important sans lequel la mise en œuvre de la convention aurait été insignifiante.

Sur le plan légal et règlementaire : la publication du « décret portant sur la gestion de l'environnement et de régulation de la conduite des citoyens et citoyennes pour le développement durable (2006) » a été une étape cruciale pour la mise en œuvre des trois conventions[38] des Nations Unies sur l'environnement et le développement durable, dont la Convention sur la Diversité Biologique (CDB), signées et ratifiées par Haïti. Ce décret a été élaboré dans le but de recadrer la législation haïtienne portant sur la gestion de l'environnement et de la biodiversité. En effet, il constitue un facteur de motivation dans l'application des mesures de contrôle et le respect des ressources naturelles du pays. Il porte à la création de plusieurs structures de gestion environnementale, entre autres : l'Agence Nationale des Aires Protégée (ANAP) comme organisme autonome placé sous tutelle du ministère de l'Environnement et Le Système National des Aires Protégées (SNAP) dont la gestion est confiée à l'ANAP (Le Moniteur, 2006). Il existe en outre d'autres textes de lois relatifs à la gestion et à la conservation de la biodiversité, notamment les arrêtés portant sur la création et la délimitation des Aires Protégées (terrestres et marines) du pays (CIAT, 2017). Cependant jusqu'à présent la loi organique portant sur le fonctionnement du ministère de l'Environnement (MDE), l'organe suprême auquel est attribuée la régie des aspects environnementaux du pays, a du mal à trouver sa légitimité et se voit perpétuée dans une phase de proposition non déterminée. En outre, les limites des rôles et des mandats des différentes institutions publiques impliquées légalement dans la gestion et la conservation de la biodiversité au niveau du pays ne sont

[37] Elle est définie comme un ensemble d'Aires Protégées (entités territoriales) bien distinctes les unes des autres, inter-reliées dans l'espace et par une structure de gouvernance commune qui est l'ANAP (PNUD & MDE, 2009)

[38] la Convention Cadre des Nations Unies sur le changement Climatique (CCNUCC), la Convention des Nations Unies Sur la Lutte contre la Désertification (CNULCD) et la Convention sur la Diversité Biologique (CDB).

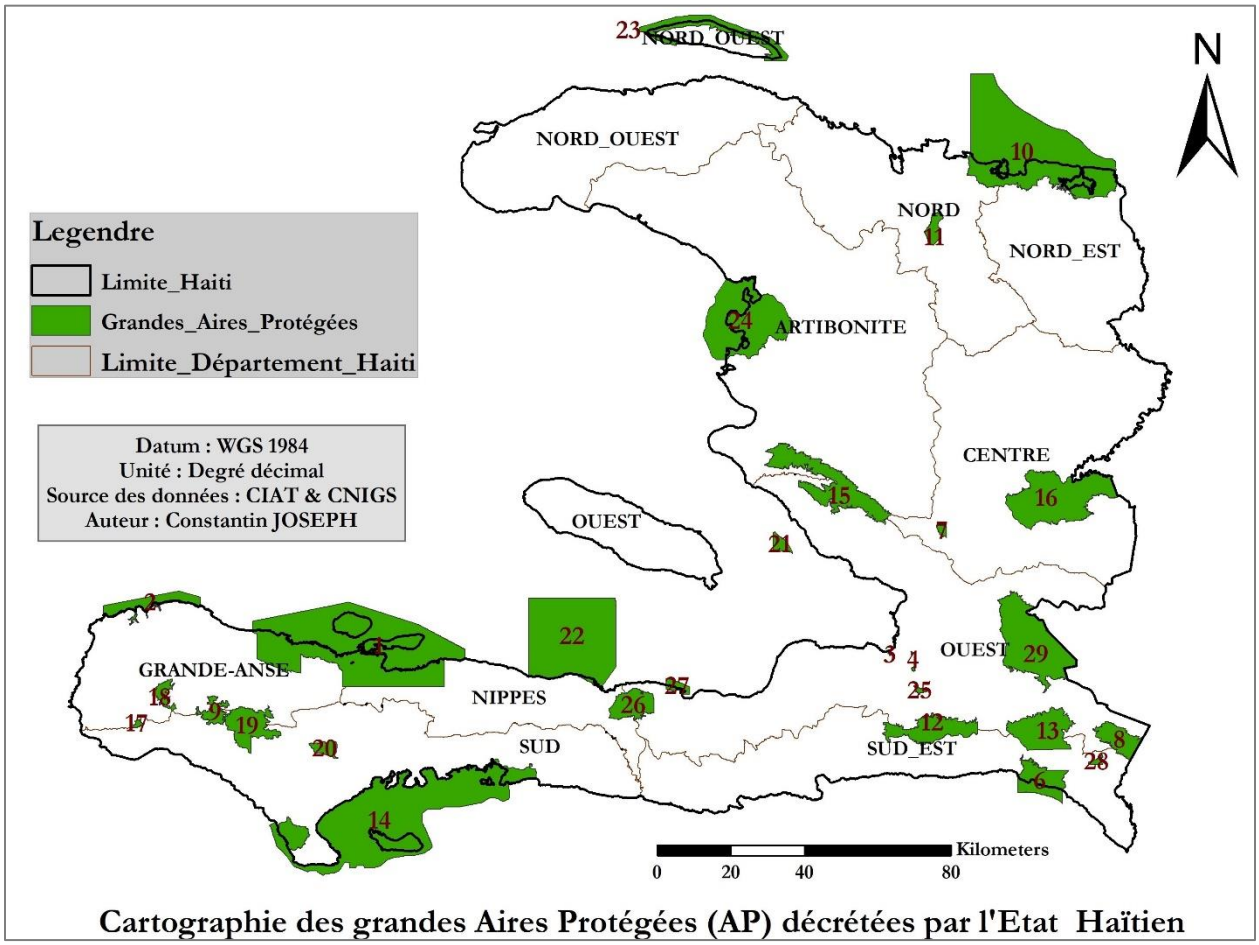
pas bien définies et par conséquent laissent planer certaines incohérences et des confusions dans la mise en œuvre des actions (MDE & PNUD, 2011).

Sur le plan stratégique et de la planification : le gouvernement haïtien a déjà déployé beaucoup d'effort au cours de ses dernières années pour pouvoir se mettre en conformité avec la Convention sur la Diversité Biologique (CDB). Concernant les rapports nationaux sur la biodiversité en Haïti : le premier a été soumis en 1998 ; le deuxième existe sous forme de brouillon mais n'a pas été formellement soumis ; les troisième et quatrième n'ont pas été soumis en raison des crises politiques récurrentes (2000-2007) et des problèmes de financement (MDE, 2016; MDE, 2019a) ; le cinquième a été soumis en 2016 sans aucune évaluation du SPANB 2011-2020 ; le sixième est déjà élaborée et le processus de soumission est en cours depuis 2019. A propos des documents de Stratégie et les Plans d'Actions Nationaux pour la Biodiversité (SPANB) : le premier (SPANB-1) a été soumis en 2008, mais le suivant (SPANB 2011-2020) est resté au stade inachevé et n'a pas pu être soumis (MDE, 2019a).

Sur le plan de la mise en œuvre : grâce à la collaboration assidue des organisations de la société civile, un nombre considérable d'efforts est déjà accompli, beaucoup d'actions sont déjà à l'œuvre et bien d'autres initiatives sont en perspective afin de matérialiser la mise en œuvre de la Convention sur la Diversité Biologique et d'atteindre les Objectifs d'Aichi pour la Biodiversité (OAB) au niveau du pays. A ce titre, il convient de mentionner notamment, la déclaration, la création et la délimitation de nouvelles aires protégées (au total 25) entre 2010 et 2018 (MDE, 2019a). Cela a permis au pays d'améliorer le quota[39] d'aires protégées par rapport aux exigences de la convention et des Objectifs d'Aichi (OAB-11). En outre, il faut également évoquer l'exercice d'inventaire, de localisation et de délimitation des différentes Zones Clés de la Biodiversité (ZCB) incluant les Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO) et les Zones Importantes pour la Conservation des Plantes (ZICP). Au totale 31 Zones Clés de la Biodiversité ont été identifiées au niveau du territoire, dont 17 zones terrestres et 14 zones marines et côtières (MDE & PNUD, 2009).

[39] D'ici à 2020, au moins 17% des zones terrestres et d'eaux intérieures et 10% des zones marines et côtières, y compris les zones qui sont particulièrement importantes pour la diversité biologique et les services fournis par les écosystèmes, sont conservées (OAB-11).

Figure 11 : Parcs nationaux et grandes Aires protégées établis par l'Etat haïtien



Le tableau suivant (8) permet de présenter le nom et la superficie de chacun de ces Parcs et Aires Protégées mentionnées dans la carte (***figure 11***) à partir de leurs numéros d'identification.

Tableau 8 : Codification et dénomination des Parcs et Aires Protégées cartographiés

ID	Nom des Parcs et des Aires protégées	Superficie (ha)
1	Aire protégée de Ressources naturelles gérées de Baradères-Cayemites	87621,5
2	Aire protégée de Ressources naturelles gérées de Jérémie-Abricots	7574,53
3	Parc National Urbain de Martissant (PNU-MAR)	12,5514
4	Parc National Naturel de Pèlerin (PNN-PEL)	98,2661
5	Parc National Naturel de Canapé-Vert (PNU-CAN)	35,1673
6	Parc National Naturel Lagon des huîtres (PNN-LDH)	9642,6
7	Parc National Naturel de Saut-d'Eau (PNN-EAU)	648,074
8	Parc National Naturel Forêt des pins 1 (PNN-FP-1)	6791,35
9	Parc National Naturel de Grande Colline	3227,41
10	Aire protégée des Trois Baies (AP-TB)	75405,6
11	Parc National Historique Citadelle Sans Souci Ramiers (PNN-CSSR)	2528,46
12	Parc National Naturel La Visite (PNN-LAV)	11434

ID	Nom des Parcs et des Aires protégées	Superficie (ha)
13	Parc National Naturel Forêt des pins 2 (PNN-FP-2)	14000,5
14	Aire protégée de ressources naturelles gérées de Port-Salut/ Aquin	87485,2
15	Parc National Historique des Matheux (PNH-MATH)	20655,6
16	Zone Réservée d'Intérêt Stratégique de Péligre	29289,5
17	Parc National Naturel de Grand Bois (PNN-GRA)	370,156
18	Parc National Naturel des Deux Mamelles (PNN-DEM)	2264,98
19	Parc National Naturel Macaya (PNN-MAC)	9901,61
20	Parc National Naturel Trois l'Etangs (PNN-TET)	2255,44
21	Aire protégée des Arcadins (AP-AR)	1719,07
22	Aire protégée du Banc des Rochelois (AP-BR)	51937,2
23	Aire protégée de La Tortue (AP-LT)	13294,9
24	Aire protégée des Quatre Baies (AP-QB)	36266
25	Parc National Naturel des Sourçailles (PNN-AIL)	399,263
26	Parc National Naturel Etang de Miragoane (PNN-EMI)	7400,85
27	Parc National Naturel du Fort Royal (PNN-FOR)	1648,22
28	Parc National Naturel Source Royer (PNN-SOR)	545,881
29	Parc National Naturel du Lac Azueï (PNN-LAZ)	28736,1

3.15 Contraintes et défis relatifs à la gestion et la conservation de la biodiversité en Haïti

La pratique de la gestion de la biodiversité en Haïti est en plein essor. Des initiatives sont en train de se multiplier un peu partout à travers le territoire national par la détermination d'un bon nombre d'acteurs tant internationaux que nationaux (MDE, 2016; MDE, 2019a). Certaines de ces interventions font déjà preuve de succès perceptibles et méritent d'être capitalisées en vue d'inspirer d'autres expériences envisageant la même finalité. Cependant, les actions déjà entreprises et les résultats déjà obtenus paraissent peu suffisants (Gentes & Vergara-Castro, 2005) par rapport aux expectatives réelles générées par le contexte de la dégradation actuelle de structures et ressources biologiques du pays. Cela résulte d'un ensemble de difficultés de divers ordres auxquelles cette dynamique est confrontée. Il s'agit entre autres :

3.15.1 Des freins liés à la réglementation de la gestion et de la conservation de la biodiversité

Le cadre réglementaire de gestion et de conservation de la biodiversité en Haïti est fondé principalement sur la Convention sur la Diversité Biologique (CDB) et ses instruments subsidiaires, notamment le Protocole de Carthagène et celui de Nagoya. Ces deux mécanismes réglementaires ont été mis en place dans un but d'actualiser et de maintenir en vie la Convention (CDB), mais aussi dans un souci de combler ses lacunes par rapport au contexte actuel. Or, ces instruments qui devraient

servir de fer de lance pour une mise en œuvre effective de la CDB, ou de facteurs incitateurs endoctrinant la gestion et la conservation de la biodiversité, n'ont pas été signés par le pays. Cette conjoncture traduit et fait déjà preuve d'incohérence entre l'existence des structures représentantes, la règlementation, les engagements pris par les autorités concernées. Cela reflète en effet une défaillance avérée pour la mise en application de la réglementation, car l'instruction qui devrait la porter se heurte vraisemblablement à un problème de légitimité et de notoriété. En outre, la législation qui est censée exister en la matière, en plus d'être un peu dispersée contient des prescrits obsolètes par rapport à la tendance actuelle (Victor, 1995). Dans ce cas, leurs applications auront des effets peu significatifs au regard de ce qui en est attendu. Aussi, il faut mentionner l'état défectueux du système juridique national (Victor, 1995) et la défaillance des institutions (MDE, 2019a) qui sont supposées disposer des compétences à cet effet. Cela engendre par conséquent une méconnaissance des traités environnementaux au regard des hommes de lois (Victor, 1995) (MDE, 2016), sans exempter la Convention sur la Diversité Biologique (CBD).

A bien des égards, même les normes juridiques qui régissent le domaine des aires protégées sont inconsistantes et incohérentes (Victor, 1995). Cela se justifie notamment par une confusion dans les perceptions relative aux aires protégées par les différentes lois par rapport aux nomenclatures utilisées. A titre d'exemple, certains concepts tels que réserves nationales, réserves naturelles ou réserves de biosphère sont perçus différemment dans le droit international par rapport au droit national (MDE, 2019a). En définitif, cela amène à la déduction que le pays souffre d'un cadre juridique défaillant caractérisé par la non-appropriation d'un nombre de lois nationales et la non-ratification de certains traités internationaux relatifs à la conservation de la biodiversité (Lahaye, 2001a).

3.15.2 Des freins liés à une défaillance institutionnelle et un déficit de gouvernance

La mise en œuvre de toutes actions et initiatives relatives au développement territorial durable et à la politique publique, l'organisation et la responsabilité institutionnelle joue un rôle primordial. En d'autres mots cela requiert un environnement institutionnel fort, adapté, cohérent et bien ordonné et hiérarchisé (Victor, 1995). En effet, pour être vraiment efficace, la gestion de l'environnement, incluant la protection et le maintien de la biodiversité, ne doit nullement s'échapper à ce principe. Dans ce cas, il faut admettre que l'implication institutionnelle s'avèrerait utile dans la mesure où elle peut apporter une dimension de régulation, de gouvernance et prise en charge effectives. En Haïti, comme mentionné antérieurement, il existe toute une panoplie d'acteurs et d'institutions qui s'impliquent dans la gestion environnementale et en particulier la pratique de la gestion et de la conservation de la

biodiversité (MDE, 2016; MDE, 2019a). Pourtant, la prise en charge de la gestion de ce domaine, en particulier la pratique de la gestion et de la conservation de la biodiversité, se confronte à une défaillance institutionnelle perpétuelle (Gentes & Vergara-Castro, 2005). En effet, cela constitue un frein majeur aux initiatives entreprises à cette fin, en dépit de l'abondante législation haïtienne relative à l'environnement et le nombre important d'institutions impliquées dans cette question (PNUE, 2013).

Cette situation résulte de prime à bord d'un empiètement institutionnel (Victor, 1995) mais aussi d'un déficit de politique publique nationale destinée à servir de catalyseur à la gestion effective de la biodiversité dans le pays (MDE, 2016). Cela engendre une situation conflictuelle et d'hésitations lésant l'aptitude des organes compétents à remplir convenablement leurs tâches et qui par conséquent met en difficulté la gouvernance relative à cette dynamique. En outre, la stratégie d'intervention de nature sectorielle, le plus souvent non articulée, relative à la gestion de la biodiversité, sans l'influence d'un mécanisme institutionnel effectif et fonctionnel de coordination (MDE, 2016) représente un obstacle majeur pour la dynamisation de cette démarche au niveau du pays.

Au-delà de ces difficultés liées à un déficit de coordination, il existe un autre facteur majeur, notamment au niveau des institutions publiques, qui constitue un frein costaud pour la matérialisation de la gestion et de la conservation de la biodiversité en Haïti ; il s'agit des lacunes techniques auxquelles est confrontée une bonne partie des organes dédiés ou contribuant à la mise en branle de la conservation des structures et ressources biologiques au niveau du pays (Gentes & Vergara-Castro, 2005). Caractérisé par un déficit de compétences techniques (PNUE, 2013), cet état de fait est souvent le résultat d'un problème de transparence dans le recrutement des cadres notamment dû à un système de favoritisme et de corruption engendré et perpétué par l'instabilité politique chronique. Cette tendance est peu observée au niveau des ONG internationales et des organisations de la société civile, mais qui n'arrivent pas toutefois à combler ce vide afin de maintenir l'équilibre.

En effet, cela signifie que le cadre institutionnel ne doit pas se baser uniquement sur la pluralité des institutions et acteurs qui se sont impliquées dans la prise en charge de la gestion et de la conservation de la biodiversité, mais également sur la qualité des interventions opérées, la cohérence et la synergie des initiatives entreprises, la compétence technique des cadres mobilisés, puis la définition des limites et des responsabilités de chaque acteur ou institution qui s'y engagent.

3.15.3 Des défis et contraintes relatifs à la croissance démographique et à l'urbanisation

La recrudescence démographique, comme dans beaucoup de pays d'ailleurs, est un phénomène sociétal représentant un défi majeur pour la gestion de l'environnement au niveau global. En Haïti, il constitue du coup un autre facteur d'amplification des freins relatifs à la gestion et la conservation de la biodiversité. Selon les estimations de l'IHSI (2003), la situation tend à évoluer à la hausse et présage déjà une population de plus de 16 millions d'habitants à l'horizon 2050. Celle-ci illustre en effet les statistiques de l'Ecole de politique appliquée de l'Université de Sherbrooke révélant un taux de croissance annuelle moyenne de 1.82 % de 1960 à 2018 (Perspective monde, 2019). Il va de soi, un accroissement de la population s'accompagne immédiatement d'une augmentation des besoins vitaux (eau, nourriture, logement, énergie etc.) voire socio-économiques (recréation, transport & communication, agriculture & élevage, industries, commerce, tourisme etc.) des communautés concernées. Cela tend en effet à amplifier également les pressions exercées sur les ressources naturelles du pays, en particulier les constituants essentiels de la biodiversité : les animaux et les végétaux.

Dans cette arène, l'agriculture et l'énergie représentent les piliers de la tendance en termes d'impacts sur l'exploitation des ressources naturelles. D'abord, l'accroissement de la population augmente *ipso facto* les besoins en alimentation. Pour y répondre, cela exige l'extension des champs agricoles ; alors qu'en même temps, pour palier au problème de rendement lié à la dégradation des sols causée par l'érosion des couches arables (Phillipe, 2012), les agriculteurs sont souvent obligés de procéder à l'acquisition de nouvelles parcelles fraichement défrichées. Cela entraine par conséquent une perte considérable des écosystèmes forestiers alors qu'ils sont considérés comme des vecteurs fondamentaux conditionnant l'existence et l'évolution de la biodiversité en Haïti. Le plus préoccupant est que ce déficit ligneux ou végétal va occasionner à nouveau une perte de couches arables qui nécessitera de nouvelles défriches ; ce qui crée définitivement une dynamique de destruction perpétuelle des écosystèmes forestiers.

La croissance démographique a aussi une influence négative sur l'évolution de la biodiversité par rapport à la consommation de l'énergie en Haïti. Cela est spécialement lié à l'utilisation des ressources ligneuses comme source d'énergie prioritaire. Utilisés par la majorité des ménages et beaucoup d'entreprises au niveau du pays, les combustibles ligneux représentent la source d'énergie la plus importante du pays avec un taux de consommation estimé à 70 % (Banque Mondiale, 2018). Ainsi, une augmentation de la population suppose une augmentation des besoins en énergie, et de ce fait

entraine une intensification des pressions exercées sur les ressources ligneuses. Il s'ensuit une destruction progressive des écosystèmes forestiers qui recèlent la concentration la plus importante de la biodiversité au niveau du pays.

Un autre élément contraignant dans la dynamique de gestion de la biodiversité dans le pays reste le contrôle de l'urbanisation. Il a été démontré par Lozano Gracia & Garcia Lozano (2018) que le taux d'urbanisation du pays prenne une extension inquiétante où le pourcentage de personnes vivant dans les zones urbaines de 1950 à 2015 est passé de 10 % à 52 %. Cette dernière est, quant à elle, fortement influencée par la recrudescence de la démographie et l'exode rurale empiré par le déclin de la vie rurale suscité par la défaillance de l'agriculture. La majorité des personnes déplacées, arrivées dans les villes, pour s'installer vont se réfugier particulièrement dans les zones de montagnes et les littoraux (Paul, Dameus, & Garrabe, 2010). Cela s'explique par le fait que ces endroits, le plus souvent vierges en construction, sont moins couteux et plus accessibles sur le plan foncier. Il s'ensuit dans ce cas un étalement urbain accéléré et incontrôlé des zones périurbaines au détriment des ressources végétales des espaces accaparés tels que les bosquets de montagne ou les mangroves du littoral. Cette situation ajoutée à la pauvreté extrême de la population (Gérard-François, 2010; IHSI, 2014), constituent des paramètres très menaçants pour l'instauration et le développement de la biodiversité dans le pays.

L'incapacité de contrôler et de stopper cette dérive socio-environnementale justifie alors les déficiences règlementaires, institutionnelles, de gouvernance et de politique publique auxquelles les autorités concernées par la gestion et la conservation de la biodiversité sont réellement confrontées. Dans ces conditions, l'évolution de la démographie constitue un facteur d'importance capitale sur lequel doit se baser toute planification des politiques de développement sectoriel prometteur du pays, notamment le secteur de l'environnement incluant la biodiversité.

3.15.4 Des ressources financières très maigres et des mécanismes de financement précaires

La mise en œuvre des activités et initiatives de développement en général nécessite un mécanisme de financement garanti, assidu et viable. La gestion de l'environnement, en particulier la conservation de la biodiversité, n'échappe pas à cette condition, étant composante à part entière du domaine de développement territorial.

En Haïti, la disponibilité des ressources financières et l'existence d'un mécanisme de financement réel consacré à la gestion et à la conservation de la biodiversité laissent beaucoup à désirer. D'ailleurs, il est

déjà confirmé à l'unanimité qu'Haïti est l'un des pays le plus pauvres du monde (BM/ONPES, 2014; Actualix, 2020), si ce n'est pas le moins développé de l'hémisphère nord et de la Caraïbe (Gérard-François, 2010; IHSI, 2014). En effet, les organisations locales, qui seraient censées être les forces motrices de la mise en œuvre des initiatives de conservation de la biodiversité dans le pays, disposent de très maigres moyens financiers devant leur permettre d'accomplir convenablement les tâches qui leur incombent. Cela est souvent dû à un accès limité à des sources de financement fiables, ou dans la plupart des cas à l'existence des dispositifs de financement instables. En outre le ministère de l'Environnement (MDE), étant l'institution suprême à laquelle incombe la gestion de la biodiversité au niveau du pays, ne dispose pas de moyens financiers suffisants (PNUE, 2013) destinés à la mise en œuvre des actions et initiatives relatives à court et à long terme (Dufour, 2011).

Bien entendu, il existe tant sur le plan international que régional tout un ensemble de bailleurs qui se veulent des facilitateurs, des encadreurs ou des promoteurs des initiatives dédiées à la gestion de l'environnement et la conservation des ressources biogénétiques au niveau du pays. Cependant bien souvent les quotas de fonds définis et fixés, ajoutés à certains critères non favorables au contexte de développement actuel du pays, ne laissent pas trop de choix aux acteurs concernés. Ainsi, il existe plusieurs sources de financement internationales en faveur de la gestion de la biodiversité auxquelles le pays peut avoir accès (MDE, 2016) (FEM, 2016) (MDE, 2019a). Sur le plan international mention peut être faite de quelques bailleurs tels que : Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) ; Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), ONU Environnement ; l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID), Agence Allemande de coopération internationale (GIZ) ; Banque Interaméricaine de Développement (BID:) ; Banque Mondiale (BM:) ; Fonds Européen de Développement (FED) ; Agence Française de Développement (AFD). Puis sur le plan régional, il existe également le Fonds Caribéen pour la Biodiversité (CBF) entre autres (MDE, 2019a). Malgré l'existence de tous ces bailleurs de fonds, le problème financier constitue l'un des freins les plus fondamentaux auxquels le domaine de la conservation de la biodiversité reste confronté.

Actuellement, la source financière la plus importante et vraisemblablement la plus garantie pour la mise en œuvre des actions en faveur de la conservation de la biodiversité au niveau du pays demeure le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM). Heureusement, selon la stratégie du programme de microfinancement pour la phase 6 (FEM, 2016) la thématique centrale retenue pour Haïti est la conservation de paysages terrestres / marins communautaires **(FEM, 2016)**. En effet, bien que ce soit

un dispositif financier englobant plusieurs domaines focaux, il représente la plus importante opportunité en matière de la prise en compte de la biodiversité. En revanche, compte tenu de l'ampleur des menaces qui pèsent actuellement sur cette dernière et le seuil de financement qui est retenu, il est encore très difficile de remonter la pente avec le peu de moyens disponibles. Il existe également le Fonds de Partenariat pour les Écosystèmes Critiques (CEPF : Critical Ecosystem Partnership Fund) qui s'implique dans le financement des initiatives et de certains projets visant à répertorier, à rétablir et à protéger les écosystèmes critiques. Mais les enveloppes financières dont il dispose, restent limitées eu égard à l'ampleur des tâches à accomplir, vu le niveau de la dégradation actuelle des différents écosystèmes du pays.

Subséquemment, inquiétées par cette situation délirante, des organisations de la société civile haïtienne comme la Société Audubon Haïti (SAH) avec l'appui d'autres partenaires internationaux à l'exemple de l'ONU Environnement (MDE, 2019a) ont abouti à la mise en place d'un Fonds National de Placement pour la conservation de la Biodiversité connu sous l'étiquète « Fonds Haïtien pour la Biodiversité ». Cependant, étant à sa phase de démarrage, il n'acquiert pas encore de maturité institutionnelle imposante et de capacités financières suffisantes pour pouvoir embrasser la problématique de la conservation de la Biodiversité dans toute son intégralité et sa complexité.

Conclusion

Au vu de la dégradation alarmante actuelle de l'environnement mondial, en particulier l'érosion de la biodiversité, ce sujet est devenu une préoccupation commune à toute l'humanité (ONU, 1992; Blandin P. , 2014). Cela suscite beaucoup de curiosité et implique des exercices de recherche à tous les niveaux du vivant et à toutes les échelles territoriales au niveau du globe. Dans ce contexte, il a été jugé primordial de réaliser une analyse de la prise en charge et de la dynamique de la gestion et de la conservation de la biodiversité en Haïti en y mettant en relief l'importance des écosystèmes forestiers. En fait, cette prospection s'est donnée pour tâches de passer en revue et de mettre en avant les initiatives les plus pertinentes susceptibles de contribuer à la gestion et à la protection de la biodiversité en Haïti afin d'en produire une analyse informative permettant de détenir une meilleure compréhension de cette dynamique au niveau du pays. Pour ce faire, il a été important de passer en revue les dispositifs règlementaires et institutionnels y étants relatifs, de déterminer et décrire la portée réelle des différentes formes de contributions fournies par les différents acteurs qui s'y impliquent, d'établir la concordance réelle existante entre les initiatives et activités entreprises par rapport aux

expectatives relatives aux objectifs fixés par les autorités concernées dont les principaux décideurs du domaine, mais aussi de tenter de mettre en relief l'importance des écosystèmes forestiers dans une telle dynamique. Cela résultait d'une méthodologie assidue fondée spécifiquement sur une revue documentaire relativement riche, agrémentée par une enquête institutionnelle assez sélective et des entrevues avec des compétences connues du domaine en Haïti.

Au fait, les informations collectées à partir de cette démarche ont permis de constater que beaucoup d'efforts sont en train d'être conjugués dans un souci de gérer durablement mais aussi efficacement la biodiversité dans le pays. Ces efforts se manifestent à tous les niveaux, que ce soit à travers la mise en œuvre de mesures visant à améliorer le cadre politique et stratégique, réglementaire, institutionnel et de gouvernance, que ce soit par la mise en œuvre d'un ensemble d'initiatives et de projets dans les milieux les plus concernés. Cela se justifie par : la signature d'un ensemble de traités internationaux et régionaux mais aussi par l'établissement d'une législation environnementale, bien que dispersée, portant sur la biodiversité et les aires protégées ; la mise en place des structures publiques dédiées spécifiquement à la gestion de la biodiversité et l'implication d'un nombre important d'institutions dans ce mouvement ; la création et la délimitation des aires protégées (terrestres, côtières et marines) et des Zones Clés de la Biodiversité (ZCB) à travers tout le territoire et l'établissement du Corridor Biologique, la mise en œuvre des initiatives et activités de protection, de reboisement et de reforestation des espaces dégradées ; la mise en place des programmes de formation, d'éducation, de sensibilisation, et promotion relative à la préservation et la valorisation des ressources biologiques du pays ; mais également des mesures et initiatives visant à renforcer la résilience des systèmes naturels face aux effets néfastes du changement climatique.

Toutefois, il a été démontré que la gestion de la biodiversité en Haïti est en proie à de nombreuses circonstances constituant de freins et de défis majeurs à l'épanouissement et au développement concret de cette dynamique. Cet état de fait se traduit notamment par des lacunes réglementaires, une défaillance institutionnelle et un déficit de gouvernance (PNUD & UNOPS, 1998), une croissance démographique combinée à une urbanisation incontrôlée (Paul, Dameus, & Garrabe, 2010) et aussi les conditions socio-économiques de la population, l'insuffisance des ressources financières et la précarité des mécanismes de financement etc (PNUE, 2013), En effet, en dépit de l'implication active et véhémente de ces différentes institutions et les efforts confirmés qu'elles entreprennent, ces initiatives, bien que porteuses d'espoirs, n'arrivent pas cependant à renverser la dynamique de l'érosion de la biodiversité qui s'y manifeste depuis tant d'années (Merat, 2012).

En revanche, un examen circonspect des informations disponibles a permis de déceler que les écosystèmes forestiers (terrestres et littoraux) recèlent une concentration prépondérante en matière de biodiversité au niveau du pays. A ce titre, (Timyan & Hilaire, 2011) estiment qu'en Haïti, la plus grande concentration de la biodiversité s'aperçoit au niveau des massifs de la Hotte et de la Selle abritant les plus importantes reliques d'écosystèmes forestiers du pays. Ainsi la majorité des initiatives entreprises en faveur de la préservation et de la restauration de la biodiversité se concentre également au niveau de ces endroits, avec bien entendu une considération soutenue pour les écosystèmes de mangrove se développant sur le littoral haïtien, notamment au niveau des estuaires (Koohafkan & Lilin, 1989) (Aube, 1999).

Définitivement, il est admis que le maintien et l'entretien de la biodiversité en Haïti dépendent en grande partie de l'existence et de l'état des écosystèmes forestiers terrestres et côtiers (feuillus, résineux, mixtes et mangrove). Malgré tout, ces milieux fondamentaux au maintien et à la conservation de la biodiversité ne cessent de faire l'objet d'un détriment intenable. Cette situation, corolaire des d'activités humaines (Le Danff, 2002), engendre l'appauvrissement de la diversité biologique. Dans ce cas, le reboisement ou la reforestation peuvent s'avérer une option plausible ou un mécanisme déterminant dans le maintien ou la restauration de la biodiversité au niveau du territoire. Néanmoins, cela doit s'accompagner d'un dispositif réglementaire puissant, d'un cadre institutionnel, cohérent et bien coordonné, d'un environnement socio-économique favorable et des mécanismes de financement, rassurants et stables.

4 Un diagnostic et une analyse de la prise en compte du changement climatique dans les stratégies de développement en Haïti : Quelle importance accordée à la gestion des écosystèmes forestiers ?

Le changement climatique représente pour l'humanité un enjeu sérieux et une épreuve capitale pouvant soit nous effondrer tous, soit nous unir autour d'une détermination et d'une solidarité commune.

Introduction

Les enjeux auxquels l'environnement mondial doit faire face aujourd'hui ont pris une tournure croissante (Philippe, 2005) et représentent de sérieuses menaces pour l'humanité. De nature pluridimensionnelle et complexe, ces menaces ont tendance à modifier sans relâche l'équilibre des systèmes naturels et humains. Les regards se portent en effet sur la pollution des différentes composantes de l'univers (atmosphère, eau, terre), la fonte des glaces, la remontée du niveau marin, la désertification, l'appauvrissement des sols, la raréfaction de l'eau, ainsi que la destruction des écosystèmes terrestres et marins (Roques, 2013). Ajoutées à ceux-là, les inondations et les pluies diluviennes, provoquent des conséquences néfastes (Philippe, 2005; Roques, 2013) au fonctionnement des communautés vulnérables. Ces phénomènes sont enregistrés à l'échelle du globe et entrainent des répercussions majeures dont les manifestations sont plus terrifiantes et fatales au niveau des pays les plus pauvres (GIEC, 2007) (Puma & Gold, 2011).

Au-delà de ces enjeux s'ajoute le phénomène des changements climatiques ayant une importante corrélation avec la plupart des problèmes ci-mentionnés. Les changements climatiques constituent de nos jours un défi d'ampleur majeur hissé au sommet des préoccupations environnementales. Ils représentent l'un des plus importants défis à relever par l'humanité au cours de ce siècle (Délusca, 2018; FAO, 2018) et par conséquent font l'objet d'une attention particulière dans les débats de haut niveau portant sur l'environnement, à l'échelle mondiale. Selon bon nombre de chercheurs (Giraud, 2004; Syrine, 2010), les changements climatiques sont et seront manifestés par une élévation de la température moyenne du globe, une élévation du niveau des océans et très probablement par une fréquence accrue des événements climatiques extrêmes tels que les sécheresses, les tempêtes, les

ouragans et les pluies diluviennes, mais également par une diminution des précipitations, dépendamment des régions (GIEC, 2007). L'analyse de séries de données du passé récent (Giraud, 2004) a prouvé que ces manifestations sont déjà en cours dans bon nombre de pays. Les changements climatiques actuels, étant palpables (Godard, 2010), suscitent de vives inquiétudes sur l'avenir des générations futures en mettant en question les objectifs du développement durable.

En effet, tous les pays du monde sont sujets à des manifestations climatiques susceptibles d'entrainer des effets dévastateurs sur le bien-être de leurs populations et leurs écosystèmes naturels, notamment des conséquences économiques, écologiques et sociales d'une très grande portée (Dervis, 2013). Cependant, cette situation devrait être relativisée car les changements climatiques auront des manifestations contrastées d'une région à une autre (Duvat, 2015). En d'autres termes, les manifestations attendues seront inégalement réparties dans le monde (Giraud, 2004). En revanche, certaines régions comme les zones intertropicales par exemple devraient être les plus touchées (Giraud, 2004), les pays pauvres sont et seront davantage affectés que les pays riches par les effets néfastes de ce phénomène en raison de leur vulnérabilité (GIEC, 2007). (Weikmans & Zaccai, 2017). Plus particulièrement, ce phénomène à portée mondiale laisse présager des retombées négatives d'ampleurs majeures pouvant entraver la capacité des pays en développement à réduire leur pauvreté et à réaliser leurs objectifs en matière de développement (MDE, 2006). Analysés sous un angle de vulnérabilité aux effets des changements climatiques, ces pays constituent dans ces conditions les maillons les plus fragiles de la chaine et nécessitent des mesures d'actions urgentes (Viau et al., 2009). Cet état de fait est dû principalement à leur forte dépendance à l'égard des ressources naturelles qui dépendent grandement des conditions climatiques et de leurs capacités limitées à s'adapter à l'évolution du climat (Piya et al., 2003). Dans de telles circonstances, les changements climatiques vont exacerber la pauvreté dans le monde, plus précisément dans les pays les plus pauvres (Benjamin et al., 2019).

En Haïti la situation est très préoccupante en raison d'une vulnérabilité généralisée et patente du pays aux effets des changements climatiques (Marcelin, Cela, & Shultz, 2016). Selon une étude menée récemment (Noble et al., 2015) Haïti est classée comme le pays le plus vulnérable aux impacts des changements climatiques dans l'Amérique latine. A l'instar d'autres pays en développement, cette situation résulte de la forte exposition du pays aux aléas climatiques, de la dépendance accrue de son économie aux conditions climatiques, et du faible capacité d'adaptation de ses structures naturelles et humaines aux risques climatiques en cours (MDE, 2017a). Selon certains constats, les effets des changements climatiques sont déjà en cours en Haïti et se manifestent depuis déjà quatre décennies (Singh & Cohen, 2014). Les paramètres climatiques, tels que prévus par les scénarios du GIEC, commencent déjà à se modifier sous l'influence de ce

phénomène climatique (Joseph & Saffache, 2018). Les changements se traduisent par une augmentation de la température moyenne nationale et une irrégularité au niveau des saisons de pluie engendrant un accroissement des événements extrêmes tels que la sécheresse et une amplification des tempêtes et des ouragans (Singh & Cohen, 2014). Cette situation très menaçante engendre la nécessité de mettre en branle des politiques publiques, à travers des mesures et actions urgentes et efficaces visant à renforcer la résilience de la population et pouvant lui permettre d'atténuer le changement climatique et de s'adapter à ses impacts. De ce fait, il convient d'entreprendre des mesures d'adaptation et d'atténuation à long terme rentrant dans un cadre de lutte durable contre les changements climatiques.

Interpellé par cette situation, il convient, à travers ce travail, de procéder à un diagnostic/une analyse de la prise en compte du changement climatique dans les politiques publiques ou les stratégies de développement en Haïti tout en essayant de déterminer l'importance accordée à la gestion des écosystèmes forestiers.

4.1 Le processus méthodologique adopté dans le cadre de cette étude

Élaborer un travail scientifique consiste à mettre en relief un élément pertinent dans un domaine désiré et à mettre les résultats obtenus, selon une méthodologie définie, à la disposition des intéressés du domaine ou d'autres domaines connexes (Duchemin, 2010). Cela devra faciliter l'utilisation, la critique, l'analyse ou la reproduction de l'étude au besoin ou à des fins utiles ; des éléments étant censés être considérés comme les principaux objectifs de la rédaction scientifique (Robitaille, et al., 2017). En effet, la réalisation d'une telle initiative doit impliquer l'usage d'une démarche méthodologique bien échelonnée et organisée. En d'autres mots, un processus méthodologique bien défini, clair et adapté à la recherche envisagée (questions de recherche et objectifs de la recherche) est une caractéristique fondamentale relative à tout travail scientifique de qualité (Duchemin, 2010).

Inspiré de cette logique, une méthodologie basée sur une démarche bien organisée a été appliquée dans le cadre de la réalisation de cette analyse-diagnostic des initiatives de lutte contre les changements climatiques en Haïti. Ainsi, le processus mise en œuvre a été agencé à partir des étapes ci-dessous :

- La revue documentaire relative aux changements climatiques en Haïti
- La réalisation d'une enquête institutionnelle
- La consultation de certaines personnes ressources
- Le traitement et l'analyse des données acquises à partir des différentes sources ciblées.

4.1.1 La revue documentaire relative aux initiatives de lutte contre les changements climatiques en Haïti

Il convient de mentionner que la recherche documentaire est une des étapes clés de la démarche méthodologique ayant été utilisée dans la conduite de cette étude. Etant une étape essentielle dans présentation d'un travail scientifique (Duchemin, 2010), son objectif principal consiste à identifier, collecter et traiter des informations en lien avec le sujet d'étude tout en s'appuyant sur des sources fiables (CDI, 2017). C'est un exercice complexe mais très important dans la rédaction, sachant que la richesse documentaire est attribuée aux caractéristiques fondamentales d'une bonne méthodologie de recherche (UA, 2013).

Ainsi, dans le cadre de la présente étude sur la prise en compte du changement climatique dans la politique et les stratégies de développement en Haïti, différents documents de natures et d'origines diverses portant sur des éléments relatifs à ce phénomène en Haïti ont été passés en revue. Subséquemment, nombre de documents de projet, de plans nationaux, d'articles scientifiques traitant la thématique des changements climatiques sur le plan global, mais en grande partie ceux se portant particulièrement sur Haïti, ont été consultés à cette fin.

Il convient toutefois de rappeler, que les changements climatiques font l'objet d'une attention exceptionnelle en raison de la portée mondiale de ses effets. Cette attention accrue sur l'évolution de ce phénomène conditionne l'existence d'une littérature particulièrement riche au niveau global. Cette tendance est également observée en Haïti où la thématique du changement climatique est largement abordée et médiatisée. Compte tenu de cette situation, il est estimé judicieux de cerner et d'épurer nos recherches afin d'aboutir à des informations non moins pertinentes, mais surtout fiables.

4.1.2 Réalisation d'une enquête institutionnelle

La lutte contre les changements climatiques, étant un champ d'intervention aussi en vogue que transversal, est abordée par des institutions dont les secteurs d'intervention ne sont pas forcément identiques. Ainsi, afin de parvenir aux objectifs définis dans le cadre de ce travail, l'une des différentes étapes relatives à la démarche préconisée était de procéder à un exercice de collecte d'informations au niveau institutionnel. Bien que ce soit dans l'informel, cette enquête a été menée auprès des représentants d'un ensemble d'institutions œuvrant d'une façon ou d'une autre, directement ou indirectement, dans la lutte contre les changements climatiques dans le pays. Dans l'ensemble, ces entretiens semi structurés se sont articulés autour : du statut et des domaines d'intervention clés de l'institution et leurs liens avec le changement climatique ; des objectifs et des stratégies de lutte adoptées (atténuation, adaptation) ; des catégories de cibles envisagées (niveaux

de vulnérabilité) dans la mise en œuvre la lutte contre le changement climatique ; des difficultés ou obstacles rencontrés dans la mise en œuvre des actions de lutte engagées ; de l'harmonisation ou de l'alignement des initiatives entreprises aux stratégies ou politiques nationales de lutte contre le changement climatique ; mais aussi de la nature de l'échelle d'intervention (sectorielle, locale ou globale) priorisée par l'institution en matière de lutte contre le changement climatique.

4.1.3 Consultation des cadres chevronnées en matière de changement climatique en Haïti

Considérant le caractère pluridimensionnel de la thématique dite changement climatique, elle est approchée sous des angles divers par des acteurs multiples. Toutefois, elle mérite d'être abordée dans une dynamique concertée en vue de s'assurer d'une compréhension globale du phénomène. Dans cet ordre d'idées, il a été jugé nécessaire de se référer à des personnes ressources issues d'horizons divers et ayant des connaissances pointues et des expériences avérées en la matière au niveau du pays afin de mieux circonscrire la situation. Cela a permis entre autres de compléter les informations relevées à partir de la recherche documentaire et recueillies à partir de l'enquête sommaire. Le tableau ci-dessous renseigne sur les personnalités consultées à cette fin.

Tableau 9 : Les personnalités consultées, leurs institutions hôtes et leurs coordonnées

Prénom et nom	Institution hôte	Adresse de courrier
Museau HÉRAULD	AGRISUD International	mushe78@gmail.com
Raoul VITAL	DCC/MDE	raoulvital2@gmail.com
Kénel DELUSCA	Consultant-Expert en CC	kenel.delusca@gmail.com
Eder AUDATE	DFER /MDE	eder.audate@mde.gouv.ht
Virginie DESTUYNDER	ETS, Montréal	vdestuynder@gmail.com

4.1.4 Choix de la méthode de traitement et d'analyse des informations relatives à la recherche

Le traitement et l'analyse des données ont constitué une étape essentielle à la réalisation de ce travail de recherche. Le plus souvent, la méthode de traitement et d'analyse utilisée dépend du choix méthodologique effectué (Livian, 2015). Ainsi, dans le souci de traiter et d'analyser les données recueillies dans le cadre de la présente étude, une méthodologie a été adoptée en fonction de l'objectif de l'étude. Ce choix se justifie par le fait que l'objectif de l'étude joue un rôle important dans l'orientation donnée au travail (Livian, 2015). Compte tenu du fait que la présente étude s'inscrit dans une perspective de description et d'analyse de la prise en compte de la lutte contre les changements climatiques en Haïti, il a été jugé tout à fait judicieux de l'orienter de préférence vers

une approche qualitative. Sachant que l'approche qualitative est une démarche visant à produire et analyser des données descriptives telles que les paroles écrites ou dites ou le comportement observatoires des personnes (Taylor et Bogdan,1984) cités par (Kakal, 2008). En d'autres termes, l'approche qualitative est une démarche qui consiste à recueillir des données verbales ou écrites en vue de procéder à une analyse interprétative (Aubin-Auger et al., 2008). L'appropriation de cette approche a permis d'analyser de manière littérale mais aussi descriptive un éventail d'initiatives menées en matière de lutte contre les changements climatiques au niveau du pays, même si certaines informations illustratives ont été fournies sous forme de données chiffrées. En fin de compte, l'analyse des données recueillies a permis, dans une certaine mesure, de répondre sous forme d'interprétation globale aux questions posées dans le cadre de la recherche (Livian, 2015).

4.2 Organisation institutionnelle de la lutte contre le changement climatique en Haïti

La problématique environnementale en Haïti est abordée par un nombre important d'institutions publiques, d'organisations non gouvernementales (ONG) et d'autres acteurs de la société civile (MDE, 2001) et du secteur privé. En réalité, beaucoup d'entre eux se donnent pour mission de s'impliquer spécifiquement dans la mise en œuvre d'actions et initiatives portant sur la lutte contre les changements climatiques au niveau de leurs zones d'interventions respectives à travers le pays, même si les résultats jusqu'à présent générés laissent considérablement à désirer. (Singh & Cohen, 2014; MDE, 2019b). En fait, leurs implications peuvent être de natures technique, financière, cognitive ou dans une moindre mesure mixte. Sur le plan structurel, il existe une instance de coordination, une instance de concertation et une instance d'action.

En amont de cette disposition, se trouvent le ministère de la Planification et de la Coopération Externe (MPCE) qui s'engage et s'implique notamment dans la conception et la réalisation des outils stratégiques relatifs aux problématiques climatiques, et le Ministère de l'Economie et des Finances (MEF) qui s'occupe du budget et du financement d'actions et initiatives relatives à la lutte contre le changement climatique sur le plan national.

Au cœur de cette architecture/ ossature se place le ministère de l'Environnement (MDE), via ses services et directions dédiés au changement climatique : la Direction des Changements Climatiques (DCC) et le Bureau National des Evaluations Environnementales (BNEE), qui assure le leadership, la coordination, et donne le ton en matière des initiatives de lutte contre ce phénomène menaçant (MDE, 2019b). Dans l'ensemble, ces structures constituent l'instance de coordination de la planification et de la mise en œuvre des initiatives (accords, politiques, plan programme, projet) relatives à la lutte contre le changement climatique en Haïti.

Dans une stratégie de suivi de la prise en compte et de la mise en œuvre locale de la lutte contre le changement climatique sur le territoire entier, il est prévu de réaliser régulièrement, au niveau départemental, une structure de concertation dénommée « ***Table sectorielle environnement*** » au cours de laquelle se déroule également une « ***Sous-table sectorielle changement climatique et Energie*** ». Organisée sous l'impulsion de la Direction des Changements Climatiques (DCC) et du Bureau National des Evaluations Environnementales (BNEE), ce dispositif territorial représente l'instance de concertation consacrée à la lutte contre le changement climatique en Haïti.

En outre, pour s'assurer d'une plus grande performance des actions envisagées, dans beaucoup de cas le ministère de l'Environnement confie l'exécution des projets à d'autres ministères, notamment le ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR). Dans ce présent cas, il joue plutôt un rôle de vigie de la mise en œuvre des projets définis (Borde, et al., 2015). Cette branche d'agencement autour de la lutte contre le changement climatique en Haïti constitue l'instance d'action.

Toutefois, au-delà de cette configuration, il existe aussi un corpus d'organes publics autonomes, et des organisations de la société civile qui se donnent pour mission d'œuvrer ardemment dans la lutte ou l'adaptation face au changement climatique en Haïti.

4.2.1 Des ministères directement impliqués dans la lutte contre le changement climatique en Haïti

4.2.1.1 Ministère de l'Environnement (MDE) : le chef d'orchestre

En fait, le ministère de l'Environnement (MDE) constitue l'instance publique la plus importante en matière de lutte contre les changements climatiques en Haïti. Il est considéré comme le point focal climat dans le cadre de la mise en œuvre de la Convention Cadre des Nations Unies Contre les Changements Climatiques (CCNUCC) en Haïti (Borde, et al., 2015). D'une manière générale, sa véritable mission consiste à développer et mettre en place des mesures appropriées de gestion et de protection de l'environnement, à réhabiliter l'environnement avec la collaboration des autorités compétentes et à sensibiliser et éduquer la population, particulièrement les communautés les plus vulnérables sur les enjeux liés à l'environnement (MDE, 2001; Borde, et al., 2015).

Ce ministère a pour mission également de mettre en place et de faire fonctionner les unités d'étude, de programmation, de concertation et de mise en œuvre des actions relatives à la lutte contre le changement climatique au niveau du territoire.

Au niveau de cette hiérarchie, il existe une « unité technique de projet » interne mais adjacente à l'Unité d'étude et de programmation du Ministère de l'Environnement dont les attributions se

portent principalement sur l'environnement et la lutte contre le changement climatique. Elle est constituée par :

- La **Direction des Changements Climatiques (DCC)** dont la mission principale **consiste** à produire des outils d'aide à la décision qui facilitent la planification en matière d'adaptation, l'inventaire des émissions des absorptions anthropiques de GES et d'atténuation des Changements Climatiques. Elle fournit un inventaire national des émissions (MDE, 2018). Elle est aussi chargée de planifier les programmes d'adaptation aux changements climatiques, des mesures de mitigation et la surveillance des progrès liés à ces domaines (MDE/PNUD, 2019).
- Le **Bureau National des Evaluations Environnementales** (BNEE) ci-devant Bureau des Evaluations des Impacts Environnementaux (BEIE) qui contrôle et garantit la prise en compte des préoccupations environnementales dans l'élaboration des politiques, plans, programmes et projets au niveau des ministères (MDE, 2018).

4.2.1.2 Ministère de la Planification et de la Coopération Externe (MPCE)

Le ministère de la Planification et de la Coopération Externe (MPCE) a pour mission de concevoir, piloter, animer la planification (le processus de planification) du développement et coordonner l'apport externe en support à l'effort national de développement. De ce fait, il constitue l'organe suprême de toute planification relative au développement du territoire haïtien. Ainsi, il a été chargé de formuler et de réaliser le Plan Stratégique de Développement D'Haïti (PSDH) dont il est en même temps le défenseur et le promoteur principal. Ce dispositif stratégique fait office d'un guide souverain pour la planification, la programmation et la gestion du développement en Haïti à long terme. En effet, les politiques, stratégies, schémas, plans, programmes, projets visant la lutte contre le changement climatique (PANA, PNA, CPDN, PNCC, SNAT, PNGRD, etc.) doivent nécessairement s'y aligner pour avoir de la pleine légitimité. A noter que l'une des attributions de ce ministère est d'assurer le suivi et l'évaluation de la mise en œuvre de tous les instruments de planification relatifs au territoire. En outre dans un souci de respecter son engagement partenarial auprès de la communauté internationale, notamment avec les Nations Unies, il prend la responsabilité d'accomplir les Objectifs de Développement Durable (ODD) et permettre à Haïti d'atteindre le statut de pays émergent d´ici 2030. Cela requiert en effet beaucoup d'efforts de planification et de mise en place, entre autres la construction et le renforcement de la résilience climatique au niveau du territoire tout entier.

Tout récemment (**aout 2019**), pour confirmer sa position, son engagement et son implication active dans la lutte contre le changement climatique, le MPCE conjointement au Ministère de

l'Environnement (MDE), en collaboration avec le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), vient de lancer officiellement le « Plan National d'Adaptation (PNA) » aux Changements Climatiques. Définitivement, compte tenu de son pouvoir de contrôle sur le développement du territoire, le MPCE est censé jouer un rôle déterminant dans la lutte contre le changement climatique au niveau du pays.

4.2.1.3 Ministère de l'Économie et des Finances d'Haïti (MEF)

Le ministère de l'Économie et des Finances (MEF) a pour mission fondamentale de formuler et de conduire la politique économique, financière et monétaire de l'État haïtien pour favoriser la croissance ainsi que le développement socio-économique du pays sur une base durable (MEF, 2014). Bien entendu, cela nécessite un climat favorable basé sur une stabilité généralisée et un environnement résilient. Etant gestionnaire de la trésorerie et du budget national, il devient la clef de voûte de la mise en œuvre de toutes les initiatives et actions prévues par le gouvernement. Dans ce cas, il représente l'organe principal de l'Etat chargé de faciliter l'application des politiques et stratégies relatives à la lutte contre les changements en matière de planification budgétaire et de financement.

Comment le ministère de l'Économie et des Finances (MEF) s'implique-t-il dans la lutte contre le changement climatique en Haïti ?

En fait, la planification stratégique voire opérationnelle et la mise en œuvre des initiatives et actions dévolues à la lutte contre le changement climatique, à tous les niveaux et sur quel que soit le territoire, exigent des de lourds investissements. Au-delà de ce fait, Haïti est l'un des pays les plus exposés et les plus vulnérables au changement climatique (Singh & Cohen, 2014; OIM, 2016; Marcelin & Cela, 2017; MDE, 2019b). La précarité économique ou la pauvreté est néanmoins pointée du droit comme l'une des principales causes (OIM, 2016; Marcelin & Cela, 2017) de cet état de fait. Etant dans une telle situation, le pays se trouve dans la nécessité de détenir des fonds, non seulement alloués à la prévention des risques climatiques, mais aussi destinés à atténuer les effets du phénomène et à s'y adapter efficacement voire au rétablissement des systèmes socio-écologiques déjà affectés par ce fléau. Cela permettra par conséquent de renforcer la résilience des communautés, particulièrement les plus vulnérables par rapport aux effets du changement climatique. Dans de telles conditions, le ministère de l'Économie et des Finances détient un rôle primordial en matière de la planification et de la mise en œuvre de la lutte contre le changement climatique en Haïti (Borde, et al., 2015). Il s'ensuit qu'il est l'organe le plus haut placé en matière de budgétisation et de financement des initiatives et actions planifiées et mises en œuvre par le

gouvernement haïtien dont la prise en compte et la matérialisation de la lutte contre le changement climatique.

En termes de responsabilité face à l'évolution actuelle du climat, l'un des défis prioritaires pour le MEF est l'« adoption de politiques publiques visant à accroitre la résilience économique d'Haïti face aux risques environnementaux et climatiques » (MEF, 2017). Ainsi, le MEF assume la responsabilité d'intégrer les coûts liés aux changements climatiques dans le budget national et d'assurer la disponibilité des enveloppes financières nécessaires à la mise en œuvre des leviers d'actions identifiés afin de mieux comprendre et de mesurer les risques économiques auxquels est exposé le pays (Borde, et al., 2015).

4.2.1.4 Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural

La mission principale du ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR) consiste à concevoir et à appliquer une politique nationale adéquate dans les domaines de l'agriculture, de l'élevage, des ressources naturelles et du développement rural (MDE, 2001). Cependant, compte tenu de la dimension transversale de la lutte contre le changement climatique, il se trouve dans la nécessité de l'intégrer dans ses planifications stratégiques. Souvent en interopération avec le ministère de l'Environnement (MDE), il est devenu une institution d'importance capitale dans la lutte contre le changement climatique en Haïti. Cet organe détient beaucoup d'expériences et de compétences en matière d'exécution des projets de lutte contre le changement climatique en Haïti. Actuellement, sur le terrain il est l'un des acteurs les plus impliqués dans la mise en œuvre pratique des initiatives et actions visant à enrayer ce phénomène au niveau du pays. Le Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN) visant la résilience de l'agriculture au changement climatique et dont émane le programme de recherche-formation-vulgarisation agricole sur l'adaptation au changement climatique en est un cas factuel.

En Haïti, il est d'une évidence incontestable que le secteur agricole représente l'un des plus vulnérables aux risques engendrés par la modification du climat, et par conséquences le plus affecté par les manifestations du changement climatique. Cela est dû notamment au rétrécissement des périodes de croissance, à la hausse de température, au cycle de précipitation aléatoire, et à d'autres facteurs dépendant du temps (Singh & Cohen, 2014). D'où la nécessité pour un tel ministère de s'impliquer à fond dans une telle dynamique.

La société civile a une présence relativement faible en Haïti (Cadet, 2006; Weissenberger, 2018). Les gouvernements locaux et les ONG peuvent jouer un rôle important dans le renforcement de

la capacité des organisations de la société civile, en particulier au niveau local (Singh & Cohen, 2014).

4.2.2 D'autres organes publics impliqués dans la lutte contre le changement climatique en Haïti

4.2.2.1 Système National de Gestion des Risques et des Désastres (SNGRD)

Le Système National de Gestion des Risques et des Désastres (SNGRD) est censé intervenir dans la planification et la mise en œuvre d'actions permettant une meilleure gestion des risques et une réponse mieux adaptée aux désastres naturels (Borde, et al., 2015). Or, en faisant allusion aux risques et désastres en Haïti, ceux relatifs aux conséquences du changement climatique doivent se placer à l'avant-garde, compte tenu de leur fréquence et leur ampleur.

La manifestation du phénomène changement climatique entraine souvent de graves conséquences sur les systèmes socio-écologiques en Haïti. Les dégâts provoqués par le passage de l'ouragan Mathew en 2016 (Marcelin & Cela, 2017; Stewart, 2017) en est une preuve incontestable. Manifestées par des inondations persistantes, des hausses de la mer inhabituelles, et des périodes de sécheresses prolongées (Joseph & Saffache, 2018), ces catastrophes sont les résultats d'un accroissement et d'une fréquence élevée des phénomènes hydrométéorologiques extrêmes, notamment les ouragans, les cyclones et tempêtes tropicales, des pluies diluviennes, l'irrégularité adjointe à la diminution des précipitations, l'augmentation de la température etc.

De telles situations engendrées par ce phénomène dangereux exige l'intervention d'un organe de contrôle et gestion capable de donner des réponses rapides et adéquates et au moment approprié. D'où la place du Système National de Gestion des Risques et des Désastres (SNGRD) dans la lutte contre le changement climatique au niveau du pays. En définitive, cette institution fait office d'un acteur clé en matière de la gestion des risques climatiques en Haïti (Borde, et al., 2015).

4.2.2.2 Comité interministériel d'aménagement du territoire (CIAT)

Créé en 2009 par arrêté ministériel (CIAT, 2011) et officiellement reconnu en mars 2009 (Pierre-Louis, 2009), le Comité interministériel d'aménagement du territoire (CIAT) est un organisme gouvernemental visant la réglementation, la refondation et la réorganisation du territoire haïtien et son environnement. Il est chargé de définir la politique du gouvernement haïtien en matière d'aménagement du territoire, de protection et de gestion des bassins versants, de gestion de l'eau, de l'assainissement, de l'urbanisme et de l'équipement (Pierre-Louis, 2009; CIAT, 2011). Ceux-là, étant complètement concernés par les effets du changement climatique, exigent une prise de position ferme de la part de cet organe public compte tenu de ses responsabilités à l'égard du territoire et de son environnement. De ce fait, il se voit obligé de faire de la résilience climatique

un axe prioritaire de sa politique et de ses interventions. Ainsi, il s'est également donné pour objectif de se focaliser sur la mise en œuvre de projets et programmes visant à construire la résilience des communautés et systèmes vulnérables du pays. En effet, le **Secrétariat Technique** du CIAT est constituée en cinq grandes cellules techniques (CIAT, 2011) dont celle de la réduction de la vulnérabilité chargée de conduire le Programme pilote pour la résilience aux changements climatiques, en étroite collaboration avec la Direction des Changements Climatiques du ministère de l'Environnement (DCC/MDE).

En plus des actions pratiques opérées sur le terrain, il s'est spécialisé dans la location spatiale des risques et catastrophes faisant office des outils d'aide à la décision à l'égard du gouvernent haïtien.

Pour illustrer son implication, le CIAT a pu déjà participer à la mise en œuvre de plusieurs projets portant sur la résilience climatique au niveau du pays, entre autres : le projet adaptation aux changements climatiques dans les zones côtières urbaines ; le Programme Pilote pour la Résilience Climatique (PPRC), le projet amélioration de la résilience climatique des infrastructures de la Boucle Centre-Artibonite et le projet amélioration de la résilience climatique de l'agriculture dans la Boucle Centre-Artibonite.

Cependant, il reste à s'interroger sur la pertinence de ses projets, à savoir s'ils ont réellement contribué à engendrer la résilience des communautés et systèmes vulnérables efficacement.

4.2.2.3 Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique (IHSI)

La gestion des risques et catastrophes tributaires du changement climatique et auxquels les systèmes socio-écologiques sont exposés en Haïti requiert la disponibilité en permanence des données socio-économiques et surtout démographiques. La collecte de ces informations, pour etre valide, requiert expertise avérée, fiabilité et légitimité. L'Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique (IHSI) est la plus haute instance publique chargée de cette question au niveau du pays. Placé sous la tutelle du ministère de l'Économie et des Finances (MEF), il est responsable de fournir des données statistiques sur les composantes économique, sociale, démographique, environnementale résultant des enquêtes et des recensements officiels. Les informations fournies sur ces paramètres font office d'indicateurs permettant d'évaluer de la vulnérabilité des systèmes socio-écologiques aux effets négatifs des changements climatiques (Borde, et al., 2015). Dans ces conditions, cette institution représente un acteur clé dans la prise en compte de la lutte contre le changement climatique en Haïti. Toutefois l'amélioration de la collecte de données est cruciale pour développer la résilience au changement climatique (Singh & Cohen, 2014). Dans ce cas, il faut bien entendu ajuster les méthodes de collecte de données par rapport au contexte et aux enjeux du changement climatique actuel.

4.2.2.4 Direction des Forêts et des Energie renouvelables du MDE

En parallèle aux services du ministère de l'environnement (DCC & BNEE) ayant pour attributions de se focaliser spécialement sur la lutte contre le changement climatique, d'autres sections de cette institution, comme la Direction des Forêts et des Energie renouvelables (DFER), à travers leurs missions, s'engagent partiellement, mais activement et efficacement dans la recherche de solutions plausibles visant à enrayer le phénomène du changement climatique en Haïti.

Sous l'égide du ministère de l'Environnement, la DFER essaie de mettre en relief le rôle crucial de la forêt dans la prévention des risques et dans la mitigation des impacts des cataclysmes naturels (DFER/MDE, 2018). De ce fait, il exige, au niveau de ses projets, la prise en compte des aspects spécifiques liés à la problématique de la déforestation et du déboisement, et de mettre en branle des actions de redressement visant à apporter des solutions efficaces et viables à ces problèmes. En effet, elle fait du changement climatique, de la réduction des risques et de l'énergie un axe prioritaire de sa planification (DFER/MDE, 2018; Audate, 2020).

Tout compte fait, dans le but d'affronter les défis liés au changement climatique en Haïti, la DFER (2018) se donne pour objectif de : développer l'utilisation des énergies renouvelables (solaire, éolienne, micro-hydroélectricité, biomasse) pour la satisfaction des besoins énergétiques du pays ; promouvoir l'efficacité de la consommation de bois-énergie et l'accès des populations à des sources d'énergies alternatives afin de contribuer à la réduction de la pression sur les ressources forestières et de renforcer les capacités des entreprise locales en matière d'utilisation des énergies renouvelables. Ainsi, pour matérialiser ces objectifs, la DFER à travers son Plan d'Action (2018) compte élaborer et mettre en œuvre des projets d'envergure pour lutter contre la surexploitation des ressources ligneuses ; mettre sur pied des forêts énergétiques (au moins une par Commune) à travers tout le pays et contribuer au renforcement des capacités d'un certain nombre d'entreprises locales impliquées dans la production, la transformation et la commercialisation des ressources combustibles renouvelables.

4.3 La société civile haïtienne et la lutte contre le changement climatique

« La société civile est composée des nombreuses associations créées spontanément par les citoyens, qui reflètent les intérêts et les liens les plus divers » (OCDE, 2012). Ainsi, ces associations sont désignées sous le label des Organisations de la Société Civile (OSC). En Haïti, elles ont la capacité d'exercer des pressions sur les acteurs étatiques pour les amener à prendre conscience de la nécessité de faire des choix économiques et d'opter pour des *policies* adaptées aux besoins réels de la population (Saint Paul, 2017). Selon la définition accordée par l'OCDE (2009) des Organisations de la Société Civile (OSC), les associations de défense de l'environnement en font pleinement

partie. La lutte contre le changement climatique reste l'un des plus grands défis environnementaux auxquels la planète entière est en train de faire face. Ipso facto, il s'avère crucial que la société civile d'un pays puisse s'y impliquer ardemment, notamment en Haïti dont le territoire est classé parmi les plus exposés et les plus vulnérables aux risques climatiques au monde (Singh & Cohen, 2014; OIM, 2016; Marcelin & Cela, 2017; MDE, 2019b).

En outre, compte tenu de la défaillance avérée de la gouvernance publique en Haïti, les mécanismes d'alerte, de soins aux victimes et de secours supposent une anticipation des aléas, une évaluation des risques et un calcul des vulnérabilités qui ne sont pas à la portée des pouvoirs publics (Théodat, 2017). Dans ces conditions, la société civile haïtienne fait souvent office de substituants immédiats de l'Etat afin d'apporter soutien aux communautés vulnérables et /ou affectées par le changement climatique.

En revanche, plusieurs structures sont mises en place au niveau de la société civile haïtienne aux fins d'inciter les autorités concernées à prendre leurs responsabilités et d'accompagner les communautés vulnérables et affectées en matière de lutte contre le changement climatique au niveau du pays. Elles appellent la population à un changement d'attitude et de mode de vie en vue de contribuer au renforcement de sa résilience face aux phénomènes climatiques extrêmes. Certaines d'entre elles constituent donc des dispositifs très intéressants en matière d'engagement et d'implication dans la lutte contre le changement, entre autres :

4.3.1 La Plateforme de la Société Civile sur le changement climatique (PSC-CC)

Impulsées par cet état de fait, plusieurs associations œuvrant dans le domaine de l'environnent ont vu la nécessité de se joindre et de mettre en place un espace d'échange, de dialogue et de pression destinée à la lutte contre le changement climatique au niveau du pays. Ainsi s'est créée la Plateforme de la Société Civile sur le changement climatique (PSC-CC). Son objectif est de renforcer les capacités de la société civile en matière d'influence, de décisions, de mise en œuvre, d'observatoire et d'évaluation des programmes et des politiques de changement climatique dans le pays et d'accompagner les acteurs publics ou privés dans la construction de la résilience des communautés vulnérables aux effets des changements climatiques (Michel, 2013). Pour ce faire, elle se donne pour mission de s'engager ardemment dans les actions et les débats nationaux, régionaux et internationaux susceptible d'influencer l'implémentation des politiques, programmes et actions publiques participatifs sur les changements climatiques. Selon les idées véhiculées par Michel (2013), l'implication de la PSC-CC dans ce processus s'articule autour de quatre éléments fondamentaux que sont la règlementation, la cognition, la recherche et la technologie relatives au phénomène.

Au-delà des échanges et des dialogues entretenus entres ses organisations membres, cette structure joue un rôle très important dans la dynamique, car elle se donne pour mission d'exercer beaucoup de pressions auprès des autorités gouvernementales concernées afin d'intégrer la lutte contre le changement climatique au sein des initiatives stratégiques et pratiques de développement en Haïti.

4.3.2 Le mouvement Alternatiba introduit et établi en Haïti

Le mouvement Alternatiba est une initiative citoyenne mise en branle à partir d'une prise de conscience des manifestions réelles et inquiétantes du changement climatique à l'échelle du globe, et de la nécessité d'agir à l'urgence face à la progression de ce phénomène (Alternatiba, 2014). L'objectif de ce mouvement consiste à chercher, à renforcer et à développer des solutions alternatives appropriées visant à limiter l'influence de l'homme sur l'évolution du climat. Il entend, en effet, exiger des accords internationaux plus ambitieux, plus efficaces, plus contraignants et plus justes sur le climat auprès des autorités concernées. Il vise aussi à conscientiser les populations sur la nécessité de mettre en route, à l'urgence, la transition sociale, énergétique et écologique nécessaire permettant d'éviter un dérèglement profond et surtout irréversible des paramètres climatiques. Ce mouvement réunit des milliers de citoyennes et citoyens engagé(e)s face à l'urgence climatique dans la promotion et la mise en place d'alternatives concrètes (Alternatiba, 2014).

Pour pouvoir matérialiser cette opération des manifestations dites « villages des alternatives » sont organisées au niveau des villes des pays adhérant à cette initiative. Bien entendu, ce mouvement se déroule en majeure partie au niveau des pays européens et quelques rares pays non européens dont Haïti. En fait, il a pu etre introduit et établi dans le pays par l'intermédiaire du Groupe d'Action Francophone pour l'Environnement (GAFE) s'engageant vivement autour des questions relatives au climat.

A ce jour, plusieurs « villages des alternatives » se sont déjà déroulés dans plusieurs villes en Haïti (Kenscoff, Cité Soleil, Gonaïves, Port-au-Prince). Le but étant de proposer et de mettre en place des alternatives propres et efficaces visant à assurer la préservation du climat, mais également de conscientiser les communautés sur la nécessité de se regrouper en vue de faire face à l'urgence climatique.

4.3.3 La plateforme Haïti-Climat mise en place par l'ACLEDD

L'élaboration, la mise en place des outils stratégiques (politiques, plans, programme et projets) et les actes de plaidoyer visant la prise en compte et la mise en œuvre de la lutte contre le changement climatique sont très importants. Cependant, la promotion et la vulgarisation de ces instruments restent un élément primordial dans un pareil processus.

Inspirée de cette démarche, l'association Action pour le Climat l'Environnement et le Développement Durable (ACLEDD) fondée en 2016 a été mise sur pied en vue de faire face aux défis de la protection de l'environnement, des changements climatiques et du développement durable en Haïti (Saint-Hilaire, 2019). Elle s'engage notamment dans la promotion et la médiatisation des action et informations relatives à la gestion de l'environnement et à la lutte contre le changement climatique.

Dans son actif, l'ACLEDD a pu mettre en place la plateforme Haïti Climat plaidant en faveur d'une intégration et d'une priorisation des préoccupations environnementales dans les politiques publiques et les projets de coopération internationale en Haïti (Saint-Hilaire, 2019). Cette plateforme se veut un dispositif médiatique animé par des journalistes spécialisés sur les thématiques de l'environnement et du changement climatique (Saint-Hilaire, 2019). Par conséquent, le traitement, l'analyse et à la diffusion d'informations relatives à ces thématiques sont devenus ses tâches principales.

4.3.4 Considérations sur l'implication de la société civile dans cette dynamique

Au fait, une multitude d'organisations nationales et locales mais également des Organisations Non Gouvernementales (ONG) se veulent également impliquées considérablement dans la lutte contre le changement climatique. Certaines s'impliquent plutôt dans la mise en œuvre des actions sur le terrain, certaines autres s'impliquent de manières stratégiques, et d'autres s'engagent sur le plan cognitif (éducation, formation, sensibilisation etc.) ou dans un cadre de plaidoyer auprès des plus haut concernés de la nation.

Toutefois, dans de nombreux cas, des acteurs (société civile, ONG, gouvernement) considèrent que le fait de « faire du développement à l'ordinaire » constitue une stratégie de lutte contre le changement climatique en tant que telle (Laubin, Fauveaud, Chéron, & Gautier, 2012) ; alors qu'une activité peut être socialement permise voire économiquement rentable, mais écologiquement dangereuse.

4.4 Cadre réglementaire relatif au changement climatique en Haïti

Un large mouvement de prise de conscience mondiale autour de la lutte contre le changement climatique a vu le jour à la lumière du sommet mondial sur l'environnement et le développement tenu à Rio en 1992 (Syrine, 2010). Depuis, ce phénomène est perçu comme l'un des plus grands défis de la communauté internationale (Colette, 2008; Ly, et al., 2019). Ainsi, cette prise de conscience globale manifestée à l'égard de ce phénomène a conduit depuis lors à la signature et la ratification de plusieurs instruments règlementaires internationales (Conventions, protocoles et accords) par un nombre important de pays (Pallemaerts, 2004). Il s'agit, entre autres, de la

Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) de 1992 et du protocole de Kyoto adopté en 1997 et entré en vigueur en 2005 et de l'Accord de Paris entré en vigueur en novembre 2016 (UNFCCC, 2020). Les objectifs de ces conventions, protocoles et accords convergent vers une prise en compte collective du phénomène des changements climatiques à l'échelle globale afin d'établir un cadre légal de référence internationale et de définir les actions à entreprendre dans un souci d'apporter des réponses et solutions tant efficaces que durables aux problèmes générés par les manifestations de ce phénomène.

Du coup, il est à signaler qu'Haïti est l'une des Parties à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), et a aussi signé et ratifié le protocole de Kyoto en 2005 et l'accord de Paris (Weissenberger, 2018) dans l'intérêt de manifester sa détermination et son engagement à lutter contre les changements climatiques.

La convention cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique, adoptée au sommet de la terre de Rio de Janeiro en 1992 (ONU, 1992), constitue l'ossature juridique de la prise en compte universelle du changement climatique. Son objectif, non contraignant, est de réduire les émissions des GES jusqu'atteindre le même niveau qu'en 1990. Pour ce faire, elle se base sur une stratégie de responsabilités communes mais différenciées mettant en avant les pays développés dans la lutte contre les changements climatiques (ONU, Accord de Paris, 2015). En effet, elle prévoit que les pays en développement peuvent s'y engager à condition d'etre adjudicataires d'un transfert de technologie assumé par les pays développés (St-Geniès, 2015).

À la suite de l'adoption de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, l'opinion publique, étant alertée sur les conséquences du changement climatique, a commencé à se sentir réellement concernée par ce dérèglement. Subséquemment, les États qui ont ratifiée cette **Convention** se réunissent chaque année pour faire le bilan de son évolution et définir de nouveaux engagements et mécanismes à mettre en œuvre au niveau international en vue d'atténuer les changements climatiques (Demaze, 2012). Ce dispositif est désigné sous le nom de Conférence des Parties dit COP (en anglais Conference of Parties). Etant l'organe de prise de décision de la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), la Conférence des Parties (COP) permet de faire le point sur l'application de la Convention, de préciser la mise en œuvre des décisions et négocier de nouveaux engagements avec des objectifs communs ou individuels (St-Geniès, 2015).

Quant au Protocole de Kyoto, l'étape suivante de mise en œuvre de la convention des Nations-Unies (Choblet, et al., 2007), il a été adopté en 1997 à la troisième conférence des parties (COP3) et est considéré comme l'un des instruments les plus importants issus des négociations entre les

Etats membres de la convention sur le Changement climatique (CCNULCC). Ainsi, il est perçu comme le premiers grand mécanisme international visant à engager les parties, notamment les pays développés (St-Geniès, 2015), dans la dynamique de la réduction des émissions des GES. En 2005, l'entrée en vigueur du Protocole de Kyoto a coïncidé avec la COP 11 organisée à Montréal et a lieu conjointement avec la « Réunion des Parties », en anglais Meetings Of Parties (MOP), qui est la réunion des États ayant ratifié le Protocole (Demaze, 2012). Ce dernier a fixé pour objectif d'aboutir à une réduction globale d'au moins 5% entre 2008-2012 (Choblet, et al., 2007; St-Geniès, 2015), en prenant comme référence l'année 1990. La date butoir prévue à cette fin était 2012 (Choblet, et al., 2007; Demaze, 2012), alors qu'au vue de la progression du changement climatique cela exigerait une prise en charge permanente. Il s'ensuit alors la mise en place d'un mécanisme permettant un prolongement de cette réglementation ; d'où l'adoption de l'Amendement de Doha afin de prolonger cet instrument par une seconde période d'engagement allant de 2013 à 2020 (St-Geniès, 2015).

Un aspect important du protocole pour Haïti, est qu'il propose un dispositif de lutte contre les gaz à effet de serre tenant compte des préoccupations économiques avec les trois mécanismes de flexibilité (Choblet, et al., 2007). D'ailleurs, dans sa phase initiale (2008 à 2012), il prévoyait des cibles de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) pour les pays développés uniquement, ce n'est qu'à la phase d'amendement (2013 à 2020) qu'il a pu tenir formellement compte de tous les pays signataires (St-Geniès, 2015).

Toutefois, l'une des faiblesses relevées du Protocole est qu'il n'a pas fixé de sanction immédiate pour le non-respect des engagements au niveau des procédures, alors que le principe de « l'observance », est prévu dès l'origine (Choblet, et al., 2007) ; il s'ensuit un mécanisme incomplet et peu équilibré.

L'Accord de Paris a vu le jour, le 12 décembre 2015 lors de la 21e Conférence des Parties (COP21) à la CCNUCC tenue à Paris. Il a été ouvert à la signature le 22 avril 2016 et est entré en vigueur le 4 novembre 2016 (UNFCCC, 2020). Il résulte d'un souci de lutter contre le changement climatique et d'assurer un avenir sobre en carbone en s'appuyant sur les principes de la Convention (Allan, et al., 2015). Son objectif fondamental est de renforcer la réponse mondiale à la menace du changement climatique en limitant l'augmentation de la température mondiale à 1,5 degré Celsius (ONU, Accord de Paris, 2015; UNFCCC, 2020). Pour ce faire, entre autres, il prévoit appui au financement, à la technologie et au renforcement des capacités des pays à faire face aux impacts du changement climatique en *« Tenant pleinement compte* des besoins spécifiques et de la situation particulière des pays les moins avancés en ce qui concerne le financement et le transfert de

technologies » (ONU, Accord de Paris, 2015). Bien entendu, il prévoit également un cadre de transparence accrue pour l'action et le soutien (Barakat, et al., 2017).

En matière d'atténuation, l'Accord exige de toutes les Parties la présentation des "Contributions déterminées au niveau national (CDN) " susceptibles d'être renforcées avec le temps, et des mesures nationales pour y parvenir (UNFCCC, 2020). Aussi, dans l'objectif de renforcer la capacité d'adaptation, il envisage renforcement de la résilience et la réduction des vulnérabilités au changement climatique se limitant au seuil d'augmentation de la température moyenne globale évoquée (ONU, Accord de Paris, 2015).

Impulsé par cette dynamique prescriptive, et étant d'ailleurs signataires de ces traités multinationaux, le gouvernement haïtien a vite compris la nécessité d'intégrer les changements climatiques au cœur des politiques publiques et des stratégies de développement actuellement mises en place (MDE, 2006; MDE, 2015a; MDE, 2019b). Par conséquent, à travers les mécanismes internationaux, Haïti s'est activement engagé dans la lutte contre le changement climatique. Ainsi, dans le souci de respecter les engagements pris auprès de la convention et de ses instruments juridiques connexes, le gouvernement haïtien se donne pour mission de définir sa politique climatique au moyen des plans et programmes d'action nationaux conformes aux exigences de la CCNUCC. Cette attitude est donc adoptée en vue d'assurer et de préserver l'avenir des systèmes naturels et humains au niveau du pays mais dans une vision globale. Bien entendu, dans beaucoup de cas, le contenu des accords et dispositifs nationaux est le plus souvent déterminé par le régime mondial de gouvernance climatique (Demaze, 2012).

Ainsi au niveau international, en plus de la CCNUCC et ses instruments juridiques (Protocole et Accord), le pays s'est manifestement engagé dans la lutte contre les changements climatiques en signant aussi d'autres conventions ne portant pas exclusivement sur les changements climatiques, mais qui ont toutefois une incidence positive face aux perspectives de lutte contre le changement climatique (Weissenberger, 2018). Entre autres : la Convention pour la Protection de la couche d'ozone signée en 1998 et les différents amendements et protocoles additionnels à cette convention (Cadet, 2006) ; la convention cadre des Nations Unies portant sur la lutte le contre la Désertification (CNULCD) et le Protocole de Cartagena sur la prévention des risques biotechnologiques relatifs à la Convention sur la Diversité Biologique signé en 2000 (Cadet, 2006). En outre, au niveau régional, il existe aussi un ensemble de politiques qui ont une influence sur la question des changements climatiques sur le territoire national. La plus importante est la Stratégie Régionale Caribéenne sur l'adaptation et la résilience climatique (Toussaint, 2010) La signature et ratification de ces conventions, protocoles et accords ont permis d'établir le cadre légal haïtien régissant les actions à

mener en matière de lutte conte les changements climatiques. Ils ont tous pour objectif de guider les initiatives relatives à la lutte contre les changements climatiques au niveau du pays.

En parallèle à ces mécanismes internationaux, il existe en Haïti une législation relative à la protection de l'environnement mais ne portant pas spécifiquement sur la lutte contre les changements climatiques (Vital, 2018). L'ensemble de ces outils a pour objet de réglementer les comportements, les engagements et les politiques publiques nationales adoptés face aux enjeux environnementaux majeurs, incluant la lutte contre les effets en cours et futurs du changement climatique. Toutefois, l'application de ces dispositifs reste assez difficile à cause d'une déficience ou dans certains cas d'une inadéquation de capacités institutionnelles destinées à faire face au changement climatique (Weissenberger, 2018) (Vital, 2018). Cela est surtout dû au fait que les lois en vigueur sont souvent contradictoires en termes de définition des responsabilités entre les différentes institutions etc.

4.4.1 Des instruments stratégiques sur la mise en œuvre de la CCNULCC en Haïti

Étant signataires des instruments et mécanismes internationaux réglementaires clés visant la lutte contre le changement climatique, Haïti fait déjà preuve de la volonté de s'investir activement dans la lutte contre le changement climatique. En lien à cette détermination, et pour répondre à ses engagements envers la convention et se mettre en conformité avec le Protocole de Kyoto et l'Accord de Paris, le gouvernement a dû mettre en place et élaborer plusieurs cadres stratégiques nationaux. A la base de ces instruments directifs nationaux s'inscrivant dans une perspective de mise en œuvre de la Convention Cadre Des Nations Unies sur les Changements Climatiques se trouvent les deux communications nationales (MDE, 2001; MDE, 2013). Viennent ensuite les mécanismes nationaux clés : Le Programme d'Action National d'Adaptation (PANA) ; La Contribution Prévue Déterminée au niveau National (CPDN) ; Le Programme Aligné d'Action de Lutte contre la Désertification (PAN-LCD) et tout récemment la Politique Nationale de lutte contre les Changements Climatiques (PNCC).

a) Les Communications Nationales soumises par le gouvernement haïtien

Les manifestations des changements climatiques sont actuellement évidentes (GIEC, 2014) et deviennent une préoccupation planétaire sans précédent (PNUD, 2011) ; les données scientifiques disponibles justifient les inquiétudes actuelles concernant les changements climatiques et leurs effets potentiels (Bourque, 2000). Dans le but de procéder à l'évaluation des progrès accomplis dans le cadre de la mise en œuvre de la lutte contre ce phénomène à travers le monde, la CCNUCC a mis en place un mécanisme de suivi et d'informations, en l'occurrence les Communications Nationales (Barakat, et al., 2017). Il s'agit des documents exigés par tous les pays signataires de la

CCNUCC en vue de rendre compte de façon claire de l'action des pays en matière de changement climatique, et les informations qu'elles renferment doivent être le plus fiables que possible (Barakat, et al., 2017). Elles doivent en effet fournir les renseignements nécessaires au suivi des progrès accomplis dans la mise en œuvre et la réalisation de sa CDN au titre de l'Article 4 de l'accord de Paris (Allan, et al., 2015). Aussi, elles doivent respecter des principes et directives permettant d'obtenir une vue d'ensemble plus précise sur la façon dont les pays mettent la CCNUCC en œuvre (Barakat, et al., 2017). Néanmoins, compte tenu des situations particulières des PMA et des PIED, un cadre spécifique, assorti d'une certaine flexibilité, est établi afin de faciliter la mise en œuvre effective de la convention au niveau de leurs territoires respectifs (Allan, et al., 2015). Ce cadre se réfère au fait que les impacts générés par ce phénomène, selon plus d'un, sont beaucoup plus sévères dans les Pays les Moins Avancés (PMA) et en développement (Puma & Gold, 2011), notamment les Petits Etats Insulaires en Développement (PIED), dont Haïti.

Au fait, une telle initiative est très importante au sens qu'elle permet de diagnostiquer les vrais problèmes liés au changement climatique au niveau du territoire, et par conséquent d'y apporter les solutions les mieux appropriées. Dans cet ordre d'idées, et pour pouvoir se conformer aux engagements pris auprès de la convention, Haïti a déjà soumis deux communications : l'initiale (MDE, 2001) et la deuxième (MDE, 2013).

En termes de contenu, ces **communications** sont constituées : du contexte national par rapport au changement climatique ; de l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre au niveau du territoire ; des stratégies d'atténuation envisagées par rapport aux émissions de GES révélées et requérant des mesures et des formes de développement sobres en carbone ; des études de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques en guise d'ajustement ; des informations descriptives et analytiques sur le fonctionnement de nos systèmes de surveillance météorologiques suivi des stratégies de renforcements institutionnels nécessaires ; du diagnostic des besoins réels de renforcement des capacités et des stratégies de différenciation sociale (genre, couches sociales) des impacts des changements climatiques (MDE, 2001; MDE, 2013).

Cet exercice permet de bien systématiser les données (Allan, et al., 2015) autour de l'évolution des paramètres climatiques et de simuler la situation des communautés par rapport aux risques climatiques. Subséquemment, cela permet d'orienter les initiatives entreprises afin de procéder à une lutte efficace et durable contre le phénomène (Barakat, et al., 2017) au niveau du pays.

Constitué d'abord d'un corpus d'études et de la collecte de données, ce processus a dû ensuite être révisé et validé par des comités d'acteurs locaux et également de manière compréhensive par le Programme de Support aux Communications Nationales « National Communications Support

Programme (NCSP) » pour standardisation internationale et validation de la portée méthodologique (MDE, 2013).

En revanche, les informations renseignées à partir de ce mécanisme, ont permis de révéler les vraies faiblesses de la mise en œuvre de la lutte contre le changement climatique en Haïti. Elles s'articulent, entre autres, autour d'une gouvernance défaillante, d'une dépendance financière accrue aux institutions internationales et pourtant d'un accès au fonds limité, d'une instabilité politique voire socio-économique chronique, et d'une dégradation environnementale déjà critique mais progressive (MDE, 2001; MDE, 2013). Cela permet aussi de mettre en relief le poids du déboisement et de la déforestation dans les émissions des Gaz à Effet de Serre (GES) en Haïti.

b) Le Programme d'Action National d'Adaptation (PANA)

La mise en œuvre de Programmes d'Action Nationaux aux fins d'Adaptation (PANA) a été approuvé, en novembre 2001 lors de la COP 7 en référence à la Décision 28. Cet instrument est consacré aux Pays Moins Avancés (PMA) dans le but de leur permettre d'exhiber leurs besoins urgents et immédiats en fonction de leur vulnérabilité et de leur adaptation aux effets néfastes des changements climatiques (MDE, 2006; Leal, Echeverría, & Stervins, 2009; UNITAR, 2017). Étant de cette catégorie, le gouvernement haïtien, suite à la soumission de sa Première Communication Nationale sur les Changements Climatiques à la Convention en 2001 (Leal, Echeverría, & Stervins, 2009), a pu élaborer son Programme d'Action National d'Adaptation (PANA) tel qu'il est prescrit par la CCNULCC. Cette disposition est envisagée dans le but de favoriser le renforcement de la résilience du pays et ses capacités d'adaptation aux conséquences indésirables des changements climatiques (MDE, 2006).

En effet, il s'agit d'une disposition d'adaptation relative au changement climatique à travers lequel le pays se donne pour engagement de réduire ses émissions des GES dans l'atmosphère. Via ce cadre stratégique le gouvernement haïtien a aussi fixé les grands objectifs à atteindre en tenant compte de l'aménagement des bassins versants et conservation des sols, la gestion des zones côtières, la valorisation et conservation des ressources naturelles, la préservation et le renforcement de la sécurité alimentaire, la protection et la conservation de l'eau, la construction et réhabilitation des infrastructures, la gestion des déchets et ensuite l'information, l'éducation et la sensibilisation du public (MDE, 2006).

c) **La Contribution Prévue Déterminée au niveau National (CPDN)**

Il s'agit d'un dispositif de manifestation d'engagement dans lequel le gouvernement Haïtien renouvelle encore sa volonté manifeste de respecter les objectifs déjà fixés dans le Plan d'Action

National d'Adaptation et de réduire ses émissions de GES de 31% par rapport au scénario de référence aux environs de 2016 à 2030 (MDE, 2015a). Cette disposition s'aligne au Plan Stratégique de Développement d'Haïti (PSDH), au Plan Action National d'Adaptation (PANA) et à la Deuxième Communication Nationale sur les changements climatiques. En outre, elle s'inscrit dans la droite ligne avec l'Accord de Paris, notamment en référence aux articles 3,4 et 6.

Les engagements pris par la CPDN (MDE, 2015a) sont articulés autour de la gestion intégrée des ressources en eau et des bassins versants, de la gestion intégrée des zones côtières et la réhabilitation des infrastructures, de la préservation et le renforcement de la sécurité alimentaire notamment par le développement de la bioéconomie, de la transition énergétique pour réduire la dépendance aux énergies fossiles, et de l'information, l'éducation et la sensibilisation. Ce, dans un objectif de conduire le pays au rang d'un pays émergent d'ici 2030.

d) Le Programme Aligné d'Action de Lutte contre la Désertification (PAN-LCD)

Il s'agit d'un programme visant à : améliorer les connaissances sur la dégradation des terres et systématiser les modèles et expériences en cours de lutte contre la désertification ; influer sur les mécanismes et acteurs pour l'intégration adéquate de la lutte contre la désertification dans les politiques publiques et les politiques sectorielles ; développer et renforcer les capacités locales et nationales ; améliorer le cadre institutionnel et législatif de la lutte contre la dégradation des terres ; créer des synergies entre les acteurs et parties prenantes ; et réhabiliter les zones touchées par la dégradation des terre (MDE, 2015b). Ce cadre d'intervention est censé porter sur la couverture terrestre (CT) en particulier la couverture végétale et forestière, sur la dynamique de la productivité des terres et sur l'évolution du stock de carbone organique du sol au niveau du pays (CNULCD, 2018). En effet, ces éléments indicateurs permettent d'évaluer la quantité et la qualité du capital naturel terrestre et de la plupart des services écosystémiques associés (Orr, et al., 2017) afin de prendre les mesures nécessaires et de mettre en œuvre les actions appropriées.

e) La Politique Nationale de lutte contre les Changements Climatiques (PNCC) en Haïti

Dans le but de respecter ses engagements au regard de la Convention Cadre des Nations Unies sur la Lutte contre le Changement Climatique (CCNULCC), d'infléchir aux principes du Protocole de Kyoto et de s'aligner/s'accommoder à l'accord de Paris, le Gouvernement haïtien, via la coordination du MDE a pris la décision de concevoir la Politique nationale de lutte contre les changements climatiques (PNCC). Réalisé en 2019, ce dispositif stratégique vise à favoriser un cadre propice à une lutte plus efficace contre les changements climatiques (MDE, 2019b) au niveau du pays. Perçu comme un guide d'intervention dédié à tous les secteurs et acteurs ayant pour

mission de lutter contre ce fléau pérenne, conçue de façon à favoriser l'émergence du pays dans un avenir relativement proche tel qu'énoncé dans le Plan stratégique de développement d'Haïti (PSDH) en 2012 et repris dans la Contribution Prévue déterminée au niveau national (CPDN) en 2015 (MDE, 2019b). La vision de cette politique est d'arriver d'ici 2030 à mettre Haïti sur la voie d'une croissance verte en se capitalisant sur les « secteurs socio-économiques clés moins sensibles aux changements climatiques, dotés d'une grande capacité de réponses aux conditions climatiques défavorables et tournés vers l'adoption de technologies sobres en carbone » (MDE, 2019b). Maintenant, reste à savoir si les moyens (financiers, matériel, technique et technologiques) mobilisables sont réellement suffisants pour permettre d'implémenter cette vision ou si les stratégies envisagées sont en congruence avec les moyens mobilisables. De-toute-façon, pour bien s'y prendre, il faut absolument engager des études de vulnérabilité pour identifier les facteurs de vulnérabilité et les options adéquates d'adaptation dans le but d'éclairer les stratégies de développement résilient au climat (Ly, et al., 2019).

En outre, des plans sectoriels comme le Programme national d'alerte précoce en cas d'inondation en 2011, le Système national de gestion des risques et des désastres (SNGRD) ou le Plan national de sécurité alimentaire et nutritionnelle en 2010 ont été élaborés en mettant emphase sur les enjeux liés aux changements climatiques observés (Weissenberger, 2018). A cette longue liste s'ajoute la politique du Ministère d'Agriculture, des Ressources naturelles et du Développement rural pour l'aménagement des bassins versants établie sur la période de 2010-2025, incluant la Stratégie de montage de l'Agence nationale des aires protégées élaboré/publiée en 2009 et le Programme pilote sur la résilience climatique datant de 2013 conduit par le CIAT (Weissenberger, 2018).

4.5 Des freins de la réglementation du changement climatique en Haïti

En Haïti, l'existence des règlements c'en est une, mais leur application effective c'en est une autre. Cela dit, s'engager dans la règlementation requiert une stratégie tout à fait particulière compte tenu du contexte socio-économique et politique, voire culturel du pays. En effet, la mise en œuvre d'un cadre règlementaire sur les changements climatiques est censée être confrontée à de solides contraintes.

Sur le plan économique, le pays est classé parmi les pays les plus pauvres de la planète. Selon l'Atlas de Statistiques sur les pays, en 2012 la proportion de la population vivant sous le seuil international de pauvreté s'estimait à 58,5 % (BM/ONPES, 2014; Actualix, 2020). A noter que le « seuil international de pauvreté » a été défini à 1,90 dollar sur la base de la parité de pouvoir d'achat en 2011. Ajoutée à l'instabilité politique qui s'est empirée de jour en jour, la conjoncture économique lamentable du pays, représente un obstacle majeur à l'application et au respect de

toutes dispositions règlementaires liées à l'environnement, notamment la réglementation sur les changements climatiques. Dans ces conditions, l'application de certaines lois environnementales, pour etre viable, exige des mesures d'accompagnement socio-économiques de taille, alors qu'elle nécessite déjà la mise en place de systèmes de contrôle lourds et coûteux pour le gouvernement.

En outre, ces dispositions ont une incidence économique délicate au sens que certains producteurs ou d'une manière générale des agents économiques seront obligés de modifier leurs manières de produire afin de respecter les normes imposées par les autorités concernées. Cette modification est susceptible d'engendrer des coûts supplémentaires de production et par conséquent une augmentation des prix des produits. Le pouvoir d'achat des consommateurs étant déjà très faible, il existe alors un risque évident que cela crée sérieusement des difficultés ou des crises économiques majeures au niveau du pays.

Sur le plan politique, depuis plusieurs décennies, les crises politiques sont devenues de plus en plus récurrentes en Haïti. Ipso facto, le phénomène d'instabilité politique s'est instauré et ne cesse de prendre de l'ampleur jusqu'à devenir une situation très courante. Cela affecte non seulement la vie politique, mais également tous les autres secteurs de vies de la population haïtienne. Le plus fatal est que cela crée un certain dysfonctionnement et une certaine discontinuité de l'Etat et de ses actions, d'où des difficultés de gouvernance. Or, l'application des règlements quels qu'ils soient revient à une question de bonne gouvernance et de notoriété publique ; ce qui n'est pas et ne sera jamais favorable dans un contexte d'instabilité politique comme celui d'Haïti (Vital, 2018). Cette conjoncture engendre dans ces conditions des agissements anarchiques au niveau de toutes les couches sociales du pays.

4.6 Analyse de la gouvernance relative au changement climatique en Haïti

Le processus de lutte contre le changement climatique à travers le monde, qu'il s'agisse de l'atténuation ou de l'adaptation, requiert une planification continue et intimement partagée entre les institutions gouvernementales afin de parvenir à une bonne planification au niveau mondial (PNUD, 2012). En effet, la lutte contre le changement climatique, à toutes les échelles (internationale, régionale, nationale et locale), nécessite une bonne gouvernance en vue d'optimiser et de rendre efficace les actions entreprises et envisagées à cette fin. Cela suppose un système bien organisé conçu selon un ensemble de règles et de normes bien définies et strictement contrôlées afin d'aboutir à des résultats adaptés, adéquats et de qualité. Toutefois, la participation de l'ensemble des parties prenantes dans les processus de prise de décisions constitue un élément important d'une bonne gouvernance. Elle doit être basée sur une approche participative qui est

orientée vers un consensus entre les responsables, dans une vision transparente, équitable et ouverte en respectant les lois afin d'obtenir des résultats efficaces (UNESCAP, 2014).

En Haïti, aux termes des conventions et accords internationaux (CNULCC, Protocole de Kyoto, Accord de Paris etc.), cette tache revient tout droit au gouvernement haïtien, notamment le ministère de l'Environnement via sa Direction du Changement Climatique (DCC) étant le point focal de la convention (MDE, 2019b). Viennent au deuxième plan les autres ministères et les organismes entretenant des relations spécifiques fléchées « actions et initiatives en faveur du climat ». Il s'agit notamment du MPCE et du MEF en amont, le MARNDR en juxtaposition et d'autres organes en en aval (SNGRD, DFER, ANAP etc.)

En parallèle, dans le contexte actuel de la lutte contre le changement climatique, les ONG sont censées jouer un rôle d'accompagnateur et d'accélérateur de la dynamique en entrant en synergie avec les populations en repérant les solutions locales viables (Laubin, Fauveaud, Chéron, & Gautier, 2012). En d'autres termes, cette démarche doit s'orienter en premier lieu vers la valorisation et la capitalisation des expériences de succès local avant d'introduire de nouvelles stratégies. Pourtant, dans beaucoup de cas c'est bien le contraire qui est train d'être observé. A l'exemple des projets d'aménagement mis en œuvre sans concertation avec la population locale.

4.7 L'appropriation technique du changement climatique en Haïti

Interpellés par l'évolution du climat sur le plan global, bon nombre d'experts se sont mis d'accord pour travailler sans relâche dans le but de créer des scenarios et d'étudier les possibilités pour réduire les émissions des GES ainsi que pour mettre en place des mesures d'adaptation et d'atténuation efficaces afin de limiter les impacts (PNUD, 2011). Ainsi, il a été créé en 1988 le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) par l'Organisation des Nations Unies (ONU). Cette structure a pour mandat principal « *d'évaluer, sans parti pris et de manière méthodique et objective, l'information scientifique, technique et socio-économique disponible en rapport avec la question du changement du climat* » (ONERC, 2018).

Jusqu'à aujourd'hui, malgré les différents scénarios déjà présentés pour expliquer la progression du phénomène et l'amplification de ses effets (GIEC, 2018), la situation reste inquiétante. Conscients de cet état de fait, les parties signataire de la convention, du protocole de Kyoto et l'Accord de Paris, décident d'adopter les mécanismes mis en place par ces structures internationales en vue de contribuer ardemment dans la lutte contre le changement climatique. Cependant, les pays en voie de développement, suite à un déficit de cadres compétents, appropriés et suffisants résultant le plus souvent d'une carence de moyens économiques et financiers, à l'exemple d'Haïti (Borde, et al., 2015) (Singh & Cohen, 2014) , ne sont point en mesure de mettre au point et d'implémenter les

technologies nécessaires à cette fin ; alors que ce sont eux d'ailleurs qui sont susceptibles de subir les conséquences les plus néfastes de ce fléau (GIEC, 2007) (Barbault, et al., 2002; Allan, et al., 2015).

Cela étant constaté, la CCNUCC soutient l'idée qu'un transfert de technologie des pays développés vers ceux qui sont en voie de développement pour maintenir les mesures d'adaptation et d'atténuation saurait être très utile (Allan, et al., 2015; ONU, Accord de Paris, 2015). Lancée lors de la COP 16, cette initiative a pu être matérialisée, à travers le fait que les Parties prenantes de la CCNUCC ont fini par créer un mécanisme technologique dans le but de faciliter la mise en œuvre de mesures adéquates pour le transfert des technologies et de développement (UNITAR, 2017). Malgré tout, le problème n'est pas entièrement résolu (Demaze, 2012), non seulement à cause d'une réticence du côté de certains pays industrialisés dans la démarche, mais aussi à cause des problèmes de leadership et d'autonomie financière du côté de certains pays en développement.

En Haïti, comme dans beaucoup de pays en développement d'ailleurs, la déficience technique et de compétences en matière de lutte contre le changement climatique reste en même temps un défi de taille à relever et un problème majeur auquel il faut absolument trouver une réponse efficace (Demaze, 2012). Cet état de fait, est en principe caractérisé par un manque de connaissances scientifiques sur les impacts locaux des changements climatiques et la difficulté d'analyser les vulnérabilités et les capacités d'adaptation des communautés à une échelle donnée, notamment en raison de la variabilité continue des éléments climatiques (Laubin, Fauveaud, Chéron, & Gautier, 2012).

Aussi, résultant d'un cas peut être particulier, il existe en Haïti un problème institutionnel majeur lié à la transparence dans le recrutement des cadres affectés à la coordination des actions, ce qui engendre du coup un déficit de cadres compétents (Demaze, 2012) capables d'implémenter les technologies transférées et/ou de concevoir des technologies innovantes appropriées. En fin de compte, la prise en charge technique de la lutte contre le changement climatique est en train d'endurer un atterrissage ardu en Haïti.

4.8 Mécanismes de financement liés au changement climatique en Haïti

La CCNUCC a créé des mécanismes financiers par lesquels l'aide financière provenant des pays développés, qui possèdent plus de ressources et qui ont contribué historiquement aux émissions de gaz à effet de serre, peut être acheminée vers les pays en développement (Allan, et al., 2015; ONU, Accord de Paris, 2015; UNITAR, 2017; Nadeau, et al., 2018).

L'Accord de Paris (ADP), au premier paragraphe de l'**Article 9**, prévoit que « les pays développés Parties fournissent des ressources financières pour venir en aide aux pays en développement Parties

aux fins tant de l'atténuation que de l'adaptation dans la continuité de leurs obligations au titre de la Convention » (ONU, Accord de Paris, 2015). Plus loin, au paragraphe 4 du même article, il stipule que les ressources financières destinées à la lutte contre le changement climatique doivent particulièrement tenir compte des priorités et besoins des pays en développement Parties les plus vulnérables aux effets néfastes des changements climatiques et dont les capacités sont très insuffisantes, à l'instar des pays les moins avancés et les petits États insulaires en développement. Cependant, dans beaucoup des cas, ces derniers n'arrivent pas vraiment à en bénéficier pour des raisons multiples, notamment la complexité des procédures. Généralement, certains fonds sont mis à leur disposition par des institutions de financement de l'aide au développement, mais parfois ils ne sont pas en mesure de répondre aux conditions et critères d'accès fixés, ou, dans certains cas les enveloppes auxquelles ils ont droit sont vraiment insuffisantes. Cette situation engendre, en effet, un manque à gagner considérable dans la prise en compte réelle de la lutte contre le changement climatique dans le projet de développement en cours actuellement, même si, bien entendu, de grands efforts sont en train d'être consentis et de s'intensifier en ce sens. Ainsi, il existe quelques bailleurs importants (UE, FME) qui semblent avoir introduit des conditions d'éligibilité plus flexibles en matière d'adaptation au changement climatique pour l'accès à leurs fonds (Laubin, Fauveaud, Chéron, & Gautier, 2012). En effet, le pays pourrait exploiter ces opportunités, à condition d'être en mesure de respecter les procédures requises. A ce titre, référence est faite à certaines sources de financements importantes dédiées spécifiquement aux initiatives visant la régulation du climat mentionnées ci-dessous.

4.8.1 Les sources financières internationales liées au climat les plus accessibles

Selon le pays bailleur, les fonds peuvent se subdiviser en deux catégories (PSC-CC, 2014) : les fonds bilatéraux traité par un accord direct entre le bailleur et les pays bénéficiaires et multilatéraux établis à partir d'une intermédiation des agences d'implémentation (PNUD, Banque Mondiale, etc.) entre le bailleur et les pays bénéficiaires. Toutefois, certains de ces fonds peuvent viser essentiellement l'Adaptation, d'autres l'Adaptation & l'atténuation et certains d'autres spécifiquement l'Atténuation. A ce titre, il existe plusieurs sources de financement internationales relatives au climat auxquelles le pays peut avoir accès. Entre autres, le Fonds pour l'Adaptation (FA), **le** Fonds pour les Pays les Moins Avancés (FPMA), le Fonds Spécial pour le Changement Climatique (FSCC), le Fonds fiduciaire du FEM et le Fonds Vert pour le Climat. Cette dernière représente la principale source de financement future dans le cadre de la lutte contre le changement climatique, adoptée au titre de la CCNUCC (MDE/PNUD, 2019). Selon Nadeau, et al. (2018), il aussi existe encore d'autres fonds comme la Banque mondiale, les banques de développement comme la Banque

interaméricaine de développement (BID) et la Banque de développement de l'Amérique latine (CAF), mais qui ne sont pas spécifiques au changement climatique.

4.8.1.1 Le Fonds Vert pour le Climat : un financement pour un climat sobre en carbone

Le Fonds vert pour le climat (FVC) a été créé et désigné comme l'entité opérationnelle du mécanisme financier de la Convention lors de la Conférence des Nations Unies sur les changements climatiques (COP 16) de Cancún (Mexique) en décembre 2010, et mis en œuvre selon un accord convenu lors de la COP 17 à Durban (Afrique du Sud) en décembre 2011 (Allan, et al., 2015). Il est créé dans le souci d'aider les pays à réduire les émissions de de gaz à effet de serre (GES) et à mieux s'adapter aux impacts du changement climatique (MDE/PNUD, 2019).

Bien que beaucoup de sources de financement en faveur de la sobriété du climat en carbone soient disponibles sur le plan global, il n'en demeure pas moins que le Fonds Vert pour le Climat (FVC) soit la source la plus importante et la plus abordable à l'égard notamment des Pays les Moins Avancés (PMA) et des Pays en Développement (PED) (PSC-CC, 2014). Toutefois, des conditions systématiques et des procédures d'accès sont également de la partie (MDE/PNUD, 2019).

Ainsi, pour le financement des initiatives de lutte contre le changement climatique en Haïti, des sources publiques et privées, bilatérales et multilatérales sont prévues, mais le Fonds Vert pour le Climat demeurant la source principale (PSC-CC, 2014; MDE/PNUD, Fond vert pour le climat : Manuel de l'Autorité Nationale Désignée pour Haïti , 2019) et vraisemblablement la plus accessible au titre de la Convention (Allan, et al., 2015).

En référence à ce dispositif, le ministère de l'Environnement est l'Autorité Nationale Désignée par le Gouvernement comme le Point Focal-FVC-Haïti devant servir d'interface entre le Pays et le Fonds Vert pour le Climat en assurant la supervision stratégique globale des activités du Fonds en Haïti (MDE/PNUD, 2019). Il doit, en contrepartie, communiquer les priorités nationales en vue d'avoir accès au financement d'un développement à faibles émissions de GES et résilient au changement climatique (MDE/PNUD, 2019). Toutefois, il faut signaler que le processus d'accès à ces fonds fastidieux et contraignant (PSC-CC, 2014) ; alors qu'on assiste à une défaillance institutionnelle et de gouvernance au niveau pays.

4.8.2 Des organismes mondiaux et financement des actions pour le climat en Haïti

Sous l'auspice des mécanismes mis en place par la convention et ses instruments connexes, les pays développés Parties à la convention doivent s'aligner à l'idée de contribuer au financement des initiatives de lutte contre le changement climatique au niveau des pays en développement, notamment les plus pauvres (ONU, 1992; ONU, Accord de Paris, 2015). Cette contribution

consiste en un transfert de fonds à travers des organismes internationaux de financement du développement durable en général, ou des actions pour le climat en particulier (PSC-CC, 2014; Nadeau, et al., 2018). Il s'agit entre autres : de la Banque mondiale (BM) ; de la Banque interaméricaine de développement (BID) ; de la Banque de développement de l'Amérique latine (CAF), du Fonds Mondial pour l'Environnement, et du Fonds vert du climat des Nations Unies (GCF). En Haïti, cette prise en charge est assurée par plusieurs organismes internationaux. Toutefois, les champs d'activités, les objectifs et la finalité pointés par le financement autour de cet aspect peuvent différer d'un organisme international à l'autre. Ainsi, une liste non exhaustive des institutions impliquées dans le financement des actions pour le climat est présentée dans le tableau suivant.

Tableau 10 : Des institutions impliquées dans le financement des actions - climat en Haïti

Partenaires financiers	Champ d'activités	Exemple de projets soutenus/financés	Finalité des objectifs fixés
Fond vert pour le climat	Aménagement des bassins versants, Déforestation, Gestion des ressources en eau	Projet Agroforesterie et Aménagement des bassins versants (AGAVE) ; Projet de lutte contre les changements climatiques dans le Nord d'Haïti (KLIMA)	Adaptation & Atténuation
FEM	Gestion des Zones Côtières	Projet d'Adaptation Basée sur les Écosystèmes (ABE)	Résilience climatique & Adaptation
FAO	Agriculture, Pêche, Aquaculture, Ecosystèmes aquatiques	Plan National d'Adaptation aux Changements Climatiques (PANA) d'Haïti	Résilience, Adaptation & Atténuation
Banque Mondiale	Environnement et gestion des ressources naturelles, Renforcement de la capacité de résilience, Gestion des risques et désastres	Projet de renforcement de la gestion des risques de catastrophe et de la résilience au changement climatique pour Haïti	Résilience& Atténuation
PNUD	Energie, Gestion des risques et désastres, Gestion des déchets	Projets de relèvement post catastrophes ; Adaptation des zones côtières aux changements climatiques ; Projet d'Adaptation Basée sur les Écosystèmes (ABE) ; Projet « d'intégration des risques liés au changement climatique dans les processus de planification du développement national en Haïti ».	Résilience climatique& Atténuation
BID	Infrastructure, Eau & Assainissement Gestion des bassins versants, Agriculture	Projet d'eau, d'assainissement et d'hygiène dans les zones urbaines périphériques et rurales du grand nord d'Haïti ; projet sur « le développement du secteur agricole et de l'agroforesterie » par l'intronisation des nouvelles technologies	
Union Européenne	Gouvernance, Eau, Energie		Résilience, Adaptation & Atténuation
CECI	Gestion des ressources forestières, Valorisation et gestion des déchets,	Projet de lutte contre les changements climatiques dans le Nord d'Haïti (KLIMA)	Résilience, Adaptation &Atténuation

Partenaires financiers	Champ d'activités	Exemple de projets soutenus/financés	Finalité des objectifs fixés
	Sensibilisation sur les changements climatiques		

4.9 Les écosystèmes forestiers et la lutte contre le changement climatique

La forêt est un lieu d'échange d'énergie, d'eau, de chaleur et de composés chimiques ; ce qui fait d'elle un élément très important de la machine climatique (Beltrando, 2011). Cela s'explique par le mécanisme physiologique des plantes photosynthétiques nécessitant du dioxyde de carbone (CO2) pour leur développement (Mégie & Jouzel, 2003).

Sachant que l'atténuation et l'adaptation sont les deux principales stratégies de lutte contre le changement climatique préconisées sur le plan mondial, les écosystèmes forestiers sont capables de remplir ces deux fonctions en même temps. L'atténuation cherchant à combattre ses causes et l'adaptation visant à réduire ses impacts (FAO, 2013). Grâce à leur capacité de fixer et de piéger le carbone à cause de la photosynthèse, les forêts sont considérées comme les puits de carbone par excellence. Ainsi, l'implantation et la gestion durable de ces écosystèmes impliquent la réduction des émissions des GES résultant de la déforestation et de la dégradation des forêts. En outre, ils détiennent une forte potentialité de se substituer à certains grands émetteurs de carbone (CO2) comme les combustibles fossiles ou d'autres produits induisant d'importantes émissions de gaz à effet de serre (Beltrando, 2011; FAO, 2013). Aussi, ces dispositifs naturels peuvent servir de remparts potentiels destinés à aider les communautés exposées au risques climatiques à se protéger contre les conséquences néfastes du changement climatique (FAO, 2013) telles que : les inondation les raz-de-marée, les sècheresses inhabituelles, le crues intempestives etc. Ainsi, la prise de conscience des rôles potentiels des forêts dans l'adaptation au changement climatique et son atténuation se développe, rendant encore plus urgente la nécessité d'améliorer le suivi et l'évaluation des forêts (FAO, 2013).

En fin de compte, la survie de l'homme par rapport aux menaces du changement climatique dépend en grande partie de l'existence des écosystèmes forestiers, compte tenu de leur rôle primordial dans la régulation des Gaz à Effet de Serre (GES) en circulation dans l'atmosphère. Au-delà d'être en même temps des puits et sources de carbone, ils peuvent remplir d'autres fonctions importantes dans l'équilibre de l'environnement en général. Entre autres, ces acquis naturels peuvent favoriser l'amélioration et la restauration de la biodiversité, induit la réduction des érosions en pente causées par le ruissellement en période pluvieuse et facilite la stabilisation des sols en jouant le rôle de matériels clés dans les structures anti érosives (FAO, 2013; MDE, 2017b). En somme, les forêts renferment plus de 80 pour cent de la biodiversité terrestre de la planète et aident

à protéger les bassins versants, essentiels à l'approvisionnement en eau propre de la majorité de l'humanité (FAO, 2013).

En fait, au vu de certains constats (MDE, 2017a; MDE, 2019b), la valorisation de la haute végétation, notamment par la gestion, l'établissement et l'introduction des arbres et l'amélioration de la production de certaines cultures (cacao, café...) au niveau des espaces joue un rôle essentiel dans la lutte contre le changement climatique en Haïti.

4.9.1 Les forêts : un moyen de lutte et une cible pour le changement climatique !

Se référant aux différentes fonctions socio-économiques, culturelles et environnementales, notamment à son rôle de régulateur du carbone (CO2) atmosphérique (Mégie & Jouzel, 2003; Beltrando, 2011; FAO, 2013), les écosystèmes forestiers constituent un élément vital pour le bien-être des communautés, tant au niveau global que local. L'existence des écosystèmes forestiers, confirme la FAO (2013), peuvent contribuer : à la protection des communautés contre les inondations ; à la réduction des risques éventuels de glissements de terrain dans les zones pentues ; à la protection des systèmes naturels et humains et des infrastructures établis dans les zones côtières (cas des mangroves) ; à l'approvisionnement en bois pour la cuisson en période d'urgence et à la réparation et la construction de logements temporaires pour les victimes de catastrophes. Pourtant, de simples petits changements dans les températures et les précipitations peuvent influer considérablement sur la croissance et la survie de ces forêts (Leal, Echeverría, & Stervins, 2009). Le fonctionnement et la productivité des écosystèmes forestiers sont étroitement dépendants du climat (Beltrando, 2011; Martin, 2012), et par conséquent ils sont particulièrement concernés par le changement climatique (Lefèvre, Le Bouler , & Roman-Amat, 2011). En effet, compte tenu de son mécanisme de manifestation[40], le changement climatique est susceptible d'impacter significativement, voire de manière très négative sur les forêts haïtiennes. Selon la FAO (2013), le changement climatique pourrait influencer la croissance des arbres et la fréquence et l'intensité des incendies, ainsi que l'incidence des ravageurs forestiers, et pourrait accentuer les dommages causés aux forêts par des conditions météorologiques extrêmes telles que la sécheresse, les inondations et les tempêtes.

En Haïti, les impacts du changement climatique sur les écosystèmes forestiers commencent déjà à se faire sentir (Joseph & Saffache, 2018). Toutefois, ils peuvent varier selon les régions ou départements du pays et dépendre de plusieurs facteurs, entre autres : les caractéristiques des espèces, la diversité des espèces, les conditions microclimatiques, l'aptitude des espèces à s'adapter aux variations climatiques et leur niveau de tolérance à des concentrations importantes en CO_2 etc.

[40] Augmentation de la température moyenne et diminution des précipitations à l'échelle du Globe et au niveau local

(Leal, Echeverría, & Stervins, 2009) . Aussi, la capacité des espèces à modifier leur patrimoine génétique au fil des générations sous la pression de sélection exercée par l'environnement, sera déterminante (Lefèvre, Le Bouler , & Roman-Amat, 2011). Dans le cas des écosystèmes de mangroves, ils jouent un rôle d'intercepteurs et de réceptacle des matériaux solides charriés par les eaux de ruissellement en période de pluies (Spalding, Kainuma, & Collins, 2010) (Noel, Renoux, & Rakotonavalona, 2011). ; ce qui constitue une barrière de protection pour les écosystèmes marins (Joseph, Dolique, & Saffache, 2019). Cependant, une accumulation trop importante de sédiments, générée par les pluies intenses et des cyclones attribués aux conséquences du changement climatique, peuvent engendrer l'envasement et l'asphyxie des palétuviers, et subséquemment la destruction des écosystèmes qu'ils constituent (Joseph, Dolique, & Saffache, 2019). (Noel, Renoux, & Rakotonavalona, 2011). En outre, les hausses du niveau de la mer et des inondations assez fréquentes observées dans les zones côtières (Yann & Pham, 2015) dérivées des phénomènes hydrométéorologiques majeurs liées aux conséquences manifestes du changement climatique (GIEC, 2014) peuvent entrainer une perte considérable du couvert de mangrove (Joseph, Dolique, & Saffache, 2019). Parallèlement, pour mieux détecter et mieux comprendre les impacts du changement climatique sur les écosystèmes forestiers et les stratégies d'adaptation, la recherche devient un besoin nécessaire voire obligatoire (Roman-Amat, 2007).

4.9.2 Les forêts et les stratégies de lutte contre le changement climatique en Haïti

Quelle importance accordée aux écosystèmes forestiers dans les stratégies de lutte contre le changement climatique en Haïti ? Le rôle des écosystèmes forestiers est-il vraiment mis en évidence dans les stratégies de lutte contre le changement climatique en Haïti ? De nombreuses questions à se poser afin de pouvoir évaluer la dimension accordée à cet acquis naturel dans les politiques publiques dévolues au changement climatique en Haïti. Une analyse sommaire des documents stratégiques existants peut en donner une idée synoptique.

Les actions et initiatives de lutte contre le changement climatique en Haïti s'intensifiant de plus en plus, commencent à devenir virales et à prendre une ampleur considérable. Ce mouvement, considéré comme transversal (MDE, 2019b), s'infiltre dans presque tous les domaines de développement au niveau du pays. Cependant, compte tenu de l'importance et de la performance des écosystèmes forestiers dans une telle démarche, il devient nécessaire d'identifier, de circonscrire et de mettre en relief la place réservée à ce dispositif naturel par rapport aux dispositifs stratégiques attelés à la mise en œuvre de cette dynamique au niveau du pays.

Au niveau du PANA (MDE, 2006), il n'y avait pas une option d'adaptation au changement climatique vraiment spécifique à la gestion des écosystèmes forestiers au niveau du pays. Cependant

entre les huit (8) options d'adaptation priorisées à partir de cette planification stratégique, quatre d'entre elles détiennent un lien très étroit avec la gestion des écosystèmes forestiers. Il s'agit de l'aménagement des bassins versants et la conservation des sols (1), de la gestion des zones côtières (2), de la valorisation et la conservation des ressources naturelles (3) et de la protection et la conservation de l'eau (5). Chacune de ces options, pour être matérialisée requiert la prise en compte de la valorisation des arbres, soit par le reboisement et l'afforestation via l'établissement des arbres et arbustes, soit par la reforestation ou par la restauration, la conservation et la protection des écosystèmes forestiers existants.

Au niveau notamment de la CPDN (MDE, 2015a), un outil plus ferme de planification et d'engagements, une référence est certainement faite aux secteurs AFAT[41], notamment aux forêts comme moyens de lutte contre le changement climatique. Cependant, entre savoir si les écosystèmes forestiers font systématiquement partie de la planification et de la mise en œuvre des actions-climat ou de déduire si les activités de reboisement et/ou de reforestation mise en place par les acteurs entrent dans une perspective ou un cadre spécifique de lutte contre le changement climatique, des clarifications s'avéreraient nécessaires. Toutefois, il est important de noter que le but est d'exhiber et de valoriser l'utilité de la végétation dans la lutte contre le changement climatique.

Dans le document de typologie des bonnes pratiques en matière de lutte contre le changement climatique (MDE, 2017a), plusieurs cas ont été présentés où l'importance des écosystèmes forestiers ont été mis à l'œuvre par l'adoption des pratiques de boisement, de reboisement ou de reforestation. Puis dans le guide de bonnes pratiques instaurée par le MDE (2017a), compte tenu de leur aptitude à servir comme une double stratégie de lutte contre le changement climatique (FAO, 2013), ces pratiques ont été capitalisées en vue d'inspirer les nouveaux programmes et projets de cette tendance mise en œuvre au niveau du pays. Toutefois, dans beaucoup de cas elles peuvent être combinées à d'autres formes d'interventions stratégiques de protection de l'environnement basées sur une approche plutôt holistique orientée vers le traitement et l'aménagement de tout un bassin versant donné, afin de donner de meilleurs résultats.

A travers sa Politique Nationale de lutte contre les Changements Climatiques du ministère de l'Environnement (2019b), le gouvernement compte diminuer ou éviter, d'au moins 5% par rapport à un scénario tendanciel, les émissions de gaz à effet de serre dans les secteurs de l'énergie et de l'AFAT (MDE, 2019b). Ipso facto, la place et le rôle des écosystèmes forestiers sont devenus cruciaux (FAO, 2013). Ainsi, une nouvelle approche basée sur l'utilisation de sources d'énergies

[41] Ensemble de secteurs incluant l'Agriculture, les Forêts et l'Aménagement des Terres

renouvelables, l'amélioration des pratiques agricoles, une bonne gestion des forêts et la reforestation des terres, contribuera au ralentissement voire à la suspension de la déforestation, et du coup favorisera la restauration des écosystèmes forestiers au niveau pays.

4.9.3 Les écosystèmes forestiers en Haïti : une option déterminante dans la lutte contre le changement climatique ?

L'existence et la gestion durable des écosystèmes forestiers, en plus d'être un moyen efficace pour lutter contre le changement climatique, peuvent représenter de véritables opportunités d'emplois (FAO, 2013) pour la population (entretien, gestion, production et commercialisation, etc.). Au fait, la prise en compte de l'établissement, de la gestion et du suivi-évaluation écosystèmes forestiers, dans les politiques et programme et projets destinés au changement climatique en Haïti, est devenue une option primordiale.

Toutefois, un mécanisme de prise en compte de la lutte contre le changement climatique dans une planification, une politique ou dans des pratiques nationales ou locales, ne doit pas envisager la gestion des écosystèmes forestiers comme une simple stratégie d'atténuation et d'adaptation (MDE, 2017a). L'existence de tels écosystèmes peut aussi être considérée et utilisée comme un outil de mesure et d'estimation du taux de séquestration du carbone (FAO, 2013).

En ce qui a trait à l'atténuation, au niveau national, les secteurs de l'Energie, de l'Agriculture, de l'Aménagement des Terres et en particulier des Forêts (86%), représente la part la plus importante des émissions révélées (MDE, 2001). En effet, ils constituent un ensemble essentiel auquel il faut absolument s'attaquer si on veut effectivement atteindre les objectifs d'atténuation de GES en Haïti (MDE, 2013). Cela dit, la réduction des émissions de dioxyde de carbone et le renforcement du piégeage puis du stockage de carbone par la mise en place des plans d'action de conservation des forêts, fondés sur la reforestation et l'afforestation, doit demeurer un élément clé du mécanisme de lutte contre le changement climatique en Haïti (MDE, 2001; MDE, 2013; MDE, 2019b). Néanmoins, selon les communications nationales soumises (2001; 2013), Haïti contribue très faiblement aux émissions des Gaz à Effet de Serre sur le plan global. Cela promeut en effet l'intérêt de développer les stratégies d'adaptation en priorité par rapport à celles d'atténuation. Ainsi, le déboisement et la reforestation suppose plutôt une réponse à l'adaptation aux effets de la modification du climat qu'a une atténuation des émissions de GES. Par conséquent, cela est censé influencer voire changer la façon dont les plans de reboisement et de reforestation sont mis en œuvre.

4.10 Des informations précises et régulières sur l'évolution du couvert forestier en Haïti : Une nécessité dans la lutte contre le changement climatique

Dans la dynamique des systèmes socio-écologiques, les écosystèmes forestiers détiennent de multiples fonctions. Eléments importants dans les cycles de l'eau et du carbone, ils favorisent la bonne répartition et l'approvisionnement en eau et la régulation du carbone de l'aire par son piégeage. En outre, ils contribuent à la protection des systèmes naturels et humains contre les désastres naturels, favorisent le renouvellement de la matière organique pour la fertilité des sols, et participent à la sécurité alimentaire et à l'appui aux moyens de subsistance (Singh & Cohen, 2014). En effet, les ressources forestières et les écosystèmes dont elles résultent sont devenus une pierre angulaire à la résilience climatique en Haïti. Nécessairement, les efforts pour construire une résilience au changement climatique doivent inclure une approche efficace pour augmenter la couverture forestière (Singh & Cohen, 2014). Et pour mieux s'y prendre, il est important d'avoir des informations claires et précises sur le fonctionnement et l'évolution des écosystèmes forestiers.

Définitivement, une prise de conscience factuelle des rôles potentiels des forêts dans l'adaptation au changement climatique et son atténuation doit engendrer la nécessité d'améliorer le suivi et l'évaluation des forêts.

4.11 Des freins à la lutte efficace contre le changement climatique en Haïti

Nombre d'initiatives sont mises en place en Haïti pour essayer d'enrayer le phénomène dit changement climatique, en particulier la mise en place des politiques et stratégies et la mise en œuvre des plans, programmes et projets. En dépit de tout, maints constats révèlent que les résultats atteints peinent à gagner en efficacité et en durabilité (MDE, 2019b). Hypothétiquement, cela est dû à une série de contraintes caractérisées notamment par : une insuffisance de ressources financières appropriées (Borde, et al., 2015) suivi d'une difficulté d'accès aux fonds climatiques ; un modèle de gouvernance relativement fragile et à une défaillance institutionnelle technique des organes concernées (MDE, 2019b).

4.11.1 Des contraintes liées à l'accès aux ressources financières climatiques

Le changement climatique actuel est perçu comme un phénomène multidimensionnel, mais aussi complexe (Micheau, 2012). La tournure économique, due aux imposants coûts requis par les initiatives de lutte contre ce fléau, contribue amplement à façonner cette complexité, au sens que les ressources économiques sont indispensables pour atténuer ce phénomène et s'adapter à ses effets néfastes. Lutter contre ce dernier exige des investissements assez importants réclamant donc une mobilisation de fond considérable. Dans une étude réalisée par Romain (2012), il est révélé que les estimations des coûts de l'adaptation des pays en développement varieraient entre 4 à plus de

100 milliards de dollars par an. Pourtant Haïti étant un pays à économie précaire, ne dispose pas de ressources financières adéquates pour pouvoir matérialiser les actions prévues à cet effet. Or, selon le document CPDN[42] soumis par le MDE (2015a), le besoin en financement du pays en matière de lutte contre les changements climatiques serait estimé à hauteur de 25 milliards de dollars pour la période allant de 2016 à 2030.

Au niveau national les ressources financières allouées à cette fin au niveau du budget sont très maigres et peu coordonnées. D'ailleurs, plusieurs études (Singh & Cohen, 2014; Borde, et al., 2015), arrivent à mettre en évidence l'incapacité d'Haïti à couvrir convenablement les coûts nécessaires à une lutte efficiente contre les changements climatiques à travers le pays. Au niveau international, certes, il est prévu des mécanismes de financement, notamment au titre de la CCNUCC, mais le processus d'accès à ces fonds est long, fastidieux et contraignant (PSC-CC, 2014). Cela exige en effet une prise en charge institutionnelle responsable et assidue. Cependant, compte tenu de l'état défaillant du cadre institutionnel existant, l'accès à ces fonds reste une opportunité limitée pour Haïti. Pourtant, le budget national a une forte dépendance (50%) à un certain nombre d'arrangements financiers bilatéraux et multilatéraux qui pour la plupart sont dédiés à des projets spécifiques (Borde, et al., 2015). D'autres fonds externes existent, bien entendu, mais ne sont pas spécifiquement destinés à des initiatives de lutte contre le changement climatique. Tout cela témoigne au final de l'incapacité de l'état haïtien à mettre sur place des dispositifs solides nécessaires à la mise en œuvre de la lutte contre les changements climatiques au niveau du territoire.

4.11.2 Des contraintes liées à un modèle de gouvernance défaillant et peu ordonné

La défaillance institutionnelle entraine elle-même un modèle de gouvernance relativement fragile plutôt inconvenable à la lutte contre le changement climatique en Haïti (Borde, et al., 2015). Cet état de fait est surtout caractérisé par un manque de coordination, de synergie, de transparence et de concertation autour des initiatives de lutte contre les changements climatiques (Singh & Cohen, 2014). Cela est dû aussi à l'inaptitude des autorités à l'application de la réglementation et des normes relatives à la lutte contre le changement climatique (Vital, 2018). Aussi, une barrière d'importance à la gouvernance de ce secteur réside en une réticence à la décentralisation et à la déconcentration des services y relatifs, alors que dans la majorité des cas la prise en charge des initiatives de lutte contre le changement climatique, notamment d'adaptation, doit se faire au niveau local pour être efficaces et significatives. En outre, il y a lieu également de mentionner l'influence des rapports de force entre les institutions et les bailleurs qui, certaines fois, ne jouent pas en faveur d'un alignement

[42] Contribution Prévue Déterminée au niveau National

des fonds aux plans nationaux (Singh & Cohen, 2014). Cela remet immédiatement en question la posture de leadership des autorités nationales.

Tous ces accrocs contribuent donc à fragiliser davantage la gouvernance en place, alors qu'un aboutissement à des résultats efficaces dans la mise en œuvre des mesures d'actions relatives à la lutte contre les changements climatiques requiert un modèle de gouvernance puissant ordonné et limpide. En effet, en dépit d'un ensemble de règles et de stratégies mises en place à l'échelle nationale, les actions jusqu'ici entreprises ne permettent d'aboutir à des résultats significatifs par rapport aux objectifs fixés et aux effets attendus.

4.11.3 Des contraintes liées à une défaillance institutionnelle et technique

La mise en œuvre de la lutte contre les changements climatiques sur un territoire donné quel qu'il soit, requiert un environnement institutionnel fort, imposant et bien coordonné. C'est pourquoi, la Convention (ONU, 1992), dans sa mise en œuvre, envisage le renforcement des capacités techniques des institutions chargées d'appliquer ses prescriptions au niveau des pays Parties. En outre, elle promeut la coordination entre les instruments et les dispositifs institutionnels pertinents et réclame des pays développées Parties un transfert de technologie vers les Pays les Moins Avancés (PMA) dont Haïti (ONU, Accord de Paris, 2015). Cependant, au niveau du pays la situation semble ne pas s'aligner aux conditions requises. Selon (Vital, 2018). Cette inadéquation institutionnelle résulterait d'un décalage entre les normes et les faits ; ce qui engendre une crise étatique multidimensionnelle en Haïti. Cela affecte du coup tous les secteurs de développement du pays, en particulier la lutte contre les changements climatiques en Haïti. Cette défaillance institutionnelle, se traduit d'abord par un problème de coordination, suivi par un déficit d'appropriation des connaissances techniques relatives à l'évolution du climat, ajouté à un manque de directive dans la mise en œuvre et le suivi des actions d'adaptation et d'atténuation efficaces (MDE, 2019b). Il faut aussi ajouter le contexte d'instabilité politique récurrente influant grandement sur la gouvernance et la notoriété publique et donnant le plus souvent lieu à un personnel non qualifié sur le plan technique. En effet, compte tenu de ces incohérences établies entre les pratiques institutionnelles, la mise en œuvre technique, les normes et les pratiques sociales, il sera difficile pour Haïti de relever les défis liés au changement climatique.

Conclusion

Dans un contexte où le réchauffement du système climatique est sans équivoque (GIEC, 2014), la lutte contre ce phénomène à travers des politiques publiques appropriées se place au cœur des politiques environnementales à tous les niveaux de pouvoir (Pallemaerts, 2004). Fort de ce constat,

la lutte contre le changement climatique est envisagée comme une thématique prioritaire de notre recherche, compte tenu surtout de ses liens avec l'existence et la gestion des écosystèmes forestiers. En effet, le but de cette section est de procéder à un diagnostic suivi d'une analyse de la prise en compte du changement climatique dans les stratégies de développement en Haïti ; d'essayer de mettre en relief l'importance accordée à la gestion des écosystèmes forestiers dans cette dynamique. Pour ce faire, a été donc adoptée une méthodologie basée prioritairement sur les revues documentaires, renforcées et agrémentées par une enquête institutionnelle sommaire consistant à réaliser un exercice de collecte d'informations au niveau institutionnel et par des consultations individuelles de certains cadres de référence en matière de lutte contre le changement climatique en Haïti.

Ce diagnostic a permis de passer en revue et d'analyser le cadre institutionnel relatif à la mise en œuvre de la lutte contre le changement climatique en Haïti, incluant la participation des ministères et autres organes publics vivement impliqués dans ce processus. Également, un accent particulier est aussi mis sur l'implication de la société civile haïtienne dans cette démarche de la lutte contre le changement climatique.

Il a permis aussi de porter un regard critique sur le cadre réglementaire relatif à la lutte contre les changements climatiques en Haïti. Il s'ensuit une mise en relief des différents engagements pris par le pays au niveau international, notamment au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) et ses instruments juridiques connexes (Protocole de Kyoto et l'accord de Paris) et une analyse de leur application réelle. En revanche, il a été nécessaire de passer en revue les différents mécanismes nationaux clés liés à ce mouvement, entre autres : Le Programme d'Action National d'Adaptation (PANA) ; La Contribution Prévue Déterminée au niveau National (CPDN) ; Le Programme Aligné d'Action de Lutte contre la Désertification (PAN-LCD), la Politique Nationale de lutte contre les Changements Climatiques (PNCC), et d'autres stratégies ayant rapport à cette dynamique. Ainsi, une analyse de la gouvernance suivie de l'appropriation technique de la lutte contre le changement climatique en Haïti, a été jugée pertinente. Un regard est également rivé sur les mécanismes de financement à la portée de la lutte contre le changement climatique en mettant en avant les sources de financement internationales relatives au climat les plus accessibles.

En fin de compte, pour aboutir aux objectifs fixés, la détermination de la place des écosystèmes forestiers dans la lutte contre le changement climatique en Haïti, à travers notamment les politiques et stratégies nationales, a été primordiale. Dans cette tentative, les différentes fonctions des

écosystèmes forestiers, mais aussi leurs fragilités par rapport à l'évolution du changement climatique ont été mises en évidence.

Dans l'ensemble, ce travail permet de révéler les différents défis à relever face à ce phénomène, mais aussi les différents éléments servant de freins à une mise en œuvre effective de la lutte contre le changement climatique en Haïti. En d'autres termes, se référant aux différentes contraintes liées à l'accès aux ressources financières orientées vers le changement climatique, à un modèle de gouvernance défaillant et peu ordonné et à une défaillance institutionnelle et technique, il dévoile l'incapacité du pays à mettre en œuvre une lutte effective contre le changement climatique. En outre, en dépit d'un nombre important d'initiatives entreprises par le gouvernement et les organisations de la société civile en matière de la lutte effective contre le changement climatique, les résultats jusqu'à présent enregistrés tardent à contribuer à une amélioration effective de la résilience du pays par rapport aux conséquences néfaste du changement climatique en cours (MDE, 2019a).

Cependant, des constats (Joseph & Saffache, 2018; Nadeau, et al., 2018; Joseph, Dolique, & Saffache, 2019), montrent que les écosystèmes forestiers représentent une option déterminante dans la lutte contre le changement climatique en Haïti. Et conséquemment, la production et la disponibilité des informations précises et régulières sur l'évolution du couvert forestier en Haïti sont devenues une nécessité dans la lutte contre le changement climatique.

5 Profil et caractéristiques des écosystèmes forestiers en Haïti : analyse de la dynamique du couvert arboré et de ses facteurs déterminants

Les écosystèmes forestiers en Haïti : une solution naturelle de lutte contre (atténuation et adaptation) contre le changement climatique ; un dispositif de maintien et de conservation de la biodiversité ; enfin un patrimoine naturel à préserver, mais en péril.

Introduction

Dans le contexte actuel de l'évolution de l'environnement et du climat à travers le monde entier, les écosystèmes forestiers sont devenus indubitablement des ressources naturelles indispensables à l'avenir et la survie de l'humanité. Selon l'ONF (2017) les forêts ou écosystèmes forestiers peuvent, selon le cas, remplir une fonction économique, une fonction environnementale, une fonction sociale et une fonction de protection grâce aux services qu'elles sont capables de procurer.

L'apport des écosystèmes forestiers pour les équilibres sociaux, environnementaux, énergétiques ou encore alimentaires n'est plus à démontrer (Pourcher, 2017). Ce patrimoine naturel constitue à la fois une filière économique très lucrative et une source d'emplois importante pour les communautés riveraines, des sources et des réservoirs importants de ressources biologiques, un dispositif ornemental pour le paysage, un espace récréatif pour le public et favorisant l'écotourisme. En outre, son existence ou son établissement consiste à assurer la protection des ressources en eau. Au-delà de leur pouvoir régulateur climatique consistant à améliorer la qualité de l'air par la libération de l'oxygène (O_2) et la séquestration du dioxyde de carbone (CO_2) (Mégie, et al., 2003) (Abildtrup, Horokoski, & Stenger, 2017), les écosystèmes forestiers développent une forte aptitude à lutter contre les risques naturels (glissements de terrain, éboulement, hausses de la mer, crues torrentielles, déstabilisation des berges, érosion des sols, etc.) (ONF, 2017). En dépit de ces preuves évidentes de l'importance des écosystèmes forestiers à l'égard de l'existence de l'humanité, il n'en demeure pas moins qu'ils sont l'objet d'un déclin progressif et de plus en plus accentué à travers le monde entier. Certaines fois, les causes de cette décadence sont attribuées à des phénomènes naturels (catastrophes naturelles, feux de brousses etc.), mais dans la majeure partie du temps ce sont les facteurs anthropiques (énergie, construction etc.) qui sont pointés du doigt.

La dégradation des écosystèmes forestiers est un phénomène constaté au niveau global (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). En Haïti, cet état de fait, perceptible d'un simple regard, devient de plus en plus inquiétant et risque de devenir irréversible (Dufour, 2011). Cela est aussi illustré dans un rapport du ministère de l'Environnement révélant que le couvert arboré du pays (Haïti) a chuté d'un taux de 4,7 %[43] de 2000 à 2015 (Joseph, 2019). Malgré ce constat déjà alarmant, les derniers brins d'écosystèmes forestiers résistant encore ne cessent de faire l'objet d'une exploitation anarchique au fur et à mesure grandissante. Cette situation est le résultat complexe d'un processus de déboisement et de déforestation amplifié par la vulnérabilité socio-économique de la population caractérisée par une pauvreté extrême (Gérard-François, 2010) (MDE, 2015b) (Dufour, 2011)., la recrudescence démographique incontrôlable (Toussaint, 2010; André, 2011; IHSI, 2014), la prédisposition naturelle du territoire aux risques naturels (Toussaint, 2010) (MDE, 2015b), et l'instabilité politique (Gentes & Vergara-Castro, 2005) (MDE, 2016) qui est l'un des principaux facteurs de la défaillance de gouvernance (Governance Matters VI : Aggregate and Individual Governance Indicators, 1996-2006, 2007).

Actuellement, la dégradation des écosystèmes forestiers représente l'un des enjeux majeurs de la gestion de l'environnement et du développement durable en Haïti (Toussaint, 2010). Il n'existe cependant pas un cadre formel de politique relatif aux forêts jusqu'à cette date. Une prise de décisions à cette fin nécessiterait préalablement un diagnostic de la situation actuelle des écosystèmes forestiers restant et de la prise en charge qui en est faite au niveau du pays. Dans ce cas, il convient de décrire le profil et les caractéristiques des écosystèmes forestiers se basant sur l'analyse des dispositifs de gestion et de la dynamique du couvert arboré existant et de ses facteurs déterminants[44]. Cela nécessite d'abord de passer en revue et d'élucider les dispositifs institutionnels, réglementaires et stratégiques mis en place afin de mieux cerner la conjoncture de l'évolution de cette dynamique.

5.1 Approche méthodologique adoptée dans le cadre de ce travail

Dans le cadre de ce travail sur la tendance de la dynamique du secteur forestier en Haïti, une approche méthodologie assez simple, mais pratique et ordonnée, a été mise en œuvre. Elle a été réalisée en plusieurs étapes (4) :

[43] Analyse basée sur les données par défaut (niveau 1) de la Convention des Nations unies sur la Lutte contre la Désertification (CNULCD) relatives à la couverture terrestre

[44] Ceux-là renvoient aux aspect historiques, structurels, conjoncturels qui sont susceptibles d'influencer la dynamique du couvert arborée au niveau du pays.

5.1.1 Revue et analyse documentaire relative au secteur forestier en Haïti

La revue a constitué l'étape initiale et surtout primordiale dans le cadre de ce travail, comme l'a déjà évoqué Duchemin (2010). Dans notre cas, cette étape consistait à compiler et consulter la documentation relative au domaine de la foresterie, à sa gestion et à ses disciplines connexes ou dépendantes. Elle a été alors l'occasion de passer en revue les différents ouvrages (livres, articles, rapport, communications scientifiques, compte rendu d'audience etc.). Dans ce cas, beaucoup de documents de sources multiples détenant des informations importantes sur la notion de forêt, notamment sur les écosystèmes forestiers en Haïti, ont été de la partie. Cela dit, plusieurs documents et rapport de projet, des plans et politiques nationaux, des articles scientifiques, entre autres, traitant de la problématique du déboisement et de la déforestation ou de la foresterie de manière générale, mais spécialement en Haïti ont été consultés à cette fin. Cette étape constitue aussi, pour cette étude, un préalable indispensable qui a permis de mieux cerner la réalité, de mieux comprendre l'évolution de la dynamique forestières au niveau du pays, mais aussi d'en déterminer les principaux facteurs décisifs. Ça été aussi l'occasion d'analyser l'importance et la pertinence de l'implication des acteurs et institutions intervenant dans le domaine, notamment en termes de stratégie et de prise en charge. En outre cela permis de mieux orienter la stratégie d'investigation envisagée auprès des acteurs, institutions et des personnes ressources.

5.1.2 Enquête auprès des institutions impliquées dans le secteur forestier en Haïti

La dégradation des écosystèmes forestiers est le résultat assez complexe d'un ensemble de facteurs différents. Il s'agit entre autres des facteurs socio-économiques et historiques (Agriculture, exploitation du bois, énergie, démographie, urbanisation, loisir etc.) et mais également des facteurs naturels (cyclone, vent, feu, inondation, sècheresse etc.) le plus souvent associés aux effets du changement climatique. Compte tenu de ce fait, la dynamique de ce secteur dépend de l'évolution d'un ensemble d'autres secteurs et par conséquent des interventions d'autres institutions. Dans ce cas, il a été prévu de procéder à la réalisation d'une enquête institutionnelle afin d'aboutir aux résultats souhaités. En effet, un ensemble d'institutions œuvrant directement ou indirectement dans le domaine de la foresterie ont été envisagées. Il s'agit en particulier du Ministère de l'Environnement (MDE) à travers sa Direction des Forêts et des Energie renouvelables du MDE, sa Direction des Changements Climatiques (DCC) et l'Agence Nationale des Aires Protégées (ANAP) ; du Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural et du Bureau des Mines et de l'Energie (BME). Cela se concentrait sur un cadre institutionnel spécifique et réduit afin d'éviter la redondance des informations et du coup optimiser le temps.

5.1.3 Consultation des cadres réputées du domaine forestier et secteurs connexes

La consultation des cadres ou des personnes ressources du domaine de de la foresterie ou d'autres domaines s'y associant a été aussi prévue et réalisée dans le cadre de cette étude. Ce sont pour la plupart des cadres ou experts qui se passent de présentation en matière d'expérience et de résultats non seulement dans le domaine forestier mais également dans ceux du changement climatique et de la biodiversité. Cela a donc permis de mettre à profit les connaissances acquises par ces compétences dans le domaine, mais aussi d'avoir une compréhension holistique de la dynamique du secteur en tenant compte des disciples avec lesquelles elle entretient des relations étroites et d'interdépendance. Cela a été l'opportunité de vérifier, d'ajuster, compléter et de valider les informations recueillies à partir de la revue documentaire. Toutefois, cela n'a pas été forcément des entrevues structurées, mais souvent de simples conversations entre pairs visant à recueillir certaines informations jugées pertinentes par rapport aux besoins de l'étude. A cet effet des personnalités réputées issues de différentes institutions œuvrant surtout dans le domaine forestier ou d'autres disciplines connexes au niveau du pays ont été consultées dans cette optique (cf. tableau ci-après). Cependant, plusieurs d'entre elles n'ont pas été joignables ou disponibles à cause de la conjoncture socio-politique du pays ajoutée à l'état d'urgence sanitaire dû au Covid19, ou dans d'autres cas n'ont tout simplement pas exprimé une volonté de coopération.

Tableau 11: Liste des différents cadres techniques et experts ciblés pour consultation

Prénom et nom	Institution hôte	Fonction	Coordonnées
Eder AUDATE	Direction forêts & énergie Ministère de l'Environnement	Directeur	eder.audate@mde.gouv.ht Tél : +509 38 32 7414
Michelet LOUIS,	Direction Biodiversité	Directeur	micheletagr@yahoo.fr Tél : +509 4896 1597
Gérald NEUVIEME	Projet ABE/PNUD	Responsable de projet	gerald.neuvieme@undp.org
Paul Judex EDOUARZIN	PNUE	Responsable Programme	Pauljudex.edouarzin@unep.org Tél : +509 37771910
Jean André VICTOR	Expert Sénior Autonome en Environnement	Expert Sénior Autonome	jeanandrev@yahoo.com
Yves André WAINRIGHT	Projet Reforestation USAID : Chemonics International	Directeur Adjoint	yawainright@reforestation.ht Tél : +509 33708867
Joseph Ronald TOUSSAINT	Consultant indépendant	Expert Sénior Autonome	josephronaldtoussaint@gmail.com
Patrick NICOLAS	FAOHT	Cadre de la FAO	patrick.nicolas@fao.org
Jocelyn LOUISSAINT	Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire, UEH	Doyen de la FAMV	jlouissaint2000@yahoo.fr Tél : (509) 2262-2000
Seth PIERRE	HELVETAS/CARITAS	Responsable de projet	seth.pierre@helvetas.org
Jean Vilmont HILAIRE	Société Audubon & Université Quisqueya	Expert en Environnement	jvhilaire@gmail.com Tél : +509 33708867
Ned Charles	CIAT	Cadre du CIAT	ned.charles@ciat.gouv.ht
Boby E. PIARD	CNIGS	Directeur CNIGS	bepiard@cnigs.ht
Maxène ATIS	The Nature Conservancy	Staff-Line	matis@tnc.org
Emanuel SILDOR	Projet BID-Macaya	Directeur	esildor@hotmail.com

Prénom et nom	Institution hôte	Fonction	Coordonnées
Kénel DELUSCA	Direction Changement Climatique / MDE	Expert Changement Climatique	kenel.delusca@gmail.com

N.B : Les lignes coloriées désignent les références qui ont été effectivement contactées et celles en blanc indiquent les injoignables.

5.2 La compréhension du concept forêt ou écosystème forestier

Ce travail consiste à procéder à une description du profil et des caractéristiques du secteur forestier en Haïti. Pour cela, il est important de mettre en relief les facteurs sociaux, politiques, économiques, environnementaux et technologiques susceptibles d'influencer l'exploitation et l'utilisation des ressources forestières au niveau du pays. Ainsi dans un souci de favoriser une meilleure compréhension de la démarche et une appropriation circonspecte de la thématique abordée, il est estimé judicieux de procéder à un extrait sélectif de différentes approches conceptuelles relatives à l'appellation « **forêt** » ou « **écosystème forestier** ».

5.2.1 Le concept forêt perçu globalement mais selon des idéologies divergentes

Bien qu'ils soient l'objet d'une pression démesurée dans de nombreux pays en développement notamment en Haïti, les écosystèmes forestiers, par les nombreux services qu'ils offrent et fournissent à nos sociétés, contribuent naturellement à l'amélioration des moyens et des conditions d'existence des populations humaines. Au vu de l'importance de ces ressources naturelles, elles demeurent un sujet fondamental à l'échelle globale, mais abordé et perçu de manière différente selon le courant de pensée auquel on fait référence.

D'abord, la définition, la plus connue, la plus utilisée et ayant vraisemblablement un caractère officiel, adoptée à travers le monde, est celle de la FAO (2004) qui considère comme « forêt » toutes « terres occupant une superficie de plus de 0,5 hectare avec des arbres atteignant une hauteur supérieure à 5 mètres et un couvert arboré de plus de 10 pour cent, ou avec des arbres capables d'atteindre ces seuils in situ ». En annexe à cette définition de la FAO[45] il existe également le concept « Autres Terres boisées » qui se définit comme étant des « Terres non définies comme « forêt », couvrant une superficie de plus de 0,5 hectares avec des arbres atteignant une hauteur supérieure à 5 mètres et un couvert forestier de 5-10 pour cent, ou des arbres capables d'atteindre ces seuils, ou un couvert mixte d'arbustes, arbrisseaux et d'arbres supérieur à 10 pour cent. Sont exclues les terres à vocation agricole ou urbaine prédominante » (FAO, 2004; FAO, 2012). En effet, la définition de la FAO exclut les peuplements forestiers présents dans les exploitations agricoles, comme dans les vergers et les systèmes agroforestiers. Elle exclut également les arbres présents dans les parcs urbains et les jardins. Cependant, cette définition, il faut l'admettre, ne fait pas toujours l'unanimité,

[45] http://www.fao.org/forestry/9701-033509d329e89211f0893cb258d09f4f7.pdf

et par conséquent se trouve en confrontation et en concurrence à d'autres définitions, bien entendu moins officielles.

Ainsi, le GIEC (2001) essaie de procéder à une définition renvoyant à un sens large selon laquelle le terme « **forêt** » désigne toute forme de végétation où il y a une prédominance des arbres. Ces derniers quant à eux sont perçus comme « des plantes ligneuses pérennes avec une seule tige principale ou, dans le cas d'un taillis, avec plusieurs tiges présentant un houppier plus ou moins distinct » (FAO, 2004). Ensuite, d'autres tendances plus idéalistes, comme le Mouvement Mondial pour les Forêts Tropicales (WRM : World Movement for Rainforests), avancent des arguments drastiques et soutenus visant à prouver les insuffisances de cette définition de la FAO. Le WRM (2011) estime que cette définition est incomplète, car elle s'accentue seulement sur la présence des arbres et ne prend pas en considération les insectes, oiseaux et les animaux alors qu'ils constituent les éléments les plus visibles des forêts. Il dénonce l'exclusion des populations vivant des forêts et les spécialistes tels que biologistes, écologistes et ingénieurs forestiers dans l'élaboration de la définition (WRM, 2011). Cette tendance de pression propose de définir la « **Forêt** » comme un « système d'interactions complexes entre plusieurs variétés de plantes, et d'animaux, incluant les peuples qui y vivent et qui en dépendent ».

En outre l'acception du concept « forêt » diffère non seulement d'un organisme à l'autre mais également d'un champ d'intérêt à l'autre. Ainsi, pour le botaniste la forêt est perçue comme une formation végétale constituée d'importantes strates arborées, avec aussi des arbustes, des plantes basses, des grimpantes et des épiphytes (König, 2011). En revanche, selon l'écologiste, elle représente un écosystème riche et complexe, où se développent des relations d'interdépendance entre les différentes espèces et populations animales, végétales, fongiques et microbiennes (König, 2011; Tchatchou, Sonwa, Ifo, & Tiani, 2015). Ainsi, par forêt, l'écologiste entend un milieu relativement naturel et diversifié et, contrairement au forestier, il n'accorde pas l'appellation de forêt à des plantations monospécifiques artificialisées où cette biodiversité au sens large est considérablement réduite (Thiollay, 1997). Alors que pour l'économiste, la forêt est considérée comme une source de revenu, un moyen d'existence et un bien d'autant plus personnel qu'il en est directement propriétaire.

5.2.2 Analyse et description de la typographie des forêts au niveau global

Comme mentionné dans la section portant sur l'aspect conceptuel, il existe, dépendamment des critères et paramètres mis en avant, de l'échelle et du niveau de perception, différentes classifications/catégories de forêts subdivisées en plusieurs types. Certaines d'entre elles peuvent se focaliser sur les conditions géographiques et climatiques, d'autres sur le niveau de perturbation

(conditionnée ou pas) ou tout simplement sur la structure des feuilles des arbres composant la forêt.

Sur le plan général, il existe une classification basée sur la latitude et le climat. Il en résulte : les **forêts boréales** (ou **Taïga**) situées à l'hémisphère Nord et composées essentiellement de conifères (sapins, mélèzes, épicéas et pins) ; les **forêts tropicales** et **subtropicales** ou forêt équatoriale (forêts humides et sempervirentes) ; les **forêts tempérées** composées d'essences à feuilles caduques (peuplier, bouleau, charme, hêtre, chêne) et quelques fois de conifères (pins, sapins, cèdres, séquoia etc).

Il peut s'agir également d'une classification basée sur le degré de perturbation ou d'anthropisation des écosystèmes forestiers. Cette classification est surtout celle adoptée par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) dans le cadre des exercices d'évaluation des ressources forestières dans le monde (FAO, 2012). Cette catégorie fait référence : aux « **Forêts/autres terres boisées primaires** » formées d'espèces indigènes où aucune trace d'activité humaine n'est clairement visible et où les processus écologiques ne sont pas sensiblement perturbés (FAO, 2004; FAO, 2012); aux « **Autres forêts naturellement régénérées** » caractérisées par les forêts naturellement régénérées où les traces d'activité humaine sont clairement visibles. Cette catégorie peut être constituée en majeure partie (plus de 50 pour cent du matériel sur pied à maturité) des « **espèces introduites** ». Dans ce cas, la régénération naturelle peut se faire à partir des arbres en prédominance d'espèces introduites. Une fois que ces dernières sont bien implantées et acclimatées pendant plusieurs années et font partie intégrante de la flore d'une région, hormis les espèces envahissantes, cela aboutit à une forêt naturellement régénérée en prédominance d'espèces introduites naturalisées (FAO, 2004; FAO, 2012) ; les « **Forêts plantées** » caractérisées par les forêts à prédominance d'arbres établis par plantation et/ou ensemencement délibéré. Ces arbres (plantés ou semés) sont censés constituer plus de 50 pour cent du matériel sur pied à maturité de la forêt. Cette classe inclut les taillis des arbres originairement plantés ou semés et exclut les arbres spontanés d'espèces introduites. Ensuite, les « Forêts plantées » peuvent avoir, d'une part, une « **vocation de production** » envisageant la production de produits ligneux tels que les bois d'œuvre et de construction, les bois d'énergie (charbon, bois de feu, bioénergie etc.) ou de produits non ligneux[46] comme les aliments (végétaux été animaux), le fourrage, les produits pharmaceutiques, les pesticides, les produits aromatiques et biochimiques, les fibres, les produits ornementaux et artisanaux etc. (FAO, 1992; FAO, 2002), et d'autre part, une « **vocation de protection** » aspirant à la fourniture de services environnementaux, tels que la protection des sols

[46] Informations tirées à partir du lien suivant : http://www.fao.org/3/t0431f/t0431f03.htm

et des eaux, la lutte contre les ravageurs et la conservation des habitats et de la biodiversité et/ou la restauration des espèces indigènes (FAO, 2012).

Il existe également une autre classification axée sur la structure des feuilles des arbres composant les forêts. Cette mise en classe se focalise notamment phanérogames (plantes à fleurs) qui sont censés représenter la quasi-totalité des arbres apparents qui constituent la majorité des peuplements forestiers du monde. Cette classification permet de distinguer deux grands types de forêts : **l**es « **forêts de conifères** » (ou les résineux) constitués d'arbres ou d'arbrisseaux appartenant à l'ordre des Coniférales et au sous-embranchement des gymnospermes caractérisés par des feuilles en forme d'aiguilles ou d'écailles (Gouvernement du Québec, 2018), entre autres le sapin, L'araucaria, le Pin, le séquoia ; puis les « **forêts de feuillus** » caractérisés par des arbres appartenant au groupe des angiospermes dont les feuilles sont à limbes larges et aplaties comme les chênes, l'eucalyptus, etc. (Gouvernement du Québec, 2018). Cette catégorie de végétaux peut regrouper ***des feuillus sempervirents à feuilles persistantes*** présentant un feuillage toujours vert ; l'olivier sauvage (*Olea europaea*), le chêne liège (*Quercus suber*) et le chêne vert (*Quercus ilex*) en sont des cas typiques. Il comprend aussi l***es feuillus à feuillage caduc***: qui sont censés perdre leurs feuilles au cours d'une saison déterminée de l'année, à l'exemple du Chêne zen (*Quercus faginea*) et le peuplier blanc (*Populus alba*). Il peut s'agir également de « **forêts mélangées** » désignant des formations végétales principalement constituées par des arbres, mais aussi par des buissons et arbustes, où ni les feuillus ni les conifères ne dominent (CGDD, 2009).

D'autre classifications à signaler également sont celles basée notamment sur la densité ou le taux de recouvrement du peuplement qui caractérise la forêt. Dans ce cas, il convient d'évoquer celle du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) faisant référence aux notions de « **forêts fermées** » désignant toute superficie forestière possédant un seuil minimum de 40 % de couverture et de « **forêts ouvertes** » indiquant toute superficie ayant un seuil de 10 à 40 %. Ensuite, un classement adopté par le projet Tropical Ecosystem Environment Observations by Satellite (TREES) désigne par **« forêts denses** » des surfaces forestières contenant plus de 70 % de couverture de canopée et par « **forêts fragmentées** » des espaces forestiers possédant entre 40-70 % de couverture de canopée (Tchatchou, Sonwa, Ifo, & Tiani, 2015). Ainsi, une différence est observée non seulement au niveau des appellations mais aussi au niveau des seuils de recouvrement fixées, ce qui traduit une incohérence perceptible.

5.2.3 Les écosystèmes forestiers haïtiens vus à travers les différentes classifications

Se référant à la classification mondiale basée sur la localisation géographique et le climat, les écosystèmes forestiers haïtiens font partie de la sous-catégorie des forêts tropicales caractérisées

pour la plupart du temps d'une végétation verte et composées de plusieurs strates et par leur richesse biologique importante (MDE, 2016) (MDE, 2019a).

En ce qui a trait à la classification des forêts conçue à partir du degré de perturbation (naturelle ou anthropique) des peuplements (FAO, 2004), les écosystèmes forestiers haïtiens sont censés présenter presque tous les cas de figure évoqués. La quasi-totalité des reliquats de forêts restant en Haïti fait déjà l'objet de perturbations qui peuvent être d'origines anthropiques ou naturelles. Toutefois, il existe, dans des endroits amplement escarpés, notamment au niveau des Parcs de La Visite, de la Forêt des Pins et de Macaya, quelques rares formations forestières formées d'espèces indigènes au sein desquelles des activités humaines ne sont pas vraiment possibles et où les processus écologiques sont bien entretenus. Il en résulte l'existence de quelques brins de « **forêts ou autres terres boisées primaires** » (Hedges, et al., 2018). En revanche, il existe généralement des « **forêts ou autres terres boisées naturelles modifiées** » formées d'espèces indigènes régénérées de façon naturelle, où sont clairement visibles des traces d'activités humaines et des « **forêts ou autres terres boisées semi-naturelles** » constituées d'espèces indigènes, établies par plantation, semis ou régénération naturelle assistée. Puis, finalement, il existe des « **forêts plantées** » établies à partir de la plantation (repiquage) ou du semis (ensemencement) d'espèces indigènes, introduites ou naturalisées. Ces plantations peuvent envisager une fonctions production ligneuse (bois d'œuvre ou de construction, ressources énergétiques etc.) ou non ligneuse (médicaments, aliments, fourrages, produits cosmétiques aromatiques, artisanat, etc.) et une fonction de protection concrétisée à partir des services écosystémiques, entre autres la protection des sols et des eaux, la lutte contre les ravageurs et la conservation des habitats et de la biodiversité.

En ce qui concerne la classification des forêts articulée autour de la structure des feuilles des arbres composant les forêts, les différents cas de figures peuvent être rencontrés en Haïti. Il s'agit d'une subdivision orientée principalement vers les phanérogames faisant partie d'un embranchement du règne végétal composée des angiospermes et des gymnospermes. Cette classification se réfère à la catégorie des **feuillus (**angiospermes**)** qui se caractérisent par des feuilles larges et aplaties ; et celle des **conifères ou résineux (**gymnospermes**)** qui se caractérisent par des feuilles sous formes d'aiguilles (le sapin, L'araucaria, le Pin, etc.). Il existe également une catégorie mixte caractérisée par une cohabitation entre les deux premières. Au regard de la composition de la flore haïtienne, les écosystèmes forestiers dont elle est constituée possèdent toutes les catégories déterminant cette classification.

5.2.4 Une classification nationale spécifique aux écosystèmes forestiers en Haïti

Hormis les différentes classifications relatives aux caractéristiques des forêts établies à l'échelle plus générale, il existe en Haïti une classification nationale spécifique aux écosystèmes forestiers

observés. Cette classification à l'haïtienne est plutôt basée sur des éléments tels que le relief et l'altitude comme fondement principal. Cette typologie est extraite d'un document du ministère de l'Environnement (MDE) avec la collaboration du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) relatif à la stratégie de Montage l'Agence Nationale des Aires Protégées surnommée ANA (MDE & PNUD, 2009). Cette classification nationale est établie à partir de deux grandes catégories : la végétation de plaine ou de basse altitude et la végétation de montagne ou de haute altitude.

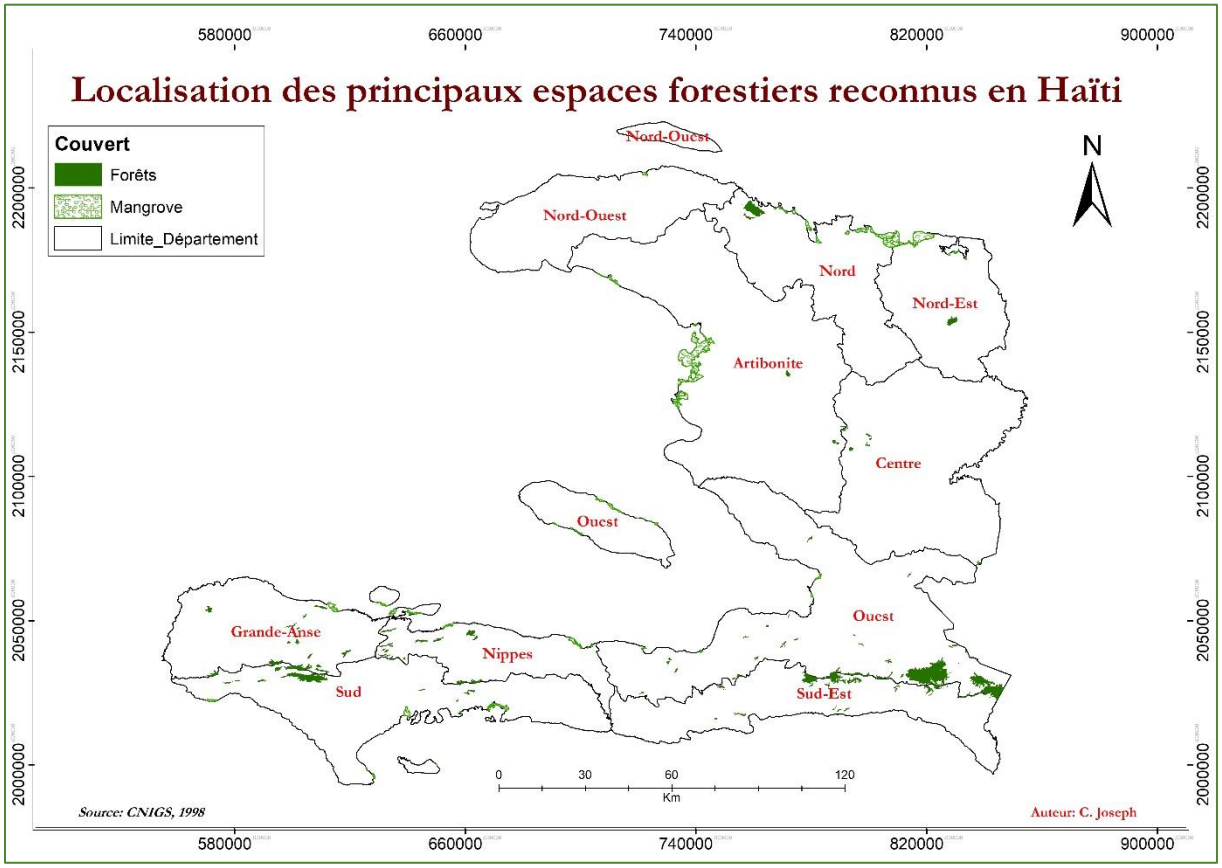
La végétation de plaine ou de basse altitude est caractérisée par deux types d'écosystèmes forestiers : d'abord les « **forêts sèches** » représentée par une forte proportion de xérophytes[47] formées essentiellement de bayahonde (*Prosopis juliflora*) et/ou de cambon (*Acacia farnesiana*) dépendamment de l'endroit (IGN & Aquater, 2002; UTSIG, 2005). Elles sont rencontrées le plus souvent dans des régions proches des côtes du pays, généralement sur des substrats calcaires et alluvionnaires, abritant une forte biodiversité et de nombreuses espèces endémiques de type Cactacées, Rubiacées et Celastracées, des reptiles (Cyclura cornuta et C. ricordii), etc. Et ensuite les « **forêts humides de basse altitude** » retrouvée le long des grands estuaires et des côtes du pays (Koohafkan & Lilin, 1989; FAO, 2007) (Aube, 1999). Elles sont composées surtout de végétations tolérantes aux eaux salées et saumâtres, notamment des formations de mangrove et de quelques autres halophytes[48].

La végétation de montage ou de haute altitude est quant à elle constituée : de la « **forêt de transition** » possédant l'une des plus riches en biodiversité, avec ***Swietenia mahagoni*** comme principale espèce ; des « forêts de **Feuillus** » en haute montagne, caractérisés par les Bois Tremble (*Didynopanax et Dendropanax*), contenant la plus forte diversité biologique du pays et où les espèces endémiques y sont nombreuses, notamment chez les Orchidées, Broméliacées, Fougères, Amphibiens, Insectes et Reptiles (MDE, 2016) (MDE, 2019a) et des « **forêts de conifères** » plus particulièrement des « **Forêts de Pins** » **c**onstituant les Pinèdes dominées par le *Pinus occidentalis* qui, historiquement, occupaient tous les sommets des hautes montagnes du pays (Koohafkan, et al., 1989).

[47] Des plantes (dites xérophiles) qui vivent dans des habitats classés comme secs, soit par le substrat, soit par l'atmosphère, soit par l'ensemble des deux (http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/xerophytes/).

[48] On appelle halophyte toute plante qui est en contact par une partie quelconque de son organisme avec des concentrations anormalement fortes de sel : végétation marine ; plantes de bords de mer, de déserts, marais ou lacs salés (http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/halophytes/).

Figure 12 : Cartographie des écosystèmes forestiers généralement les pus reconnues en Haïti



5.3 La dynamique des écosystèmes forestiers haïtiens (littérature)

En Haïti, les ressources forestières évoluent dans un contexte de recul et de dégradation excessive ; une situation très perceptible et surtout inquiétante qui tend à devenir très dangereuse (Toussaint, 2010) (Dufour, 2011).. Conscientes de cette situation menaçante, les autorités compétentes se sont mises à fournir beaucoup d'efforts afin de pallier cette tendance et d'en éviter un niveau irréversible. Pourtant l'exploitation démesurée et incontrôlable de ces ressources continue de prendre de l'ampleur et de progresser sans arrêt. En effet, cette détérioration progressive est susceptible de provoquer un déséquilibre naturel qui risque d'aboutir à la destruction définitive du capital forestier dans quelques années encore. Cela est donc démontré dans le cas des formations de mangrove du Parc National des Trois baies dans une étude sur les impacts des activités anthropiques sur les écosystèmes marins et littoraux à partir des images Landsat (Joseph, Dolique, & Saffache, 2019). Ce qui confirme l'évidence qu'au cours de ces dernières décennies, les écosystèmes forestiers haïtiens, bien qu'ils soient déjà dans un état très critique (Toussaint, 2010), continuent d'être soumis à une forte pression anthropique (CEPAL & PNUD, 2008).

Cette dégradation des écosystèmes forestiers au niveau du pays est souvent le résultat d'une combinaison de plusieurs facteurs, tels que l'expansion urbaine et l'extension des infrastructures, l'expansion et la multiplication des parcelles agricoles, l'exploitation et l'extraction des ressources

ligneuses, mais surtout la croissance démographique et la pauvreté (Toussaint, 2010) (MDE, 2015b) qui constituent les éléments déclencheurs et multiplicateurs d'autres facteurs. Il s'en suit que d'une part, cette population grandissante qui dans la plupart du temps s'installe au fur et à mesure dans les zones forestières et/ou péri-forestières a entraîné une forte pression sur les écosystèmes forestiers pauvreté (Toussaint, 2010) (MDE, 2015b). Et d'autre part, pour répondre à ses besoins socio-économiques de plus en plus croissants et exigeants, et faute de politique gouvernementale alternative visant à apporter des solutions adéquates et durable à cette conjoncture, cette population se voit obligée d'exploiter sans mesure ces écosystèmes forestiers (MDE, 2015b). Cette exploitation se fait, soit en défrichant les forêts pour y installer des parcelles agricoles de subsistance, soit en abattant les arbres pour la fabrication du charbon de bois ou comme source d'énergie au niveau des guildives, des boulangeries, des blanchisseries et/ou pour la consommation domestique.

A ceux-là il faut également ajouter et souligner les impacts colossaux des conditions climatiques et météorologiques, telles que les longues périodes de sècheresse extrême, les cyclones et les tempêtes tropicales qui ont affecté le territoire haïtien. Ainsi, il convient de signaler qu'au cours de ces vingt dernières années plus d'une quinzaine d'ouragans ont affecté diverses régions du pays, et plus récemment l'ouragan Matthew qui a sévèrement affecté la péninsule du sud (Stewart, 2017) (Melo Ramirez, 2018) et qui a causé la destruction d'une bonne partie de la forêt du Parc Macaya et d'autres écosystèmes forestiers du massif de la Hotte. Ces évènements dangereux survenus à répétition et de manière amplifiée sont pour la plupart des conséquences vraisemblablement engendrées par le changement climatique (GIEC, 2011). Toutefois, au-delà des pressions anthropiques exercées sur les ressources ligneuses pour répondre à une demande de plus en plus croissante et des conditions naturelles parfois défavorables, l'état actuel des ressources forestières est dû à l'échec des modes de gestion traditionnels. Cela nécessite dans ce cas de procéder à un changement d'orientation et de paradigme dans les prises de décision et dans les applications opérationnelles.

5.4 Historique de la déforestation et de la dégradation forestière en Haïti

La déforestation et de la dégradation des écosystèmes forestiers auxquelles nous assistons actuellement en Haïti n'est d'aucune manière un fait inédit (Joseph & Saffache, 2018; Vital, 2018). De ce fait, il est estimé nécessaire de procéder à une démarche consistant à mettre en exergue les moments importants et déterminants de ce processus de déclin. De surcroit, il y a lieu de noter que les différentes périodes se démarquent par des contextes différents caractérisés par des conjonctures socio- économiques et politiques distinctes.

La première grande période de la déforestation et de la dégradation des forêts en Haïti a débuté à partir de la conquête espagnole (MDE, 2015b), puis a duré pendant toute l'époque coloniale

jusqu'à l'indépendance et la création officielle de la nation (Rérat, 2018). Au cours de cette période-là, des écosystèmes forestiers (forêts et autres terres boisées) ont dû être déboisés, défrichés et brûlés au profit de l'établissement des champs de cultures de rentes réputées pour des denrées d'exportation importantes à l'exemple des plantations de tabac, d'indigo, canne à sucre, de cacao et de café (Rérat, 2018; Joseph C. , 2019). Du coup, les bois précieux ont été intensément exploités et exportés vers l'extérieur à cause de leurs hautes valeurs commerciales à cette époque (MDE, 2015b). Ensuite, à partir du début de la période d'insurrection des esclaves, les manœuvres stratégiques de guerre et les besoins de subsistances ont amené les esclaves défricher des flancs de montagne pour y aménager des espaces agricoles (Brochet, 1993), mais aussi ils ont mis du feu dans de vastes forêts et des installations agricoles afin de déstabiliser l'ennemi et d'avoir le contrôle du territoire. En réplique, les soldats français ont dévasté des forêts entières dans le but de poursuivre les esclaves en fuite. Ce qui a coûté dès lors la destruction d'une bonne partie de la couverture forestière, et qui donc a débuté avec la déforestation et la dégradation des forêts du pays.

De manière surprenante, le processus de dégradation des écosystèmes forestiers n'a pas cessé même après la proclamation de l'indépendance du pays en 1804 (Rérat, 2018). Au contraire, l'exploitation anarchique des bois précieux (acajou, campêche et pins) et l'utilisation du bois comme principale source d'énergie se sont plutôt intensifiées (MDE, 2015b). Au fur et à mesure, cette tendance s'est accentuée par l'installation et la multiplication des exploitations agricoles paysannes dans les mornes dans une tentative d'appropriation des terres laissées par les colons (MDE, 2015b). En outre, selon Rérat (2018), pour rembourser à la France une dette estimée à 150 millions de franc-or, le pays s'est vu obligé d'avoir recours à ses essences forestières tropicales les plus lucratives et les plus demandées en Europe.

Au cours de la période correspondant à l'occupation américaine (1915 à 1934), la déforestation et la dégradation des écosystèmes forestiers a connu une extension phénoménale. Cette période a été surtout marquée par une politique agricole fondée sur une approche exclusivement extensive matérialisable à partir de la pratique de la monoculture (MDE, 2015b). A ce moment, de grandes plantations de culture ont été établies par de grandes compagnies agricoles, à l'exemple de SHADA[49] (Vital, 2018)., ayant pour corollaire l'expropriation des terres agricoles des petits paysans. Dans ces conditions, les paysans sans terre pour pouvoir subsister se voyaient obligés de recourir à la défriche, au déboisement ou à la déforestation des espaces montagneux (Brochet, 1993) (MDE, 2015b).

Les privilèges exclusifs accordés à la Société haïtienne-américaine de développement agricole (SHADA) suite à un contrat signé avec l'état haïtien en 1941 ont en effet donné un tournant

[49] Société haïtien-américaine de développement agricole (SHADA)

favorable à la destruction des forêts en Haïti (Brochet, 1993; Vital, 2018). Selon ANDAH (1999) La SHADA détenait des prérogatives sur environ 10200 ha des Forêts des Pins équivalant à 4 % du territoire(Vital, 2018). Ce qui a conduit au déboisement de plusieurs milliers d'hectares des espaces forestiers rien que durant les dix premières années d'activité de la compagnie.

La période post – SHADA a été surtout marquée par l'exploitation démesurée des terres par la mise en place et la multiplication des parcelles cultivables. Cette stratégie visait à rechercher et à obtenir de meilleurs rendements et à augmenter la production agricole, dans un souci de répondre au besoin de subsistance de l'heure conditionné par la croissance démographique. Cela a donc mis à l'épreuve le temps nécessaire aux écosystèmes et leur possibilité de se régénérer (MDE, 2015b). Ainsi la couverture forestière continue d'être dégradée et de régresser sans cesse, ce qui a engendrée au fil des années l'amplification du phénomène de l'exode rural caractérisé par la migration massive de la population rurale vers les grandes villes. En effet, selon MDE (1998), la proportion de la couverture végétale sur l'ensemble du territoire continue de régresser en passant d'environ 21,6 % en 1945 à 4 % en 1986.

La situation va s'empirer et être exacerbée après l'effondrement du régime dictatorial des Duvalier en 1986 dans un contexte de versatilité politique récurrente voire chronique. Cette section de l'histoire qui correspond à la période contemporaine, est caractérisé par une situation socio-économique et environnementale très critique (Brochet, 1993) engendrée notamment par le déclin du couvert forestier et végétal du pays. En effet, cette période est caractérisée par une déficience institutionnelle et de gouvernance se traduisant par un manque de notoriété chez les autorités de l'Etat devenant impuissantes face à une telle situation et donc incapables d'y remédier. Comme corolaire, cela a conduit à la destruction des milliers d'hectares de forêts, souvent provoquée par des feux intentionnels, au niveau des principales réserves naturelles du pays, en particulier la Forêt des Pins, Macaya et La Visite (MDE, 2015b). Et définitivement, on est en train d'assister actuellement à un appauvrissement lamentable du couvert forestier.

5.5 Bilan entre disponibilité et besoins des produits ligneux en Haïti

Les arbres sont certainement reconnus comme des ressources renouvelables, mais pas inépuisables. Cela nécessite d'en faire non seulement une exploitation modérée, contrôlée et bien organisée, mais aussi un effort de rétablissement dépendant de l'attitude et de la responsabilité des communautés qui les exploitent, bien entendu sous les auspices des gestionnaires du territoire concerné.

En Haïti, ces ressources sont très exploitées et sont utilisées à des fins diverses, puis les besoins ne cessent d'augmenter, notamment avec l'expansion incontrôlable de l'urbanisation et la croissance démographique. Elles sont surtout utilisées pour pourvoir aux besoins énergétiques de la population, mais également pour la construction, la menuiserie et l'artisanat. Il en résulte une

consommation excessive et une demande de plus en plus importante des produits ligneux (Banque Mondiale, 2018). Le bois-énergie représente la source principale d'énergie au niveau des ménages au niveau du pays. Cette consommation représente 70 % de l'énergie primaire produite, alors que le bois de feu et le charbon de bois sont censée couvrir 94 % de la demande d'énergies au niveau de ménages (Angelier, 2005). Selon une évaluation de (Lahens, 2014), entre 3,4 à 3,7 millions de tonnes de bois de feu sont consommés chaque année dans le pays, et une étude de la Banque Mondiale (Banque Mondiale, 2018) estimait qu'environ 946,500 tonnes métriques de charbon sont consommées à l'échelle nationale en Haïti chaque année. Ainsi, l'utilisation des combustibles ligneux pour les activités domestiques représente la plus grande source de demande pour les combustibles ligneux au niveau du pays (Banque Mondiale, 2018).

En plus des ménages se servant du bois de feu et du charbon de bois comme sources d'énergie de prédilection en Haïti, il faut mentionner également les boulangeries, blanchisseries, cassaveries, les guildiveries (distilleries de rhum) faisant usage excessif des produits ligneux (bois de feu ou charbon de bois) pour s'alimenter en combustibles (Usinger, 1999; Angelier, 2005) (Régis, 2003). La majorité de ces unités de transformation n'utilisent que des combustibles ligneux pour pouvoir fonctionner à cause des matériels traditionnels dont elles disposent : les boulangeries utilisent une sorte de four de cuisson traditionnel très exigeants en combustibles ligneux (Usinger, 1999) ; les blanchisseries sont munies de chaudières à haute consommation d'énergie à base de bois afin de produire la vapeur nécessaire à la préparation (lessive et repassage) du linge (Usinger, 1999) ; les cassaveries se servent des platines (plaques en métal) pour la production de cassave et les guildives utilisent de grosses chaudières requérant une très importante consommation en combustibles ligneux. Voilà autant de demandes (ménages, entreprises commerciales et de transformations) qui déterminent les besoins en ressources ligneuses au niveau du pays. En effet, il a été démontré que les stocks de biomasse ligneuse sont susceptibles de diminuer de 4 % (± 1 %) entre 2017 et 2027 (Banque Mondiale, 2018), alors que les besoins continuent d'augmenter.

Maintenant, il est important d'analyser l'offre de ces ressources en termes de disponibilité sur le territoire, dans une tentative afin d'estimer leur aptitude à répondre à la demande de combustibles ligneux exprimée en termes de besoin. Dans ce cas, une analyse des données par défaut fournies par la CNULCD allant de 2000 à 2015 sur Haïti (CNULCD, 2018) a permis de déceler un déficit de couvert arboré de 17800 ha représentant un taux de 4,68 % de la superficie de l'année 2000 (MDE & PISLM, 2019). Cette tendance indique en effet une dégradation illustrée du couvert végétal au niveau du pays. De 2000 à 2015 la superficie des terres dont la productivité[50] est améliorée est

[50] Elle correspond à la productivité globale de la biomasse végétale en surface, résultant de toutes les composantes des terres et de leurs interactions (CNULCD, 2018a).

estimée à 16,60 % alors que la superficie des terres dégradées est évaluée à **43,48 %** de la superficie totale du pays (MDE & PISLM, 2019). A la fin des années quatre-vingt, la croissance naturelle annuelle des arbres et arbustes était estimée 1 million de tonnes de bois, alors que les besoins énergétiques annuels à eux seuls correspondaient environ 4 millions de tonnes de bois (Angelier, 2005). A ce titre, ces faits et arguments illustrent un déséquilibre confirmé et donc une inadéquation évidente entre la disponibilité existante et les besoins exprimés en ressources ligneuses. Finalement, se référant aux conditions environnementales actuelles du pays, force est de constater que la capacité de régénération de la biomasse ligneuse, ne permettra de répondre à la demande croissante du bois-énergie en Haïti (Banque Mondiale, 2018). D'ailleurs, le prélèvement du bois est de loin très supérieur à la productivité annuelle des formations forestières et agroforestières (Toussaint, 2010).

5.6 Les facteurs déterminants actuels du recul du couvert arboré en Haïti

La dégradation environnementale reste une préoccupation majeure en Haïti (Dufour, 2011). Cette situation résulte en grande partie de la déforestation et de la dégradation des écosystèmes forestiers du pays (CEPAL & PNUD, 2008) (MDE, 2015b). Le déclin de la couverture forestière en Haïti, comme évoqué dans l'historique, a débuté depuis l'époque coloniale (Brochet, 1993; Rérat, 2018) qui a été surtout marquée par une agriculture ravageuse d'espaces et par conséquent dévastatrice d'arbres (Merat, 2012) et l'exploitation des bois précieux pour l'exportation (Brochet, 1993). Jusqu'à présent ces écosystèmes naturels ne cessent de faire l'objet d'exploitation démesurée alors qu'il en reste très peu au niveau du pays. En effet, la déforestation et la dégradation des écosystèmes forestiers sont devenues spectaculaires, notamment à l'échelle des bassins versants, plus de 80 % des unités hydrographiques du pays étant actuellement dégradés (Borde, et al., Une estimation des coûts des impacts du changement climatique en Haïti, 2015). D'après (Merat, 2012), la déforestation du pays est perçue comme un crime dont la responsabilité est partagée. Elle peut, dans certains cas, être induites par des agents naturels, néanmoins d'autres facteurs anthropiques, particulièrement d'ordre socio-économique et politique sont pointés du doigt comme les causes fondamentales (MDE, 2015b). Ainsi, dans une tentative de faciliter une meilleure compréhension de la dynamique et une gestion plus efficace de ce qui reste des écosystèmes forestiers, il devient nécessaire de relever les différents facteurs déterminant de la dégradation et de la chute du couvert forestier et arboré en Haïti, principalement :

- La dynamique agricole et le choix des pratiques culturales,
- L'exploitation des ressources ligneuses,

- L'exploitation des ressources minérales (or, carrières, sels etc.),
- Le développement urbain et la croissance démographique,
- Les risques naturels et effets collatéraux du Changement climatique.

5.6.1 La dynamique agricole et le choix des pratiques culturales

Le secteur de l'agriculture, bien qu'il soit en déclin, constitue l'un des piliers de l'économie haïtienne. En y incluant la sylviculture, l'élevage et la chasse, ce secteur occupe environ 60 % des activités économiques de la population active du pays (MARNDR, 2013) et représente entre 24 à 27 % du PIB national (MARNDR, 2016). Cependant, le développement intensif voire démesuré de ce secteur engendre de lourdes conséquences sur le maintien de l'équilibre écologique. En effet, la mise en place, l'expansion et la multiplication des espaces agricoles, pour pourvoir aux besoins croissants liés à l'augmentation galopante de la population, sont favorisées au détriment des espaces forestiers ou arborés. Au fil des années, les superficies déboisées, étant nues, vont se livrer facilement à l'érosion de toutes sortes, et par conséquent se voient perdre leurs couches arables par les eaux de ruissellement. Cela implique une déficience de fertilité des sols obligeant les agriculteurs à accroître à nouveau les superficies cultivées en échange du couvert arboré existant (CEPAL & PNUD, 2008). Par ailleurs, le potentiel agricole exploitable du pays est estimé à 27 % (7700 km^2) tandis que la superficie effectivement cultivée actuellement représente environ 43% (11900 km^2) de l'étendue totale du pays (Bigi, 2012) (MDE, 2016).

Les cultures agricoles pratiquées en Haïti sont très diversifiées et varient d'un milieu à l'autre. Cependant, bon nombre d'entre elles comme les tubercules et les racines (igname, manioc, patates douce, tarot etc.,), des céréales (arachides, haricots etc.) sont peu favorable à l'existence des écosystèmes forestiers et en même temps constituent des inducteurs de l'érosion. D'autres, comme le café (*Coffea arabica*), le cacao (*Theobroma cacao*), et les fruitiers favorisent le développement de l'agroforesterie (MARNDR, 2016) mais sont très peu répandues actuellement sur le territoire. Dans beaucoup de cas, il s'agit de successions continues d'associations culturales pratiquées selon des techniques de brulis et de défrichage sans laisser le sol en jachère pour pouvoir se reconstituer et faciliter le développement de la végétation (Joseph, Dolique, & Saffache, 2019). En outre, pour pouvoir subvenir aux besoins pécuniaires les plus pressants des agriculteurs, les cultures saisonnières de cycle court sont les plus pratiquées (maïs, les haricots, et le sorgho) et cohabitent peu avec les arbres (Singh, et al., 2014), car elles doivent s'exposer à la lumière du soleil leur permettant de réaliser leur photosynthèse. Dans certains cas, il existe des systèmes d'agroforesterie composées d'arbres fruitiers (mangues, les agrumes, les avocats, et les noix de cajou) et / ou de forestiers (cèdres, chêne, pins, acajou, sablier etc.), mais ils sont repartis de manière dispersée (Singh, et al., 2014). En effet, la pratique de ce type d'agriculture qualifiée de traditionnelle demeure

un facteur déterminant et très important de la déforestation et la dégradation des écosystèmes forestiers en Haïti. Par la suite, les écosystèmes forestiers vont céder place aux espaces cultivés, alors que l'absence des arbres entraine la perte de fertilité des sols due à l'érosion. Cela engendre comme corolaire la diminution considérable voire la perte de la production agricole, et de ce fait, les producteurs sont obligés d'abandonner l'agriculture pour s'adonner à d'autres activités économiques ou se réfugier dans les grandes villes à la recherche d'autres alternatives de subsistance (Banque Mondiale, 2017).

5.6.2 L'exploitation démesurée des ressources ligneuses

a) L'exploitation des ressources ligneuses comme combustible

L'exploitation par l'extraction des ressources ligneuses constitue, conjointement à la dynamique agricole, l'une des principales causes du déboisement, de la déforestation et de dégradation des écosystèmes forestiers en Haïti. Cette pratique se traduisant par de l'abattage anarchique et accéléré des arbres (CEPAL & PNUD, 2008) est pratiquée à plusieurs fins, entre autres : la fabrication du charbon de bois, l'approvisionnement en bois de feu, la construction des maisons, l'électrification, l'ébénisterie et l'artisanat.

La production du charbon et l'exploitation des combustibles ligneux font partie des principales activités induisant le déboisement et la déforestation (CEPAL & PNUD, 2008). Au niveau du pays, une très faible proportion de la population bénéficie de l'accès au service d'électricité (Banque Mondiale, 2018). De ce fait, l'utilisation du bois-énergie, en particulier le charbon de bois et le bois de feu, constitue la source la plus importante en matière de consommation énergique en Haïti (Banque Mondiale, 2018). En effet, elle devient une activité commerciale très lucrative et du coup très convoitée (Toujas, 2015). Dans les zones rurales, le bois de feu tiré directement des formations végétales environnantes demeure la source d'énergie quasi-uniquement utilisée par les populations. Selon la Banque Mondiale (2018), la production de charbon de bois fait partie des plus importantes chaînes de valeur agricole en Haïti. En revanche, sa consommation s'estime à plus de 250 000 tonnes chaque année et génère des revenus évalués à plus 50 millions de dollars américains (USD) chaque année (Toujas, 2015).

A côté du charbon de bois, le bois de chauffage ou bois de feu, en croissante utilisation, est un autre élément important favorisant amplement et en perpétuité le déboisement des écosystèmes forestiers en Haïti (Singh, et al., 2014). Cette forme de combustible est surtout utilisée pour la cuisson domestique au niveau des ménages ruraux, mais également au niveau des entreprises de transformation des produits agricoles telles que les guildives produisant du clairin (rhum haïtien) à partir de la canne à sucre, les boulangeries pour la production du pain et au niveau des blanchisseries (Singh & Cohen, 2014) (Joseph, Dolique, & Saffache, 2019). En outre, selon une enquête réalisée

dans le cadre de ce travail, l'extraction du bois gras (bwapen), utilisé comme catalyseur de combustion, représente l'un des facteurs primordiaux de l'exploitation des ressources ligneuses dans le cas des formations forestières constituées essentiellement de pins (*Pinus occidentalis*). Ainsi, le bois de feu & de chauffage ajouté au charbon de bois permet au pays d'assurer entre 66 à 70 % de ses besoins en énergie (Weissenberger, 2018; Singh & Cohen, 2014).

Dans certaines zones spécifiques, ces activités reposent sur l'exploitation des forêts sèches constituées en grande partie de cambon (*Acacia fanesiana*) et de bayahonde (*Prosopis juliflora*), mais aussi de celle des peuplements de mangroves comme les palétuviers par exemple (GEF/MDE/PNUD, 2016) jouant un rôle de protection majeur, tant pour la biodiversité marine que terrestre. Tel est le cas des bassins versants surplombant le Parc National des trois baies dans les départements du Nord et du Nord-est du pays (Joseph, Dolique, & Saffache, 2019). Dans d'autres milieux, ce sont les arbres fruitiers, les bois précieux tels le Mapou (*Ceiba pentandra*), les pins entre autres destinés à la vente qui subissent les coupes ci-mentionnées.
Il est clair que le pays dépend largement du charbon de bois et du bois de chauffage comme source d'énergie. Cette situation entraine en conséquence la dégradation progressive et continue des écosystèmes forestiers du pays, mais aussi fragilise l'état des autres populations qui dépendent de ces peuplements.

Figure 13 : Troncs d'arbres empilés pour l'alimentation énergétiques (St Raphael, Nord)

Ces troncs d'arbres empilés au bord de la route (Commune de St Raphael, Nord) seront transportés dans les villes avoisinantes pour l'alimentation énergétique des boulangeries et des blanchisseries.

b) L'exploitation des ressources ligneuses comme bois d'œuvre

Un autre secteur d'activités qui consomme beaucoup de ressources ligneuse(bois) est celui qui regroupe la construction des maisons, l'ébénisterie/la menuiserie et l'artisanat (Lahens, 2014). Pour ce qui a trait à la construction des maisons, les produits ligneux sont utilisés soit de manière

transformée (planche) dans l'échafaudage des toits et/ou des murs en particulier en milieux ruraux, ce sont dans ce cas particulièrement les bois d'œuvre (cèdre, pins, chêne, acajou etc.) ou même des arbres fruitiers (manguier, avocatier, etc.) qui en font les frais; soit sous forme brute pour l'étayage et la préparation des toits et des murs dans le cas des constructions en béton, et à ce moment, ce sont les essences constituant les forêts sèches (cambon, la bayahonde ou campêche) qui représentent les cibles principales. Quant à l'ébénisterie/la menuiserie, elle repose essentiellement sur les bois précieux (cèdre, pins, chêne, acajou etc.) ou parfois quelques essences fruitières comme le manguier, l'avocatier, les citrus etc. Concernant les produits artisanaux, il s'agit en principe des œuvres sculptées faisant partie de la richesse artistique du pays. Ces produits réalisés à partir du modelage du bois dur, et qui par conséquent contribuent à l'amplification du phénomène de déboisement et de déforestation au niveau du pays. Les ressources ligneuses utilisées à cet effet sont majoritairement des bois précieux de type forestier ou quelques xérophytes de grande taille tirée des « **forêts sèches** » du pays, mais les espèces fruitières n'en sont pas toujours épargnées.

5.6.3 L'exploitation des ressources minérales (or, carrières, sels etc.)

En Haïti, l'exploitation des ressources minérales peut se décliner en trois grands types : l'extraction des métaux précieux (l'or, bauxite etc.) ; l'exploitation des carrières pouvant être destinées soit à la construction des maisons ou bien à l'aménagement et à la construction des routes, et l'extraction saline à partir de l'installation des marais salants (Joseph, Dolique, & Saffache, 2019). L'exploitation de ces ressources (or, carrières, sels etc.) constitue également un secteur d'activité très menaçant pour la survie des écosystèmes forestiers en Haïti. Elle représente un vecteur discret pourtant très agressif pour le déboisement, la déforestation et la dégradation des écosystèmes forestiers du pays. Les impacts des activités de ce secteur sont plus évidents au niveau des côtes et surtout des estuaires hébergeant les plus importants écosystèmes de mangroves du pays (Koohafkan & Lilin, 1989; FAO, 2007; Aube, 1999).

Généralement, l'extraction des ressources minérales, le plus souvent faite de manière très traditionnelle, exige de réaliser des cavités profondes et donc d'abimer le sol pour parvenir au minerai et obtenir le minéral. Dans ce cas, les matériaux issus des cavités vont s'étendre à la surface puis s'exposer aux eaux de ruissellement au cours des périodes de pluies. Cela engendre d'entrée de jeu l'érosion des couches arables du sol et leur transport vers les cours d'eau et ensuite la mer en aval. Ces matériaux vont s'accumuler au niveau des estuaires et sur le littoral, mais une très forte portion sera interceptée au passage par les écosystèmes de mangroves (Spalding, et al., 2010; Noel, et al., 2011). En effet, l'accumulation trop volumineuse et persistante de ces matériaux, parfois chargés d'éléments nocifs, vont provoquer l'envasement des milieux, l'asphyxie des palétuviers et

éventuellement la destruction complète des écosystèmes qui les hébergent (Noel, et al., 2011). En outre, la perte de la couche arable des sols que cela engendre signifie une perte de fertilité, et par conséquent induit l'incapacité des sols à permettre la régénération de la végétation encore moins des écosystèmes forestiers qui serait composées d'arbres vigoureux. A signaler également, pour accéder aux endroits où se trouvent les gisements minéraux, il faut absolument abattre des arbres du milieu environnant afin de créer de l'espace aux infrastructures et installation relatives à l'exploitation.

Concernant l'extraction saline, elle se fait à partir de l'installation des marais salants, particulièrement au niveau des régions de l'Artibonite et du Nord-Est du pays. Dans certains endroits du pays, notamment à Caracol (Nord-Est), ces marais salants sont établis au niveau des écosystèmes de mangrove défrichés (GEF/MDE/PNUD, 2016), c'est-à-dire au détriment des palétuviers qui colonisent ces milieux. Ces installations représentent des éléments très menaçants et entrainent des conséquences très néfastes pour l'environnement littoral et marin, plus particulièrement pour la survie et la préservation de la mangrove. Cela engendre périodiquement des pertes considérables en termes de superficie des mangroves (Joseph, Dolique, & Saffache, 2019).

5.6.4 Le développement urbain et la croissance démographique

La dynamique de l'urbanisation en Haïti est en pleine expansion et connait actuellement déjà une proportion démesurée (Paul, Dameus, & Garrabe, 2010; Lozano Gracia & Garcia Lozano, 2018; Banque Mondiale, 2017). Cette situation est le résultat d'une croissance démographique galopante exacerbée par un phénomène perpétuel d'exode rural. Ce dernier est le corolaire du déclin de la vie rurale alimenté par l'abandon des activités agricoles à cause de la chute de la production agricole.

Selon une projection de l'Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique (IHSI) sur la tendance démographique (IHSI, 2015), la population urbaine était estimée 51,94 % (5 667 686 habitants) de la population totale, c'est-à-dire supérieure à la population rurale estimée. Ensuite, un rapport de la (Banque Mondiale, 2017) sur l'évolution de l'urbanisation en Haïti révélait que la proportion de la population totale du pays vivant en ville serait de l'ordre de 64 % et présage déjà un taux de population urbaine de 76 % à l'horizon 2050. Profitant de l'absence de politique et de gestion de l'urbanisation, cet accroissement de la population au niveau des villes induit un étalement urbain catastrophique qui continue d'alimenter la bidonvilisation.

La croissance démographique et l'expansion urbaine provoquent chacune des impacts très négatifs sur les écosystèmes forestiers. D'une part, la plus importante source d'énergie utilisée en Haïti demeure les ressources ligneuses (le bois-énergie). Dans ce cas, les pressions exercées sur les écosystèmes forestiers s'amplifient de plus en plus, car les besoins en énergie augmentent avec

l'accroissement démographique. D'autre part, l'étalement urbain provoqué par la croissance de la population exige l'utilisation de nouveaux espaces devant répondre aux nouveaux besoins de logement et l'établissement d'autres infrastructures urbaines nécessaires (route, terrain de jeu, ligne électrique, marché public etc.). Il s'ensuit un sacrifice impératif des ressources végétales des zones périurbaines au profit de la mise en place de ces composantes urbaines.

D'un point de vue plus général, la croissance démographique agit sur tous les niveaux vitaux de la société. Elle impacte non seulement sur les besoins en logement et en électricité, mais également sur les besoins en alimentation. Ainsi, une augmentation de la population exige un accroissement de la production agricole, et de ce fait un agrandissement des espaces agricoles aux dépens des espaces boisés. En outre, le plus souvent pour contourner la déficience en fertilité générée par l'érosion perpétuelle des sols (PNUD, 2014), les agriculteurs sont obligés d'envisager des milieux fraichement défrichés afin de pouvoir profiter de la fertilisation organique (à base d'humus) généré par le couvert végétal occupant l'endroit ciblé. Dans ces conditions, l'accroissement démographique est réputé comme un facteur à part entière de dégradation des écosystèmes forestières en Haïti.

5.6.5 Les catastrophes naturelles et les effets du changement climatique

Selon la FAO (FAO, 2010) « les catastrophes naturelles peuvent également détruire les forêts, et lorsque la zone est incapable de se régénérer naturellement et qu'elle n'est soumise à aucune intervention visant à la replanter, elle aussi réintègre la catégorie des autres terres ». En Haïti, elles représentent également des ennemies habituelles et considérables des écosystèmes forestiers. Vu la localisation latitudinale (18-19° N) du pays l'affectant à une zone tropicale[51], il devient en effet le foyer d'un nombre très élevé et amplement fréquent de la manifestation des cyclones dans le bassin de la Caraïbe (MICT, 2001; Barrette, et al., 2012; Singh, et al., 2014). Ainsi, des milliers d'hectares de forêt sont dégradés ou détruits à cause des tempêtes tropicales (FAO, 2010). En outre, les sécheresses, les inondations, les incendies, les maladies, les parasites ou dans de rares cas les pluies acides, sont autant d'autres menaces qui pèsent fortement sur les écosystèmes forestiers et qui parfois engendrent leur détérioration ou éventuellement leur destruction. Ce sont des phénomènes qui dans beaucoup de cas sont amplifiés par le changement climatique, mais dans la plupart du temps ils sont considérés comme des effets collatéraux ou des conséquences directes de la manifestation du phénomène du changement climatique en Haïti. (MICT, 2001)

[51] La zone tropicale, située dans la cellule de Hadley (1ère zone de la circulation générale de l'atmosphère) est une zone dont la fréquence des cyclones est très élevée à cause de sa position et son orientation (directe) par rapport au rayonnement solaire.

5.7 Les vertus naturelles de la forêt et les méfaits de la déforestation

5.7.1 La forêt et la protection de l'environnement en Haïti

Au niveau global, les écosystèmes forestiers jouent un rôle crucial et détiennent une place importante dans l'instauration et le maintien d'un environnement viable et de qualité (Kengoum, et al., 2013). L'importance de ces écosystèmes, notamment des forêts denses tropicales humides, s'exprime naturellement dans la régulation des climats et la conservation de la biodiversité (Pascal, 2003), mais aussi dans la protection des milieux contre les catastrophes naturelles et les effets néfastes du changement climatique (Kengoum, et al., 2013). En d'autres termes, ils contribuent à établir et maintenir un équilibre naturel du milieu ambiant. En revanche le déboisement et la déforestation sont censés représenter des enjeux majeurs pour la survie des systèmes naturels et humains.

Comment ces écosystèmes forestiers interviennent-ils dans la protection effective de l'environnement ?

Premièrement, les écosystèmes forestiers participent activement au déroulement du cycle de l'eau par la régulation et la répartition des eaux précipitées dans le milieu sous-jacent en facilitant l'approvisionnement en eau des réservoirs souterrains et des cours d'eau attenants ; deuxièmement, ils interviennent spontanément dans le cycle du carbone en affranchissant l'atmosphère du CO_2[52] excédentaire en circulation dans l'atmosphère (Pourcher, 2017). En effet, cette fonction contribue à atténuer l'évolution du changement climatique en cours ; Troisièmement, ils contribuent autant que possible dans la protection et l'amélioration des systèmes pédologiques, hydrologiques et aquatiques et en réduisant les risques et les impacts des inondations, de l'érosion et de la sécheresse (FAO, 2006). Ces derniers sont le plus souvent des conséquences directes ou indirectes du changement climatique. Dans ces conditions, les écosystèmes forestiers constituent une double stratégie d'atténuation et d'adaptation relative à la lutte contre le changement climatique, et aident à renforcer la résilience des systèmes naturels et humains.

5.7.2 Apports de la forêt au cycle de l'eau et au maintien des réserves en eau

Les écosystèmes forestiers et l'eau entretiennent un ensemble de relations réciproques complexes (James, 2003). D'abord, les écosystèmes forestiers protègent les eaux internes et souterraines contre le phénomène d'évaporation immédiate. En outre, ils ralentissent le ruissellement et favorisent l'infiltration des eaux précipitées dans le sous-sol, ce qui permet d'alimenter les nappes souterraines sous-jacentes. Après saturation de ces dernières, les eaux souterraines accumulées, ressurgissent

[52] Gaz à effet de serre dont la concentration augmente sous l'effet des activités humaines.

sous forme de sources ou vont approvisionner les cours d'eau permanents. Cette dynamique assure en effet, la disponibilité permanente en eau au profit des communautés adjacentes et sous-jacentes. De surcroit, de par leur capacité à condenser l'humidité atmosphérique, notamment si l'indice foliaire (LAI, *Leaf Area Index*) est élevé (James, 2003) les forêts peuvent contribuer à augmenter significativement la pluviosité du milieu sous couvert.

5.7.3 L'influence de la forêt dans le cycle du carbone et le piégeage du CO_2

Le réchauffement climatique actuel de la planète est dû aux activités humaines générant des émissions de Gaz à effet de Serre (GES) (GIEC, 2014). Toutefois, parmi ces gaz, le CO_2 représente celui dont les concentrations atmosphériques ont été altérées de façon catastrophique par les perturbations anthropiques du cycle mondial du carbone (Apps, 2003). Dans ce cas, il est censé être la principale cause du renforcement de l'effet de serre responsable du réchauffement climatique en cours. Dans de telles conditions, atténuer l'évolution de ce phénomène renvoie à la réduction signification de la quantité de CO_2 émise ou autrement à la diminution de sa concentration en circulation dans l'atmosphère.

En revanche, grâce au mécanisme de photosynthèse[53] développé par les arbres pour pouvoir fabriquer leurs substances organiques, les écosystèmes forestiers procèdent à l'interception et à l'accumulation des gaz carboniques (CO_2) disponibles dans l'air suivi de la libération de l'oxygène (O_2). En effet, la forêt absorbe 23% des émissions annuelles de CO_2 dans le monde (Pourcher, 2017). Dans ce cas, ils interviennent dans le cycle de carbone en aidant l'atmosphère terrestre à réguler les concentrations de CO_2, au profit d'un climat relativement clément et du bien-être de l'humanité et des autres espèces vivantes. A ce titre, les écosystèmes forestiers, au-delà d'être un dispositif naturellement renouvelable, constituent l'une des solutions les plus viables en termes d'atténuation du changement climatique. En fin de compte, ces écosystèmes terrestres, en retenant le carbone dans la biomasse vivante, dans les matières organiques en décomposition et dans les sols, jouent un rôle important dans le cycle mondial du carbone (GIEC, 2000). Les arbres interviennent dans la régulation de la concentration de CO_2 en circulation entre l'atmosphère, les océans et le sol. Ils font office de tampons pour maintenir la température du globe dans une fourchette compatible avec la vie (Apps, 2003).

5.7.4 Les écosystèmes forestiers et l'adaptation au changement climatique

Au-delà du rôle capital que jouent les écosystèmes forestiers dans l'atténuation du changement climatique en captant puis en piégeant le CO_2 excédent de l'air (GIEC, 2014), ils peuvent constituer

[53] Informations disponibles : http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/photosynthese/

également une stratégie d'adaptation très efficace aux effets du changement climatique. Ces derniers se manifestent le plus souvent par des vents violents et des pluies intenses, des crues intempestives et des hausses de marées ; la destruction des berges de rivières et la déstabilisation du littoral, la dégradation des terres par le ruissellement et l'érosion, des inondations catastrophiques et des périodes de sècheresses prolongées et inhabituelles. En revanche, les écosystèmes forestiers peuvent faire office de brise-vents pour les champs agricoles, de remparts contre les hausses de mer et des inondations, de boucliers contre la déstabilisation et la démolition des berges et du littoral, de freins pour décélérer les eaux de ruissellement et l'érosion, mais aussi de régulateurs hydriques favorisant une meilleure répartition de l'eau au niveau des réservoirs (nappes souterraines, rivières, lacs etc.) (Kengoum, et al., 2013). En outre, ils jouent un rôle capital dans la purification des eaux en retenant certains éléments néfastes (nitrates, phosphates, métaux lourds, polluants et pesticides divers) à la santé des espèces animales et des humains. En Haïti par exemple, la présence des peuplements de mangroves au niveau des zones côtières et des estuaires peut témoigner de l'importance des écosystèmes forestiers dans la protection des ressources marines contre les alluvions et les intrants toxiques venant de l'amont des bassins versants dégradés (Timyan & Hilaire, 2011). C'est le cas par exemple des formations de mangrove du parc national des Trois Baies PN3B) et des bassins versants de la Grande Rivière du Nord, du Trou du Nord, de Marion et de Jassa dans le Nord et le Nord-Est du pays (Joseph, Dolique, & Saffache, 2019).

5.7.5 Les écosystèmes forestiers et la conservation de la biodiversité en Haïti

Une grande partie de la diversité biologique terrestre du globe est concentrée dans les forêts (Ruis, 2001). Les écosystèmes forestiers sont le plus souvent constituées d'un ensemble de plantes issues de différentes espèces et chaque espèce est caractérisée par une certaine variance au niveau des individus qui la constituent. En référence aux différentes définitions formulées à propos de la diversité biologique (ONU, 1992; Brahic & Terreaux, 2009), cette différence entre les espèces et individus constituent en soi la biodiversité. En outre, ces milieux constituent de véritables abris, de milieux de reproduction et de sources d'alimentation pour les animaux, à savoir les oiseaux, les mammifères, les reptiles, les amphibiens, les insectes etc. En Haïti, par exemple la plus grande portion de la biodiversité du pays se concentre dans les zones protégées, en particulier au niveau des Parcs et réserves Nationaux naturels de Forêt des Pins, du Pic Macaya et de La Visite (Orioli, 2012) constituées essentiellement de conifères et quelques parcelles de feuillus, et dans celui des trois Baies (Wiener, 2013; Kramer, et al., 2016) colonisé par des peuplement de mangroves. Ces derniers, au-delàs de leur fonction d'abri (Aube, 1999), jouent un rôle primordial dans la production des espèces aquatiques et marines mais aussi dans la protection des ressources biologiques marines

contre les éléments néfastes transportés par les eaux de ruissellement (Spalding, et al., 2010; Noel, et al., 2011).

5.8 La déforestation : une menace pour l'environnement et climat

La déforestation et le reboisement constituent respectivement une source et un puits de carbone, et résultent de la demande relative aux terres (culture, bétail, logements ou produits du bois) (Bellassen, et al., 2012). La déforestation implique la perte, à long terme ou permanente, du couvert forestier et la conversion des terres pour une autre utilisation (FAO, Evaluation des Ressources Forestières Mondiales : Termes et Définitions, 2012). Elle est une cause majeure de la perte de la biodiversité et du réchauffement climatique (WWF, 2018). Elle entraîne la perte des moyens de subsistance des populations locales qui en dépendent et la perte de ressources en eau. La déforestation fragilise les systèmes naturels et humains face aux catastrophes et aux risques naturels. Malgré tout, les écosystèmes forestiers haïtiens, déjà dans un état très critique (Toussaint, 2010), ne cessent d'être en proie à de fortes pressions anthropiques (CEPAL & PNUD, 2008).

5.8.1 La déforestation : un perturbateur anthropique du cycle de carbone

Comme signalé antérieurement, les arbres se comportent comme des « puits » de carbone en tirant le CO_2 atmosphérique pour le stocker au niveau de leurs organes et leurs réservoirs dérivés (les détritus et la matière organique du sol) à l'aide du processus de photosynthèse. Ainsi, la déforestation, définie comme la suppression de la végétation forestière et son remplacement par un autre couvert de surface, aura un double impact sur le climat : d'abord, les arbres une fois détruits ne pourront plus remplir leur fonction de puits de carbone à cause de la perte de capacité de photosynthèse, mais ensuite au fur et à mesure qu'ils se décomposent ils vont libérer progressivement le carbone qu'ils ont retenu au cours de leurs longues périodes de vie (Apps, 2003). En effet, cela contribue à augmenter la concentration des gaz à effet de serre et donc à amplifier le phénomène du changement climatique (Alimagri, 2015). Dans ce contexte, enrayer la déforestation devient un enjeu crucial et un facteur déterminant pour une lutte efficace contre le changement climatique, notamment dans la stratégie d'atténuation.

5.8.2 La déforestation : un perturbateur anthropique du cycle de l'eau

Se référant aux différentes formes de l'implication des écosystèmes forestiers dans le cycle de l'eau, il est admis qu'ils constituent un facteur déterminant voire primordial dans l'alimentation et l'assainissement des ressources en eau au niveau d'un territoire donné (Joseph & Saffache, 2018). Ils contribuent non seulement à une meilleure redistribution des eaux précipitées au niveau du sol, du sous-sol et des réservoirs à ciel ouvert (cours d'eau, lacs, etc.), mais aussi à la réalimentation des nuages en vapeur d'eau (état gazeux) afin de maintenir le cycle en fonctionnement (De Backer). En

d'autres mots ils contribuent à réguler la circulation de l'eau entre les différents compartiments de la biosphère et favorisent l'amélioration des propriétés du sol en vue de son alimentation et du maintien de ses réserves en eau. Ce mécanisme permet d'assurer l'alimentation hydrique des plantes, mais facilite également l'approvisionnement en eau des communautés riveraines et en aval (Joseph & Saffache, 2018).

Ainsi, la déforestation, définie par l'anéantissement des arbres et du couvert forestier, est censée engendrer une sorte de défaillance voire une rupture de ce mécanisme hydrométéorologique ; ce qui est susceptible d'induire une pénurie d'eau associée à ses effets collatéraux (maladie hydrique, stress hydrique, sècheresse prolongée, baisse de rendement agricoles, baissent de production agricole, mortalité humaines et animale etc.). En Haïti, ces manifestations se font déjà sentir et commencent à affecter de plein fouet les systèmes naturels et humains à tous les niveaux d territoire.

5.8.3 La déforestation : un accro pour la conservation de la biodiversité

Les écosystèmes forestiers constituent d'importants réservoirs de ressources biologiques, et par conséquent entreprennent une fonction environnementale essentielle dans la protection et la conservation de biodiversité (ONF, 2017). Tandis que la déforestation a pour corollaire la disparition de la diversité animale et végétale (UICN-PC, 2014). En Haïti par exemple, la majeure partie de la biodiversité terrestre est décelée au niveau des écosystèmes forestiers du pays, notamment au niveau des Parcs de Macaya, de La Visite et des Forêts des Pins (Orioli, 2012). Une bonne partie de cette richesse biologique est également observée au niveau des écosystèmes de mangroves colonisant le littoral et les estuaires du pays, le cas par exemple du Parc National des Trois Baies (PN3B) (Kramer, et al., 2016). Compte tenu de ce fait, l'absence des écosystèmes forestiers est censée occasionner le dysfonctionnement du processus de reproduction des végétaux autant que les animaux et subséquemment induire la rupture de l'équilibre écologique et bio-systémique des milieux concernés. Ainsi, la déforestation implique les pertes d'habitats, la disparition d'espèces indigènes et la fragilisation des ressources naturelles (Lahens, 2014) (UICN-PC, 2014). En outre, elle est susceptible d'augmenter la vulnérabilité et de diminuer la résilience des systèmes naturels et humains des territoires affectés.

5.9 Dispositif institutionnel relatif au secteur forestier en Haïti

La dégradation environnementale en Haïti, amplifiée par le déboisement et la déforestation, suscite de vives inquiétudes, car elle commence déjà à parvenir à une phase dangereuse (Toussaint, 2010; Dufour, 2011). De ce fait, la gestion du secteur forestier devient depuis quelques années l'une des principales préoccupations du domaine de l'environnement et par conséquent devient le centre

d'intérêt de plusieurs acteurs et institutions au niveau du pays. Toutefois, bien que d'autres acteurs s'impliquent activement dans cette dynamique, mais formellement la responsabilité principale est censée partage entre le ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR) et le ministère de l'Environnement avec aussi une contribution du Bureau des Mines et de l'Energie (BME).

5.9.1 Responsabilité du ministère de l'Agriculture dans la dynamique

Le Ministère l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR) est créé en 1843. Sa création précède de loin celle du ministère de l'Environnement (MDE) créé par une loi du 28 janvier 1995 et dont la reconnaissance légale remonte à 16 juillet 2002. Dans ce cas, la gestion du secteur forestier était confiée au MARNDR qui continue encore de l'assurer encore, en dépit du fait qu'elle soit également prise en charge par le MDE. Il est toutefois important de noter que l'une de ses principales attributions est de gérer les ressources naturelles dont les forêts.

Sur le plan réglementaire, le MARNDR détient des prérogatives du décret du 12 novembre 1987 sur son organisation et son fonctionnement lui attribuant la protection, la conservation et l'utilisation rationnelle des ressources naturelles telles que l'eau, le sol, la végétation et la faune (Le Moniteur, 1987). Cela lui procure la légitimité d'être l'un des organes publics les plus impliqués dans la gestion de des écosystèmes forestiers au niveau du pays. En effet, il existe au sein de la Direction des ressources naturelles du ministère un « Service Forestier et des Ressources Energétiques » mentionnée à l'article 59 du décret chargé spécifiquement des initiatives liées aux forêts (Le Moniteur, 1987). Cela dit, actuellement l'administration du domaine forestier est partagée entre ces deux ministères en tandem, bien que la limite de leurs tâches ne soit pas clairement définie.

5.9.2 Responsabilité du ministère de l'Environnement dans la dynamique

Le ministère de l'Environnement (MDE) a pour mission[54] principale de formuler et de mettre en œuvre les politiques nationales et sectorielles dans le domaine de l'environnement, dont la foresterie. Intervenant en principe à travers services et directions, il joue en même temps un rôle d'instigateur ou de boussole et un rôle d'exécutant dans le secteur forestier. Il a pour attribution d'assurer l'élaboration, la directive et la coordination des politiques stratégiques, programmes et projets définis en matière de gestion des écosystèmes forestiers, mais s'implique également dans la mise en œuvre de ceux-là. Alors, il intervient directement ou indirectement à travers notamment de la Direction des Forêts et de l'Energie (DFER), mais également, de l'Agence Nationale des Aires Protégées (ANAP) et de la Directions des changements climatiques (DCC).

[54] Information tirée sur le site du MDE : https://www.mde.gouv.ht/index.php/fr/le-ministere

A travers la Direction des Forêts et des Energie renouvelables (DFER) le MDE se charge de la mise en œuvre des initiatives et actions relatives à la gestion des écosystèmes forestiers et de la lutte contre la désertification en Haïti (DFER/MDE, 2018). Sa principale mission est d'assurer la conception et la promotion des campagnes périodiques et régulières de reforestation, de reboisement et d'afforestation au niveau du pays (MDE, 2018a). Cette direction est désignée comme le point focal de la Convention des Nations Unies Sur la Lutte contre la Désertification (CNULCD) au niveau du pays (Borde, et al., Une estimation des coûts des impacts du changement climatique en Haïti, 2015). De ce fait, sa priorité est d'enrayer le phénomène la déforestation et du déboisement, et de mettre en branle des actions de redressement visant à protéger et améliorer la couverture forestière et boisée au niveau du territoire. Ainsi, elle compte élaborer et mettre en œuvre des projets d'envergure destinés à lutter contre la surexploitation des ressources ligneuses dont la mise en place des forêts énergétiques, et développer l'utilisation des énergies renouvelables (solaire, éolienne, micro-hydroélectricité, biomasse) en substitution aux ressources ligneuses (DFER/MDE, 2018) afin de parvenir à la réduction de la pression anthropique sur les ressources forestières.

Par l'entremise de la Direction des Changements Climatiques (DCC), le MDE est chargée de mettre en place ou de favoriser des programmes d'adaptation et d'atténuation relatifs aux changements climatiques en Haïti (MDE/PNUD, 2019). Pour ce faire, l'une des principales stratégies envisagées consiste à contribuer activement à l'établissement, à la réhabilitation et à la restauration des écosystèmes forestiers. Ce dispositif biologique étant considéré comme l'un des moyens les plus efficaces pour parvenir au but fixé, car il constitue simultanément une double fonction stratégique d'atténuation du changement climatique et d'adaptation à ses effets (Beltrando, 2011; FAO, 2013). En termes d'atténuation, cela favorise la régulation et l'équilibre du climat par la libération de l'oxygène (O_2) et le piégeage du CO_2 (Mégie, et al., 2003). A signaler que ces derniers sont susceptibles de renforcer la concentration des Gaz à effet de Serre (GES) dans l'atmosphère et induisant par conséquent l'amplification du changement climatique (GIEC, 2014). En termes d'adaptation, les écosystèmes forestiers constituent un dispositif naturel favorisant l'amélioration et la restauration des sols par le renforcement des structures antiérosives (FAO, 2013; MDE, 2017b), permettant la stabilisation et la correction des berges de rivière et du littoral, et jouant un rôle de rempart et de protection contre les inondations, les sécheresses, les hausses de la mer, le glissement de terrain, l'éboulement, entre autres effets néfastes produits par le changement climatique. Dans ces conditions, cette entité du ministère se trouve dans la nécessité d'œuvrer activement en faveur de la gestion des écosystèmes forestiers.

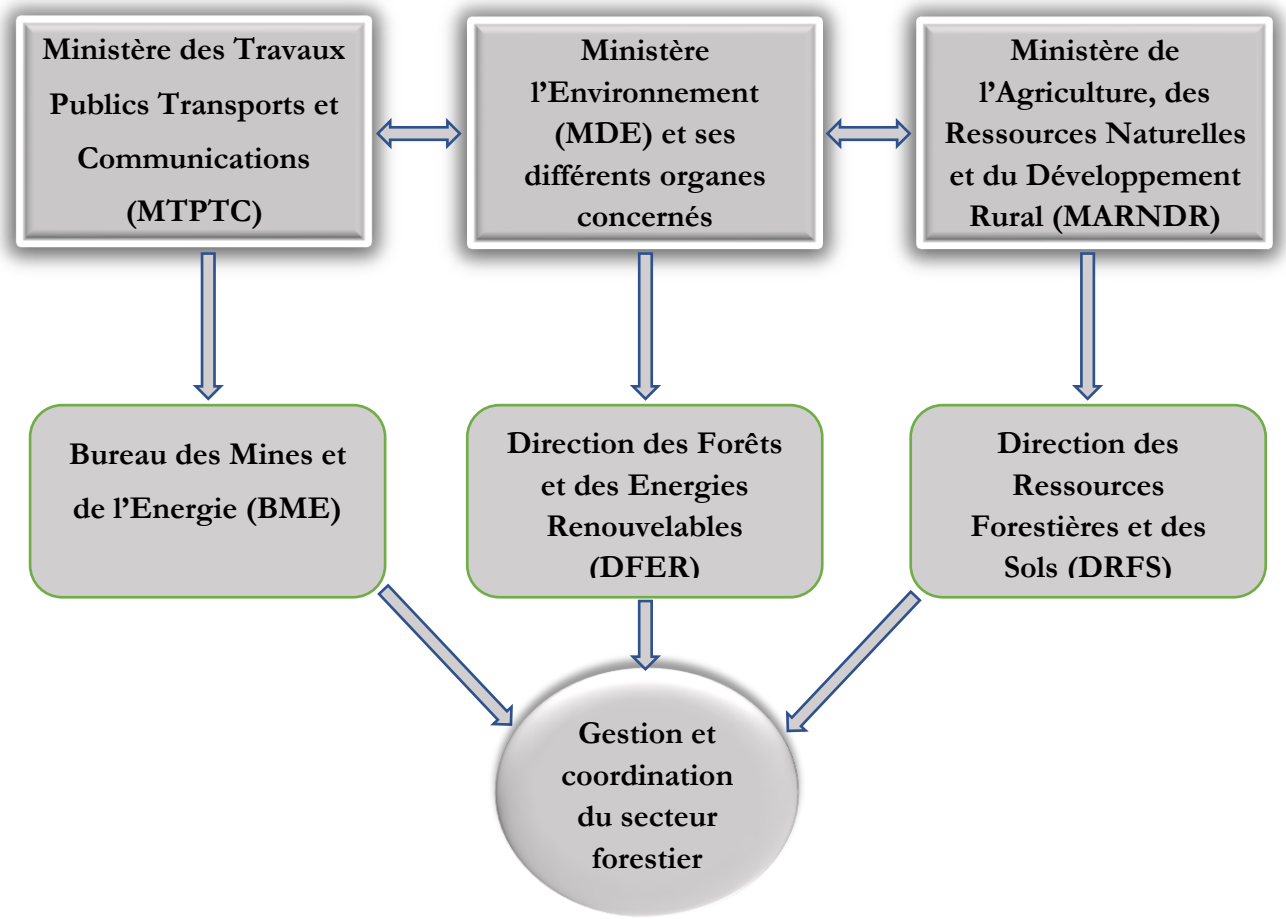
A travers l'Agence Nationale des Aires Protégée (ANAP), le ministère (MDE) se donne pour tâche d'assurer la prise en charge et la gestion des aires protégées du pays (Le Moniteur, 2006). La majorité de ces aires protégées, en particulier les sites terrestres et côtiers, sont établies principalement à partir des écosystèmes forestiers (Timyan & Hilaire, 2011). En qualité d'organe public chargé spécifiquement de la gestion et de la coordination du Système National des Aires Protégées (Le Moniteur, 2006; MDE & PNUD, 2009), il lui incombe l'obligation de garantir la gestion, l'établissement et le rétablissement des écosystèmes forestiers. Ainsi, en étroite collaboration avec la Direction de la Biodiversité dudit ministère, cette entité autonome devient l'un des acteurs publics les plus directement et activement impliqués dans la gestion des écosystèmes forestiers en Haïti (MDE & PNUD, 2009).

5.9.3 Responsabilité du Bureau des Mines et de l'Energie dans la dynamique

Organisme autonome placé sous tutelle du ministère des Travaux Publics Transports et Communications (MTPTC)[55], le Bureau des Mines et de l'Energie (BME) est une instance qui, à travers sa politique énergétique, s'engage à contribuer également dans la gestion des écosystèmes forestiers en Haïti (MPCE, et al., 2006). Conscient du fait que la consommation énergique du pays dépend en grande partie de l'utilisation des combustibles ligneux (Toujas, 2015; Banque Mondiale, 2018) et par conséquent représente l'un des principaux facteurs responsables du déboisement et de la déforestation, le BME se donne pour attribution de définir des stratégies, plans et programmes visant à favoriser une meilleure gestion des ressources ligneuses au niveau du pays. Ainsi, il se lance dans la promotion et l'incitation des alternatives énergétiques orientées vers l'utilisation et la valorisation d'autres sources d'énergie renouvelables telles que le solaire et les éoliennes et l'hydroélectricité, l'établissement des forêts énergiques et la production des bio-carburants et des GPL (MPCE, et al., 2006).

[55] Informations disponibles sur le site web du Bureau des Mines et de l'Energie : http://www.bme.gouv.ht/

Figure 14 : Organigramme de la gouvernance du secteur forestier en Haïti



5.10 Analyse critique de la gouvernance du secteur forestier en Haïti

La bonne gouvernance d'un secteur de développement requiert un cadre institutionnel puissant, imposant, bien organisé et coordonné. Comme constaté, il existe plusieurs institutions et organes publiques qui sont impliquées en parallèle dans la gestion stratégique et opérationnelle du secteur forestier en Haïti. Cette implication plurielle devrait censée être un atout considérable pour le développement réel de ce secteur. Cependant, les résultats jusque-là obtenus n'en témoignent pas d'une performance satisfaisante. Cela résulte en principe d'une série de lacunes auxquelles il faut absolument s'y prendre si l'on souhaite aboutir à un dispositif solide et pertinent. Une analyse de l'environnement institutionnel chargé de la gestion de ce secteur, à partir d'une matrice SWOT[56], permet de relever les éléments caractéristiques clés de la coordination cette dynamique (***Tableau 12***).

[56] Ce sigle désigne en anglais les termes : Strength (Forces), Weakeness (Faiblesses), Opportunities (Opportunités), Threats (Menaces)

Tableau 12 : Analyse du cadre institutionnel de la coordination du secteur forêt en Haïti

Forces	Faiblesses	Opportunités	Menaces
✦ Existence d'un cadre institutionnel de gestion du secteur forestier ✦ Pluralité des instances impliquées dans la gestion du secteur forestier ✦ Partenariat entre les instances de gestion des du secteur forestier et les bailleurs internationaux ✦ Volonté des différentes instances d'intervenir dans la gestion du secteur forestier	✦ Manque de synergie entre les institutions impliquées dans la mise en œuvre des initiatives de gestion des ressources forestières ✦ Manque de transparence dans le processus de recrutement des cadres ✦ Défaillance des capacités techniques et financières des instances de gestion du secteur forestier ✦ Manque de leadership et de coordination dans le secteur ✦ Chevauchement dans les attributions des différents organes de gestion du secteur forestier ✦ Inefficacité dans la mise œuvre des mécanismes juridiques nationaux et internationaux	✦ Possibilité d'accéder aux mécanismes financiers internationaux ✦ Mise en application des instruments stratégiques existants ✦ Recrudescence des cadres formés dans le domaine de gestion et de suivi des écosystèmes forestiers ✦ Possibilité de mette en place des mécanismes financiers endogènes ✦ Possibilité de capitaliser sur l'appui technique et financier des partenaires internationaux ✦ Existence des instruments et politiques stratégiques de relatifs à la gestion des écosystèmes forestiers	✦ Instabilité politique chronique qui influe sur la gouvernance et la notoriété publique ✦ Inapplication des politiques publiques relatives à la gestion des écosystèmes forestiers ✦ Insuffisance de volonté politique visant à renforcer les capacités des institutions ✦ Fuite des matières grises du pays

5.11 Dispositif réglementaire relatif aux secteurs forestiers en Haïti

La réglementation est un élément crucial dans l'administration de tous les éléments ou domaines tributaires d'intérêts sociaux. Elle permet d'orienter et de réguler l'évolution d'un secteur de développement donné, en définissant et en contrôlant la limite de chaque partie prenante ou individu concerné en termes d'obligations ou de droit (Kirat, et al., 2006). Dans ce cas, dans le cadre de cette étude de la dynamique des écosystèmes forestiers en Haïti, il devient nécessaire de procéder à une analyse succincte des dispositifs réglementaires mis en place à cette fin.

Sur le plan international, des traités juridiques portant spécifiquement sur la gestion des forêts semblent faire défaut (Lanly, 1997; Ruis, 2001), cependant il existe des dispositifs réglementaires traitant de l'environnement d'une manière générale, incluant également la gestion et la préservation des écosystèmes forestiers. A ce titre, il convient de mentionner la Convention Cadre des Nations-Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) ; la Convention sur la Diversité Biologique (CBD) et la Convention des Nations Unies sur la Lutte Contre la Désertification (CNULCD). Ces trois conventions sont signées et ratifiées par Haïti (Victor, 1995; Cadet, 2006; Guissé & Owen,

1998; Weissenberger, 2018), alors qu'elles sont toutes constituées d'un volet ou d'une partie s'accentuant sur le domaine forestier. Toutefois, la dernière s'oriente beaucoup plus vers l'établissement et la protection du couvert forestier pour pouvoir atteindre ses objectifs. Ces instruments, étant signées par le gouvernement haïtien, incitent les autorités compétentes et décideurs concernés à œuvrer en faveur d'une meilleure gestion des écosystèmes forestiers en vue d'honorer dignement leurs engagements.

De toute évidence, la bonne gestion des écosystèmes forestiers demeure l'un des moyens les plus efficaces pour lutter contre le changement climatique au niveau global (FAO, 2013). L'existence de ces ressources naturelles permet non seulement d'atténuer le changement climatique en piégeant le CO_2 en circulation dans l'air (Pourcher, 2017), mais aussi de s'adapter à ses effets par son aptitude à remplir une fonction de protection (Chevassus-au-Louis, et al., 2011) par rapport aux aléas climatiques. Compte tenu de ces capacités, la forêt est placée au centre des stratégies mises en œuvre par la Convention Cadre des Nations-Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) pour parvenir à son but. Les articles 3-3 du protocole de Kyoto (ONU, 1998)et 5-2 de l'accord Paris (ONU, 2015)témoignent l'importance accordée aux écosystèmes forestier dans la tentative de lutte contre le changement climatique.

Une grande partie de la diversité biologique terrestre du globe est concentrée dans les forêts, ce qui a considérablement orienté l'horizon de la CBD depuis l'adoption vers les forêts (Ruis, 2001). En effet, le rôle des écosystèmes forêts dans la dynamique de la biodiversité a été dès le départ bien déterminée et mis en évidence, ce qui accorde à sa gestion une place importante dans la mise en œuvre de cette convention au niveau des pays Parties (ONU, 1992).

Quant à la Convention des Nations Unies sur la Lutte Contre la Désertification (CNULCD), sa stratégie de mise en œuvre s'articule spécifiquement sur l'amélioration de la couverture boisée et la suspension du de déboisement et de la déforestation. Pour mesurer l'amélioration ou la dégradation des terres, la CNULCD se sert de trois indicateurs fondamentaux : la tendance de la « Couverture Terrestre » ; la dynamique de la « Productivité des Terres » et le stock de « Carbone Organique du Sol » dont l'ensemble est fonction de l'existence et de la nature du couvert végétal (CNULCD, 2018). Ces trois indicateurs, ensemble, permettent d'évaluer la quantité et la qualité du capital naturel terrestre et de la plupart des services écosystémiques associés (Orr, et al., 2017) et du coup d'examiner la tendance de la Neutralité de Dégradation des Terres (NDT) au niveau des territoires (CNULCD, 2016). En outre, les initiatives envisagées par cette convention s'accordent directement

à l'objectif 15[57] visant à préserver et restaurer les écosystèmes terrestres dont la gestion durable des forêts. Cette dernière représente une pierre angulaire, mais surtout la stratégie principale de la mise en œuvre de la CNULCD à travers le monde. Ipso facto, elle est la convention plus directement liée à la gestion et à la conservation des écosystèmes forestier.

Sur le plan national, il existe une archive abondante révélant l'existence d'une législation hattienne, bien que dispersée, portant sur la gestion des écosystèmes forestier et du couvert arboré. En fait, depuis plus d'une vingtaine d'années, la majorité des travaux d'analyse en matière de la législation environnement est dû à Jean André Victor en tant que spécialiste renommé du domaine. En cette qualité, dans un travail réalisé pour le compte du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), il a tenté de relever les différents textes de loi relatifs à l'environnement (Victor, 1995). A travers ce travail de compilation, il a consacré une partie spécifiquement aux arbres et aux forêts. Il en résulte un recueil de texte législatif partant d'un extrait du Code Rural Haïtien 1864, en passant entre autres par : l'Arrêté du 10 Janvier 1933 sur la protection et la conservation des forêts ; la loi du 4 Juin 1936 éditant des mesures pour arrêter la déforestation ; le décret-loi du 23 Juin 1937 sur la règlementation des forêts ; la loi du 17 Août 1955 règlementant les cultures, la coupe et le commerce du bois ; la loi du 19 Septembre 1958 portant sur la protection du sol contre l'érosion et la règlementation de l'exploitation forestière avant d'aboutir à la loi VIII sur les forêts extraite du Code F. Duvalier 1962. Ensuite, la série s'est enchainée sur d'autres documents réglementaires dont le décret du 20 Novembre 1972 portant la création d'un compte non fiscal dénommé « Fonds spécial de Reboisement », le décret du 20 Novembre 1972 déclarant les travaux de reboisement d'intérêt général et d'utilité publique, et également le Décret du 7 Juillet 1987 règlementant l'utilisation du bois énergie (Victor, 1995).

5.12 Cadre stratégique et politique national relatif au secteur forestier

Généralement, pour parvenir à une bonne gestion et une meilleure dynamisation d'un secteur donné, les autorités compétentes concourent à l'établissement d'un instrument stratégique déterminant son orientation. Il peut s'agir dans ce cas des programmes et plans d'action nationaux ou des politiques sectorielles nationales.

La gestion des écosystèmes forestiers et arborés est un élément fondamental dans l'organisation et la planification des stratégies de dynamisation de différents autres secteurs de développement et environnementaux tels que la lutte contre la désertification, l'énergie, le changement climatique et

[57] L'atteinte de cet objectif doit passer par l'exploitation et la gestion durable de ressources naturelles et des forêts, la lutte contre la désertification, la réduction du processus de dégradation des terres et la suspension de l'appauvrissement de la biodiversité.

la biodiversité. Ainsi, plusieurs instruments stratégiques nationaux relatifs à la lutte contre la désertification, la gestion du secteur de l'énergie, la lutte contre le changement climatique et à la gestion et la conservation de la biodiversité, sont d'une très grande utilité au sens qu'ils sont obligés de s'impliquer activement dans la gestion et la protection des écosystèmes forestiers à travers leur mise en œuvre afin de parvenir à leur but. A ce titre, il convient de mentionner : le Programme Aligné d'Action de Lutte contre la Désertification (PAN-LCD) ; le Programme d'Action National d'Adaptation (PANA), la Contribution Prévue Déterminée au niveau National (CPDN) et la « Politique Nationale de lutte contre les Changements Climatiques (PNCC) servant d'outils directif à la lutte contre le changement climatique (MDE, 2006; MDE, 2015a; DCC/MDE, 2019) ; et les documents de Stratégie et les Plans d'Actions Nationaux pour la Biodiversité (SPANB) destinés à l'orientation de la gestion et la conservation de la biodiversité (MDE, 2019a). Parmi ces instruments stratégiques nationaux relatifs à la gestion environnementale identifiées en lien avec le secteur forestier en Haïti, il en a qui s'attachent directement à l'orientation de la dynamique et de la gestion de ce secteur tels que :

La politique nationale relative à la gestion forestière en Haïti et le Programme Aligné d'Action de Lutte contre la Désertification (PAN-LCD) sont censés établissent un lien direct avec le secteur forestier. Concernant le premier instrument, un processus y relatif a été mis en place depuis 2019, à partir d'une démarche concertée entre le ministère de l'Environnement (MDE), le ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR) et l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). La priorité de cette directive est de parvenir à long terme à la protection et à la restauration des forêts et au développement de l'Agroforesterie (FAO, 2019). Cela devrait en effet permettre de concourir à un réel progrès et une dynamisation factuelle de la situation des forêts, du couvert arboré et des systèmes agroforestiers intégrant les arbres dans les champs. Cependant, le processus n'arrive jusqu'à présent pas à bout.

Quant au Programme Aligné d'Action de Lutte contre la Désertification (PAN-LCD), il a pour objectif d'identifier les facteurs qui contribuent à la désertification et les mesures concrètes à prendre pour lutter contre celle-ci en vue d'atténuer les effets de la sécheresse. Cette directive nationale opte pour l'intégration conséquente de la lutte contre la désertification dans les politiques publiques et les politiques sectorielles influençant les acteurs et mécanismes dévolus à cette fin (MDE, 2015b). Son but est de parvenir à la neutralité de la dégradation des Terres (NDT) d'ici 2030 (CNULCD, 2016) à partir du maintien et de l'amélioration du couvert végétal et arboré. Ainsi, les indicateurs métriques utilisés pour évaluer le capital naturel et les valeurs écosystémiques associées s'articulent essentiellement sur l'amélioration de la couverture végétale et forestière (Orr, et al., 2017).

Des instruments stratégiques nationaux, tels que le Programme d'Action National d'Adaptation (PANA), la Contribution Déterminée au niveau National (CDN) et la Politique Nationale de lutte contre les Changements Climatiques (PNCC), identifiées sont destinés à la lutte contre les Changements Climatiques. Cependant, compte tenu de la double fonction stratégique (atténuation & adaptation) que possèdent les écosystèmes forestiers, ils sont obligés d'être pleinement pris en compte dans ces documents. La CDN, pour atteindre son objectif principal qui est de réduire les émissions de GES au niveau du pays, s'appuie sur la mise en place son dispositif d'atténuation visant à réduire les pressions exercées sur les écosystèmes forestiers et d'améliorer les pratiques menaçantes dont ils sont en proie. Dans ce cas, elle envisage des interventions visant la réorganisation des secteurs de l'Energie, de l'AFAT (Agriculture, Forêt et changement d'affectation des terres) (MDE, 2015b), ce qui exige son implication active dans la gestion des écosystèmes forestiers au niveau du pays. La PNCC est destinés à orienter les différents acteurs œuvrant dans la lutte contre le changement climatique dans la mise en œuvre de leurs incitatives. Son objectif également est de réduire d'au moins 5 % par rapport à un scénario tendanciel, les émissions de gaz à effet de serre dans les secteurs de l'énergie et de l'AFAT (DCC/MDE, 2019). A signaler qu'en Haïti le développement de ces secteurs implique d'importantes incidences sur la dynamique de la couverture forestière (CEPAL & PNUD, 2008; Singh & Cohen, 2014; Banque Mondiale, 2018).

D'autres instruments stratégiques nationaux, tels que les deux documents de Stratégie et les Plans d'Actions Nationaux pour la Biodiversité (SPANB), visent également à améliorer la dynamisation et à la gestion du secteur forestier au niveau du pays. Ces outils consistent en effet à servir de référentiel métrique pour évaluer le progrès du pays par rapport à ses obligations à l'égard de la CDB (MDE, 2019a). Ils visent à atteindre des objectifs mesurables en termes de préservation et d'utilisation durable de la diversité biologique au niveau du pays[58], en se référant aux biens et services fournis par les écosystèmes, les forêts en particulier. A noter qu'en Haïti, comme dans beaucoup d'autres endroits du monde, les forêts et écosystèmes forestiers recèlent la majeure partie de la biodiversité recensée au niveau du territoire. De ce fait, la mise en œuvre d'un tel dispositif est susceptible de contribuer amplement à la gestion et à la conservation des écosystèmes forestiers au niveau du territoire.

5.13 Quelques contraintes majeures de la gestion du secteur forestier en Haïti

Le secteur forestier et arboricole comme tous les autres secteurs du pays est confronté à trois difficultés majeures. Celles-là sont censées à la base de tous les autres freins du secteur au niveau

[58] https://www.cbd.int/nbsap/introduction.shtml

du pays. Il s'agit de l'instabilité politique, de la déficience institutionnelle et règlementaire, de la précarité socio-économique auxquelles fait face le pays.

5.13.1 Des contraintes relatives à l'instabilité politique chronique du pays

Depuis la chute du régime Duvaliériste, il y a plus de trois (3) décennies, le pays est dominé par des périodes d'instabilité politique récurrentes devenant chronique (PNUE, 2013). Cette conjoncture politique constitue une entrave permanente en matière de gouvernance des secteurs de développement du pays dont celui des écosystèmes forestiers et arborés. Cela se traduit par l'interruption ou la discontinuité des décisions et actions gouvernementales prises en faveur d'une gestion durable et d'une conservation continue des écosystèmes forestiers et arborée.

5.13.2 Des contraintes relatives à une déficience institutionnelle et règlementaire

L'organisation et la dynamisation de tout secteur de développement, requiert l'existence d'un cadre institutionnel performant (Gentes & Vergara-Castro, 2005). En Haïti, plusieurs institutions publiques ou ministères sont impliqués dans la gestion et la conservation des écosystèmes forestiers, Cependant, l'implication des acteurs c'en est une, mais l'efficacité c'en est une autre, puisque les résultats des initiatives entreprises demeurent assez peu (PNUE, 2013). Au-delà de l'inefficacité institutionnelle, il convient de signaler un déficit manifeste de concertation et de synergie et de liaison effective entre les différentes instances identifiées à la gestion et à la conservation des écosystèmes forestiers et arborée au niveau du pays, en particulier le ministère de l'Environnement (MDE) et le ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR). De surcroit, les institutions haïtiennes sont en général caractérisées par une carence de cadres suffisamment qualifiés (DCC/MDE, 2019) ; le secteur forestier et arboré n'en est pas exempté. Dans ce cas l'environnement institutionnel de ce secteur souffre d'un déficit technique qui constitue un obstacle considérable à la conception d'un schéma directeur et structurant qui lui est convenable.

L'application législative est très décisive dans le perfectionnement d'un secteur d'activité (Kirat, et al., 2006). En Haïti, le système juridique en exercice et les institutions judiciaires chargées de faire respecter et appliquer la législation relative à l'environnement, en particulier à la gestion durable et efficace des écosystèmes forestiers et arborés, sont très défaillants (Gentes & Vergara-Castro, 2005). La grande majorité des lois présentement en vigueur date des époques auxquelles les conditions économiques et démographiques et la situation de l'environnement étaient très différentes par rapport à la période contemporaine (PNUE, 2013). En outre, la législation relative à la gestion des écosystèmes forestiers est caractérisée par l'existence d'un ensemble de textes de loi assez dispersés (Gentes & Vergara-Castro, 2005) ; ce qui dissimile l'existence et la connaissance

de cette législation et qui par conséquent compromet son application. Dans ce cas, le cadre réglementaire reste un frein majeur au développement du secteur forestier et arboré en Haïti.

5.13.3 Des contraintes relatives à la précarité socio-économique du pays

Haïti est caractérisée comme l'un des pays les plus pauvres de la planètes (Gérard-François, 2010; Marcelin, et al., 2017). De ce fait, les produits ligneux (arbres), étant des ressources naturelles, demeurent les sources de revenus et d'approvisionnement alimentaire les plus immédiates et les moins contraignantes pour la population (MPCE, 2012). Dans ce cas, ils deviennent l'objet d'une exploitation excessive et en permanence. En outre, la croissance démographique du pays, dont le taux moyen annuel est estimé à 1,82 % de 1960 à 2018 (Perspective monde, 2019), ne cesse de prendre de l'ampleur (IHSI, 2014; IHSI, 2015). Cela augmente de plus en plus les besoins socio-économiques (logement, alimentation, recréation, routes, etc.) de la population (Banque Mondiale, 2017), et par conséquent amplifie les pressions exercées sur les ressources ligneuses. Interreliés et combinés, ces deux paramètres socio-économiques constituent des facteurs déterminants par excellence de la destruction et la détérioration des écosystèmes forestiers et arborés du pays (MDE, 2015b). Ne disposant pas de moyens économiques et financiers suffisants pour pourvoir aux besoins pressants de la population, l'Etat se trouve dans l'impuissance d'agir en conséquence.

5.14 Synthèse du contexte d'évolution du secteur forestier en Haïti

En Haïti, les ressources forestières évoluent dans un contexte de dégradation excessive, très perceptible et surtout inquiétante au point de devenir très dangereuse (Toussaint, 2010; Dufour, 2011). Conscientes de cette situation menaçante, les autorités compétentes ont fourni beaucoup d'efforts afin de pallier cette tendance et d'en éviter un niveau irréversible. Pourtant l'exploitation démesurée et incontrôlable de ces ressources continue de prendre de l'ampleur et de progresser sans arrêt. En effet, cette détérioration progressive est susceptible de provoquer un déséquilibre naturel qui risque d'aboutir à la destruction définitive du capital forestier dans quelques années encore. Cela a été démontré dans le cas des formations de mangrove du Parc National des Trois baies dans une étude sur les impacts des activités anthropiques sur les écosystèmes marins et littoraux à partir des images Landsat (Joseph, Dolique, & Saffache, 2019). Ce qui confirme l'évidence qu'au cours de ces dernières décennies, les écosystèmes forestiers haïtiens, bien qu'ils soient déjà dans un état très critique (Toussaint, 2010), continuent d'être soumis à une forte pression anthropique (CEPAL & PNUD, 2008).

Cette dégradation des écosystèmes forestiers au niveau du pays est souvent le résultat d'une combinaison de plusieurs facteurs, tels que l'expansion urbaine et l'extension des infrastructures, l'expansion et la multiplication des parcelles agricoles, l'exploitation et l'extraction des ressources

ligneuses, mais surtout la croissance démographique et la pauvreté (Toussaint, 2010). (MDE, 2015b) qui constituent les éléments déclencheurs et multiplicateurs des autres facteurs. Il s'en suit que d'une part, cette population grandissante qui dans la plupart du temps s'installe au fur et à mesure dans les zones forestières et/ou péri-forestières a entraîné une forte pression sur les écosystèmes forestiers (Toussaint, 2010) (MDE, 2015b). Et d'autre part, pour répondre à ses besoins socio-économiques de plus en plus croissants et exigeants, et faute de politique gouvernementale alternative visant à apporter des solutions adéquates et durable à cette conjoncture, cette population se voit obligée d'exploiter sans mesure ces écosystèmes forestiers (MDE, 2015b). Cette exploitation se fait, soit en défrichant les forêts pour y installer des parcelles agricoles de subsistance, soit en abattant les arbres pour la fabrication du charbon de bois ou comme source d'énergie au niveau des guildives, des boulangeries, des blanchisseries et/ou pour la consommation domestique.

A cela il faut également ajouter et souligner les impacts colossaux des conditions climatiques et météorologiques, telles que les longues périodes de sècheresse extrême, les ouragans et les tempêtes tropicales qui ont affecté le territoire haïtien. Ainsi, il convient de signaler qu'au cours de ces vingt dernières années plus d'une quinzaine d'ouragans ont affecté diverses régions du pays, et plus récemment l'ouragan Matthew qui a sévèrement affecté la péninsule du sud (Stewart, 2017) (Melo Ramirez, 2018) et qui a causé la destruction d'une bonne partie de la forêt du Parc Macaya et d'autres écosystèmes forestiers du massif de la Hotte. L'amplification et la sévérité de ces phénomènes seraient vraisemblablement des conséquences engendrées par les changement climatiques (GIEC 2011). Toutefois, au-delà des pressions anthropiques exercées sur les ressources ligneuses pour répondre à une demande de plus en plus croissante et des conditions naturelles parfois défavorables, l'état actuel des ressources forestières est dû à l'échec des modes de gestion traditionnels. Cela nécessite dans ce cas de procéder à un changement d'orientation et de paradigme dans les prises de décision et dans les applications opérationnelles.

Conclusion

Les écosystèmes forestiers constituent un élément fondamental dans l'organisation naturelle de l'environnement d'un territoire donnée. Leur rôle est particulièrement mis en évidence dans la régulation des climats et la conservation de la biodiversité (Pascal, 2003). De ce fait, il essentiel d'envisager une gestion durable de ces ressources afin d'assurer et de maintenir un environnement de qualité.

En Haïti, la dégradation de l'environnement est devenue une préoccupation majeure et généralisée (CEPAL & PNUD, 2008) (Dufour, 2011), alors que les causes principales sont attribuées à

l'appauvrissement des écosystèmes forestiers dû notamment au déboisement et à la déforestation (Toussaint, 2010). Cependant, la superficie couverte en forêt au niveau du pays n'est pas connue avec exactitude (MDE, 2015b) car les chiffres révélés à ce sujet ici et là à travers la littérature sont discordants, et par conséquent n'inspirent guère de confiance (Banque Mondiale, 2018). Dans ce cas, il est important de disposer des connaissances pertinentes, fiables et surtout actualisées sur l'état, la configuration et le fonctionnement des ressources forestières afin de pouvoir mieux orienter l'organisation et la gestion de l'environnement au niveau du pays. En effet, cette étude a été mise en place dans le but de décrire le profil et les caractéristiques des écosystèmes forestiers du pays à partir d'une analyse des dispositifs de gestion et de la dynamique du couvert arboré existant et de ses facteurs déterminants. Cette initiative a, par conséquent, engendré la nécessité de passer en revue les dispositifs institutionnels, réglementaires et stratégiques mis en place afin de mieux cerner la conjoncture de l'évolution de cette dynamique. Pour ce faire, on a procédé d'abord aux recherches documentaires, puis à une mini-enquête institutionnelle et des entrevues individuelles avec des cadres connus et expérimentés du domaine. En outre, une opération de traitement d'image (usage du NDVI) a été expérimentée afin de produire des données endogènes destinées à l'estimation du couvert arboré submergeant le territoire, et du coup de s'affranchir des chiffres incohérents déjà évoqués à ce sujet.

L'analyse des informations collectées et passées en revue a permis de constater que les écosystèmes forestiers, en dépit du fait qu'ils soient extrêmement dégradés, ne cessent de constituer un élément fondamental dans la protection de l'environnement en Haïti. Toutefois, cela a permis aussi de s'apercevoir que la gestion du secteur forestier et la dynamique des écosystèmes forestiers du pays sont en réalité confrontées à toute une série de contraintes liées notamment : à une situation d'instabilité politique récurrente et chronique (PNUE, 2013) compromettant sa gouvernance ; à une précarité institutionnelle se traduisant par problème de coordination et un manque de cohérence entre les acteurs et instances impliquées dans le secteur (PNUD, 2014) ; à une déficience règlementaire due à une manque de systématisation et de pertinence des textes de loi ajouté à la défaillance du systèmes judiciaires du pays (Victor, 1995) ; à la précarité socio-économique caractérisée entre autres par l'extrême pauvreté de la population (Gérard-François, 2010; Marcelin & Cela, 2017), la croissance démographique excessive (Perspective monde, 2019) associée à un taux d'urbanisation élevé et grandissant (Banque Mondiale, 2017). Ainsi, Compte tenu de l'incapacité de l'État à mettre en en place des activités génératrices de revenu visant à répondre immédiatement aux besoins pécuniaires, une dynamique agricole capable de subvenir suffisamment aux besoins alimentaires, et une politique énergétique moins dépendante des combustibles ligneux, les gens sont obligés de recourir à l'exploitation sans cesse et de manière incontrôlée des écosystèmes forestiers

du pays. Ceux-là constituent, en effet, des freins majeurs pour lesquels il faut absolument trouver des solutions afin d'aboutir à un développement réel du secteur forestier et à une amélioration du couvert arboré en Haïti. Il en résulte une dégradation flagrante et une chute excessive du couvert arboré déterminées notamment par : la dynamique agricole et le choix des pratiques culturales, l'exploitation des ressources ligneuses, l'exploitation des ressources minérales (or, carrières, sels etc.), le développement urbain et la croissance démographique, les catastrophes naturelles et les effets collatéraux du changement climatique.

Bien entendu, le gouvernement haïtien, à travers les ministères chargés de la gestion et de l'orientation de l'environnement (MARNDR et MDE), ont mobilisé toute une série d'initiatives visant à remédier cette situation préoccupante. Mais, il faut admettre que face à ce constat flagrant, beaucoup d'efforts restent encore fournir afin d'aboutir à des résultats relativement satisfaisants.

6 Une expérimentation destinée à l'estimation du couvert arboré en Haïti à partir des images Landsat-8 (fin 2017 & début 2018)

Introduction

Ce travail se veut une expérimentation qui, au-delà des chiffres déjà évoqués, tente d'apporter une réponse plus ou moins réaliste de l'estimation de la couverture forestière en Haïti. Pour parvenir à la production des données nécessaires, des images Landsat-8 issues du capteur « Operational Land imager (OLI) » ont été traitées et analysées. Ensuite, pour procéder à l'exploitation et à la manipulation de ces images, l'utilisation de l'indice de végétation par différence normalisé de l'acronyme anglais NDVI (Normalise difference Vegetation Index) a été mise à profit. Il s'agit en effet d'une expérience basée sur une méthodologie assez empirique qui, conjuguée à la connaissance méticuleuse du terrain d'étude, est capable de produire des informations plus ou moins précises et adéquates en lien avec l'objectif fixé par la démarche. L'intérêt de l'exercice ici n'est pas de présenter une cartographie détaillée d'occupation de sols, mais de procéder à une appréciation quantifiée de la couverture arborée du pays.

6.1 Cadre contextuel de l'expérience

À l'inverse de ce que présentent nombreux documents faisant habituellement croire que la couverture forestière du pays serait évaluée à moins de 2% du territoire, des écosystèmes forestiers il en existe bien plus, selon ce que révèlent plusieurs études récentes (Churches, et al., 2014; MDE, et al., 2018; Melo Ramirez, 2018). L'évidence est que la majorité de ceux-là qui subsistent encore se trouvent dans les hautes montagnes souvent escarpées (MDE, 2015b) difficiles d'accès. En outre, il appert que les méthodes, technique et critères d'appellations autrefois utilisées prêtent souvent à controverse et définitivement laissent beaucoup à désirer ; d'autant plus que les résultats obtenus, même les plus récents, présentent souvent une certaine dissemblance.

Ainsi, dans un souci de s'affranchir de l'incohérence des différentes données évoquées à propos de l'estimation de la couverture forestière et arboré d'Haïti, il parait judicieux, pertinent et déterminant de développer une méthode propre destinée à produire des données endogènes. Dans ce cas, une expérience technologique innovante permettant de produire des résultats plus ou moins rassurants est exigée. Se référant au fait que les images satellitaires constituent à priori un excellent moyen expérimental pour caractériser les propriétés des surfaces continentales (Pinty & Verstraete, 1991), on se propose, dans le cadre de cette expérience, d'exploiter les capacités et l'efficacité de la télédétection spatiale à répondre à ce besoin.

Dans le domaine de la télédétection, il existe une gamme de méthodes permettant de procéder à la détection de la végétation, néanmoins dans le cas présent, compte tenu de la particularité du terrain et de la finalité[59] de l'étude, le choix a été porté sur l'utilisation des indices des végétation. Il s'agit des techniques expérimentales empiriques de traitement d'images conçue essentiellement pour discriminer la végétation et en déterminer les caractéristiques (Girard & Girard, 1999). Il en existe toute une panoplie, cependant le dévolu a été jetée sur l'indice de végétation par différence normalisé (NDVI : *Normalized Difference Vegetation Index*). Le NDVI est l'indice de végétation le plus couramment utilisé pour diverses études de télédétection de la végétation (Chen, et al., 2004), car il est suffisamment sensible pour capturer de petits changements dans la quantité de végétation photosynthétique (Soudania, et al., 2006; Soudani, et al., 2008). En outre cet indice est privilégié pour l'observation globale de la végétation car il permet de compenser les changements de conditions d'éclairage, de pente de surface, d'exposition et d'autres facteurs exogènes (Lillesand 2004) cité par (ESRI, 2016).

6.2 Estimation du couvert forestier en Haïti : des tentatives incohérentes

L'état actuel du couvert forestier haïtien est foncièrement caractérisé par une dégradation démesurée de ses écosystèmes (Gentes & Vergara-Castro, 2005; Toujas, 2015). Cela suscite de vive inquiétude et commence à interpeller la conscience de tous les citoyens du pays, notamment les décideurs. Au-delà de l'existence des arbres, ces écosystèmes recèlent de grandes vertus, en particulier la protection de la biodiversité voire l'environnement en général, la régulation du climat et l'augmentation de la résilience de la population par rapport au changement climatique. Pourtant, ils ne cessent de faire l'objet de détérioration et de destruction (Dufour, 2011). Cela résulte d'un processus de déboisement et de déforestation progressif qui impliquent la perte, à long terme ou permanente, du couvert forestier et la conversion des terres à une autre forme d'utilisation (FAO, 2012).

Cependant, bien que cette situation de dégradation excessive soit amplement évidente, une estimation exacte de la couverture forestière fait encore défaut au pays (MDE, 2015b). Les chiffres évoqués à ce sujet sont souvent incohérents et résultent généralement de méthode assez douteuse. L'information la plus largement véhiculée et habituellement médiatisée sur la superficie de la couverture forestière du pays est un taux variant de 1% à 2 % (Merat, 2012; MDE, 2015b). Le rapport national d'évaluation des ressources forestières mondiales (FRA-2010) concernant Haïti a cependant révélé un taux de 4 % (Louijamé, Eugene, & Viciere, 2010). Ces chiffres ne sont que

[59] L'intérêt primordial de cette étude est de parvenir à quantifier le couvert le couvert arboré/forestier existant encore en Haïti

des approximations grossières (Toujas, 2015) issues le plus souvent d'évaluations au pifomètre[60] (Louijamé, Eugene, & Viciere, 2010). Cette situation résulte surtout d'un déficit technique associe à des lacunes technologiques ; ce qui empêche les décideurs et les gestionnaires concernés de parvenir à une évaluation plus ou moins précise et fiable de l'état du couvert arboré.

Profitant des avancées spectaculaires de la nouvelle technologie informatique, notamment avec le progrès sans précèdent de la télédétection spatiale, d'autres études (Churches, et al., 2014; Melo Ramirez, 2018) ont vu le jour et ont contribuée à apporter de nouvelles perceptions par rapport à ce sujet. Cependant, dans certains cas (Hedges, et al., 2018), ces estimations font surtout référence aux forêts primitives, sans tenir compte des forêts secondaires, des terres boisées, des parcelles boisées sous exploitation, des plantations d'arbres, des systèmes agroforestiers et des nombreux arbres poussant dans les exploitations agricoles (Banque Mondiale, 2018).

En réalité, nul ne peut nier l'évidence que la dégradation de la couverture forestière en Haïti est extrêmement inquiétante. Cependant, contrairement à ce que la majeure partie de la littérature a l'habitude de révéler à ce sujet, des écosystèmes forestiers il en existe bien plus encore dans le pays. Il est en revanche important de signaler que la majorité de ceux-là qui existent se trouvent dans les hautes montagnes et parfois dans des zones très accidentées (MDE, 2015b). Ils sont pour la plupart constitués des forêts de conifères (pin : Pinus occidentalis) avec quelques poches de feuillus mixtes.

6.3 Démarches méthodologiques adoptées dans le cadre de l'essai

6.3.1 Acquissions des images satellites nécessaires à l'expérimentation

Les images satellitales représentent l'élément fondamental du processus d'extraction des données en télédétection spatiale. Dans ce cas, l'acquisition des images constitue la première étape à aborder dans le cadre d'une telle expérimentation (OSS, 2015). La plupart des images existant sont payantes mais bien d'autres sont gratuites et libres d'accès. De ce fait pour faciliter la réalisation de cette étude, le choix a été portée sur des images gratuites détenant des caractéristiques suffisamment aptes à produire des résultats satisfaisants. Ainsi, compte tenu des spécifications des capteurs Landsat, de leurs capacités à favoriser la détection de différents niveaux de végétation (Gutman, et al., 2008) et de leur mode d'accès facile, ils sont l'option choisie pour ce travail. A cette fin, des images Landsat_8 du capteur OLI (Operational Land Imager) ont été sélectionnées. Ces images ont été récupérées sur le site Earth-Explorer de l'Institut d'études géologiques des États-Unis

[60] Selon l'Union de Normalisation de la Mécanique (UNM, 2002), le pifomètre est strictement personnel, inaliénable, consubstantiel à l'individu et inutilisable par autrui

(USGS : United States Geological Survey), un catalogue d'images dédié en permanence aux sciences de l'observation de la Terre.

6.3.2 Indentification des scènes d'images acquises dans le cadre de ce travail

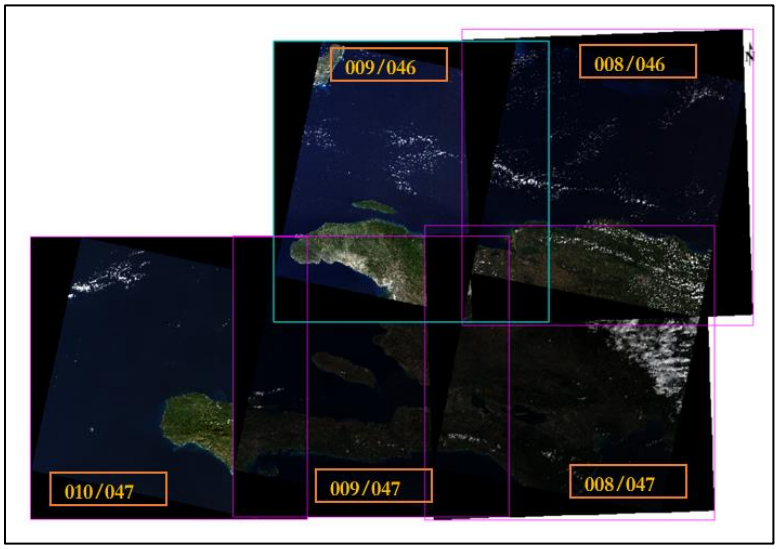
Pour parvenir à la couverture entière du territoire haïtien, un ensemble de 5 scènes de Landsat-8 (OLI) a été récupéré. Chaque scène est caractérisée par une **image** de 185 km x 185 km de taille composée de neuf (9) bandes dans le visible dont huit (8) multispectrales de 30 mètres résolution et une panchromatique de 15 mètres et de deux bandes thermiques de 60 mètres (Achard, Malheiros de Oliveira, & Mollicone, 2017). Finalement, les tuiles de Landsat-8 qui ont été retenues pour la réalisation de cette expérimentation sont les suivant : 008/046, 008/047, 009/046, 009/047 et 010/047. Le premier nombre correspond à la colonne (**Path**) et le second représente la ligne (**Row**).

Tableau 13 : Quelques détails sur les tuiles d'images récupérées pour ce travail

Path (Colonne)	Row (Ligne)	Date d'acquisition des scènes
008	46	01/03/2018
008	47	13/02/2018
009	46	04/02/2018
009	47	20/02/2018
010	47	25/12/2017

N.B : *l'ordre de la disposition des tuiles de Landsat est affecté de haut en bas aux colonnes et de droite à gauche aux lignes.*

Figure 15 : Affichage des tuiles d'images retenus pour l'expérience



Comme indiqué sur la figure ci-contre, les images ici présentées ont été acquises au cours d'une période hivernale allant du 25 décembre 2017 au 1er mars 2018. Cet intervalle de temps correspond à la période de dormance des plantes (Champagnat, 1983) où l'activité chlorophyllienne est censée moins abondante au cours de l'année. A rappeler que la détection de la végétation à partir de l'imagerie optique satellitaires est en grande partie fonction de la présence du pigment chlorophyllien (Girard & Girard, 1999; Chen, et al., 2004). En effet, le choix de cette période d'acquisition permet de s'affranchir de la végétation temporaire susceptible de créer de la confusion entre les sols nus et des zones de végétation

d'herbacées (culture, prairie etc.), et par conséquent de s'assurer que la couverture végétale détectée soit clairement permanente.

6.3.3 Prétraitement des scènes d'images retenues pour l'expérimentation

Les **prétraitements** sont des opérations préalables qui consistent à préparer les images satellitaires aux manipulations et interprétations immédiates. Il s'agit dans la majorité des cas des corrections géométrique (ortho-rectification) et radiométrique (normalisation). Toutefois, dans le présent cas, les images (Landsat-8) étant déjà ortho-rectifiées, il a fallu seulement procéder à la correction radiométrique. Ensuite, des opérations respectives de rééchantillonnage et de mosaïque des tuiles d'images sélectionnées ont été nécessaires afin d'améliorer la résolution spatiale et de créer un bloc d'image unique couvrant tout le territoire haïtien.

Corrections radiométriques des images satellitaires récupérées pour l'essai

Le but de la correction radiométrique est de se libérer des "bruits radiométriques" potentiellement présents sur les images récupérées. Ces anomalies sont le plus souvent dues soit aux déficiences des capteurs, soit à des problèmes de transmission des données, ou d'interprétation (codage/décodage). Pour s'en défaire, il convient de réaliser des corrections visant à modifier la valeur radiométrique de points aberrants par réaffectation de codes correspondants aux pixels voisins du ou des points défectueux. On aboutit au final à une normalisation des images selon laquelle les valeurs de réflectance varient de 0 à 1, ce qui leurs permet de cohabiter, d'interagir et d'être comparables entre elles sans difficulté (Ose, Corpetti, & Demagistri, 2017). Ainsi, l'outil « **Preprocessing** » de l'extension « **Semi-Automatic Classification Plugin (SCP)** » du logiciel QGis a été utilisé.

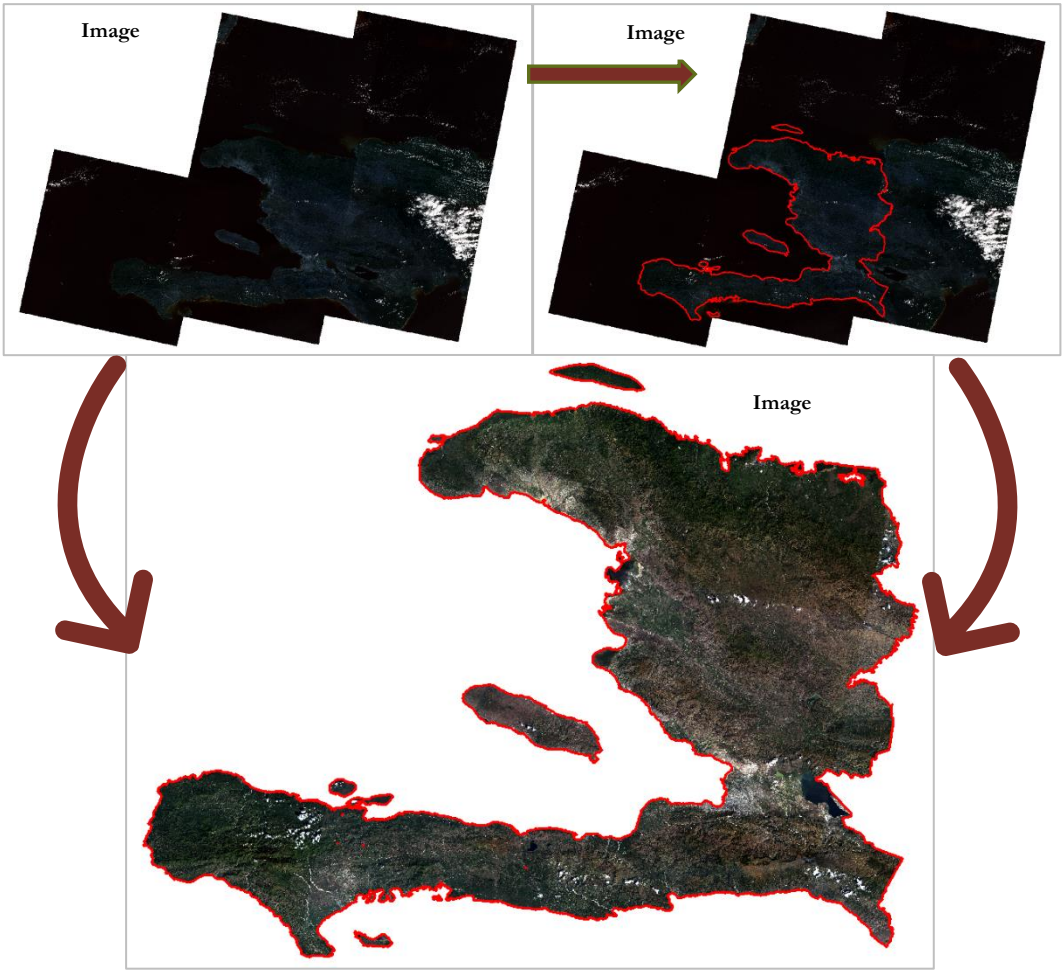
Rééchantillonnage et mosaïque des images satellitaires sélectionnées

Le rééchantillonnage est réalisé à partir d'une fusion consistant à introduire l'information spatiale d'un canal panchromatique dans les différentes bandes spectrales d'une image multispectrale (Ose, Corpetti, & Demagistri, 2017). Ainsi, après la normalisation des images, dans le but de procéder à l'amélioration de la résolution spatiale des images, en passant de 30 mètres à 15 mètres, un traitement de type *pansharp* a été appliqué à chacune des tuiles. Dans ce cas, la bande panchromatique (bande 8) de l'image de 15 mètres de résolution a servi de base de rééchantillonnage.

Les différentes scènes d'image étant normalisées, elles ont été par la suite regroupées à partir d'un processus de mosaïque pour donner une image unique prête aux manipulations et aux traitements souhaités. Pour opérer ce traitement on s'est servi de l'outil « Mosaic » de ENVI 5.3. En fin de

compte, l'image résultante a été découpée via un masque par la limite administrative du pays afin d'extraire uniquement le territoire haïtien. Cette action a été possible grâce à l'utilisation de la fonction « *Extract by mask* » de l'outil « *Spatial Analyst* » dans ArcMap. Toutefois, ce choix présente l'inconvénient de ne considérer que le dernier pixel qui intersecte la limite de l'entité de masque. Dans ce cas, il est important d'exiger à l'outil de respecter la limite telle qu'elle est définie ou de procéder à un redécoupage des données vectorielles après traitement.

Figure 16 : Extraction de l'aire d'Haïti à partir de l'image mosaïque constituée



6.3.4 Processus de traitement relatif à l'estimation du couvert arboré en Haïti

Pour parvenir à l'objectif principal de cette initiative qui est d'arriver à quantifier plus ou moins fidèlement le couvert arboré du pays, toute une série d'opérations de traitement ont été mises à l'œuvre. Il s'agit respectivement de la discrimination des surfaces arborées à partir du calcul et du seuillage des indices de végétation, en l'occurrence le NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) ; et des travaux de post-traitement matérialisés par des exercices de lissage et de nettoyage visant à déterminer et supprimer les pixels isolés et des petites régions susceptibles d'être nuisibles au rendu cartographique de la donnée. Cependant, bien que l'utilisation du NDVI ait été privilégiée, d'autre

indices, tels que GNDVI[61], TNDVI[62] et SAVI[63] ont été également testés à des fins de comparaison afin de vérifier et de valider l'exactitude et la cohérence des résultats obtenus et d'en sélectionner les plus plausibles.

6.3.5 Extraction du couvert arboré à partir de l'utilisation des indices de végétation

Le but essentiel de cet essai est de mettre en exergue et de quantifier le plus fidèlement possible l'étendue spatiale du couvert forestier ou arboré en Haïti. De ce fait, il n'est pas forcément nécessaire de réalisation une classification de sol tenant compte de plusieurs catégories de couvert du sol. Dans ce cas, la priorité est accordée à une méthode de classification suffisamment apte à discriminer la végétation comme les indices de végétation (Girard & Girard, 1999), en particulier le couvert arboré ou forestier. Il en existe une multitude, mais parmi les plus connus et les plus expérimentés tels que NDVI, EVI, SAVI etc., le choix a été porté sur le NDVI en raison du fait qu'il est simple et capable de produire de bons résultats dans de différentes conditions (ESRI, 2016).

1) **Calcul des indices de végétation privilégiés pour cet essai (*NDVI & GNDVI*)**

Pour parvenir à l'extraction **par seuillage** du couvert arboré, il a fallu d'abord procéder au calcul des indices de végétation, en l'occurrence l'Indice de Végétation par Différence Normalisé (NDVI) et l'Indice de Végétation Vert par Différence Normalisé (GNDVI). Il s'agit de la production des néocanaux résultant de la combinaison de deux ou plusieurs canaux du spectre électromagnétique (Inglada, 2017) : le Proche Infra Rouge (PIR), le Rouge (R) et le Vert (V). Ainsi, le NDVI s'obtient par la soustraction de la bande Rouge (R) de la bande Proche Infra Rouge (PIR) divisée par leur somme [(PIR-R) / (PIR+R)]. Ensuite, le GNDVI est calculé à partir d'une soustraction de la bande Vert (V) de la bande Proche Infra Rouge (PIR) divisée par leur somme [(PIR-V) / (PIR+V)]. Les valeurs de ces indices sont comprises entre -1 et 1 (**-1 ≤NDVI≤1**) ou (**-1 ≤GNDVI≤1**). Le calcul de ces indices permet de bien déceler la présence de la végétation et d'en déterminer plusieurs niveaux à partir du seuillage des valeurs d'indices obtenues. Des tests ont été également exécutés sur les indices de TNDVI et de SAVI, cependant les résultats obtenus n'ont pas été satisfaisants et par conséquent n'ont pas été retenus pour interprétation.

2) **Seuillage des indices de végétation calculés pour la réalisation de l'essai**

En télédétection, le seuillage d'une bande de longueur d'onde ou des valeurs d'un néocanal est une méthode de **classification** qui consiste à classer les pixels d'une image en fonction des seuils

[61] Indice Différentiel Normalisé de Végétation Vert (Green Normalized Difference Vegetation Index)
[62] Indice Différentiel Normalisé de Végétation Transformé Transformed Normalized Difference Vegetation Index)
[63] Indice de végétation ajusté au sol (Soil Adjusted Vegetation Index)

appliqués sur les valeurs des bandes spectrales ou des indices calculés. Une classification produite à partir de cette méthode est souvent efficace puisque les critères sélectionnés possèdent une réelle signification thématique, mais une expertise est nécessaire pour définir des seuils mieux appropriés (Roussillon, 2015).

6.3.6 Processus de post-traitement destiné à l'amélioration des produits obtenus

Les produits de traitement présentent parfois des inconforts schématiques (de contour) ou des déficits de précision dus à certaines lacunes de la technique de production utilisée. De ce fait, il est important de réaliser certaines manipulations de post-traitement jugées utiles afin de peaufiner et d'améliorer les résultats obtenus. Dans le présent cas, il s'agit d'un exercice fastidieux constitué de plusieurs étapes :

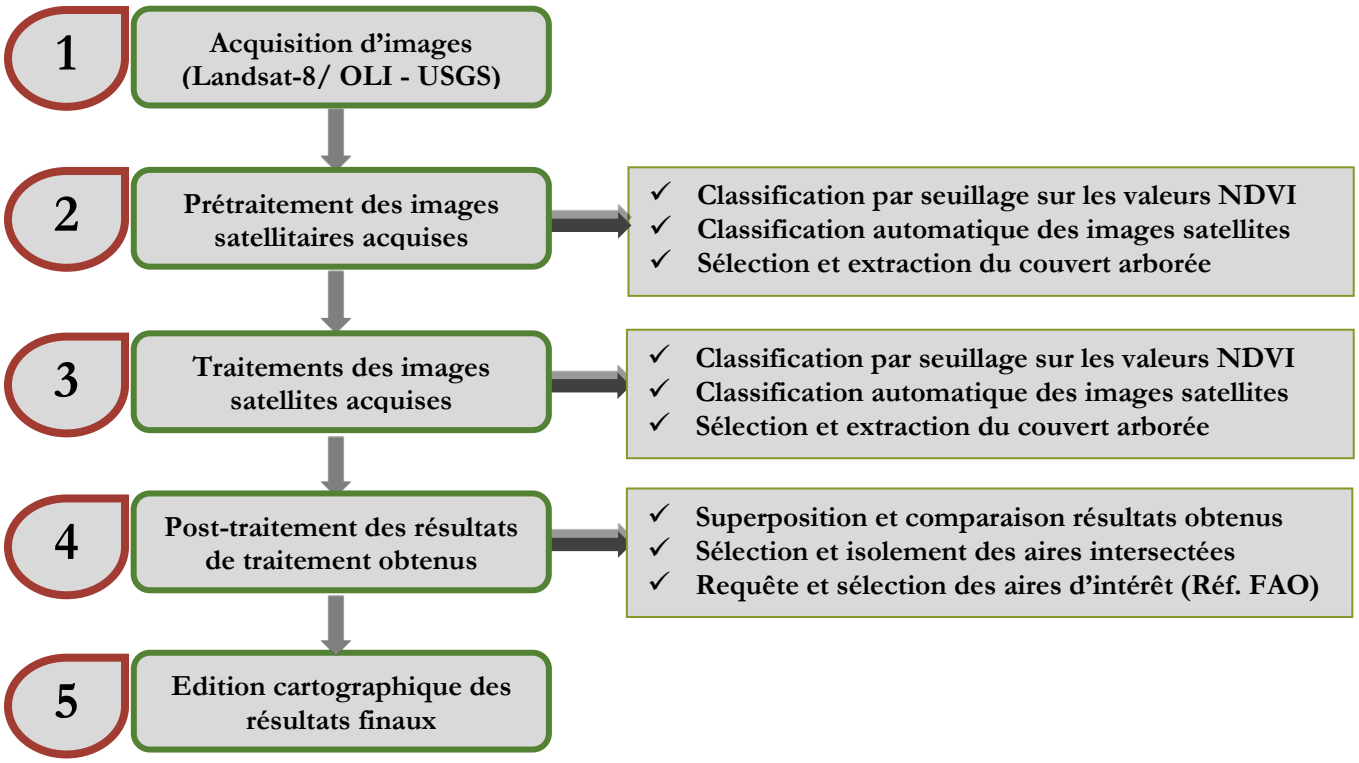
1) Rectification manuelle de la qualité des données produites

Pour parvenir à un résultat de qualité et satisfaisant en termes de précision, deux autres méthodes de classification (supervisée et non supervisée) ont été testées en parallèle à l'usage du NDVI. D'abord, un travail de superposition des différentes couches produites à partir de ces différentes méthodes a été réalisé afin de les comparer et de n'en retenir que les régions intersectées de la classe couvert arboré. Ensuite, une extraction manuelle basée sur une suite de délocalisation - relocalisation a été appliquée sur certaines entités estimées mal classées après vérification. Cela nous a permis de bien déceler et procéder à l'isolement des forêts de conifères (Pins) qui ont tendance à se confondre avec les arbustes dans l'application de la méthode de seuillage du NDVI. De ce fait, les classifications, supervisée et non-supervisée, ont été spécifiquement utilisées pour la détection des forêts de conifères.

2) Opération de lissage et de nettoyage du produit cartographique réalisé

Par la suite une opération de remodelage et d'épuration a été appliquée sur l'image résultant de l'étape précédente. Il convient donc de filtrer les entités et de lisser les contours des produits du filtrage. Cela a permis de dégager l'image des pixels isolés ou des artefacts insignifiants mais visuellement nuisibles. D'abord un filtrage de type passe bas, selon une fenêtre de 3*3, a été adoptée afin d'éviter toute probabilité d'exagération de la couverture arborée. Ensuite les éléments filtrés ont été regroupés par microrégion pour etre ensuite supprimés afin de libérer le produit cartographique réalisé des pixels isolés et insignifiants ou des petites régions nuisibles à l'affichage.

Figure 17 : Résumé graphique de la méthodologie appliquée pour l'estimation du couvert arboré



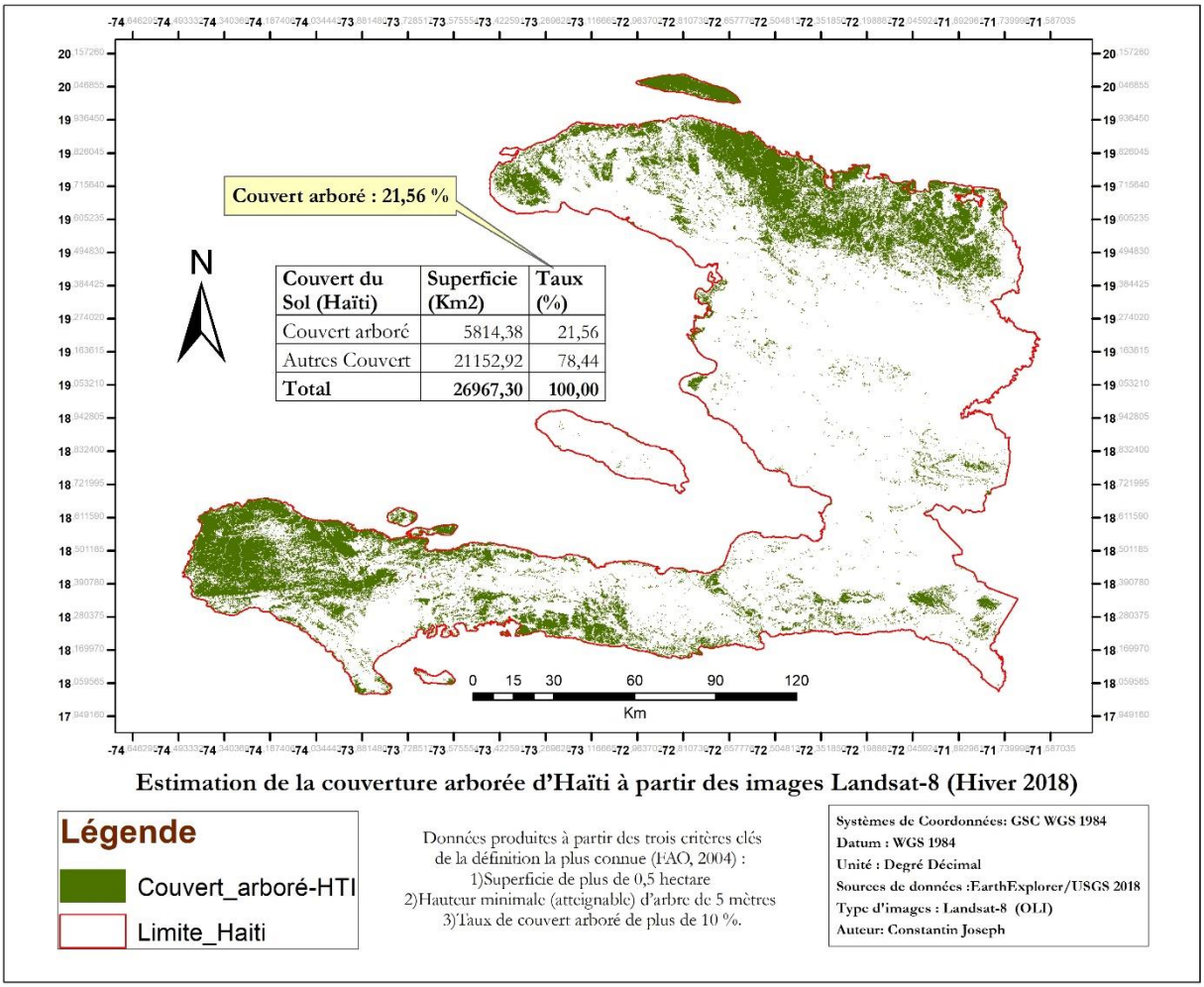
6.4 Le produit cartographique réalisé à partir de l'exploitation du NDVI

Le but de la mise en œuvre de cette expérience était d'aboutir à une estimation relativement fiable du « couvert arboré » occupant l'ensemble du territoire haïtien à partir de la valorisation du NDVI. La désignation « couvert arboré » a été privilégiée dans le souci de s'abstenir de l'utilisation du terme « **Forêt** » dont la définition est différemment formulée en fonction de la discipline, de l'intérêt et de l'institution. La définition de la FAO, la mieux connue et la plus vulgarisée (FAO, 2004; FAO, 2012), prête souvent à controverse au sein de la communauté scientifique internationale, et dans le cas d'Haïti, comme dans beaucoup d'autres pays d'ailleurs, ne fait pas l'unanimité.

En réalité, la carte ici présentée n'est qu'une estimation du couvert arboré d'Haïti sans aucune prétention de perfection. La technique utilisé à cette fin, l'application du NDVI, présente l'intérêt de permettre de bien déceler et d'extraire la végétation grâce à l'activité chlorophyllienne (Rouse, et al., 1974; Rahman, Islam, & Rahman, 2004), néanmoins dans des conditions distinctes (reliefs, types de végétation, stade phrénologique etc.) elle peut présenter certaines défauts d'application particuliers qui risquent d'affecter négativement les résultats obtenus (Chen, et al., 2004). En tout cas, la définition de la FAO a été d'une importance capitale et a servi de référence en termes d'extraction, de traitement et d'analyse des données produites. De ce fait, l'extraction du couvert arboré ici réalisée, est d'ailleurs le résultat d'un processus basé sur l'élimination de toutes les surfaces

boisées inferieures à 0.5 hectare qui dans l'ensemble constitue un poids peu considérable dans la superficie totale arborée.

Figure 18 : Produit cartographique de l'estimation de la couverture arborée d'Haïti (Landsat-8)



Ce produit cartographique est le résultat d'un processus fastidieux de prétraitement, de traitement et de post-traitement des images de Landsat-8 du capteur OLI (Operational Land Imager). Il se veut un modèle de production endogène parvenant à une estimation relativement fiable du couvert arboré du pays. L'analyse des informations provenue de cette démarche expérimentale a permis de révéler que le couvert arboré d'Haïti est estimé à une superficie de 5 814, 38 km^2 représentant un ratio de 21, 56 % de la superficie totale du pays, tandis les autres couverts occupent une superficie de 21 152, 92 km^2 équivalant à 78, 44 % de l'étendue totale du territoire.

6.5 La nomenclature adoptée et la description de l'appellation retenue

Dans le cadre de cette expérimentation, le choix d'une appellation pour designer l'ensemble des écosystèmes forestiers n'a pas été automatiquement facile. Il a fallu jouer de la prudence en optant pour un terme suscitant le moins de débat possible, compte tenu du climat controverse que suscite

déjà la définition de l'appellation « **Forêt** ». En effet, la désignation « Couvert arboré » tirée de la nomenclature adoptée par la CUNLCD (2018b) a été retenue entre autres.

Le « Couvert arboré », selon la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD 2018b), englobe toutes les zones géographiques où le couvert végétal domine (couverture >15 %) et se trouve constitué d'une couche principale d'arbres naturels dont le couvert se situe entre 15 % et 100 %. Elle inclut le couvert arboré fermé à ouvert de plus de 15 % dont le couvert arboré ouvert de 15-40 % et couvert arboré fermé de 40-100 %. Elle peut inclure également d'autres types de plantes (arbustes et/ou herbes) dont la densité peut même dépasser celle des arbres ; tels qu'une mosaïque d'arbres et d'arbustes supérieure à 50 % avec un couvert herbacé de moins de 50 %. A ces types on ajoute également la végétation de mangrove qui selon la Convention (CNULCD 2018b) se classe en zone humide. Cette décision est prise au sens ces peuplements sont censés remplir toutes les conditions exigées par la définition de la FAO (2004), bien qu'ils sont partiellement submergés de façon permanente ou saisonnière par des eaux douces ou des eaux salées et/ou saumâtres dans les zones côtières ou les deltas des cours d'eau (CNULCD 2018b).

Dans notre cas, la notion « **couvert arboré** » ici évoquée renvoi à une présence dominante des arbres sur l'espace considérée. Au fait, cette catégorisation combine les **écosystèmes forestiers** les mieux connus du pays, les systèmes d'**agroforesteries** denses, les formations de **mangroves** et les « **forets sèches** » composées principales de **xérophytes** (***Acacia farnesiana*** dit **Cambom**, ***Prosopis Juliflora*** surnommé **Bayahonde)**. Néanmoins, cette catégorie diffère de celle du « **couvert végétal** » incluant la quasi-totalité des types de végétation qui puissent être observés dans un milieu donné. Selon CNULCD (2018a), cette dernière catégorie désigne toutes les formations végétales recouvrant le sol d'un territoire donné telles que : les « **arbustes** », les « **systèmes agroforesteries** », les peuplements de « **mangroves** » et les zones de « **cultures agricoles denses ou non** ». On y retrouve d'autres sous-catégories telles que les « **savanes** » et les « **strates d'herbacées** ».

Quelques considérations sur l'utilisation et l'application du NDVI

Le NDVI est une approche empirique utilisée avec succès pour la détection numérique de la végétation, que ce soit au niveau mondial, régional ou national (Chen, et al. 2004). Utilisé dans le but de mettre en évidence la présence de végétation, c'est une grandeur calculée à partir de la combinaison bandes rouge et proche infrarouge (Rouse, et al. 1974, Tucker 1979), en se basant au fait que la végétation indique des valeurs de réflectance élevées dans le PIR et faibles dans le rouge (Inglada, 2017). Appliquée sur une image multispectrale, ses valeurs sont comprises généralement

en -1 et 1 (Tucker 1979) selon la condition que plus la valeur est proche de 1, plus la présence de la végétation est évidente. (Rouse, et al. 1974) (Rahman, Islam et Rahman 2004)

Au-delà de la détection, il permet de déterminer et stratifier la structure (verticale ou horizontale) de la végétation. Plusieurs études réalisées sur l'application et l'utilisation du NDVI, dont celui de Ahmed et al. (2016), révèlent que des valeurs variant de 0.7 – 1 correspondent à des zones de végétations denses, comprises, selon Tahinarivony, et al (2017), entre 30-90% de couverture avec des d'arbres dont les hauteurs sont supérieures ou égales à 8 mètres. Se référant à la définition (FAO, 2006) désignant les forêts comme des « *terres occupant une superficie de plus de 0,5 hectare avec des arbres atteignant une hauteur supérieure à 5 mètres et un couvert arboré de plus de 10 pour cent, ou avec des arbres capables d'atteindre ces seuils in situ* », ce seuil de valeur est amplement suffisant pour caractériser la couverture arborée ou forestière.

6.6 L'usage du NDVI et la particularité multidimensionnelle du territoire

Compte tenu des caractéristiques particulières du pays, tant sur le plan latitudinal (zone tropical), que sur la plan géomorphologique (zone montagneuse, reliefs très accidentés etc.), l'analyse et l'interprétation de l'imagerie satellitaire, par l'application du NDVI en particulier, représente un défi de taille et en même temps complexe. Etant localisé dans une région tropicale, le pays est souvent dominé par des conditions atmosphériques et météorologiques particulières favorisant la formation et la présence des épisodes de nuages, d'autant plus qu'il se trouve dans la trajectoire des courant cyclonique assez fréquent (MICT, 2001). En outre, en plus d'être un territoire *a priori* montagneux (Ernest 1952, Magny 1991), le pays est surplombé par de hauts sommet accidentés au niveau desquelles se trouve la majeure partie des écosystèmes forestiers subsistant encore. Cette situation, au-delà de favoriser la présence fréquente et persistante des nuages, induit la création des ombres dus aux reliefs accidentés constituant des obstacles majeurs à la prise de vue des capteurs dépendamment surtout de leur position de capture. Voilà autant de facteurs qui sont censés affecter la qualité de l'image et par conséquent influencer son interprétation et l'exhaustivité de l'information recherchée.

6.7 Influence des propriétés géomorphologiques sur l'attitude du NDVI

L'utilisation du NDVI requiert des considérations différentes par rapport aux caractéristiques topographiques. Cela s'explique par le fait qu'il n'aboutit pas forcément aux mêmes résultats dépendamment si on est dans des conditions d'altitude élevée et de reliefs accidentés, ou si au contraire on se trouve dans des situations de plaine ou de plateau et des reliefs moins accidentés présentant des surfaces ou plus ou moins uniformes (Ahmed, Djamel et Amina 2016). Dans ces

conditions, il est nécessaire voire obligatoire de bien s'approprier des différents aspects et configurations du territoire et de son paysage afin de pouvoir mieux appliquer la technique.

6.8 Influence des propriétés biophysiques des ligneux sur le NDVI

Il convient ensuite de rappeler que le comportement spectral de la végétation est fonction des caractéristiques biophysique et chimiques des types ou espèces de plantes qui la constituent (Baret, 2017). Il en résulte que la réflectance spectrale des espèces de feuillus est différente de celles des conifères. Ces derniers présentent en effet une réflectance moins importante que les feuillus à cause d'une différence considérable de leurs structures biophysiques et anatomiques. Les feuillus sont en principe caractérisés par des feuilles larges alors que les conifères sont plutôt munis de feuilles effilées. Or, plus la feuille est large (feuillus) plus la réflectance est élevée, ipso facto quand elle est plus aigüe (conifères) la réflectance devient moins importante. Par conséquent, la détection des feuillus correspond généralement à des valeurs d'NDVI supérieure à 0,6, tandis que l'existence des résineux indiquent des valeurs inferieurs à ce seuil (Ahmed, Djamel et Amina 2016). En outre, le parenchyme lacuneux est le principal responsable de la réflexion dans le proche infrarouge ; en effet plus il est développé (cas des feuillus), plus la réflectance est forte, et à l'inverse lorsqu'il est peu développé (cas des résineux) la réflectance est censée être assez faible.

En fait, il est d'un constat patent que les conifères, établis généralement en haute altitude, constituent l'essence principale des plus importants et denses massifs forestiers subsistant encore dans le pays, dans ce cas il a fallu développer une astuce spécifique permettant de les extraire, sans toutefois compromettre la possibilité de produire des données suffisamment fiables. Cela est dû au fait qu'à cause de la structure filiforme des feuilles de conifères, comme mentionné antérieurement (Ahmed, Djamel et Amina 2016), sa capacité de réflectance est relativement faible par rapport aux feuillus. Généralement, comme mentionné plus haut, notamment dans les zones tropicales les seuils de valeurs de NDVI supérieurs à 0,7 indiquent la présence de la végétation arborée dense. Néanmoins, compte tenu des caractéristiques biophysiques et morphologiques des essences de conifères, cette condition n'a pas pu être respectée ; d'autant plus que dans notre cas les images ont été acquises dans un espace de temps correspondant à la période de dormance[64] des plantes. En revanche, ces essences ont été décelables à partir d'un seuil de valeurs inférieur à 0,6, même si dans certains cas elles peuvent être confondues avec de la végétation arbustive. Cette situation exige en effet l'établissement d'un seuil de valeur de NDVI particulier, mais mieux appropriée à l'extraction de ce type de formation forestière. Cela a été notamment appliqué sur les zones où se trouvent les forêts de conifères les mieux connues au niveau du pays, en l'occurrence : le Parc National la Visite,

[64] Un phénomène correspondant à un ralentissement de l'activité métabolique de l'arbre à la fin de l'été.

les Parc National de la Forêt des Pins et Parc National Macaya (MDE & PNUD, 2009). Par la suite, une opération d'union a été appliquée sur les différentes extractions pour pouvoir obtenir une couche unique qui constitue le résultat final de l'estimation du couvert arbore sur Haïti.

6.9 Quelques remarques sur la portée de l'essai à l'égard des utilisateurs

Cette expérimentation fait l'objet d'un travail de recherche qui est en train de réaliser en vue de suivre l'évolution de la couverture forestière et arborée en Haïti. Son objectif était de mettre à disposition de tous les intéressés de ce sujet, en particulier les décideurs, des statistiques plus ou moins fiables relatives à l'estimation de la couverture végétale du pays. Cette initiative a été mise en place dans un pur souci de mettre à disposition des gestionnaires de l'environnement, en particulier de ceux des ressources forestières du pays, un outil solide d'aide à la décision pertinente et efficace. Pour y parvenir, un processus échafaudé de plusieurs étapes, les unes plus pertinentes que les autres (acquisition d'images, pré-traitement, traitement et post-traitements), a été mis en œuvre. Ainsi, on a abouti à la production d'une carte mettant en relief l'estimation du couvert arboré occupant tout le territoire haïtien. Les informations produites à partir de ce processus révèlent que le pays détient un couvert arboré s'estimant à 5814,38 km^2 représentant un taux de 21,56 % de l'étendu total du territoire. Toutefois, les résultats ici évoqués et présentés, ne sont fournis sous aucune prétention d'être parfaits ou absolus, mais de préférence permettent d'exposer et d'estimer à quelques unités près l'état actuel du couvert arboré existant en Haïti qui puisse éventuellement servir de référence à d'autres études à ce sujet.

Il faut admettre que la réalisation de tel exercice s'accompagne parfois de certaines imperfections indépendantes de la compétence et de la dextérité de l'expert, mais qui sont plutôt liées à la technique de traitement utilisée ou à la propriété des données brutes disponibles et la performance des matériels informatiques mobilisées. Néanmoins, ce travail peut être renforcé, complété, bonifié, mais aussi étalonné et sanctionnée par d'autres expériences basées sur des missions de terrain bien systématisées destinée à la validation du processus.

6.10 Quelques contraintes particulières relatives à la réalisation du travail

La réalisation de ce travail expérimental a été l'occasion de valoriser l'aptitude et la performance des indices de végétation à faciliter la discrimination et l'extraction du couvert végétal, arboré ou forestier. Les résultats jusque-là obtenus paraissent assez intéressants voire satisfaisants. Cependant, le processus a été extrêmement complexe dans la mesure où les différentes étapes du processus qui devaient conduire à ces résultats ont été multiples et, dans certains cas, indépendants ; mais parallèlement elles ont été très utiles, assez pertinentes, informatives, indicatives et surtout complémentaires. En revanche, pour y parvenir on a été confronté à toute une série de contraintes,

les unes plus compactes que les autres. A ce titre on peut mentionner : les techniques et méthodes utilisées ; la qualité des images acquises (résolution, couverture nuageuse, période d'acquisition, etc.) ; le contexte paysager particulier du territoire haïtien etc.

6.10.1 Des contraintes liées aux techniques et méthodes d'estimation utilisées

La technique de traitement et d'analyse de données utilisées pour parvenir aux résultats escomptés a été une expérimentation d'indices de végétation, en l'occurrence le NDVI. Cet indice a déjà fait ses preuves de beaucoup de succès (Chen, et al. 2004), en matière de détection et de caractérisation de la présence de la végétation chlorophyllienne (Rouse, et al., 1974; Tucker, 1979; Inglada, 2017), mais peut présenter toutefois quelques limites dans certaines conditions. A titre d'exemple, cette technique ne réagit pas de la même manière et n'exprime pas les mêmes performances en situation de plaines que dans les conditions de montagnes. En outre, il ne se comporte pas de manière identique face aux essences de feuillus qu'à celles des conifères. Cette attitude différenciée requiert en effet l'utilisation d'une méthode constituée d'une conjugaison de techniques et de manipulations semi-automatiques et de quelques opérations pour la plupart manuelles, et par conséquent un travail d'expert très fastidieux mais surtout chronophage.

6.10.2 Des contraintes liées à la qualité des images acquises/utilisées

L'acquisition des images constitue l'étape initiale mais surtout fondamentale de tout travail de cartographie basé sur télédétection. Les images sont accessibles soit à partir des sources payantes soit au moyen des sources gratuites ou libres. Le plus souvent, les données payantes sont mieux résolues et aussi de meilleures qualités, cependant ce travail n'étant pas financé, on n'a pas pu avoir d'autre recours que l'utilisation des images libres d'accès, en l'occurrence Landsat-8 (OLI). Les images fournies par ces derniers sont munies d'une résolution de 30 m, ce qui signifie que les objets les mieux décelables devraient avoir au moins 900 m^2 (30m x 30m). A ce titre, en l'absence de la clairvoyance et la vigilance de l'interprète, il y a un fort risque de compromettre la précision et la fiabilité des résultats obtenus. En outre, en télédétection optique la fiabilité de l'information recherchée dépend considérablement de la qualité de l'image traitée. Cette dernière, quant à elle, dépend non seulement des caractéristiques des satellites et des capteurs, mais aussi de l'interaction du rayonnement électromagnétique avec la cible et l'atmosphère (Ose, Corpetti, & Demagistri, 2017). Dans ce cas, les conditions atmosphériques représentent un déterminant important dans l'acquisition de l'image. Compte tenu de la position géographique du territoire, il est fréquemment sujet à des conditions nuageuses, notamment dans les zones d'altitude où se trouve la majorité des écosystèmes forestiers. De ce fait, l'acquisition des images Landsat (OLI) dégagées de nuages n'a pas été toujours facile ; ce qui a constitué un obstacle majeur auquel il fallait impérativement s'y

prendre dans le cadre de ce travail. Pour s'en défaire, on était obligé de de jongler entre plusieurs dates sur l'année pour pouvoir accéder à des scènes relativement dégagées pour pouvoir constituer une mosaïque couvrant tout le territoire haïtien.

6.10.3 Des contraintes liées au contexte paysager particulier du territoire haïtien

Le pays est, depuis très longtemps, soumis à une mauvaise administration foncière (Oriol 1992, Vliet, et al. 2016), ajoutée à une déficience réglementaire et de gouvernance en matière d'aménagement du territoire (Bernardin 1999, Pierre 2013) ; ce qui entraine des agissements anarchiques de la population en termes d'utilisation des terres. De ce fait, le territoire haïtien présente un paysage extrêmement fragmenté (IGN & Aquater, 2002) composé d'une mosaïque d'écosystèmes. Cette configuration particulière du paysage exige une connaissance très poussée du terrain, mais aussi la pratique de certaines astuces techniques permettant de contourner ces obstacles au moment de la manipulation de l'image. Au fait, cela est à la base l'existence des nombreux pixels dispersés et isolés ; ce qui nécessite de recourir à l'application d'un filtre pour pouvoir les éliminer. À la suite de cet artifice, plusieurs de pixels peuvent se voir affectés à une catégorie qui n'est pas la leur. Dans ce cas, il est fort probable d'assister à un déficit de précision qui risque de compromettre la validité de la donnée.

6.11 Analyse de l'apport du travail réalisé en termes de résultats

Bien entendu, avant la réalisation de cette exercice, d'autres travaux d'occupation de sols ou des études quasi similaires relatives au pays ont été déjà réalisées à l'échelle du territoire national (Churches, et al., 2014; MDE, et al., 2018; Melo Ramirez, 2018). La plupart de ces travaux, notamment celui de Churches, et al. (2014), présente plusieurs endroits sans données (no data) à cause de la présence des couvertures nuageuses, alors que dans beaucoup de cas ces endroits recèlent en réalité d'importantes superficies de couvert arboré. C'est le cas par exemple du Parc Macaya et de l'Ile de la Tortue. D'autres comme celui de Melo Ramirez (2018) présentent des lacunes en termes de précisions de d'exactitude dues à la mauvaise qualité des échantillons de classe utilisés. Ces échantillons servant de base à la classification ont été extraites des données de sources multiples, en grande partie de l'Open Street Map, qui comportent le plus souvent un défaut de décalage dans la superposition des couches. Cela induit par conséquent beaucoup d'erreur au niveau des résultats obtenus et met en jeu la fiabilité de la donnée. Celui de de la CNULCD présent quant à lui l'inconvénient d'avoir été réalisé à partir des images de faible résolution spatiale. Il s'agit d'un aspect très important dans la détection des objets à la surface. Les images utilisées dans le cadre de cette cartographie proviennent du capteur du satellite MODIS ayant une résolution spatiale minimale de 100 m, ce qui correspond 10000 m^2, la taille minimale des objets qu'on peut arriver à

déceler sur l'image. Sachant que chaque pixel ne peut fournir qu'une et qu'une seule information. En outre, il s'agit dans ce cas, comme dans d'autres, des données extraites des modèles globaux testés sur des terrains dont les réalités paysagères sont complètement différentes de celle d'Haïti.

Néanmoins, en comparaison avec ces travaux, les résultats de la présente expérimentation se montrent plus ou moins satisfaisants au sens qu'ils permettent de cerner au mieux la réalité du terrain en se basant sur une photographie de qualité. D'abord les méthodes et techniques (données, traitements et post-traitements des données) utilisées dans cette étude ont permis de réaliser une cartographie quais-exhaustive de la couverture arborée incluant le couvert forestier du pays. Ensuite, les effets de la présence des couvertures nuageuses ont être épargnés à travers le choix des différentes scènes d'images faisant l'objet de cette expérimentation, ce qui a permis d'améliorer les résultats obtenus en termes d'exhaustivité, de précisions et d'exactitude.

Conclusion

L'objectif principal de ce travail était de parvenir à des statistiques approximatives et plus ou moins fiables de l'estimation du taux de la couverture arborée en Haïti. De ce fait, il a été prévu de caractériser, d'identifier et d'estimer les superficies boisées et d'en déterminer le taux de couverture par rapport au territoire national. Pour ce faire, une expérimentation fondée sur l'exploitation de la télédétection à partir de l'utilisation de l'indice de végétation par la différence normalisé (NDVI) a été mise au point. Dans ce cas, une mosaïque d'image constituée des tuiles de Landsat-8 (OLI) acquises entre décembre 2017 et mars 2018 a été servie de support de traitement et d'analyse. Ainsi, toute une série d'opérations ont été mises en branle afin d'atteindre l'objectif qui a été fixé. Aussi, dans l'exercice de cette démarche des travaux analogues portant sur le pays ont été alors passés en revue et analysés afin d'en relever les forces et les faiblesses et d'en tirer des leçons conséquentes.

Au bout du processus, une carte traitant de l'estimation du couvert arboré et mettant en relief la superficie du couvert forestier du pays a été réalisée. Il s'agit en effet d'une tentative qui vise à mettre à disposition des gestionnaires de l'environnement, en particulier des ressources forestières du pays, un outil directif d'aide à la décision. Au fait, les résultats obtenus à partir des opérations mises en œuvre révèlent que la superficie du couvert arboré, tous types de forêt inclus, s'estime à 5814,38 km2 soit un taux de 21,6 % du territoire national. Bien entendu, les résultats ici évoqués et présentés sont fournis à titre indicatif et rectificatif sans aucune prétention de perfection. Toutefois, ils permettent d'exhiber la tendance actuelle relative à l'existence du couvert arboré du pays à quelques unités près et serviront aux décideurs de base de réflexion et d'action. Par la suite, cette étude expérimentale peut être systématisée, consolidée et bonifiée à partir d'une classification

supervisée basée sur une mission de terrain destinée à l'échantillonnage des différentes classes à travers le territoire entier.

7 Analyse diachronique des différentes catégories d'occupations du sol identifiées et de la couverture forestière au niveau des différents sites d'étude

Introduction

La gestion des écosystèmes forestiers au sein des parcs et réserves nationaux haïtiens fait office d'un défi préoccupant depuis plusieurs décennies. Cela s'explique par une situation complexe résultant d'une combinaison de plusieurs facteurs d'ordre socioéconomiques et politiques. La pauvreté amplifiée par la croissance démographique, la défaillance de gouvernance et règlementaire, les catastrophes naturelles, entre autres, sont toujours pointées du doigt. Cependant, la carence des données sur l'étendue des formations forestières dérivée d'un déficit de compétence technologique en la matière demeure une cause capitale. Sachant que les données auraient permis aux autorités concernées de prendre des décisions au moment souhaité et dans l'espace nécessaire. Compte tenu de cette situation, nous avons envisagé de procéder à une analyse diachronique des différentes occupations de sols de quatre aires protégées au sein desquelles les écosystèmes forestiers sont encore importants. Il s'agit de trois sites terrestres, en l'occurrence les Parcs Nationaux Naturels de Forêt des Pins, de la Visite et de Macaya et d'un site côtier et marin, le Parc National des Trois Baies (PN3B). Cette initiative permettra aux décideurs de se disposer des informations dont ils auront besoin pour pouvoir agir efficacement et convenablement. Pour y parvenir, plusieurs étapes ont été franchies à savoir : la cartographie multi-date des occupations de sols incluant la forêt de chacun des sites, l'évaluation et la validation des différentes classifications effectuées, l'analyse des changements à partir de la réalisation des matrices de transition, la réalisation du bilan (perte et gain) de la dynamique forestière au sein de chaque site, et le calcul de la vitesse et du taux d'évolution des occupations de sols, en particulier la forêt.

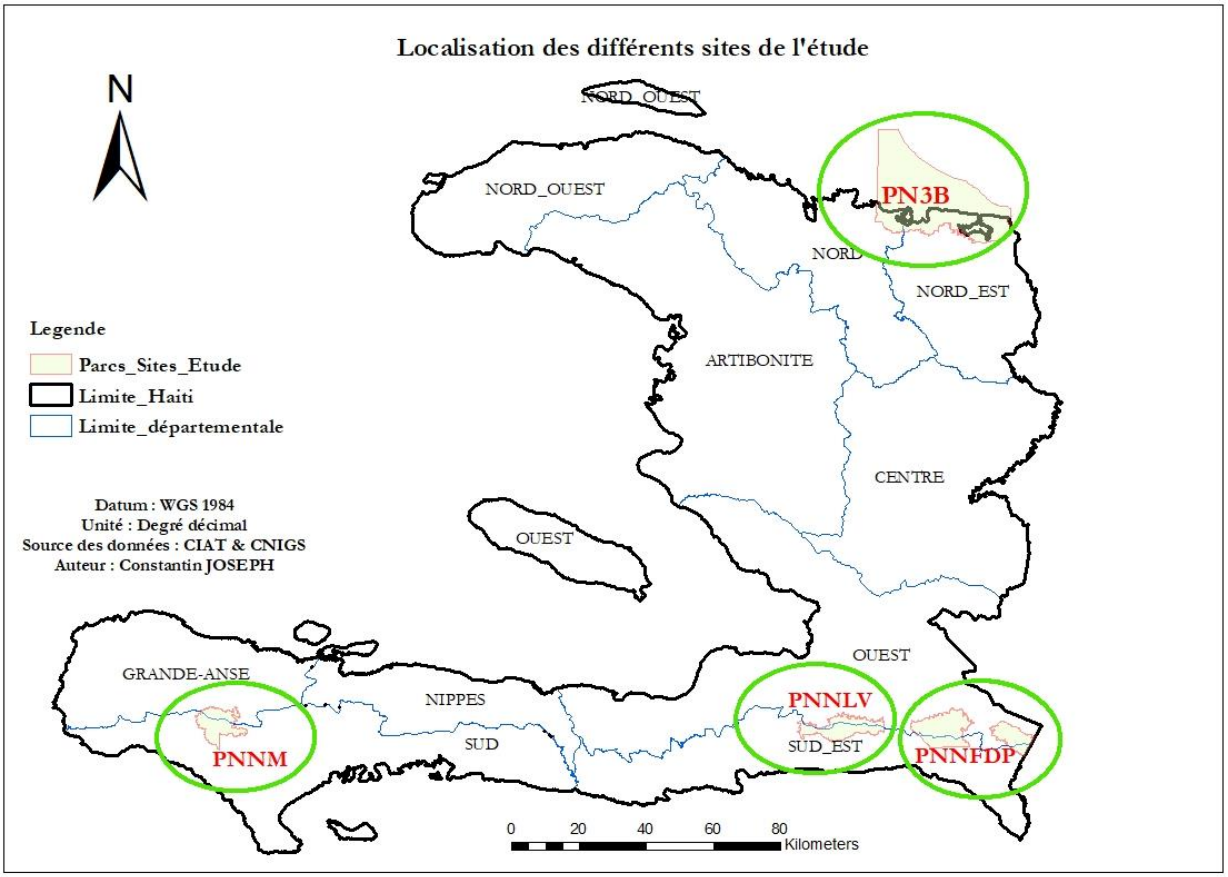
7.1 Présentation des parcs et réserves nationaux ciblés par l'étude

La présente étude s'intéresse aux parcs et réserves nationaux haïtiens détenant les plus importantes couvertures des reliques forestiers du pays. Il s'agit de trois sites terrestres localisés dans les montagnes des massifs de la Selle et de la Hotte et un site formé d'un complexe côtier, marin et terrestre (Figure 15). Les premiers sont colonisés en majeure partie par des forêts de pins (*Pinus occidentatlis*) mais aussi

de forêts latifoliées et karstiques. Le dernier a été retenu à cause de son importante superficie de mangrove. En l'occurrence on fait référence au :

- Parc National Naturel Forêt des Pins (PNNFP)
- Parc National Naturel La Visite (PNNLV)
- Parc National Naturel Macaya (PNNM)
- Parc National des Trois Baies (PN3B)

Figure 19 : Cartographie de la localisation géographique des différents sites d'études



7.1.1 Le Parc National Naturel Forêt des Pins (PNNFP)

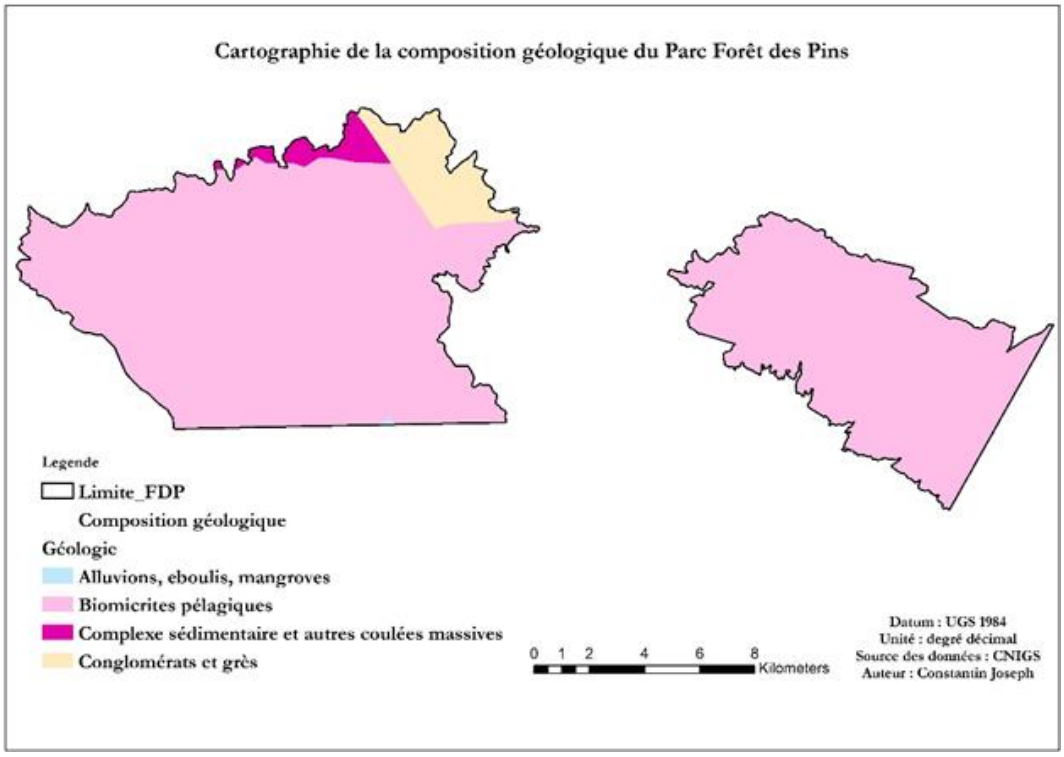
Un peu à l'Est du Parc National Naturel La Visite, le Parc National Naturel Forêt des Pins (PNNFP) est érigé dans les hauteurs du massif de la Selle. Ce dernier est un site réputé comme « Zone Clé de la Biodiversité en Haïti » (Timyan, 2011)). Cet espace constitue la plus grande réserve de pins du pays avec prédominance du *Pinus occidentalis*, une espèce endémique à l'Île d'Haïti. Il a été adopté comme Parc national par décret présidentiel le 6 octobre 1937 et couvre une superficie de 18780 hectares (CIAT, 2014). Il est divisé en deux blocs voisins, l'unité 1 (plus petite) située à l'Est et l'unité 2 (plus

grande) placée à l'ouest dans le voisinage du parc la Visite (Figure 17). Dans l'ensemble, ces deux unités s'étendent sur 6 communes dont la commune de Fonds Verrettes qui en détient la majeure partie, soit environ 2/3 de la superficie totale, et les communes de Croix des Bouquets, Belle Anse, Ganthier, Thiotte et Grand Gosier qui hébergent le reste.

Ce site représente la réserve forestière la plus importante du pays en termes de superficie couverte en forêt. Ensuite, il constitue un important château d'eau pour les communautés sous-jacentes, car il détient les nappes phréatiques qui approvisionnent en eau les sources principales des cours d'eau qui traversent ces territoires.

Le Parc National de Forêt des Pins s'étend sur des formations géologiques composées presque principalement de biomicrites de type pélagique (calcaires à microorganismes et à grains fins). Cette structure géologique couvre une superficie de 19307,8 ha correspondant à 92,86 % de l'étendue totale. Le reste est constitué d'un substratum de conglomérats et de grès, et occupe seulement 5,24 % (1091,07 ha) de la superficie totale du Parc (Figure 16).

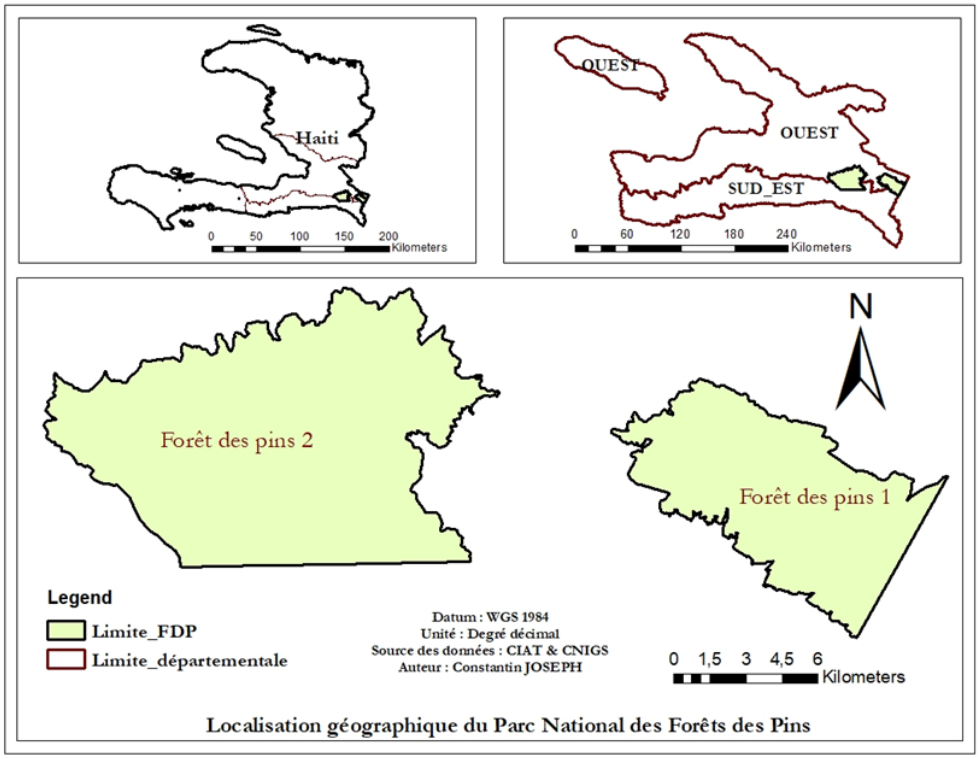
Figure 20 : Cartographie des structures géologiques du Parc National Naturel Forêt des Pins



La topographie de l'aire du Parc de la Forêt des Pins est caractérisée par un relief assez diversifié. Une grande partie de l'étendue de ce parc, soit 33,42 % (6949,37 ha) se trouve sur des pentes de niveau

faible (2,99 à 9,51 degrés) et de niveau moyen 9,51 à 17,11 degrés (30,17 % soit 6273,63 ha). Pourtant, les pentes de niveau très faible (0-2,99 degrés) n'occupent que 5,25 % (1092,21 ha) de l'étendue globale du parc. En revanche, les pentes de niveau fort (17,11 à 26,08 degrés) occupent 17,47 % (3633,19 ha) de l'ensemble du territoire du parc. Aussi, 13,68 % (2843,46 ha) du territoire de cette zone d'étude se localise sur des pentes de niveau très fort (26,08 à 69,27 degrés).

Figure 21 : Cartographie de la localisation du Parc National Naturel Forêt des Pins



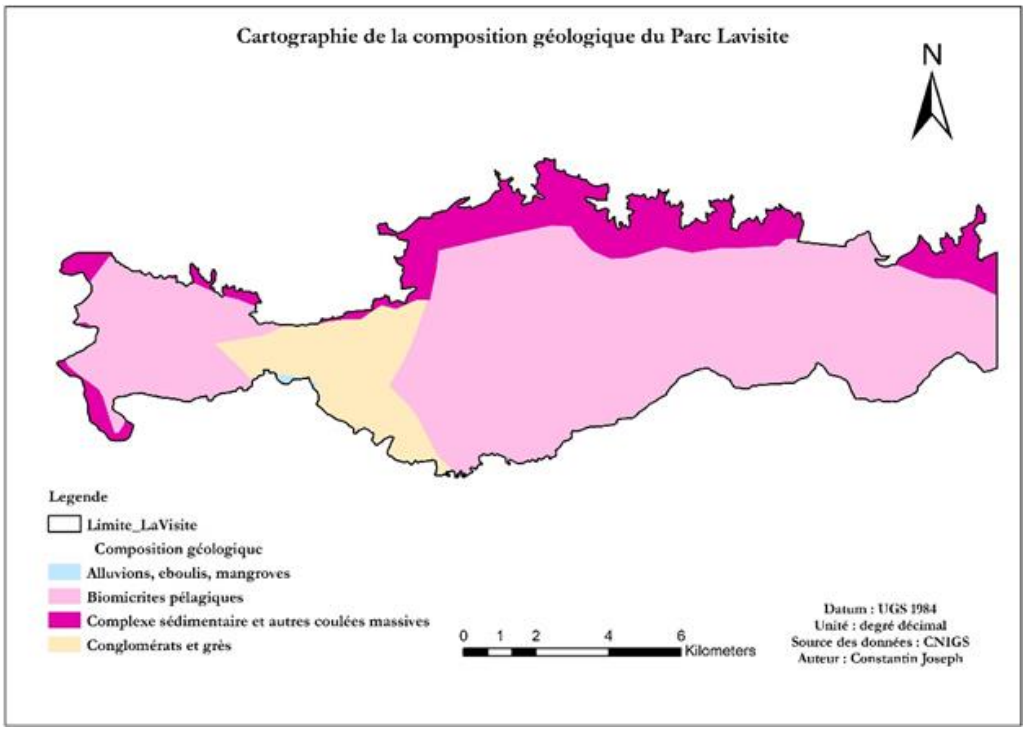
7.1.2 Le Parc National Naturel La Visite (PNNLV)

Le « Parc National Naturel La Visite (PNNLV) » se situe à l'Ouest du « Parc National Naturel Forêt des Pins (PNNFP) » au niveau des sommets du massif de la Selle. Connue pour son haut niveau d'endémisme, ce massif est considéré comme la seconde région la plus riche en biodiversité du pays après le Massif de la Hotte surplombé par le Parc Macaya. Ce Parc, qualifié de réserve de biodiversité du pays, est établie entre six (6) communes dont deux (2) du département de l'Ouest et quatre (4) autres du département du Sud-est : Kenscoff au Nord, Croix-des-Bouquets au Nord-est, Belle-Anse au Sud-est, Marigot au Sud, Cayes-Jacmel au Sud-ouest et Jacmel à l'Ouest (CNIGS, 1998). Décrété réserve naturelle et protégée par les autorités haïtiennes depuis en 1983, ce site couvre une superficie d'environ 11426 ha (CIAT, 2014) soit environ 30 km²(Figure 19). Il est classé dans la catégorie II (aire protégée gérée principalement dans le but de protéger les écosystèmes et à des fins récréatives) par la

commission Mondiale des Aires Protégés (CMAP). En outre, compte-tenu de son importance en termes de diversité biologique et de son haut niveau d'endémisme, en 2012 l'UNESCO l'a adopté comme « Réserve Mondiale de Biosphère ».

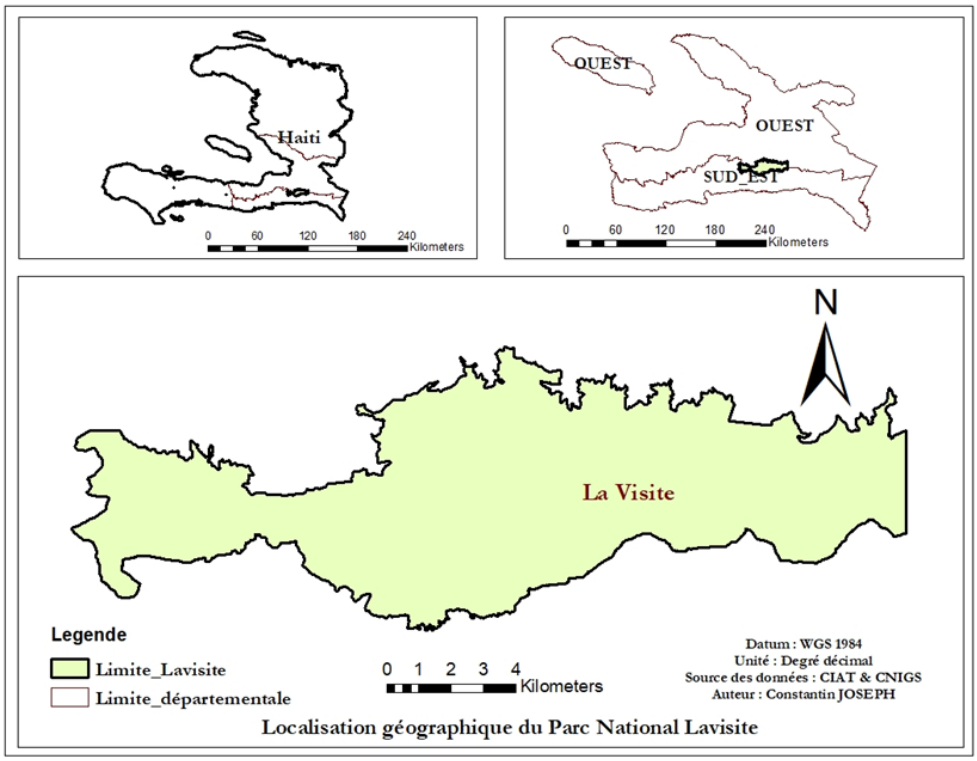
Les structures géologiques sur lesquelles est placé le Parc national La Visite ne se diffèrent pas trop de celles du Parc National de Forêt des Pins. Leurs substrats sont constitués de 72,62 % (18286,87 ha) de biomicrites pélagiques, de 16 % (1911,58 ha) de formations sédimentaires et de 10 % (1203,81 ha) de conglomérats et grès (Figure 18).

Figure 22 : Cartographie des structures géologiques du Parc National Naturel La Visite



Installée en haute altitude selon un Modèle Numérique de Terrain fourni par l'UGS, le territoire du parc national La Visite est également établi sur un relief très diversifié. Il est caractérisé notamment par une faible présence de plaine avec des niveaux de pentes tantôt raide et tantôt faible. Les pentes de niveau très fort (26,08 à 69,27 degrés) et de niveau moyen (9,51 à 17,11 degrés) occupent la plus grande partie de cette région géographique avec des superficies estimées à 3199,50 ha (27,98 %) et 3141,60 ha (27,48 %) respectivement. Les pentes de niveau faible (9,51 à 2,99 degrés) occupent 26,26 % (3002,55 ha) de l'espace et celles de niveau fort accusent une superficie de l'ordre de 1878,00 ha (16,42 %). Cependant, seulement 1,86 % (212,39 ha) de la superficie totale de ce parc est installé sur des pentes de niveau très faible (0 à 2,99 degrés).

Figure 23 : Cartographie de la localisation du Parc National Naturel La Visite



7.1.3 Le Parc National Naturel Macaya (PNNM)

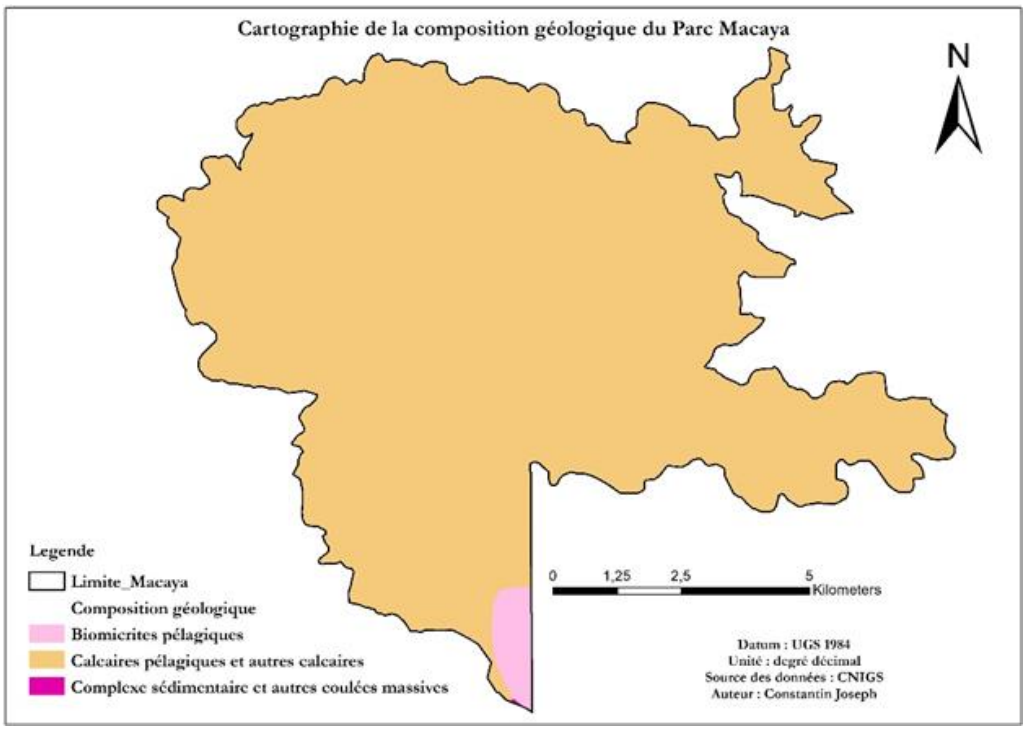
Le Parc National Macaya est établi sur le massif de la Hotte, l'une des plus importantes et imposantes chaines de montagne du pays, situé entre le département de la grande Anse et celui du Sud. Ce Parc s'étend sur plusieurs communes reparties sur ces deux départements : la commune de Beaumont au Nord et au Nord-Est, Roseaux au Nord-Ouest, Torbeck à l'Est, les Coteaux au Sud, Chantal au Sud-Est, Port à Piment au Sud-Ouest et la commune de Charbonnières à l'Ouest (CNIGS, 1998; CIAT, 2014). Il a été créé en 1983 avec une superficie de 2000 ha de terre, mais ses limites ont été redéfinies en 2013 par les autorités compétentes du gouvernement haïtien dans le but d'augmenter sa superficie et de procéder à une meilleure gestion et restauration des espaces dégradés et à la conservation des espèces menacées et en voie d'extinction. Actuellement, ce site s'étend sur une superficie de 8726 ha (CIAT, 2014) (Figure 21).

Il est classé dans la catégorie Ia (Réserve Naturelle Intégrale : aire protégée gérée principalement à des fins scientifiques ou de protection des ressources sauvages) de l'UICN. Le Massif de la Hotte dans lequel se trouve le parc Macaya a été déclaré par l'UNESCO Réserve de la Biosphère en 2016. Puis, selon une étude réalisée en 2011 par plusieurs institutions (BirdLife International, Conservation International, Critical Ecosystem Partnership Fund, RezoEkolo et Société Audubon d'Haïti), il est la

plus importante des Zones Clés de la Biodiversité (ZCB[65]) en Haïti, et possède l'une des meilleures Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO) du pays (Timyan, 2011).

Hébergeant l'une des derniers échantillons de forêts primaires du pays, il est également considéré comme un point chaud (**hotspot**) de la biodiversité mondiale avec une grande gamme d'espèces endémiques d'orchidées, de mammifères et la plus grande concentration d'amphibiens endémiques dans le monde (PNUD, 2011). En effet, selon maintes études déjà réalisées (Perera & Vilmont, 2014), ce parc, détenant un taux considérable d'espèces indigènes[66], est réputé comme le joyau de la biodiversité d'Haïti. Le Parc national Macaya est placé sur un substratum géologique formé de 98,46 % (9749,14 ha) de calcaires pélagiques et d'une infirme partie de 1,54 % (151,331 ha) de biomicrites pélagiques (Figure 20).

Figure 24 : Cartographie des structures géologiques du Parc National Naturel Macaya

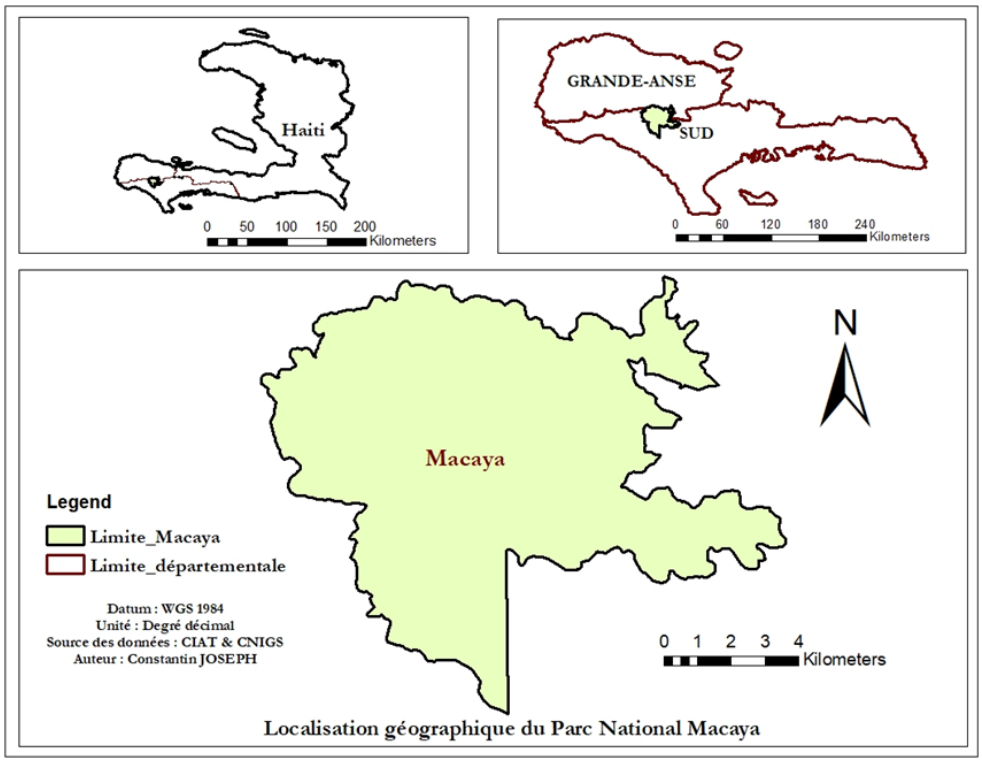


Sur le plan topographique, 55, 52 % (5497,16 ha) le relief au niveau du Parc Macaya est caractérisé par un relief assez vallonné aux pentes très forts comprises entre 26,08 à 69,27 degrés. Au fait, 21,19 % (2098,14 ha) du territoire du parc est établi sur des pentes de niveau fort allant de 17,11 à 26,08 degrés.

[65] Le concept ZCB est développé par un consortium d'organisations de conservation internationales, nationales et régionales, afin de définir les zones prioritaires de protection en fonction de leurs vulnérabilités et de la nature unique de leurs populations.
[66] Une espèce indigène est une essence qui croît naturellement dans une zone ou un écosystème donné, c'est-à-dire sans y avoir été introduite par l'homme.

Les pentes de niveau moyen (9,51 à 17,11 degrés) s'étendent sur 1305,07 soit 13,18 % de l'étendue totale du parc. En revanche, les pentes de niveau faible (9,51 à 2,99 degrés) occupent 9,51 % (941,65 ha) de l'espace alors que seulement 0,60 % (59,59 ha) de ce territoire se situe sur des pentes de niveau très faible (0 à 2,9 degrés).

Figure 25 : Cartographie de la localisation du Parc National Naturel Macaya



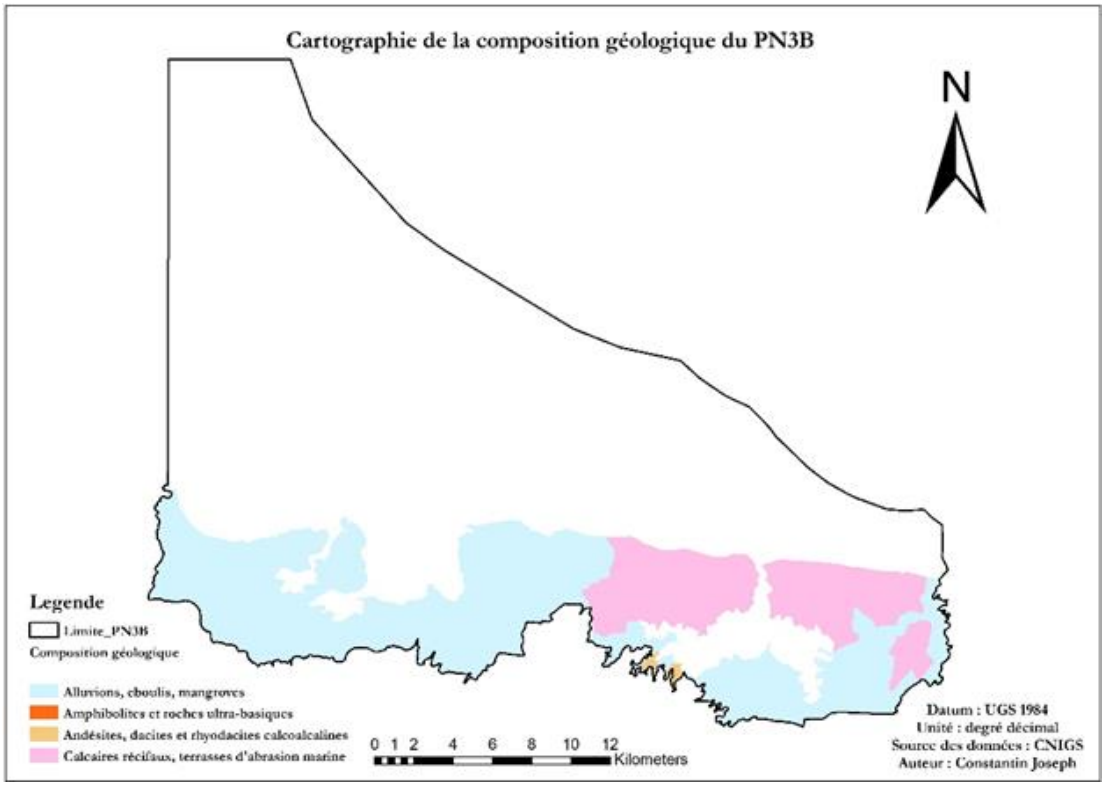
7.1.4 Le Parc National des Trois Baies (PN3B)

Le Parc National des Trois Baies dit « PN3B » est une aire marine protégée (AMP) créée en 2013 par le gouvernement haïtien (Le Moniteur 2013). Ce parc est formé d'un complexe marin, côtier et terrestre situé sur la côte nord-est, plus précisément dans la moitié Est de la côte septentrionale d'Haïti. Comme son nom l'indique, ce parc est composé de trois baies (baie de Limonade, baie de Caracol, baie de Fort-Liberté) et des Lagons aux Bœufs. En 2014, il a été déclaré « Aire Protégée de Ressources Naturelles Gérées des Trois Baies » (Le Moniteur 2014). Selon l'arrêté, il est constitué de systèmes naturels dont il faut assurer la protection à long terme et dont il faut maintenir la diversité biologique, tout en répondant aux besoins des communautés dépendantes de ces systèmes. L'Aire protégée couvre une superficie de 75 618 hectares sur un périmètre de 170 kilomètres (Le Moniteur 2014). Les limites du parc s'étendent sur plus de 40 km vers l'est, à partir de la rive occidentale de la Grande Rivière du Nord, jusqu'à la frontière avec la République dominicaine (Kramer, et al. 2016). Selon les données du

CIAT (2014), la superficie totale du parc national des trois baies est estimée à 90359 ha (Figure 23), mais la partie continentale couvre une superficie de 21286 ha selon les données du CNIGS (1998).

Le territoire du Parc National des trois Baies (PN3B) est établi sur complexe géologique formé de 71,80 % d'alluvions, d'éboulis, de mangroves et aussi de 27,70 % (5898,91 ha) de calcaires. Il possède aussi une infirme partie de 103,41 ha (0,487%) assez diversifiée constituée d'andésites, de dacites et de rhyodacites (Figure 22).

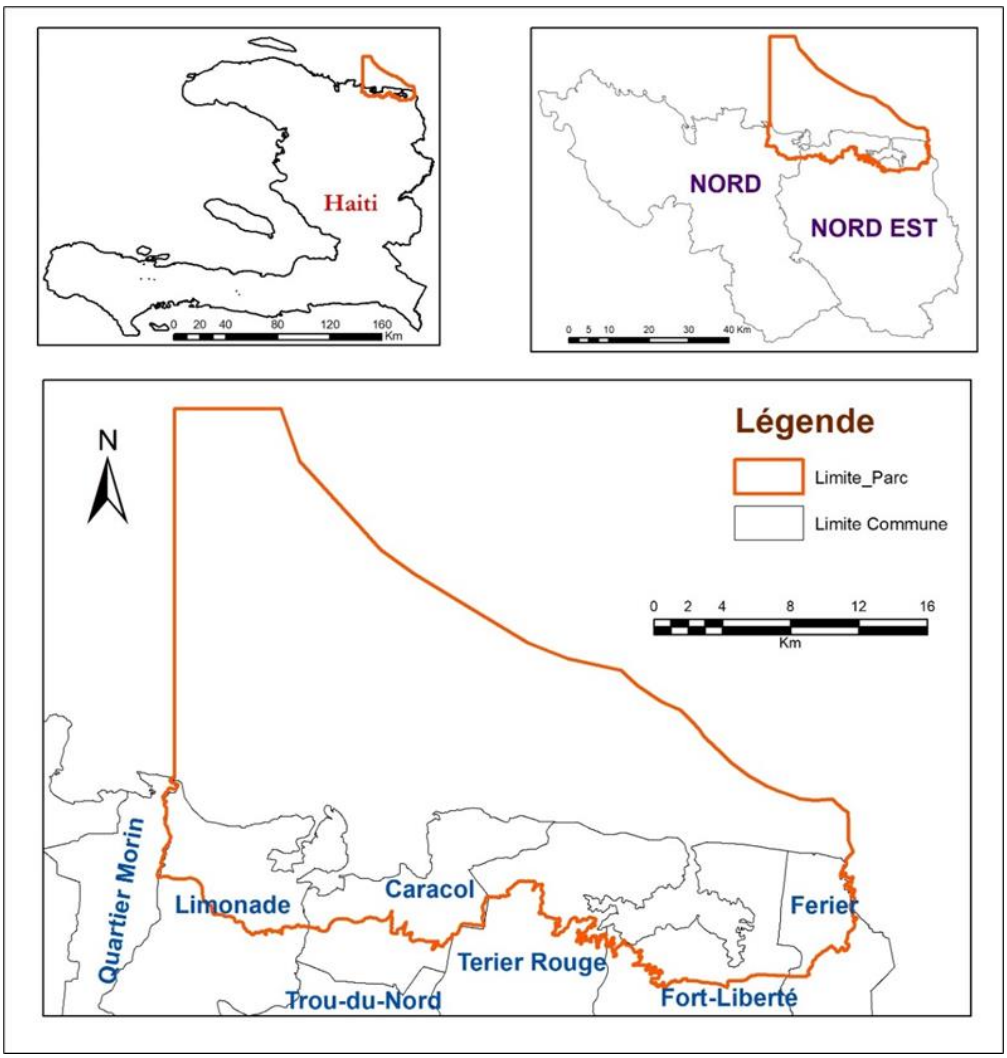
Figure 26 : Cartographie des structures géologiques du Parc National des Trois Baies



Le territoire de ce Parc fait l'objet d'occupations et d'utilisations multiples et diversifiées, bien qu'il soit décrété aire protégée. Une bonne partie de ce site est occupée par des activités anthropiques, en particulier l'agriculture, l'agroforesterie, l'établissement des marais salants destinés à l'exploitation saline, les installations urbaines etc. Une grande partie est dominé par les forêts sèches dites savanes, et une infime partie est constituée de sables ou est aménagée comme plages. Toutefois, il est important de savoir qu'il héberge la deuxième plus importante formation de mangrove du pays après Grande Saline (Wiener, 2014). Selon les données publiées par le CNIGS, en 1998 ce peuplement de mangrove a été évalué à une superficie de 4778 ha, soit 22,4 % de la superficie continentale du parc et 28 % de la couverture totale de mangrove identifiée sur le territoire. Au-delà de son importante superficie de

mangrove, la partie marine du Parc contient l'un des plus longs récifs coralliens du pays, avec la présence des espèces de haute importance pour la biodiversité : notamment les éponges, les coraux et les octocoralliaires (Kramer, et al. 2016). Dans ces trois baies, les mangroves, les herbiers marins et les récifs représentent des zones déterminantes en termes de fraie et d'alevinage pour les poissons, les mollusques et les crustacés (Kramer, et al. 2016). Nombre de ces espèces servent de sources de protéines importantes, non seulement pour la population riveraine, mais aussi pour des populations plus lointaines via les échanges commerciaux. En outre, ces habitats ont pour rôle de protéger les rives contre l'érosion, l'action des vagues et les ondes de tempête, ce qui en fait des écosystèmes uniques.

Figure 27 : Cartographie de la localisation du Parc National des Trois Baies



7.2 Méthodologie adoptée pour la production des données

7.2.1 Acquisition et sources des images satellites utilisées

Dans le but de procéder à l'analyse et au suivi de l'évolution diachronique de la couverture forestière au niveau des différents sites retenus par l'étude, des images multi-dates du satellite Landsat ont été acquises et utilisées. Elles proviennent des capteurs de Landsat-5, 7 & 8, respectivement désignés TM (Thematic Mapper), ETM (Enhanced Thematic Mapper) et OLI -TIRS (Operational Land Imager - Termal Infrared Sensor). Ces images ont été récupérées sur le site de l'Institut d'études géologiques des États-Unis (USGS : United States Geological Survey), un organisme gouvernemental américain qui se consacre aux sciences de l'observation de la Terre. Le dévolu a été porté sur ces images à cause de leur facilité d'accès et leur capacité à fournir bons résultats en matière de suivi de la végétation. En sus, ces données disposent de qualités nécessaires voire satisfaisantes pour permettre des analyses de changement d'occupation du sol et notamment des analyses historiques de déforestation (Gutman, et al., 2008; Rakotomalala, 2020).

Tableau 14 : Caractéristiques des images acquises pour les différents sites d'études

Capteurs	Scènes	Dates d'acquisition	Résolution spatiale
Les images acquises sur le parc national de La-Visite (PNNLV)			
Landsat-5 (TM)	Path= 009 & Row = 047	28-02-1986	30 mètres
Landsat-5 (TM)	Path= 009 & Row = 047	14-12-1998	30 mètres
Landsat-5 (TM)	Path= 009 & Row = 047	16-06-2008	30 mètres
Landsat-8 (OLI)	Path= 009 & Row = 047	20-02-2018	15 & 30 mètres
Les images acquises sur le parc national de Forêt des Pins (PNNFD)			
Landsat-5 (TM)	Path= 008 & Row = 047	20-01-1986	30 mètres
Landsat-5 (TM)	Path= 008 & Row = 047	08-01-1999	30 mètres
Landsat-5 (TM)	Path= 008 & Row = 047	10-02-2011	30 mètres
Landsat-8 (OLI)	Path= 008 & Row = 047	27-08-2019	15 & 30 mètres
Les images acquises sur le parc national de Macaya (PNNM)			
Landsat-5 (TM)	Path= 010 & Row = 047	28-02-1986	30 mètres
Landsat-5 (TM)	Path= 010 & Row = 047	14-12-1998	30 mètres
Landsat-7 (ETM)	Path= 010 & Row = 047	15-06-2005	15 & 30 mètres
Landsat-8 (OLI)	Path= 010 & Row = 047	20-02-2018	15 & 30 mètres
Les images acquises sur le parc national des trois baies (PN3B)			
Landsat-5 (TM)	Path= 009 & Row = 046	03-03-1987	30 mètres
Landsat-5 (TM)	Path= 009 & Row = 046	21-08-1997	30 mètres
Landsat-5 (TM)	Path= 009 & Row = 046	18-09-2007	30 mètres
Landsat-8 (OLI)	Path= 009 & Row = 046	17-02-2017	15 & 30 mètres

7.2.2 Prétraitement des images acquises et retenues pour l'étude

Le **prétraitement** est constitué par des opérations **préalables** qui consistent à préparer les images acquises aux travaux de traitement (manipulations, analyses et interprétations). Plus particulièrement, il peut s'agir des corrections géométriques (ortho-rectification) et radiométrique (normalisation). La correction géométrique consiste à ramener les images à la même géométrie (Solly, et al., 2020) afin de pouvoir les utiliser simultanément et de les rendre superposables entre elles (Ducrot, 2005; Andrieu, 2008). Tandis que la correction radiométrique est une opération visant à normaliser les valeurs radiométriques des images (multi-dates et multi-capteurs) afin de pouvoir les comparer (Durrieu & Deshayes, 1994). Toutefois, étant donné que les images (Landsat) acquises sont déjà ortho-rectifiées par le fournisseur (USGS), dans le cadre de ce travail il a fallu seulement procéder à la correction radiométrique.

7.2.2.1 Correction radiométrique des images acquises

Le but de la correction radiométrique est de se libérer des "bruits radiométriques" potentiellement présents sur les images récupérées. Ces anomalies sont le plus souvent dues soit aux déficiences des capteurs, soit à des problèmes de transmission des données, ou d'interprétation (codage/décodage). Pour s'en défaire, il convient de réaliser des corrections visant à modifier la valeur radiométrique de points aberrants par réaffectation de codes correspondants aux pixels voisins du ou des points défectueux. Il s'agit en effet d'une technique qui permet de convertir les comptes numériques en valeurs de luminance et ensuite en valeurs de réflectance (%). Ainsi, cela a permis d'aboutir à une normalisation des images selon laquelle les valeurs de réflectance varient de 0 à 1, ce qui leurs permet de cohabiter, d'interagir et d'être comparables entre elles sans difficulté (Durrieu & Deshayes, 1994)[67], (Ose, Corpetti, & Demagistri, 2017). Pour ce faire, une ligne de commande a été appliquée dans RStudio sur les images des sites terrestres de montagne et l'outils « *FLAASH Atmospheric Correction* » dans « *Radiometric Correction Module* » (Toolbox) de ENVI 5.3 a été utilisé sur celles du site côtier. En effet, on a obtenu des images normalisées et découpées selon l'emprise des sites d'étude.

7.2.3 Traitement des images et production des données

Le traitement des images a été réalisé en plusieurs étapes : un exercice de combinaison de différentes bandes spectrales, une opération de calcul et de seuillage de NDVI, une classification supervisée et en dernier lieu une classification supervisée. Les trois premières étapes ont servi de directive dans le choix

[67] Pour ce faire, les outils *Radiometric Calibration*, *Radiometric Correction* et *FLAASH Atmospheric Correction* du module *Radiometric Correction Module* de *Toolbox* de ENVI 5.3 ont été utilisés

des polygones de référence des classes pour l'apprentissage des classifieurs, et par conséquent sont considérées comme une phase préalable à la classification supervisée.

7.2.3.1 Combinaison de différentes bandes spectrales

La combinaison de différentes bandes spectrales a permis de procéder à des compositions colorées des images utilisées dans le but de mettre en exergue des éléments souhaités du paysage. En fait, la composition colorée d'une image résulte de la visualisation des bandes dans les canaux Rouge, Vert et Bleu (RVB). Dans le cas de notre étude, la détection ou la perception de la végétation à différents niveaux a été crucial. De ce fait, la composition colorée qui a été utilisée est celle qui permet de procéder à l'analyse de la végétation (MIR-PIR-R). Elle résulte de l'affichage respectif des bandes de Moyen Infrarouge (MIR), Proche Infrarouge (PIR) et Rouge (R) dans le Rouge, le Vert et le Bleu (RVB). En fait, elle correspond à des combinaisons de bandes de **5-4-3** pour les Landsat-4,5 &7 (TM & ETM) et de **6-5-4** pour le Landsat-8 (OLI&TIRS). Dans certains cas, la combinaison PIR (Proche Infrarouge) -MIR (Moyen Infrarouge) -B(bleu) a été aussi utilisée dans l'ordre d'affichage R-V-B afin de mettre en exergue l'état de santé de la végétation (PIR-MIR-B).

7.2.3.2 Calcul et seuillage de l'Indice de Végétation par Différence Normalisée (NDVI)

L'utilisation de l'indice de Végétation par Différence Normalisée (NDVI) facilite la détection la végétation à cause de la présence chlorophyllienne (Rouse, et al., 1974; Rahman, Islam, & Rahman, 2004). En sus, cela permet de déterminer les différents types et niveaux de végétation en fonction de l'intensité de l'activité photosynthétique dont elle fait l'objet (Soudani, et al., 2008).

Le NDVI s'obtient par la soustraction de la bande Rouge (R) de la bande Proche Infra Rouge (PIR) divisée par leur somme [(PIR-R) / (PIR+R)]. Cette combinaison est utilisée en se basant au fait que la végétation indique des valeurs de réflectance élevées dans le PIR et faibles dans le rouge (Inglada, 2017). Comprises généralement entre -1 à 1, plus les valeurs de cet indice se rapprochent de 1 plus la végétation est importante (Rouse, et al., 1974).

Ensuite, une opération de seuillage a été appliquée sur les valeurs de NDVI obtenues afin de pouvoir déterminer les différents niveaux de végétation et d'arriver à mieux déceler et isoler la forêt. Il s'agit d'une méthode très efficace qui requiert l'expertise du photo-interprète dans la délimitation adéquate des seuils (Roussillon, 2015).

7.2.3.3 Réalisation d'une classification non supervisée

Avant de procéder à la classification supervisée, une classification par la méthode non supervisée a été appliquée sur l'ensemble des images à traiter. Le but de cette classification est de nous dicter au mieux dans le choix des échantillons de classes sur les images en fonction des besoins de l'étude. Cela se justifie au fait qu'elle consiste à conglomérer les pixels d'une image pour en former des groupes relativement homogènes (classes) en fonction de leurs signatures spectrales (Solly, et al., 2020) et du nombre de classes thématiques indiquées par le photo-interprète.

7.2.3.4 Réalisation d'une classification supervisée

Pour parvenir à la production des données relatives à la réalisation de cette étude, le choix définitif a été porté sur la méthode de classification supervisée. Cette classification vise à associer un nombre d'observations à l'une des classes connues à priori (Bouveyron & Girard, 2009). L'importance de cette méthode est qu'elle est complètement basée sur la connaissance du milieu et qu'au moment souhaité l'interprète peut intervenir pour rectifier le résultat obtenu en fonction de sa satisfaction.

En fait, l'objectif de la classification est de traduire les informations spectrales des données satellitaires en classes thématiques d'occupation du sol. Pour ce faire, l'algorithmes de classification « supervisée » choisi doit être calibré pour permettre construire un modèle des classes thématiques. Et derrière, cette calibration nécessite des parcelles d'entrainement pour son opération.

La classification a été réalisée en plusieurs étapes : l'étape d'apprentissage défini par la sélection des polygones d'entrainement destinée à guider le classifieur, celle du choix du logiciel de traitement et l'algorithme qui vont servir de plateforme pour réaliser la classification et la réalisation proprement dite de la classification qui se base sur les échantillons de classes retenus. Pour se disposer de ces derniers, une opération de photo-interprétation assistée par ordinateur (PIAO), fondée sur des échantillons prélevés sur le terrain à partir d'un récepteur GPS, a été appliquée sur les images satellites prétraitées. En complémentarité, les résultats visuels des opérations préalables de traitement ont été d'une très grande utilité en servant de base à l'interprétation.

D'abord, une tentative de classification a été réalisée sur le logiciel ENVI se basant sur la méthode du Maximum de vraisemblance (**Maximum Likelihood**). Ensuite, elle a été vérifiée sur le logiciel OTB (**Orfeo Toolbox**) à partir de l'algorithme LibSVM (**Library for Support Vector Machines**), un classifier de type Polynomial. Selon un travail réalisé par Masse (2013) dans le cadre de sa thèse sur la

comparaison des méthodes de classification, le Support Vector Machines (SVM) est classé parmi les trois meilleurs classifieurs sur des données de télédétection en termes de performance.

En fin de compte, après avoir apprécié les différents résultats obtenus, le dévolu a été jeté sur OTB en raison de sa performance par rapport à l'objectif de l'étude. Avec ENVI, à la suite des opérations de lissage qui consiste à éliminer les pixels isolés, beaucoup de zones dégradées ont été également enlevées des résultats de la classification. Cependant OTB offre la possibilité de maintenir ces petits espaces dégradés qui, de manière cumulée, représentent un poids considérable dans la déforestation et la dégradation de la couverture forestière. A noter toutefois que le cas du PN3B c'est ENVI qui a été retenu, l'objectif principal étant surtout de déterminer la couverture de mangrove.

7.2.3.5 Opérations de validation des classifications

A partir des échantillons d'occupation de sols pris sur le terrain au moyen des récepteurs GPS et ceux tirés par photo interprétation (PIAO), une opération d'évaluation a été appliquée sur les produits obtenus afin de les valider. Pour se disposer des polygones d'apprentissage, un dispositif de sondage aléatoire est le plus adapté car il permet d'aboutir à un schéma d'échantillonnage plus représentatif (Congalton, 1991) (Puissant, 2003).Ces échantillons, en principe, ont servi d'éléments de référence pour la validation des résultats obtenus tout en cherchant à estimer les portions de classe ayant une correspondance quasi parfaite avec ceux-ci, i.e. ayant été bien classées lors des classifications. Pour ce faire, une matrice de confusion a été conçue pour chacun des cas étudiés, ce qui a permis de déterminer les indices de Kappa (K), la précision globale (PG). Il s'ensuit également le calcul des précisions de l'utilisateur (PU) et du producteur (PP) à partir desquelles on a déterminé les erreurs de commission et d'omission de façon respective.

7.2.3.6 Réalisation des matrices et de la cartographie des changements

L'étude des changements a été portée sur les différentes classes (forêt, agroforesterie, herbacée et artificiel) qui ont été retenues pour la réalisation des classifications. Les forêts, quel que soit leurs types, ont été regroupées en une seule catégorie, ainsi que les autres pour faciliter l'analyse. Par la suite, un même code a été attribué aux différentes classes pour chaque image, de sorte à pouvoir croiser les résultats obtenus sur un logiciel cartographique (ArcGis/Qgis).

A la suite du traitement statistique des données, des matrices de changement ont été conçus afin de mieux déterminer et analyser les conversions d'occupation de sol. A la fin, les changements retenus se regroupent en trois catégories : le recul, qui correspond à la diminution d'une classe au profit d'autres

(changement négatif) ; le progrès, qui correspond à l'augmentation d'une classe au détriment d'autres (changement positif) ; la stabilité, lorsqu'un changement n'est observé dans une classe au cours de la période d'étude considérée.

7.2.4 Calcul de la vitesse et du taux d'évolution des classes d'occupations de sol

En plus d'apprécier les changements des différentes unités d'occupation des sols, on s'est également donné pour tâche de déterminer la vitesse et du taux d'évolution (régression ou progression) de chacune des catégories d'occupation de sol retenues. Pour ce faire, on s'est inspiré de plusieurs formules adaptées dans différents travaux similaires (Puyravaud, 2003; Agbanou, 2018; Rakotomalala, 2020).

7.2.4.1 Evaluation de la vitesse d'évolution des classes d'occupation des sols

Pour apprécier la vitesse de changement des différentes catégories d'occupation de sols dentifiées, dans le cadre de travail, cette formule utilisée par Zakari (2015)), reprise par (Issifou & Issifou, 2016) et (Agbanou, 2018) a été adoptée :

$$\Delta_s = \frac{S_{P2} - S_{P1}}{t_2 - t_1}$$

- ✓ Δs représente la vitesse de variation (extension ou régression en ha/an) ;
- ✓ *SP1* désigne la superficie occupée par l'unité d'occupation considérée au cours de l'année 1 (ha) ;
- ✓ *SP2* indique la superficie occupée par l'unité d'occupation considérée au cours de l'année 2 (ha) ;
- ✓ Enfin t1et t2 représentent respectivement l'année 1 et l'année 2

7.2.4.2 Appréciation du taux d'évolution des catégories d'occupation de sol

Dans le but de déterminer le taux d'évolution des superficies des différentes catégories d'occupation des sols, on s'est servi de cette formule déjà appliquée dans d'autres travaux (Agbanou, 2018).

$$E_{(i,\ k)} = \frac{S_k - S_i}{S_i} \times 100$$

- ✓ Si représente la superficie d'une catégorie d'occupation de sol pour l'année initiale (i)
- ✓ S_K exprime la superficie d'une catégorie d'occupation de sol de l'année finale (k), avec k>i

7.2.4.3 Détermination du taux moyen annuel d'expansion spatiale (T)

Pour designer la proportion de chaque catégorie d'occupation du sol qui change annuellement, l'indicateur « Taux moyen annuel d'expansion spatiale (TMA) » a été utilisée. En effet, la formule de Bernier(1992) adoptée par (Zakari, 2015) reprise par Issifou & Issifou (2016) puis Agbanou (2018) a été appliquée

$$T = [(\ln S2 - \ln S1) / ((t2 - t1) \times \ln e)] \times 100$$

- ✓ *S1* et *S2* expriment la superficie d'une unité paysagère à la date *t1* et *t2* respectivement ;
- ✓ *t2 – t1* renvoient au nombre d'année d'évolution ;
- ✓ *ln* est le logarithme népérien et *e* est la base du logarithme népérien (e = 2,71828).

Cette formule permet d'aboutir au taux de déforestation annuel pouvant aussi être déterminé à partir de la formule proposée par Puyravaud (2003) : $1/(t_2-t_1) * \ln (A_1/A_2)$. Utilisé pour déterminer l'évolution de la perte forestière (Agbanou, 2018; Rakotomalala, 2020), cette formule standardisée se veut un artifice permettant de s'affranchir du simple du rapport entre la surface défrichée sur une période et le nombre d'années de la période (Rakotomalala, 2020).

7.2.5 Enquête auprès des gestionnaires des parcs ciblés par l'étude

Dans le cadre de cet exercice, une enquête sélective auprès des cadres ou des personnes ressources chargés de la gestion des parcs cibles de l'étude. Il s'agit dans la plupart des cas des directeurs d'aire protégées, mais aussi des cadres ou gestionnaires de projets relatifs à gestion, à l'aménagement et à la restauration de l'espace et du paysage. Cette initiative a été prise dans le but de mieux s'informer de la dynamique paysagère, de comprendre en effet les orientations et les causes des changements opérés dans les milieux. A cette fin, un formulaire d'enquête destiné aux différents cadres ciblés a été élaboré. Ce formulaire est constitué d'une section portant sur les différentes activités réalisées dans les milieux et des acteurs impliqués dans la gestion et la gouvernance des parcs, d'une partie traitant des facteurs (directs et indirects) de la dégradation forestière et de la déforestation et d'une autre section sur les contraintes relatives à la gestion des parcs. Cette investigation a été réalisée en parallèle aux activités de traitements des images satellites consacrés à l'analyse diachronique des occupations de sols des différents sites considérés.

7.3 Les nomenclatures adoptées dans le cadre de la réalisation de ce travail

Dans le cadre de la réalisation de ce travail de recherche deux nomenclatures différentes sont utilisés. La première concerne les trois sites terrestres et de montagnes à savoir les Parcs de Forêt des Pins, de

La Visite et Macaya (PNNFDP, PNNLV & PNNM) et la deuxième est relative au site côtier et marin, en l'occurrence le Parc National des Trois Baies (PN3B). Les deux sont inspirées de la nomenclature CORINE Land Cover (niveaux 1 & 2) combinée à celle préconisée par la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD). Toutefois, elles sont ajustées en fonction de la réalité du terrain et des besoins de l'étude.

7.3.1 Les nomenclatures adoptées dans le cadre des sites de montagne

La nomenclature relative aux trois sites terrestres et de montagnes à savoir les Parcs de Forêt des Pins, de La Visite et Macaya (PNNFP, PNNLV & PNNM) est constituée seulement de quatre classes. Cependant, chacune de ces classes représente une association de plusieurs sous-classes dérivées de la nomenclature CORINE Land Cover (niveaux 1 & 2) compte tenu de la composition biophysique existante de ces sites.

Tableau 15: Nomenclature adoptée dans le cadre des sites de montagne

#	Classe	Description
1	**Artificiel**	Zones artificialisées (artificiel), complètement dégradées et dépourvues de végétation, regroupant les endroits urbanisés, les affleurements rocheux, les sols nus et les dépôts alluvionnaires
2	**Herbacée**	Végétation basse constituée essentiellement d'**herbacée** incluant les cultures basses, les terres en jachères, les endroits pâturés (pâturages) et d'autres espaces dépourvus ou détenant peu de végétation ligneuse et arbustive
3	**Agroforesterie**	Zones de végétation mixte et de transition, en particulier d'**agroforesterie,** constituées des sous-catégories comme les espaces agroforestiers, les zones de régénérations naturelles denses et peu denses et les cultures ligneuses, la végétation arbustive etc. Cette catégorie présente parfois un paysage mosaïque où plusieurs types d'occupations de sol sont imbriqués
4	**Forêt**	Zones de végétations ligneuses plus ou moins denses (forêt). Au niveau des Parcs de La Visite et de Forêt des Pins elles sont formées essentiellement de pins (*Pinus occidentalis*). Cependant au Parc Macaya elles sont constituées de plusieurs types d'essences forestières : les pins (*Pinus occidentalis*), les forêts latifoliées (feuillus) et les forêts karstiques.

7.3.2 La nomenclature adoptée dans le cas du Parc marin et côtiers (PN3B)

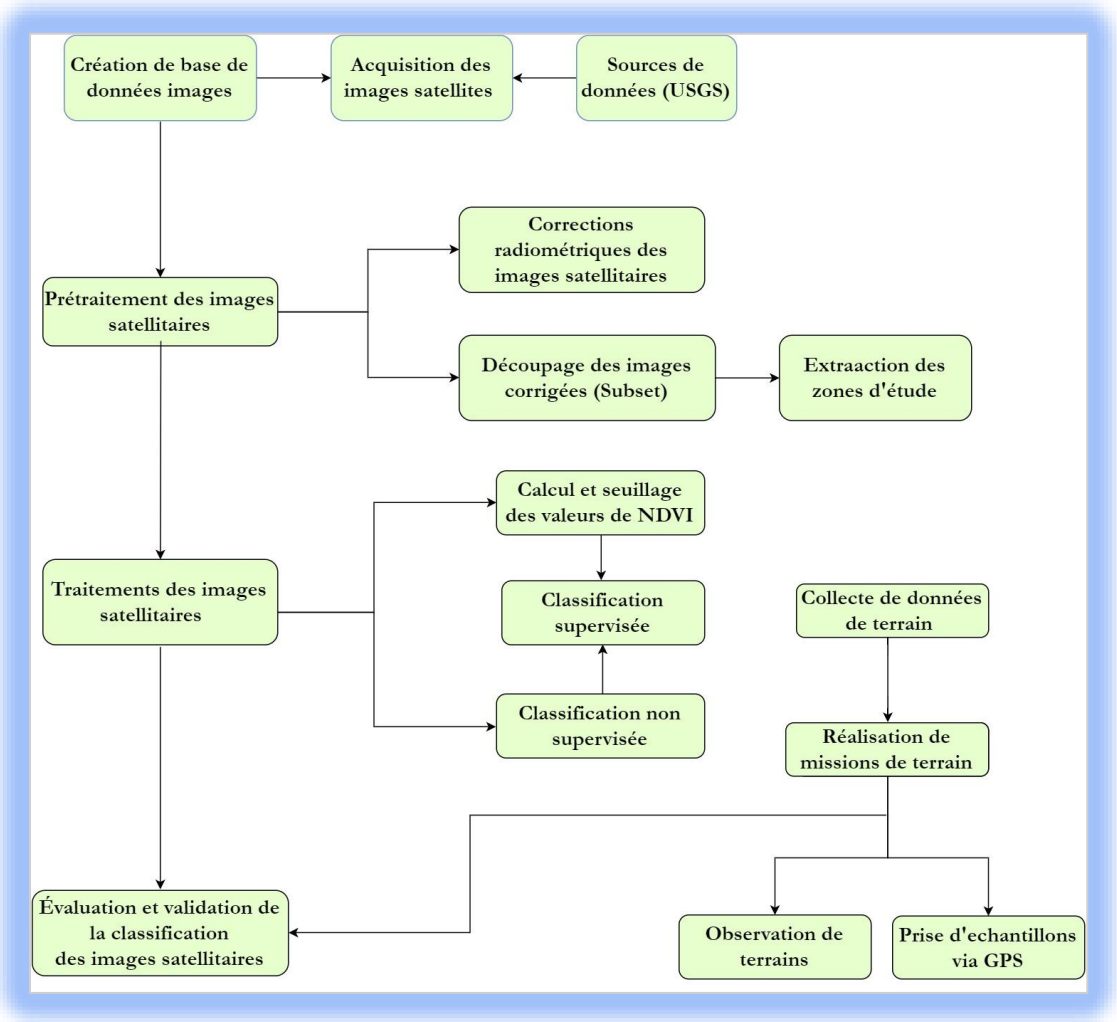
Concernant le Parc National des Trois Baies (PN3B), la nomenclature adoptée, bien qu'elle se focalise principalement sur l'évolution des peuplements de palétuviers (mangrove), est constituée d'un nombre de classes plus important que celles des sites de montagne à cause de la diversité des utilisations et des activités dont ce site est l'objet. Cela résulte au fait que la réalité du terrain est complètement différente. Dans ce cas, les onze (11) classes suivantes ont été identifiées et retenues :

Tableau 16 : nomenclature adoptée dans le cas du Parc marin et côtiers (PN3B)

#	Classe	Description
1	**Affleurements de roches et sols nus**	Zones naturelles sans végétation avec roche affleurante. Elles peuvent dériver de terrains agricoles inutilisés et très érodés.
2	**Agroforesterie**	Surfaces dont la couverture est formée par 75 % au moins de terrains agricoles. Les cultures arborées sont prédominantes. En présence d'emblavures associées, les arbres peuvent avoir soit une fonction de production (arbres à fruits), soit une fonction de protection (arbres à fruits et espèces forestières). Ils se classent au **niveau-3** de la classification CORINE Land Cover.
3	**Cultures Agricoles**	Surfaces dont la couverture est formée par 40 % au moins de terrains agricoles. Elles englobent les terrains en jachère avec l'exclusion des zones extensives vouées aux pâturages. Elles sont composées d'une grande variété de situations liées aux caractéristiques des milieux sur lesquelles elles sont installées et aux habitudes des cultivateurs qui s'y trouvent. Elles se classent au niveau-2 de la classification CORINE Land Cover.
4	**Récifs de Coraux**	Colonie de coraux érigée du fond à la surface de la mer et qui longe une partie du littoral des trois baies (Fort-Liberté, Caracol et Limonade). Cette structure corallienne constitue le plus long et important récif corallien du pays.
5	**Eau** :	« Surfaces couvertes par de l'eau pendant toute l'année ou une grande partie de l'année ». Elles incluent les « plans d'eau et la Mer », qui eux

#	Classe	Description
		sont représentés par des « Surfaces couvertes par des plans d'eau internes ou côtiers dans des golfes ou des lagunes ». Elles se classent au niveau-1,2&3 de la classification CORINE Land Cover.
6	**Forêt Sèche**	Surfaces essentiellement occupées par une végétation naturelle basse de type arbustif (espèces épineuses, cactacées). Les surfaces agricoles sont absentes ou présentes en quantité négligeable.
7	**Mangrove**	Surfaces occupées par une végétation à mangroves ». Elles se classent au niveau-2 de la classification CORINE Land Cover.
8	**Marais Salants**	Structures d'extraction de sel (salines) actives ou en voie d'abandon. Ce sont des parties des marais maritimes mises en exploitation pour la production de sel par évaporation. Les marais salants se distinguent nettement du reste des marais par leurs parcellaires d'exploitation et leur système de digues. Elles se classent au niveau-3 de la classification CORINE Land Cover.
9	**Plage et Dune**	: Cette classe est désignée par les plages, les dunes et les étendues de sable ou de galets du milieu littoral et continental, y compris les lits mineurs des rivières à régime torrentiel.
10	**Prairie**	Surfaces essentiellement occupées par une végétation basse de type herbacé. Les surfaces agricoles sont absentes ou présentes en quantité négligeable. L'utilisation fourragère effective n'est pas un caractère discriminant. Elle se classe au niveau-2&3 de la classification CORINE Land Cover.
11	**Zones Urbaines**	« Surfaces occupées principalement par des aires édifiées, pavées ou profondément altérées par l'homme pour l'habitation, le commerce, l'industrie, le transport, les services publics ». Cette catégorie se place au niveau-2 de la classification CORINE Land Cover et inclut les différentes catégories de zones urbaines mentionnées dans cette nomenclature.

Figure 28 : Schéma résumé de la méthodologie relative au traitement des images Landsat



7.4 Présentation des produits cartographiques réalisés

Au niveau de cette section, il y a lieu de présenter les différents résultats issus de la production cartographique réalisée dans le cadre de notre recherche. D'abord les produits cartographiques de chaque et pour chaque date considérée seront présentés et ensuite les commentaires et interprétations y relatifs seront fournis.

7.4.1 Présentation cartographique des occupations de sols du PNNFP

Dans le présent cas, nous présentons les résultats de la cartographique d'occupations du sol du Parc National Naturel Forêt des Pins (PNNFP). Ces données sont issues d'un processus de classification supervisée exécuté sur des images Landsat de 1986 (TM), 1999(TM), 2011(TM) et 2019 (OLI).

Figure 29: Cartographie des occupations du sol du PNNFP en 1986

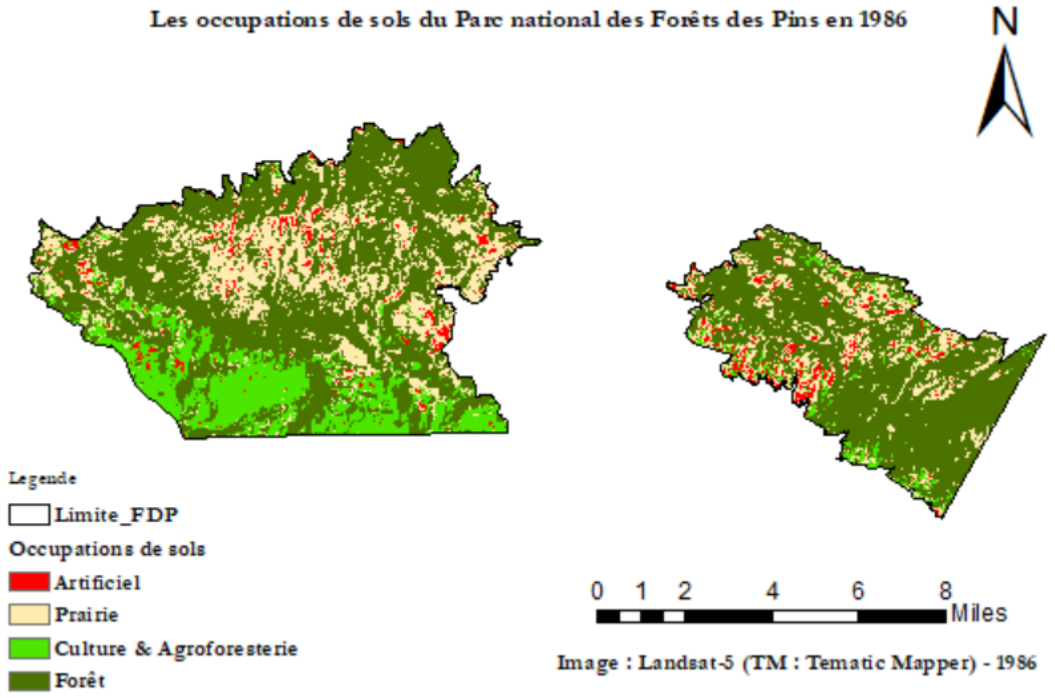


Figure 30 : Cartographique des occupations du sol du PNNFP en 1999

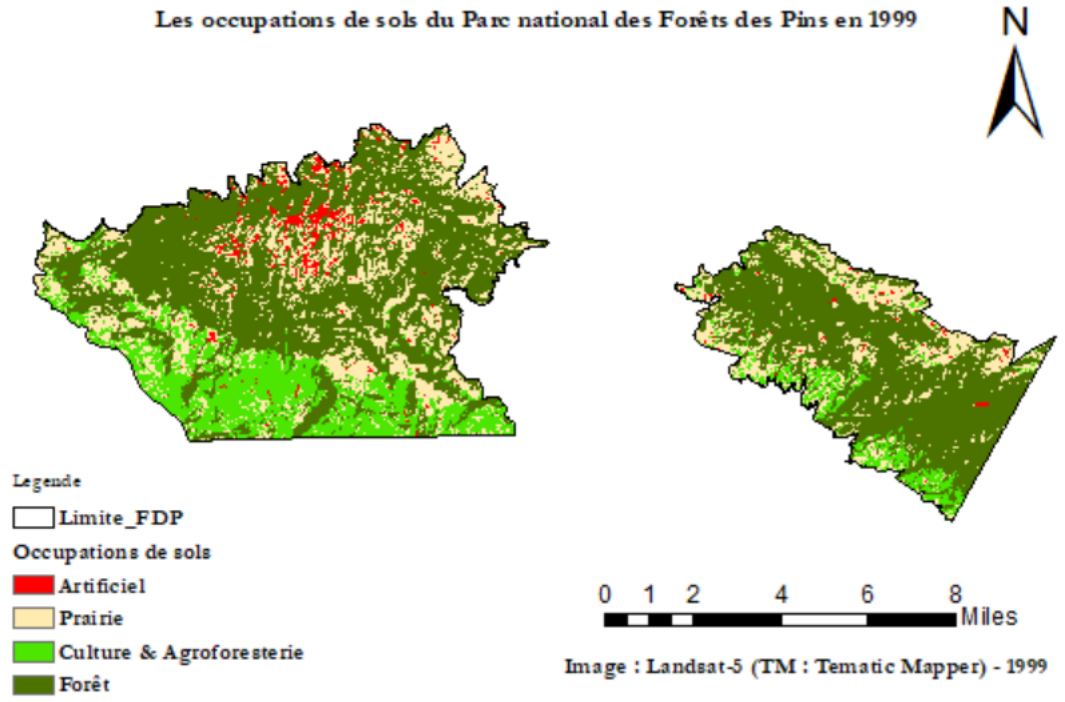


Figure 31 : Cartographie des occupations du sol du PNNFP en 2011

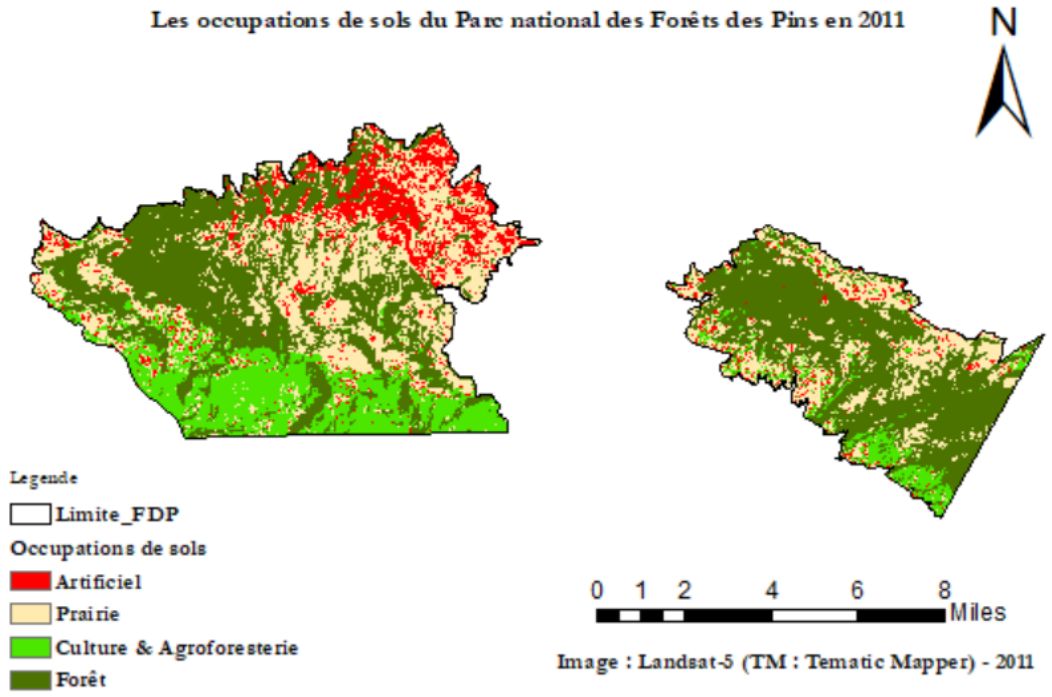


Figure 32 : Cartographie des occupations du sol du PNNFP en 2019

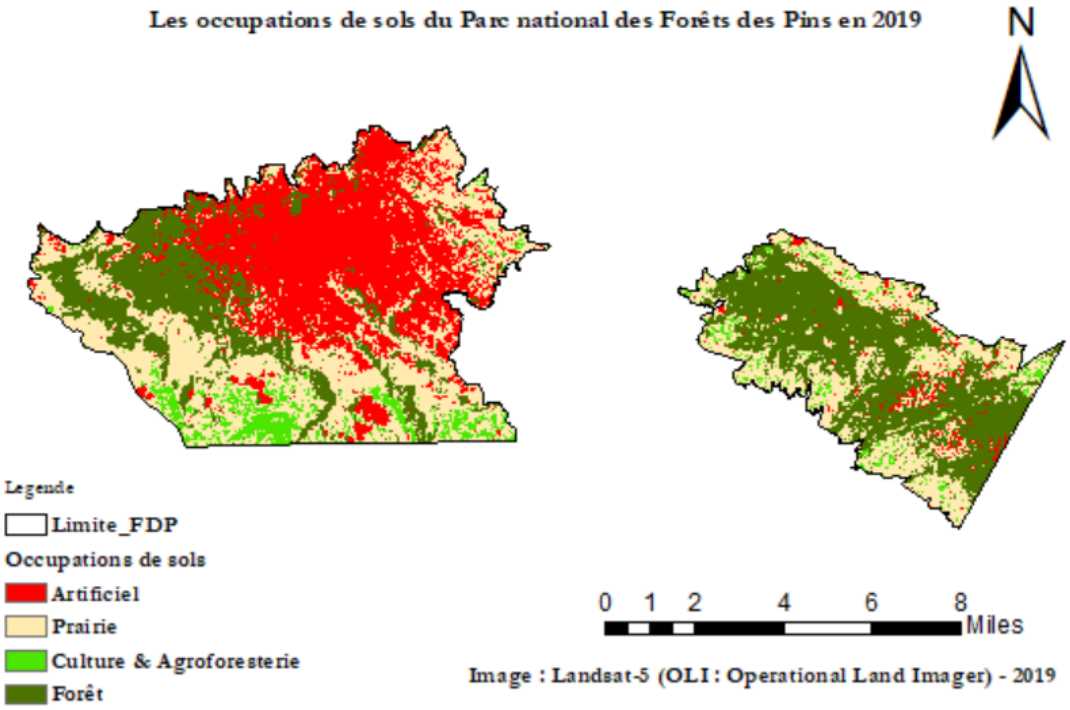
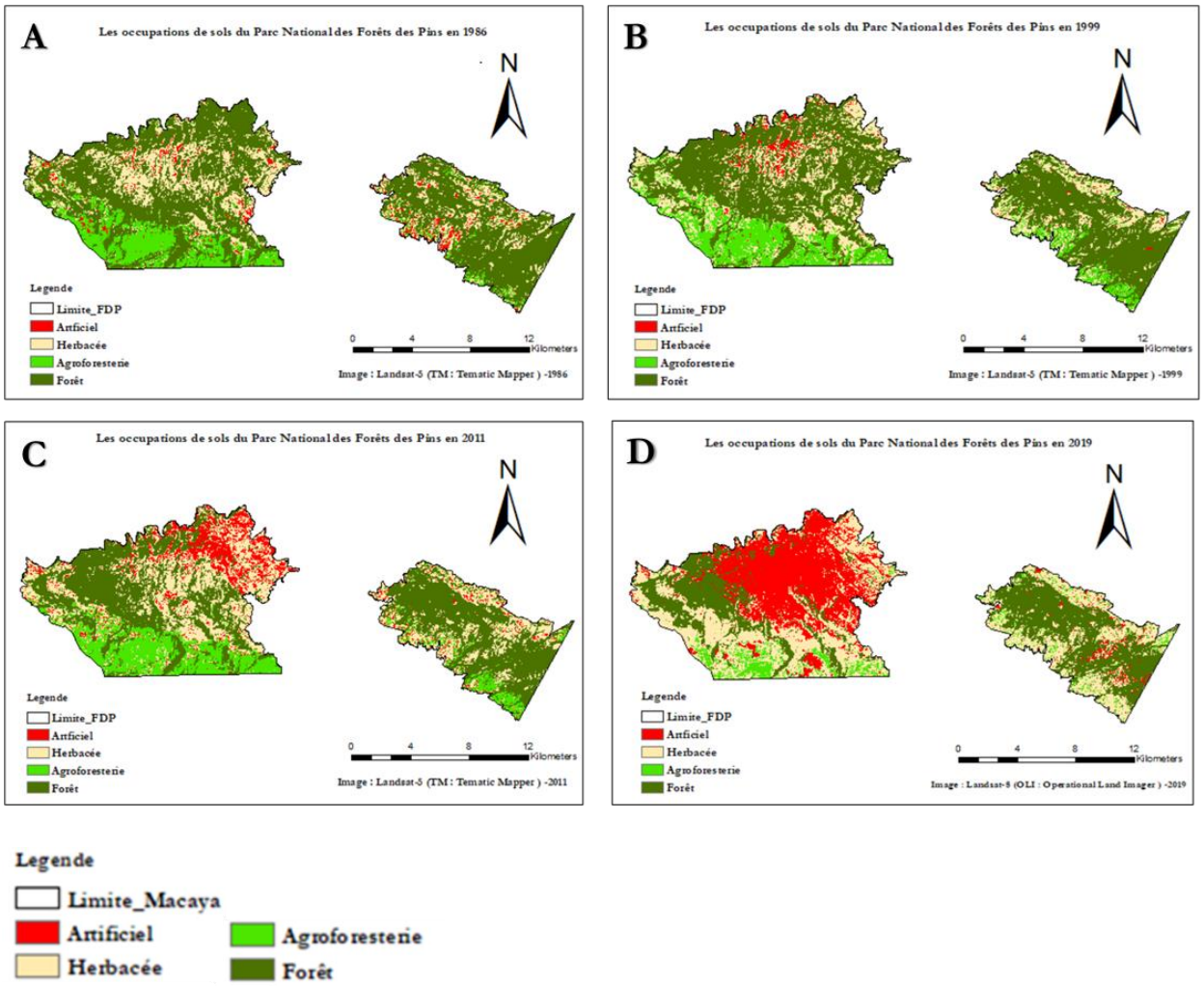


Figure 33 : Cartographie comparée des occupations du sol du PNNFP de 1986 à 2019



Au cours de la première période, la dégradation forestière et la déforestation du Parc de Forêt des Pins ont débuté à l'intérieur même des formations forestières, notamment au niveau de l'unité II. Ensuite, bien qu'une légère amélioration soit observée au fond de la forêt, la perte de la couverture forestière a continué à prendre de l'expansion, mais un petit peu plus dans les zones de périphérie. Au cours de la troisième période la situation s'est empirée, où un fort recul du couvert forestier, et ce de manière non sélective (tant à l'intérieur qu'en périphérie), est enregistrée au niveau de ce site, en particulier au niveau au sein de l'unité II. Ce déficit de la superficie forestière est surtout mis en évidence par une très forte artificialisation de l'espace, ce qui constitue une véritable menace pour les écosystèmes naturels et les communautés humaines en aval. Cette situation a pour corolaires l'exposition des couches arables du sol à l'érosion, qui engendre le ravinement des zones pentues, le déficit d'alimentation en eau des

nappes souterraines, les crues intempestives des rivières, l'inondation des zones à faible pente (les plaines et les zone côtières), l'envasement et l'ensablement des cours d'eau et des lacs, la sédimentation des champs agricoles et du littoral, la perturbation voire la destruction des écosystèmes et des habitats côtiers et marins, la perte de la biodiversité (terrestre et marine) etc..

7.4.2 Présentation cartographique des occupations de sols du PNNLV

Cette présentation concerne les résultats de la cartographique d'occupations du sol du Parc National Naturel La Visite (PNNLV). Les produits cartographiques ici présentés proviennent d'un processus de classification supervisée exécuté sur des images Landsat de 1986 (TM), 1998(TM), 2008(TM) et 2018 (OLI).

Figure 34 : Cartographie des occupations du sol du PNNLV en 1986

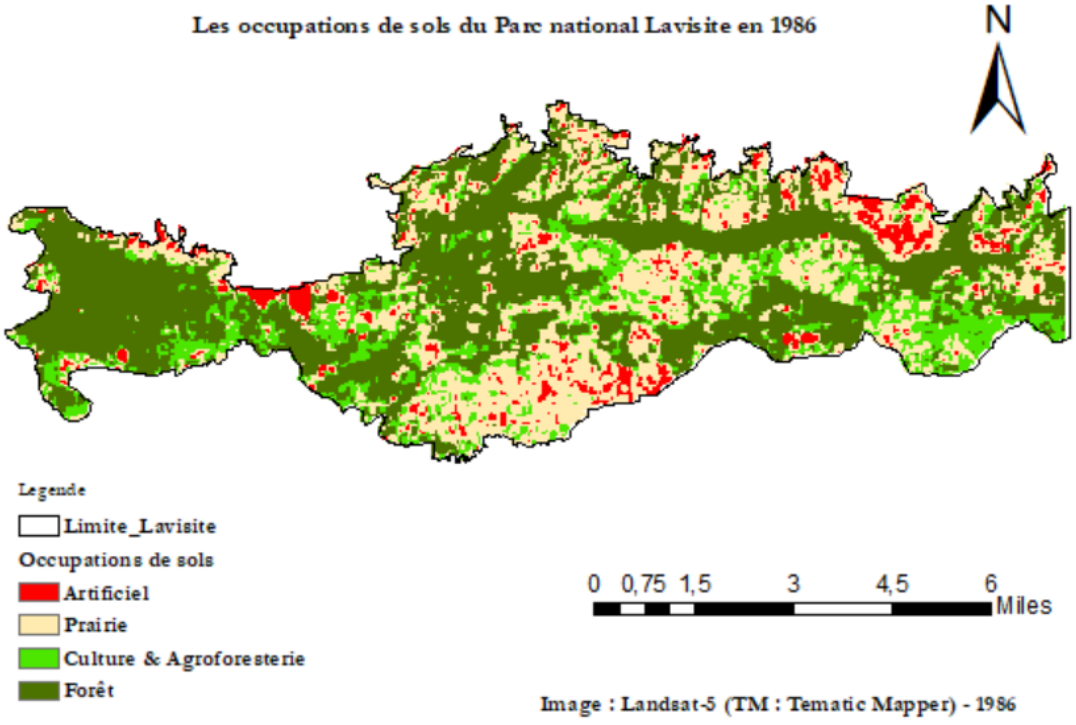


Figure 35 : Cartographie des occupations du sol du PNNLV en 1998

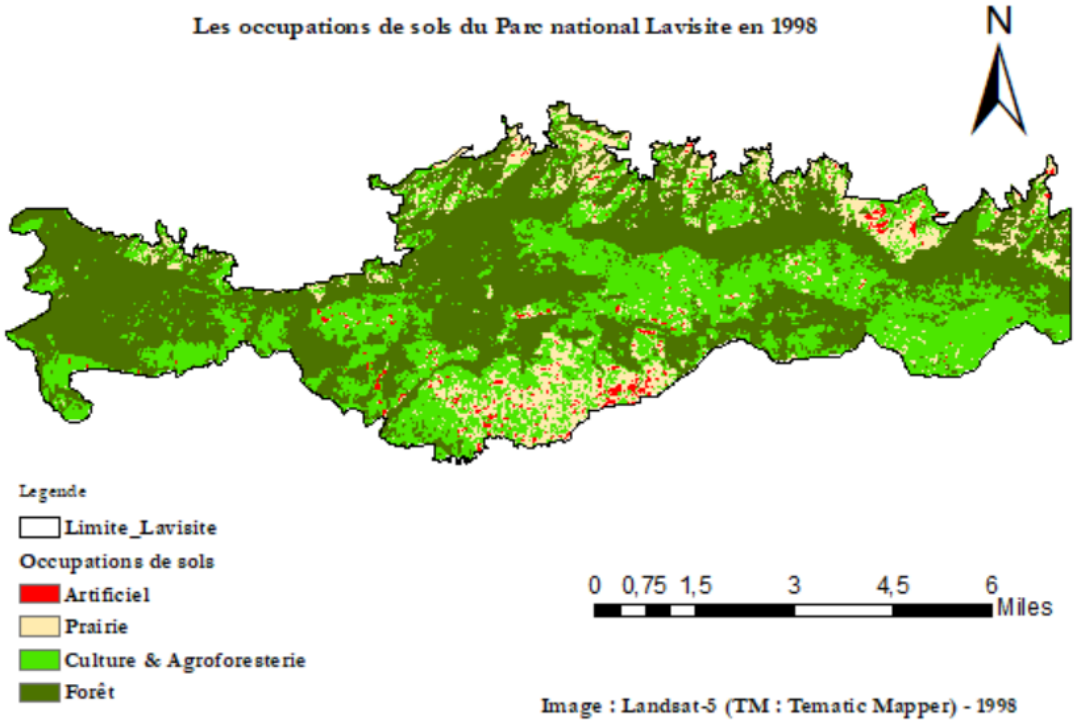


Figure 36 : Cartographie des occupations du sol du PNNLV en 2008

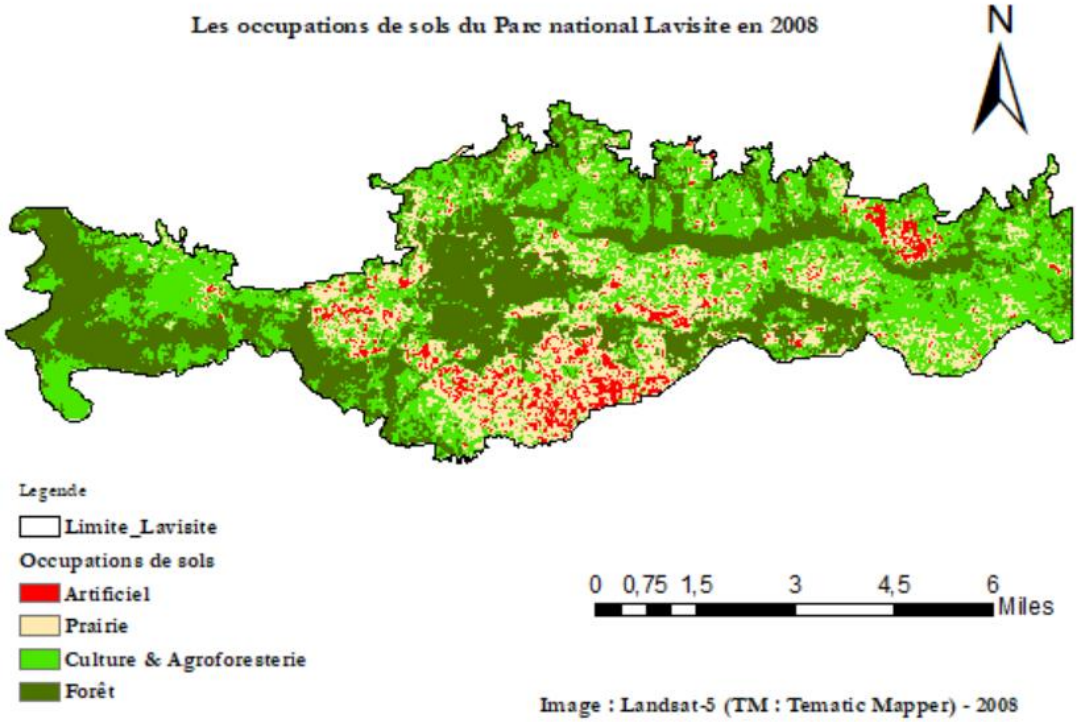


Figure 37 : Cartographie des occupations du sol du PNNLV en 2018

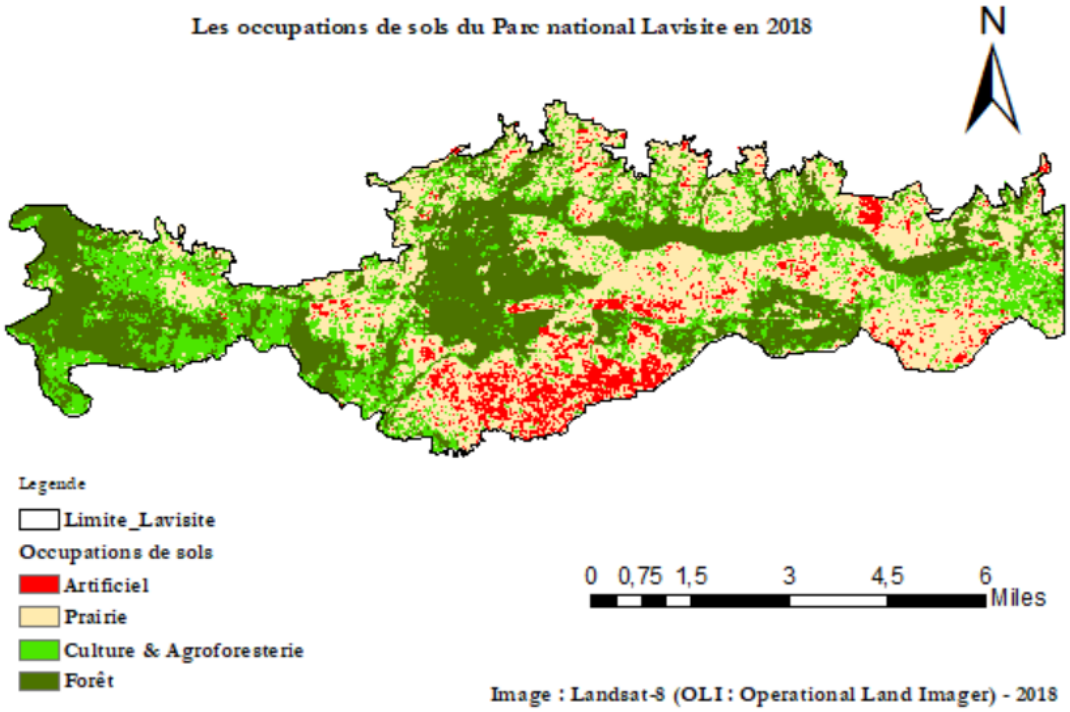
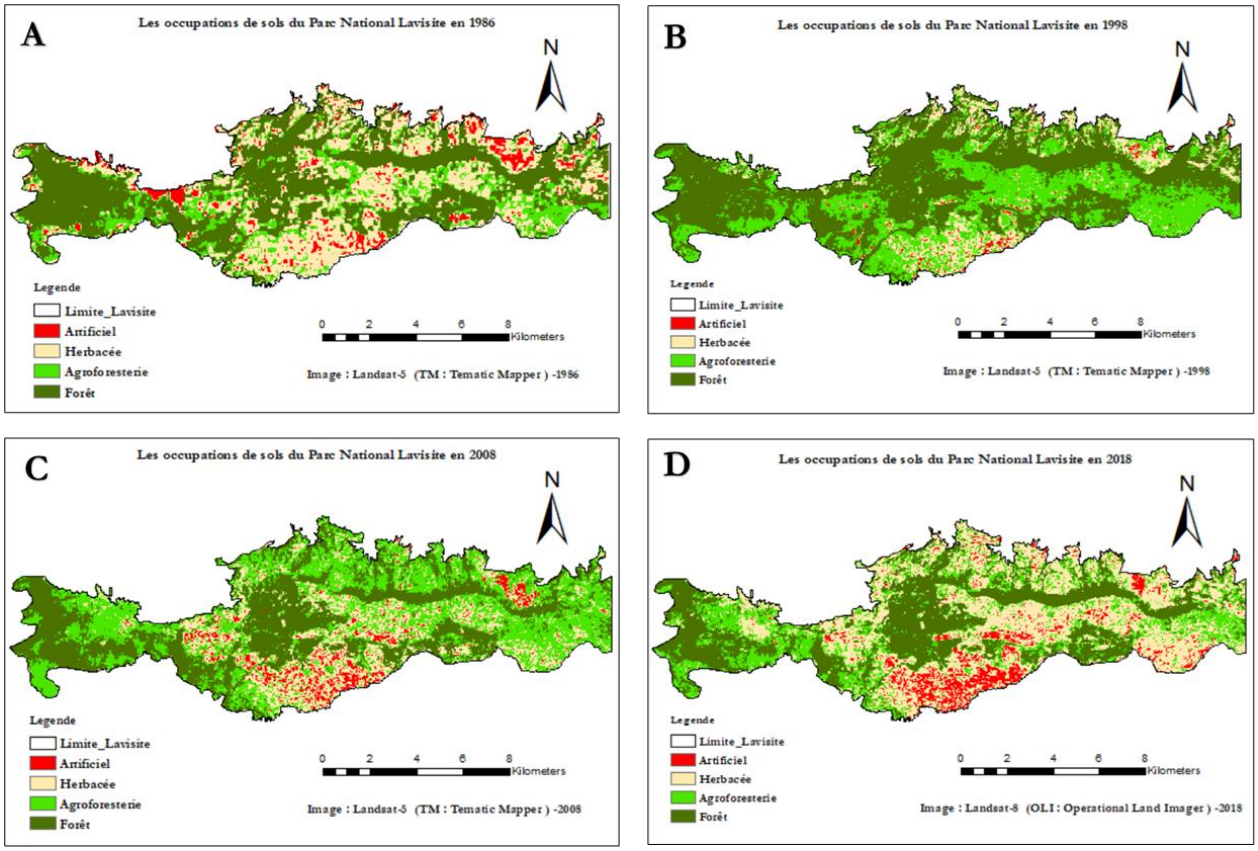
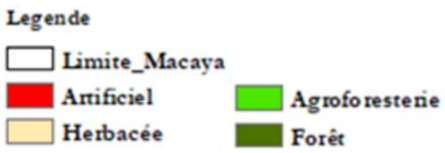


Figure 38 : Cartographie comparée des occupations du sol du PNNLV de 1986 à 2018





En vertu de ce que montre la cartographie ci-dessus, le territoire du Parc la Visite était plus dégradé en 1986 qu'en 1998. Cela peut s'expliquer au fait que, selon les classifications réalisées, les zones artificialisées (rouge) sont beaucoup plus prononcées en **A** qu'en **B**. Par conséquent, la couverture forestière du Parc la Visite était moins affectée par la dégradation et la déforestation en 1998. Malheureusement, cette situation pour autant bénéfique n'a pas pu être maintenue au cours des années suivantes, où bien que relativement plus faible qu'en 1986, la dégradation de l'espace en 2008, incluant le recul du couvert forestier et l'artificialisation des terres, a pu reprendre de l'ampleur (**C**). Au lieu de s'améliorer, en 2018 la situation du Parc en termes de dégradation et de déforestation s'est aggravée(**D**), où une plus grande superficie du site s'est artificialisée alors qu'en même temps la superficie forestière s'est manifestement reculée. Cette artificialisation autant perceptible résulte de l'exploitation à outrance des sols pour l'établissement des parcelles de cultures vivrières et maraichères et pour le pâturage du bétail, mais aussi de l'urbanisation anarchique qui se fait et s'étend graduellement au niveau de l'espace.

Ce qu'on arrive à déceler à travers les différentes classifications portant sur l'état paysager de ce Parc, est que la majorité de la dégradation et de la déforestation se fait au départ en périphérie. Par la suite, elles continuent à ronger progressivement l'espace jusqu'à atteindre un niveau critique. Un autre élément important à signaler est que les formations forestières les plus stables ou vraisemblablement les plus préservées de la dégradation et de la déforestation se trouvent dans les endroits les plus abruptes du parc. Cela résulterait du fait que ces milieux étant extrêmement accidentés sont d'accès très difficile et par conséquent deviennent inaptes à l'anthropisation.

7.4.3 Présentation cartographique des occupations de sols du PNNM

Le cas présent fait référence à la présentation des résultats de la cartographique des occupations du sol du Parc National Naturel Macaya (PNNM). Les produits présentés résultent d'une opération de classification supervisée exécuté sur des images Landsat de 1988 (TM), 1998(TM), 2005(ETM) et 2017 (OLI).

Figure 39 : Cartographie des occupations du sol du PNNM en 1988

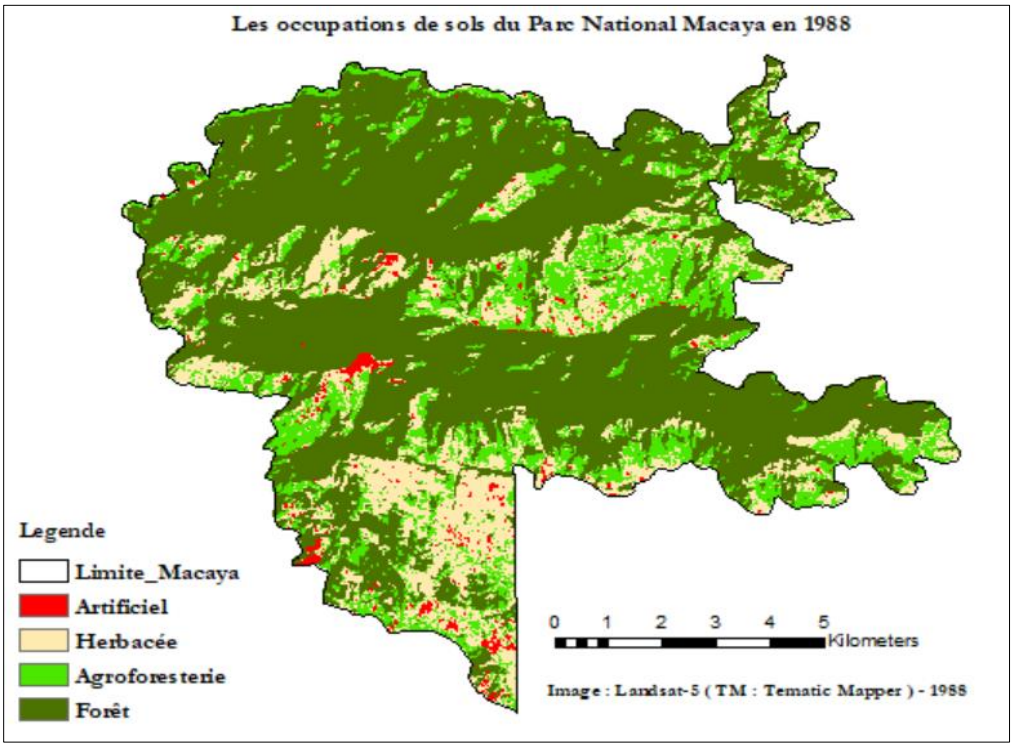


Figure 40 : Cartographie des occupations du sol du PNNM en 1998

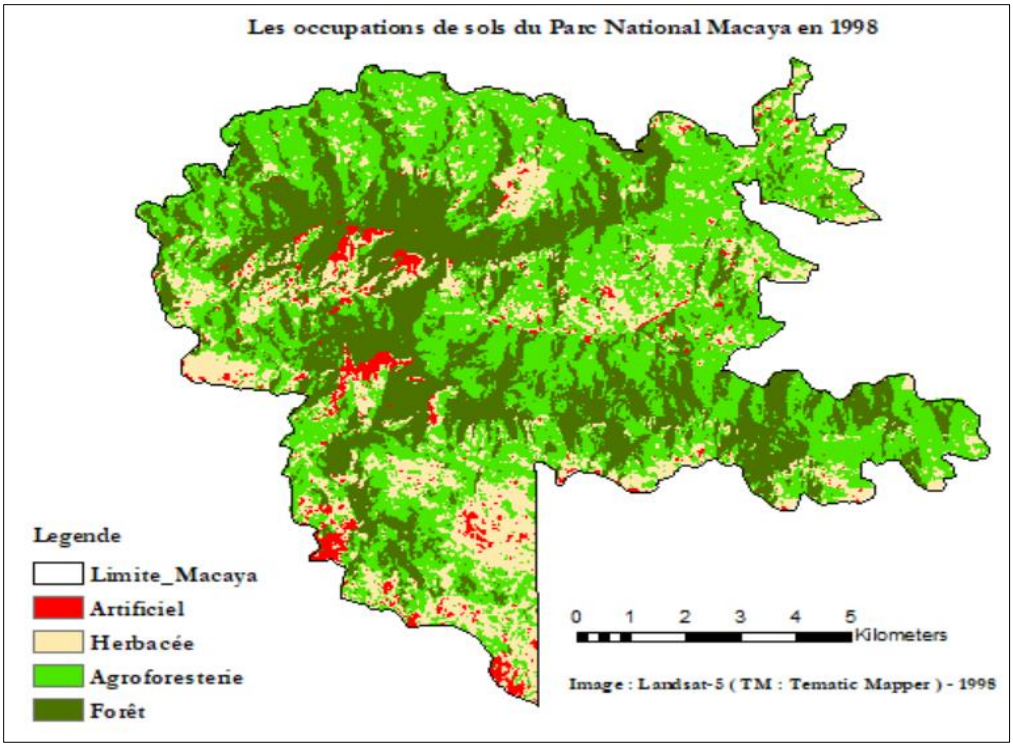


Figure 41 : Cartographie des occupations du sol du PNNM en 2005

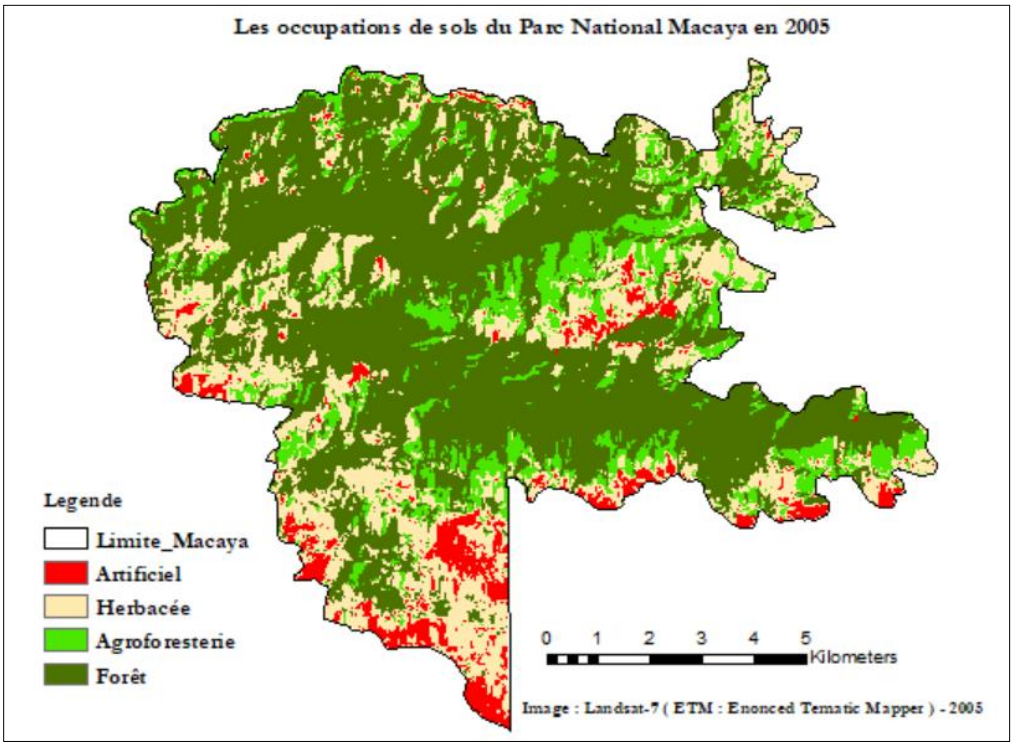


Figure 42 : Cartographie des occupations du sol du PNNM en 2017

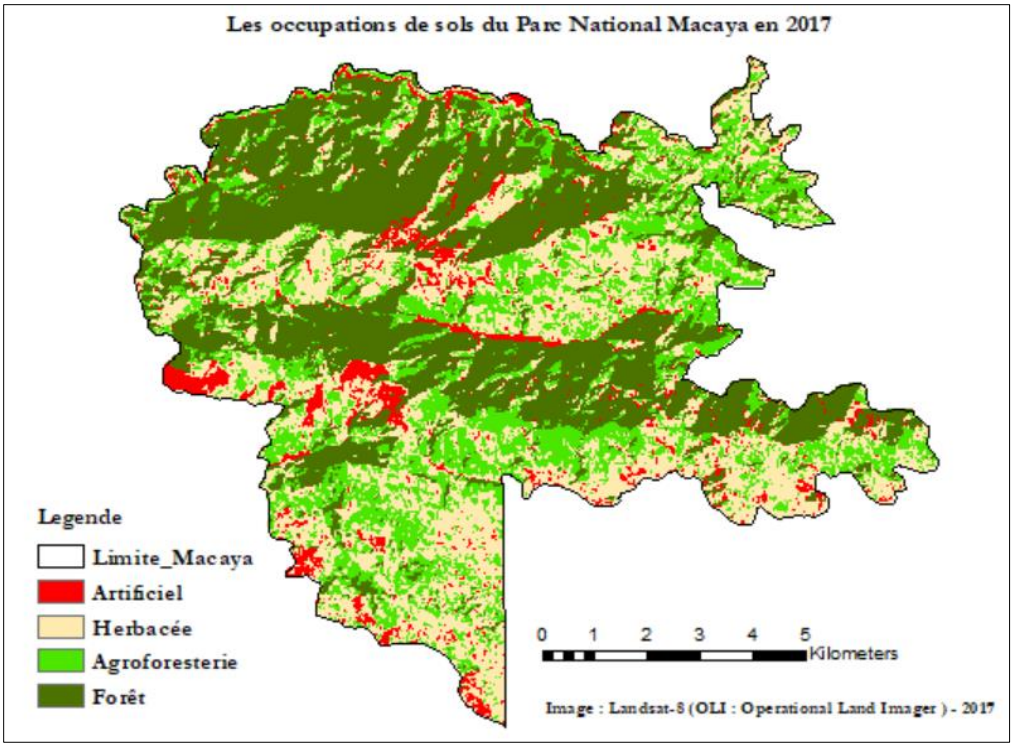
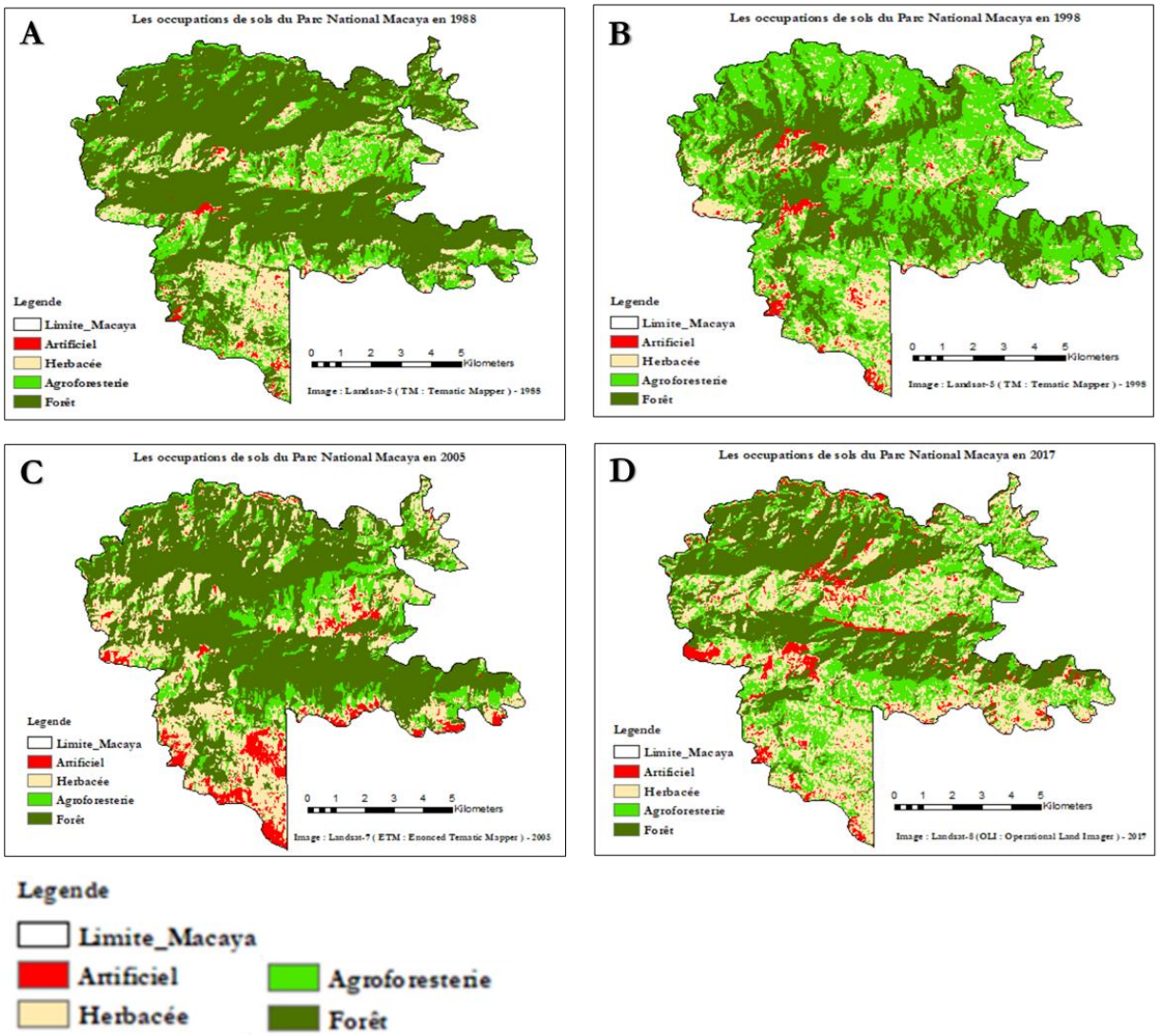


Figure 43 : Cartographie comparée des occupations du sol du PNNLV de 1988 à 2017



Selon la cartographie d'occupation de sol réalisée, en 1988 le Parc Macaya possédait une importante couverture en forêt (**A**). À ce moment-là, la dégradation forestière, la déforestation et en particulier l'artificialisation des terres étaient peu détectées. Cependant, la situation a été devenue très critique en 1998 où de manière assez perceptible la couverture forestière a été complétement reculée. Cette déperdition du couvert forestier se caractérise surtout par la mise en place d'une végétation de transition constituée essentiellement de défriches, des cultures ligneuses et d'agroforesterie. Selon ce que montre la carte de 1998 (**B**), les attaques de la forêt se font et débutent généralement dans les périphéries des peuplements forestiers avant d'en atteindre le fond. En 2005, la carte (**C**) révèle une importante amélioration de la couverture forestière avec cependant une plus forte accélération de la dégradation des terres qui se matérialise par l'artificialisation, c'est-à-dire des sols complétement

dépourvus de végétation. Au sein de cette catégorie, il convient surtout de mentionner l'existence des blocs urbains qui s'étalent au fur et à mesure, et ce de manière anarchique, dans l'environnement du Parc ; une situation qui tend à compliquer davantage la gestion de cette aire dite protégée. En 2017, la cartographie (**D**) permet de constater une rechute du couvert forestier avec toutefois une légère amélioration de la végétation au niveau des endroits dégradés. La dégradation forestière et la déforestation sont surtout observées au niveau des plateaux et de bas-fonds qui sont plus ou moins accessibles. Cependant, dans les endroits escarpés, les formations forestières sont relativement préservées de l'exploitation anarchique et abusive à cause de l'accès difficile. Pour cette raison, ces endroits, comme dans les autres cas, constituent les régions où les superficies de forêt demeurent assez stables. Les zones artificialisées sont moins importantes qu'en 2005, pourtant dans l'ensemble le recul du couvert forestier demeure plus élevé.

7.4.4 Présentation cartographique des occupations de sols du PN3B

Il s'agit ici de la présentation des résultats de la cartographique des occupations du sol du Parc National des Trois Baies (PN3B). Ce travail est le fruit d'un exercice de classification supervisée appliqué sur des images Landsat de 1987 (TM), 1997(TM), 2007(TM) et 2017 (OLI).

Figure 44 : Cartographie des occupations du sol du PN3B en 1987

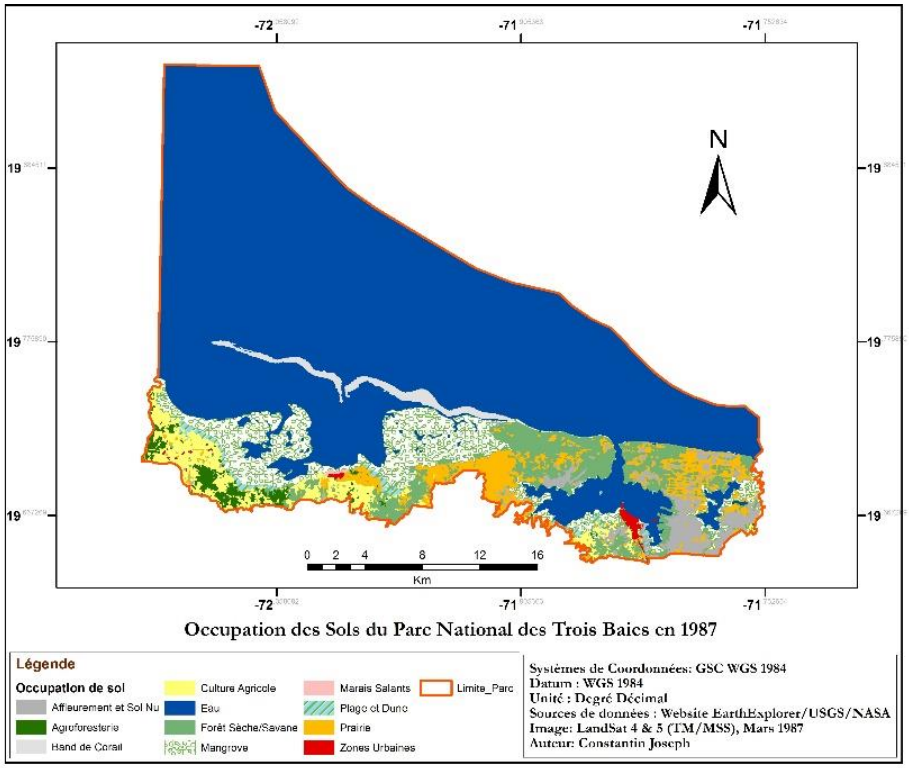


Figure 45 : Cartographie des occupations du sol du PN3B en 1997

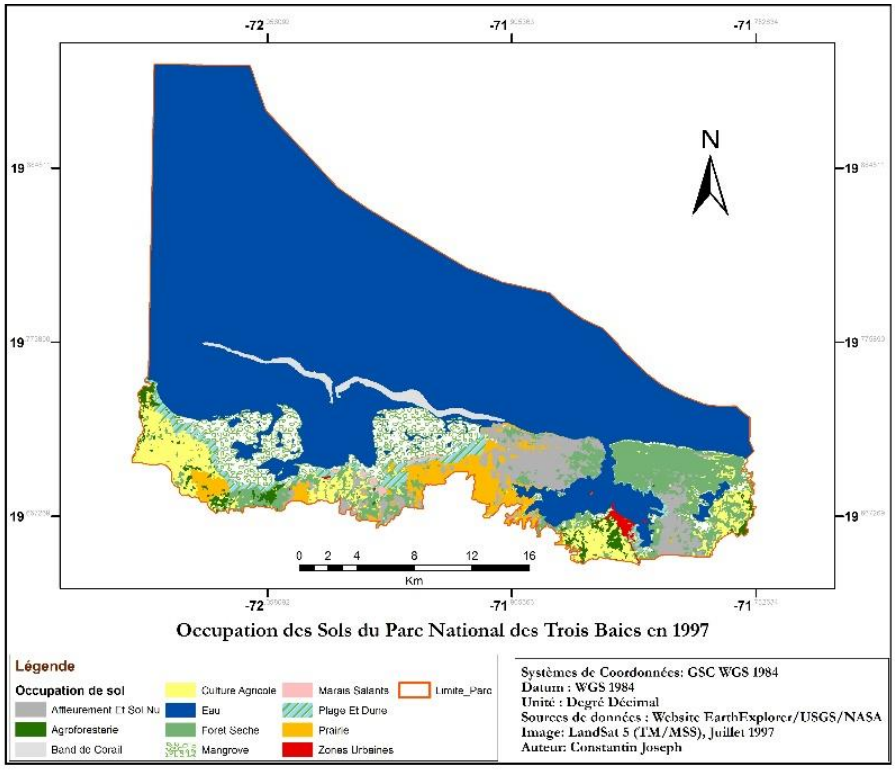


Figure 46 Cartographie des occupations du sol du PN3B en 2007

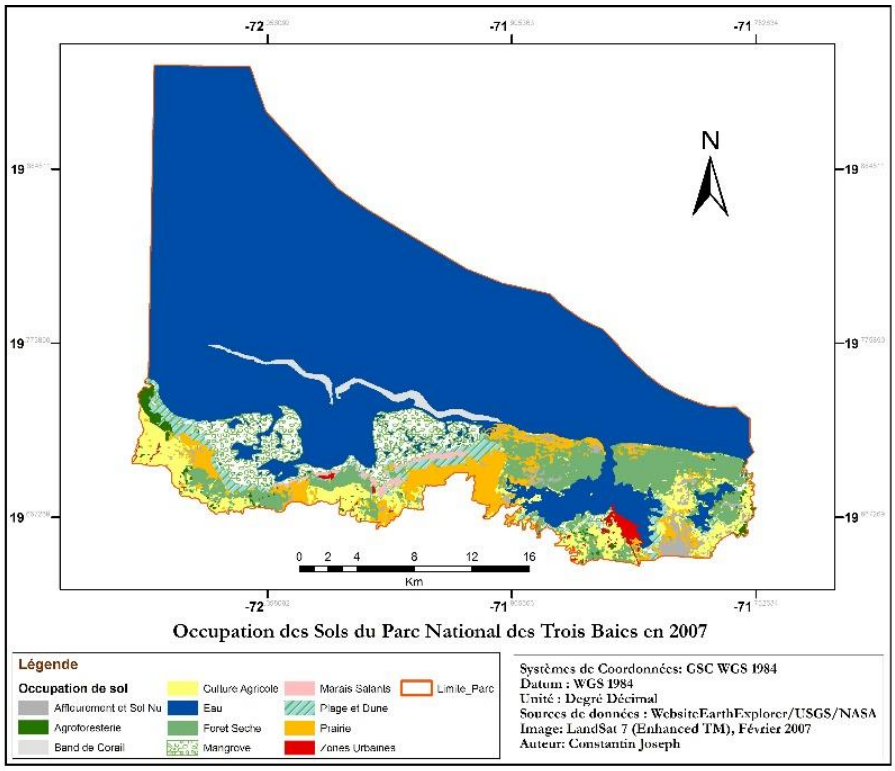


Figure 47 : Cartographie des occupations du sol du PN3B en 2017

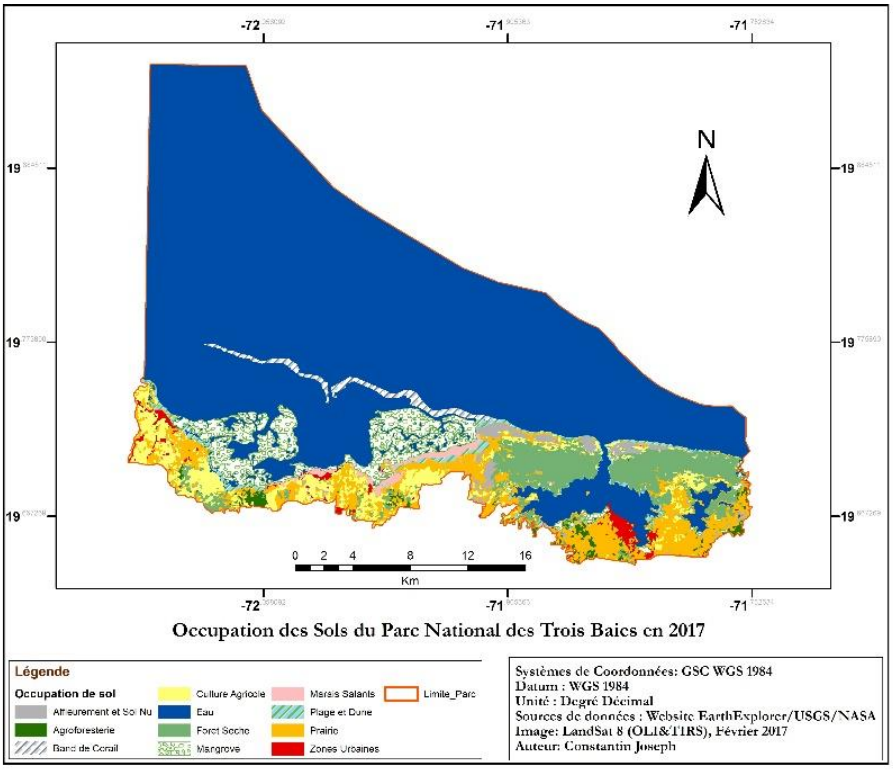
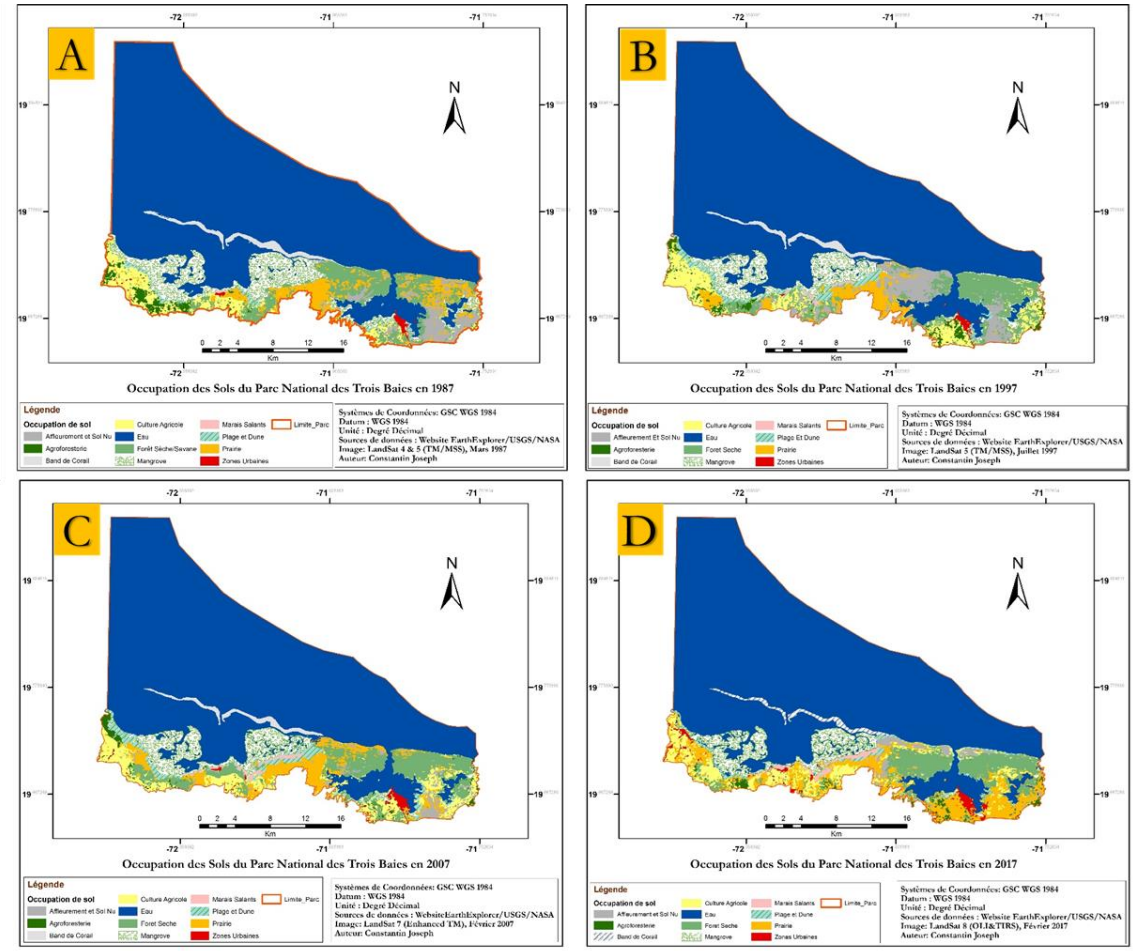


Figure 48 : Cartographie comparée des occupations du sol du PN3B) en 1987 à 2017



Cette cartographie présente de manière illustrée les différentes occupations des sols constituant l'aire circonscrite du PN3B dans le temps et dans l'espace. Pour ce faire, quatre dates de référence ont été sélectionnées (1987 ; 1997 ; 2007 ; 2017) et une classification en 11 classes (***cf. nomenclature adoptée dans le cas du PN3B***) a été réalisée pour chacune des dates de référence. Cela a permis de faire une comparaison multi-dates afin de déceler les changements opérés dans le paysage, notamment dans les espaces occupés par les mangroves. Situées entre la partie terrestre et marine du PN3B, la mangrove occupe la deuxième place après l'eau en termes de superficie. Viennent ensuite les forêts sèches, composées en grande partie de Cambron (A*cacia Farnesiana*), un arbuste très utilisé dans la fabrication

de charbon ou comme combustibles au niveau des ménages et aussi dans les blanchisseries et les boulangeries. En outre, il faut surtout signaler la présence des classes de pâturages/prairie, de culture agricole, de plages et dunes et des marais salant, faisant l'objet de compétition perpétuelle avec la mangrove pour l'occupation de l'espace. En fait, de 1987 à 2017, la forêt de mangrove maintient visuellement la même allure structurale (voir figure antérieure) pourtant, sur le plan quantitatif, une réduction considérable est bien constatée. Aussi, on observe une expansion significative des marais salants et de l'espace urbanisé au sein du PN3B. Les tableaux de données y étant relatifs permettent de mieux cerner et de mettre en exergue l'évolution des superficies et les changements qui s'y opèrent.

Globalement, bien que cela soit peu perceptible sur les différentes cartes (A, B, C & D) présentées dans la figure précédente, les peuplements de mangrove ont subi une réduction considérable au cours de ces trois dernières décennies. En fait, de 1987 à 1997, la superficie de mangrove a chuté de 1675,36 ha, soit 24,89 % de la superficie de référence. De 1997 à 2007 elle a perdu une superficie de 667,66 ha, représentant 15,22 % de la superficie de référence (1997). De 2007 à 2017 elle a décru de 296,83 ha, ce qui équivaut à un taux de 7,26 % de la couverture de référence (2007). Finalement, dans l'espace de 30 ans, la couverture de mangrove a régressé de 2639,85 ha, l'équivalent d'un taux de 39,22 %. Par conséquent, en considérant une simple régression linéaire de l'ordre de 88 ha par an, dans 46 ans les mangroves seront complètement détruites, si aucun effort n'est engagé pour les protéger voire les restaurer à l'urgence.

7.5 Evaluation et validation des classifications réalisées

La validation consiste en une confrontation statistique du résultat de classification des images traitées avec des données dites « vérité de terrain » par une analyse quantitative (Puissant, 2003).Pour y parvenir, on s'est servi d'une matrice de confusion qui permet de déterminer la proportion des objets bien classés et mal classés. Cet outil est conçu à partir de la vérité de terrain disposée en colonne et l'image classée en ligne. En d'autres mots, cette grille, appelée également « tableau de contingence », a permis d'examiner la qualité des résultats de la classification. Ainsi, elle permet de déterminer deux indices importants : la **précision globale** (exprimée en pourcentage) qui correspond à la proportion de pixels classés correctement (valeurs diagonales) pour l'ensemble de la classification et **l'indice Kappa** qui donnent une appréciation globale de la qualité des résultats d'extraction.

La précision globale (PG) exprime le rapport entre le nombre de pixels classifiés correctement et le nombre total de pixels examinés, alors :

PG= $\frac{\sum_{i=1}^{n} Xii}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} Kij}$ i est la catégorie (1, …, n) et j le pixel sondé (1, …, m) dans la catégorie et Xii représentent les pixels bien classés

L'indice Kappa est donc utilisé pour apprécier les similarités entre les résultats obtenus et ceux prévus (Agbanou, 2018). Il est déterminé à partir de la formule : **Kappa (K) = (Po – Pe) /1-Pe**

- ✓ **Po** est la proportion d'accord observée et est calculée de cette manière : **Po** = $\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{p} nii$
- ✓ **Pe** est la proportion d'accord espérée et est obtenue par cette formule : **Pe** = $\frac{1}{N2}\sum_{i=1}^{p} ni.n.i$

Ensuite pour évaluer la réussite et la précision de la classification pour chaque classe prise séparément, deux indices de performance sont utilisés : la précision de l'utilisateur (PU) dit « User Accuracy » et le la précision du producteur ou du réalisateur (PP) appelé « Producer Accuracy ».

- ✓ Précision de l'utilisateur : PU = $\frac{Xii}{\sum Li}$ Xii éléments de la diagonale et $\sum Li$ somme des éléments de la ligne
- ✓ Précision de production : PP = $\frac{Xii}{\sum Ci}$ Xii éléments de la diagonale et $\sum Li$ somme des éléments de la colonne

Il résulte de ces deux indices de performance deux indices d'erreurs : l'erreur de commission et l'erreur d'omission, respectivement.

- ✓ Erreur de Commission : EC = 100 - PU = 1 - $\frac{Xii}{\sum Li}$ * 100 en pourcentage (%)
- ✓ Erreur d'Omission : EO = 100 - PP = 1 - $\frac{Xii}{\sum Ci}$ * 100 en pourcentage (%)

La précision de l'utilisateur (PU)	Elle exprime la probabilité pour qu'un pixel bien classé dans la classification soit bien classé dans la vérité de terrain. Elle permet d'évaluer la précision d'une classe (Masse, 2013).
La précision du producteur (PP)	Elle est la probabilité pour qu'un pixel bien classé dans la vérité de terrain soit bien classé dans la classification. Elle permet d'évaluer le rappel d'une classe (Masse, 2013).
L'erreur de commission (EC)	Elle renseigne sur la proportion de pixels mal classés sur la somme totale des pixels d'une ligne (classification). Elle représente le taux de pixels assignés incorrectement à une classe mais qui appartiennent en fait à une autre classe (Duminil, 2007)

L'erreur d'omission (EO)	Elle indique la proportion de pixels mal classés sur la somme totale des pixels d'une colonne (vérités de terrain). Elle représente le taux de pixels incorrectement exclus d'une classe dans la classification par rapport aux vérités terrain (Puissant, 2003).

Se référant à la grille d'évaluation de Landis et Koch (1977) quand l'indice de Kappa est compris entre 0,81-1 (81-100 %) une classification est considérée comme excellente et peut être exploitée sans inquiétude à des fins décisionnelles. En outre, selon Pontius (2000), lorsque cet indice dépasse 75 %, les résultats peuvent être exploités et utilisés comme outils d'aide à la décision, notamment pour la gestion des ressources forestières (Agbanou, 2018; Rakotomalala, 2020).

7.5.1 Les matrices de confusion et l'évaluation de la précision des classifications

Dans cette rubrique, les matrices de transition permettent de procéder à l'évaluation de la qualité et de la précision des différentes opérations de classification réalisées pour chacun des sites d'études.

7.5.1.1 Les matrices de confusion relatives aux classifications de sols du PNNFP

Tableau 17 : Matrices de confusion relative à la classification du sol du PNNFP en 1986

		Vérité terrain (1986)						
		Artificiel	**Herbacée**	**Agroforesterie**	**Foret**	**Total**	**PU *(%)***	**EC *(%)***
Classification (1986)	**Artificiel**	26	1	0	0	27	**96,30**	**3,70**
	Herbacée	0	27	0	0	27	**100,00**	**0,00**
	Agroforesterie	0	0	27	0	27	**100,00**	**0,00**
	Foret	0	2	1	24	27	**88,89**	**11,11**
	Total	26	30	28	24	108	**Kappa = 0.95**	
	PR *(%)*	*100,00*	*90,00*	*96,43*	*100,00*		**PG = 0.94**	
	EO *(%)*	*0,00*	*10,00*	*3,57*	*0,00*			

Cette matrice révèle que 100 % des pixels assignés aux classes « herbacée » et « agroforesterie » sont classés parfaitement bien. La classe « Artificiel » indique une précision très élevée (96,30 %) pour l'utilisateur et une précision maximale (100 %pr) pour le producteur, et dans ce cas fait l'objet de très faibles erreurs. En ce qui a trait à la classe « forêt », 88,89 % de ses pixels sont correctement bien classés, et 11,11 % sont mal classés. La majeure partie de cette confusion résulte d'un choix erroné de certains pixels de la classe « herbacée ». En dépit de ce fait, la classification présente une précision globale de 94 % et un indice de Kappa de 95 %.

Tableau 18 : Matrices de confusion relative à la classification du sol du PNNFP en 1999

		Vérité terrain (1999)						
		Artificiel	**Herbacée**	**Agroforesterie**	**Foret**	**Total**	**PU *(%)***	**EC *(%)***
Classification (1999)	**Artificiel**	28	0	0	0	28	***100,00***	***0,00***
	Herbacée	0	28	0	0	28	***100,00***	***0,00***
	Agroforesterie	0	1	27	0	28	***96,43***	***3,57***
	Foret	0	0	0	28	28	***100,00***	***0,00***
	Total	28	29	27	28	112	**Kappa = 0.98**	
	PR *(%)*	*100,00*	*96,55*	*100,00*	*100,00*		**PG = 0.99**	
	EO *(%)*	*0,00*	*3,45*	*0,00*	*0,00*			

L'examen de cette matrice montre que les précisions de l'utilisateur et du producteur sont dans la majorité des cas optimales (100 %). Exception est faite aux classes « Agroforesterie » dont la précision de l'utilisateur est de 96,43 % et « Herbacée » pour laquelle la précisions du producteur est de 96,55 %, cependant les valeurs de ces indicateurs demeurent très élevées. En effet, l'unique confusion entachant cette classification est observée entre ces deux classes, ce qui sans doute est dû à leur ressemblance spectrale. Cela engendre une erreur de commission de 3,57 % et une erreur d'omission de 3,45 %. Toutefois, il ressort de cette classification une précision globale de 99 % et un indice de Kappa est de 98 %.

Tableau 19 : Matrices de confusion relative à la classification du sol du PNNFP en 2011

		Vérité terrain (2011)						
		Artificiel	**Herbacée**	**Agroforesterie**	**Foret**	**Total**	**PU *(%)***	**EC *(%)***
Classification (2011)	**Artificiel**	104	4	0	2	110	***94,55***	***5,45***
	Herbacée	2	108	0	0	110	***98,18***	***1,82***
	Agroforesterie	0	0	110	0	110	***100,00***	***0,00***
	Foret	0	0	0	110	110	***100,00***	***0,00***
	Total	106	112	110	112	440	**Kappa = 0.97**	
	PR *(%)*	*98,11*	*96,43*	*100,00*	*98,21*		**PG = 0.98**	
	EO *(%)*	*1,89*	*3,57*	*0,00*	*1,79*			

Cette matrice relève une précision d'utilisateur maximale pour les classes « agroforesterie » et « forêt ». Cela signifie que ces catégories sont à 100 % correctement bien classées. Cependant, pour les classes « Artificiel » et « Herbacée » il existe des confusions assez remarquables. L'erreur de commission la plus élevée (5,45 %) est attribuée à la classe « Artificiel » et l'erreur d'omission la plus grande (3,57 %) est indiqué pour la classe « Herbacée ». Les confusions les plus importantes sont observées entre « Artificiel » et « Herbacée ». Cela peut s'expliquer par le fait que les sols dégradés présentent souvent

les mêmes caractéristiques spectrales que les cultures basses et les espaces en jachère sur l'image. La précision globale dérivée de cette classification est de 98 % et l'indice de Kappa est de 97 %.

Tableau 20 : Matrices de confusion relative à la classification du sol du PNNFP en 2019

		Vérité terrain (2019)						
		Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Foret	Total	**PU *(%)***	**EC *(%)***
Classification (2019)	**Artificiel**	77	0	0	0	77	***100,00***	***0,00***
	Herbacée	0	68	9	0	77	***88,31***	***11,69***
	Agroforesterie	0	1	76	0	77	***98,70***	***1,30***
	Foret	1	1	0	75	77	***97,40***	***2,60***
	Total	78	70	85	75	308	**Kappa = 0.94**	
	PR *(%)*	*98,72*	*97,14*	*89,41*	*100,00*		**PG = 0.96**	
	EO *(%)*	*1,28*	*2,86*	*10,59*	*0,00*			

Dans le cas de cette matrice, on observe des confusions dont les plus importantes sont enregistrées entre les classes « herbacées » et « agroforesterie ». Cette confusion résulte de la ressemblance relative des éléments caractéristiques de ces classes sur le plan spectral. En dépit de ce fait, la précision globale de cette classification est de 96 % et son indice de Kappa est égal à 94 %.

Dans l'ensemble, les classifications relatives au PNNFP présentent des coefficients de Kappa dont les valeurs varient entre 94 % et 98 % et des précisions globales allant de 96 à 99 %. Dans ce cas, se référant à la grille de lecture et d'interprétation de Landis et Koch (1977), ces classifications donnent lieu à des accords excellents car les indices de Kappa sont compris entre 81 % et 100 %. En outre, ces derniers étant supérieur à 75 %, indiquent que les produits de ces classifications peuvent être exploités en toute quiétude comme outils d'aide à la décision selon Pontius(2000).

7.5.1.2 Les matrices de confusion relatives aux classifications de sols du PNNLV

Tableau 21 : Matrice de confusion relative à la classification du sol du PNNLV en 1986

		Vérité terrain (1986)						
		Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Foret	Total	**PU *(%)***	**EC *(%)***
Classification (1986)	**Artificiel**	21	0	0	0	21	***100,00***	***0,00***
	Herbacée	0	18	2	1	21	***85,71***	***14,29***
	Agroforesterie	0	1	20	0	21	***95,24***	***4,76***
	Foret	0	0	2	19	21	***90,48***	***9,52***
	Total	21	19	24	20	84	**Kappa = 0.99**	
	PR *(%)*	*100,00*	*94,74*	*83,33*	*95,00*		**PG = 0.93**	
	EO *(%)*	*0,00*	*5,26*	*16,67*	*5,00*			

Dans le cas de cette matrice, le niveau de confusion le plus élevé s'observe entre les classes herbacée et agroforesterie puis entre forêt et agroforesterie. Cela est dû au fait que la classe agroforesterie est une transition entre la forêt et la végétation herbacée, ce qui limite un peu le contraste de la signature spectrale sur laquelle est basée la classification. La précision globale de la classification est de l'ordre de 93 % et l'indice de Kappa est évalué à 93 %.

Tableau 22 : Matrice de confusion relative à la classification du sol du PNNLV en 1998

		Vérité terrain (1998)						
		Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Foret	Total	**PU *(%)***	**EC *(%)***
Classification *(1998)*	**Artificiel**	25	5	0	0	30	***83,33***	***16,67***
	Herbacée	3	26	1	0	30	***86,67***	***13,33***
	Agroforesterie	0	0	30	0	30	***100,00***	***0,00***
	Foret	0	0	2	28	30	***93,33***	***6,67***
	Total	28	31	33	28	120	**Kappa = 0.87**	
	PR *(%)*	*89,29*	*83,87*	*90,91*	*100,00*		**PG = 0.91**	
	EO *(%)*	*10,71*	*16,13*	*9,09*	*0,00*			

Au niveau de cette matrice, on observe une confusion relativement importante entre les classes « Artificiel » et « Herbacée ». Sachant que sur le plan spectral ces catégories d'occupation sont assez proches, la séparation spectrale parait peu évidente et délicate, ce qui augmente en effet la probabilité de confusion. Il existe aussi une certaine confusion entre « Forêt » et « Agroforesterie » à cause de leur proximité spectrale sur l'image également. Cela est surtout dû au fait que les jeunes plantations ont quasiment la même signature spectrale que les essences forestières. En dépit de ce fait, la classification réalisée présente une très bonne précision globale (91 %) et un excellent indice de Kappa (87%).

Tableau 23 : Matrice de confusion relative à la classification du sol du PNNLV en 2008

		Vérité terrain (2008)						
		Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Foret	Total	**PU *(%)***	**EC *(%)***
Classification (2005)	**Artificiel**	79	4	0	0	83	***95,18***	***4,82***
	Herbacée	1	77	5	0	83	***92,77***	***7,23***
	Agroforesterie	0	2	79	2	83	***95,18***	***4,82***
	Foret	0	1	2	80	83	***96,39***	***3,61***
	Total	80	84	86	82	332	**Kappa = 0.88**	
	PR *(%)*	*98,75*	*91,67*	*91,86*	*97,56*		**PG = 0.95**	
	EO *(%)*	*1,25*	*8,33*	*8,14*	*2,44*			

L'analyse des données fournies par cette matrice indique que la majorité des confusions est enregistrée entre les classes les plus proches sur le plan spectral. Les plus importantes sont enregistrées entre

« Herbacée » et « Agroforesterie » puis entre « Forêt » et « Agroforesterie ». Néanmoins, la classe « Forêt » qui nous intéresse le plus est la moins affectée par la confusion. Pour cette classe, la précision de l'utilisateur est évaluée à 96,39 % ce qui signifie que seulement 3,61 % des objets ont été mal classés. Le coefficient de Kappa de la classification est 88 % et sa précision globale est de 95 %.

Tableau 24 : Matrice de confusion relative à la classification du sol du PNNLV en 2018

		***Vérité terrain (*2018)**						
		Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Foret	Total	**PU *(%)***	**EC *(%)***
Classification (2018)	**Artificiel**	21	0	0	0	21	***100,00***	***0,00***
	Herbacée	0	18	2	1	21	***85,71***	***14,29***
	Agroforesterie	0	1	20	0	21	***95,24***	***4,76***
	Foret	0	0	2	19	21	***90,48***	***9,52***
	Total	21	19	24	20	84	**Kappa = 0.93**	
	PR *(%)*	*100,00*	*94,74*	*83,33*	*95,00*		**PG = 0.93**	
	EO *(%)*	*0,00*	*5,26*	*16,67*	*5,00*			

L'analyse des données ici indique que les confusions les plus importantes sont constatées entre les classes « herbacées » et agroforesterie. Dans ce cas, 14,29 % des pixels de la classe « Herbacée » lui sont incorrectement attribués et appartiennent en réalité à la classe « Agroforesterie ». Ensuite, 9,52 % des pixels assignée à la classe « Forêt » sont en réalité de la classe « Agroforesterie » également. Malgré tout, la précision globale et le coefficient de Kappa sont tous deux de 93 %. Dans tous les cas, les classifications relatives au site du PNNLV produit chacune une précision globale variant de 91 à 95 %.et un indice de Kappa se situant entre 88 % et 99 %. En effet, se référant à la grille de lecture et d'interprétation de Landis et Koch (1977), il s'agit en général d'excellentes classifications dont les produits peuvent être exploités sans problème et également utilisés comme outil d'aide à la décision (Pontius, 2000), en particulier dans le cas du suivi des écosystèmes forestiers (Rakotomalala, 2020).

7.5.1.3 Les matrices de confusion relatives aux classifications de sols du PNNM

Tableau 25 : Matrice de confusion relative à la classification du sol du PNNM en 1988

		Vérité terrain (1988)						
		Artificiel	**Herbacée**	**Agroforesterie**	**Foret**	**Total**	**PU (%)**	**EC (%)**
Classification (1988)	**Artificiel**	79	2	0	0	81	***97,53***	***2,47***
	Herbacée	4	75	2	0	81	***92,59***	***7,41***
	Agroforesterie	3	3	75	0	81	***92,59***	***7,41***
	Foret	0	0	0	81	81	***100,00***	***0,00***
	Total	86	80	77	81	324	**Kappa = 0.91**	
	PR (%)	*91,86*	*93,75*	*97,40*	*100,00*		**PG = 0.96**	
	EO (%)	*8,14*	*6,25*	*2,60*	*0,00*			

Cette matrice révèle que 100 % des pixels de la classe forêt ont été correctement classés et qu'aucune confusion n'a été perçue. La précision de l'utilisateur et du réalisateur est dans ce cas optimale (100%). En revanche, certaines confusions sont enregistrées au niveau des autres classes. La catégorie « Herbacée » accuse une erreur de commission de 7,41 % et une erreur d'omission de 6,25 %. La catégorie « Agroforesterie » est également imputée d'une erreur de commission de 7,41 % mais une erreur d'omission plus faible de 2,60 %. Cela signifie que 7,41 % des pixels attribués à ces deux classes sont des faux positifs. Aussi 97,53 % des pixels de la catégorie « Artificiel » sont convenablement classés tandis qu'elle est retranchée de 8,14 % (EO) de ses pixels.

Cette classification donne lieu en effet à une précision globale de 96 % et un coefficient Kappa de 91 %. Ce qui sous-entend une excellente classification

Tableau 26 : Matrice de confusion relative à la classification du sol du PNNM en 1998

		Vérité terrain (1998)						
		Artificiel	**Herbacée**	**Agroforesterie**	**Foret**	**Total**	***PU (%)***	***EC (%)***
Classification (1998)	**Artificiel**	91	3	0	0	94	*96,81*	*3,19*
	Herbacée	1	93	0	0	94	*98,94*	*1,06*
	Agroforesterie	0	0	94	0	94	*100,00*	*0,00*
	Foret	0	0	0	94	94	*100,00*	*0,00*
	Total	92	96	94	94	376	**Kappa = 0.98**	
	PR *(%)*	*98,91*	*96,88*	*100,00*	*100,00*		**PG = 0.99**	
	EO *(%)*	*1,09*	*3,13*	*0,00*	*0,00*			

Dans le cas de cette matrice les confusions les plus remarquables sont décelées entre les classes « artificiel » et « herbacées » où 3,19 % des éléments attribués à la classe « artificiel » sont de la catégorie « herbacées » selon la vérité terrain. Cela est dû probablement au fait que les sols dégradés et les milieux herbacés (cultures basses, jachères, pâturages etc.) sont très proches sur le plan spectral. En revanche, les données du tableau révèlent que les pixels des catégories « Forêt » et « Agroforesterie » sont conformément bien classées. Pour ces deux classe, les précisions de l'utilisateur et du producteur sont maximales (100 %), c.-à-d. elles ne font l'objet d'aucune confusion perceptible.

Enfin de compte, la précision globale et le coefficient de Kappa associés à cette classification sont respectivement de 99 % et 98 %. Ce qui prétend une classification de très bonne qualité.

Tableau 27 : Matrice de confusion relative à la classification du sol du PNNM en 2005

		Vérité terrain (2005)						
		Artificiel	**Herbacée**	**Agroforesterie**	**Foret**	**Total**	**PU *(%)***	**EC *(%)***
Classification (2005)	**Artificiel**	50	1	0	0	51	***98,04***	***1,96***
	Herbacée	0	50	0	1	51	***98,04***	***1,96***
	Agroforesterie	0	6	44	1	51	***86,27***	***13,73***
	Foret	0	0	0	51	51	***100,00***	***0,00***
	Total	50	57	44	53	204	**Kappa = 0.94**	
	PR (%)	*100,00*	*87,72*	*100,00*	*96,23*		**PG = 0.96**	
	EO (%)	*0,00*	*12,28*	*0,00*	*3,77*			

Selon les données de ce tableau, la catégorie la moins bien classée est celle de l'agroforesterie qui accuse une erreur de commission de 13,73 % alors que l'erreur d'omission est nulle. Parallèlement, la classe « Herbacée » est entachée d'une erreur de commission très faible (1,96 %) tandis qu'elle fait l'objet d'une erreur d'omission assez élevée (12,28 %). Concernant la classe « artificiel », elle est très bien classée car elle détient une précision très élevée (98,04 %) pour l'utilisateur et une précision maximale (100%) pour le producteur. Quant à la classe « Forêt », la totalité de ses pixels (100 %) est correctement classée, même s'il existe bien entendu une certaine omission (3,77 %) au profit des classes « Herbacée » et « Agroforesterie ». Globalement, cette classification accuse une précision globale de 96% et un indice de Kappa de 94 %.

Tableau 28 : Matrice de confusion relative à la classification du sol du PNNM en 2017

		Vérité terrain (2017)						
		Artificiel	**Herbacée**	**Agroforesterie**	**Foret**	**Total**	**PU *(%)***	**EC *(%)***
Classification (2017)	**Artificiel**	107	0	0	0	107	***100,00***	***0,00***
	Herbacée	0	107	0	0	107	***100,00***	***0,00***
	Agroforesterie	0	3	104	0	107	***97,20***	***2,80***
	Foret	0	0	0	107	107	***100,00***	***0,00***
	Total	107	110	104	107	428	**Kappa = 0.99**	
	PR *(%)*	*1,00*	*0,97*	*1,00*	*1,00*		**PG = 0.99**	
	EO *(%)*	*0,00*	*0,03*	*0,00*	*0,00*			

Cette matrice indique dans l'ensemble que pour cette classification les échantillons de classes ont été choisis correctement, à l'exception de la classe « Agroforesterie ». Il existe une petite confusion de l'ordre de 2,80 % entre cette classe et celle des herbacées. Il en ressort alors une classification dont le niveau de fiabilité est très élevé, où la précision globale et l'indice de Kappa sont de l'ordre de 99 %.

Globalement, les matrices de confusions relatives aux classifications de sols du PNNM indiquent pour chacune des dates un coefficient de Kappa supérieurs à 95 % et une précision globale variant entre 96 à 99 %. Il s'ensuit alors d'excellentes classifications selon la grille de lecture et d'interprétation de Landis & Koch (1977). De ce fait, on se permet de certifier que les données émanées de ces classifications sont très fiables et peuvent être utilisées sans inquiétudes dans les processus de planification du suivi et de la gestion des ressources forestières au niveau du parc Macaya.

Conclusion

En ce qui a trait aux trois sites terrestres, la majorité des cas de confusion existant sont observés entre les classes thématiques les plus proches dans la hiérarchie des classes. Cette situation résulte de la forte proximité spectrale de ces classes qui dans la plupart du temps rend difficile leur séparabilité et qui par conséquent donne lieu à état mitigé des différentes catégories d'occupations des sols. Toutefois, compte tenu du degré de précision élevé des différentes classifications globalement et de l'importance des coefficients de Kappa, les résultats obtenus peuvent être exploités hors de toute préoccupation.

7.5.1.4 Les matrices de confusion relatives aux classifications de sols du PN3B

Tableau 29 : Matrice de confusion relative à la classification du sol du PN3B en 1987

		Vérités de Terrain (1987)										
	Classe	**ASN**	**AGF**	**CLT**	**EMC**	**FTS**	**MGV**	**PRE**	**UBN**	**Total**	**PU**	**EC**
Classification	**ASN**	**111**	0	0	0	0	0	1	0	**112**	**0,99**	**0.01**
	AGF	0	**97**	6	0	9	0	0	0	**112**	**0,87**	**0.13**
	CLT	0	8	**99**	0	4	0	1	0	**112**	**0,88**	**0.12**
	EMC	0	0	0	**112**	0	0	0	0	**112**	**1,00**	**0.00**
	FTS	0	11	n	0	**91**	0	3	0	**112**	**0,81**	**0.19**
	MGV	0	0	0	0	2	**110**	0	0	**112**	**0,98**	**0.02**
	PRE	2	0	1	0	2	0	**107**	0	**112**	**0,96**	**0.04**
	UBN	3	0	0	0	0	0	0	**109**	**112**	**0,97**	**0.03**
	Total	**116**	**116**	**113**	**112**	**108**	**110**	**112**	**109**	**896**		
	PR	**0.96**	**0.84**	**0.88**	**1,00**	**0.84**	**1,00**	**0.96**	**1,00**	**PG = 0,93**		
	EO	**0.04**	**0.16**	**0.12**	**0.00**	**0.16**	**0.00**	**0.04**	**0.00**	**Kappa = 0,92**		

ASN = Affleurement et sol nu ; AGF = Agroforesterie ; CLT = Culture ; EMC = Eau marine et continentale ; FTS = Forêt sèche ; MGV = Mangrove ; PRE = Prairie et UBN= Urbain

Cette matrice de confusion indique que la classification de l'image de 1987 relative au PN3B est caractérisée par de très fortes précisions pour l'utilisateur (81-100 %) et également pour le producteur (84-100 %). En revanche, cela implique des erreurs de commission relativement faibles (0-19 %) et d'omission assez faibles (0-16 %). La confusion la plus élevée s'observe entre les classes « Forêt sèche » et « Agroforesterie ». La première est affectée d'une erreur de commission de 19 % (la plus élevée et

la seconde est passible à une erreur d'omission de 16 % (la plus forte). Sur le plan général, il découle de cette classification une précision globale de 93 % et un coefficient Kappa de 92 %.

Tableau 30 : Matrice de confusion relative à la classification du sol du PN3B en 1997

		Vérités de Terrain (1997)										
	Classe	**ASN**	**AGF**	**CLT**	**EMC**	**FTS**	**MGV**	**PRE**	**UBN**	**Total**	**PU**	**EC**
Classification	**ASN**	**82**	0	0	0	0	0	6	0	**88**	**0,93**	**0,07**
	AGF	0	**83**	3	0	0	2	0	0	**88**	**0,94**	**0,06**
	CLT	0	7	**64**	0	17	0	0	0	**88**	**0,73**	**0,27**
	EMC	0	0	0	**88**	0	0	0	0	88	**1,00**	**0,00**
	FTS	1	0	7	0	**80**	0	0	0	**88**	**0,91**	**0,09**
	MGV	0	5	0	0	0	**83**	0	0	**88**	**0,94**	**0,06**
	PRE	2	0	0	0	0	0	**86**	0	**88**	**0,98**	**0,02**
	UBN	0	0	0	0	0	0	0	**88**	**88**	**1,00**	**0,00**
	Total	**85**	**95**	**74**	**88**	**97**	**85**	**92**	**88**	**704**		
	PR	**0.96**	**0.87**	**0.86**	**1,00**	**0.82**	**0.98**	**0.93**	**1,00**	**PG= 0,93**		
	EO	**0,04**	**0,13**	**0,14**	**0,00**	**0,18**	**0,02**	**0,07**	**0,00**	**Kappa = 0,92**		

Cette matrice de confusion concerne la classification de l'image de 1897 portant sur le PN3B. Elle indique des précisions importantes autant pour l'utilisateur (73-100 %) que pour le producteur (82-100 %). Par conséquent, cela donne lieu à de faibles erreurs de commission (0-27 %) et d'omission (0-18 %). La plus importante confusion est enregistrée entre les classes « Culture » et « Forêt sèche ». En effet, la classe « Culture » est entachée de l'erreur de commission la plus forte (27 %) et la catégorie « Forêt sèche » de l'erreur d'omission la plus élevée (18 %). Les catégories les plus correctement classées sont les surfaces en eau et l'urbain dont la précision de l'utilisateur est maximale et l'erreur de commission est nulle. La précision globale générée à partir de cette matrice est de 93 % et le coefficient Kappa est de 92 %.

Tableau 31: Matrice de confusion relative à la classification du sol du PN3B en 2007

		Vérités de Terrain (2007)										
	Classe	**ASN**	**AGF**	**CLT**	**EMC**	**FTS**	**MGV**	**PRE**	**UBN**	**Total**	**PU**	**EC**
Classification	**ASN**	**95**	0	0	0	0	0	0	0	**95**	**1,00**	**0,00**
	AGF	0	**90**	4	0	1	0	0	0	**95**	**0,95**	**0,05**
	CLT	0	1	**87**	0	5	1	1	0	**95**	**0,92**	**0,08**
	EMC	0	0	0	**95**	0	0	0	0	**95**	**1,00**	**0,00**
	FTS	0	2	4	0	**89**	0	0	0	**95**	**0,94**	**0,06**
	MGV	0	0	0	0	0	**95**	0	0	**95**	**1,00**	**0,00**
	PRE	2	0	0	0	1	0	**92**	0	**95**	**0,97**	**0,03**
	UBN	2	0	0	0	0	0	0	**93**	**95**	**0,98**	**0,02**
	Total	**99**	**93**	**95**	**95**	**96**	**96**	**93**	**93**	**760**		
	PR	**0.96**	**0.97**	**0.92**	**1,00**	**0.93**	**0.99**	**0.99**	**1,00**	**PG = 0,97**		
	EO	**0,04**	**0,03**	**0,08**	**0,00**	**0,07**	**0,01**	**0,01**	**0,00**	**Kappa = 0,96**		

Concernant la classification réalisée sur l'image de 2007 couvrant le PN3B, la matrice de confusion présente de très fortes valeurs pour les précisions de l'utilisateur (92-100 %) et du producteur (92-100

%). Il en ressort de très faibles erreurs de commission (0-8 %) et d'omission (0-8 %). Les erreurs de de commission et d'omission les plus élevées (8 %) reviennent à la classe « Culture » suivie de la catégorie « Forêt sèche » dont l'erreur de commission est 6 % et l'erreur d'omission est de 7 %. Dans le cas présent, la confusion la plus importante identifiée concerne les classes « Culture » et « Forêt sèche ». Les plus correctement classées sont les affleurements et sols nus, les eaux et la mangrove pour lesquelles la précision de l'utilisateur est maximale (100 %) et l'erreur de commission est nulle. Cette matrice révèle une précision globale de 97 % et un coefficient Kappa est de 96 %.

Tableau 32 : Matrice de confusion relative à la classification du sol du PN3B en 2017

		Vérités de Terrain (2017)										
	Classe	**ASN**	**AGF**	**CLT**	**EMC**	**FTS**	**MGV**	**PRE**	**UBN**	**Total**	**PU**	**EC**
Classification	**ASN**	**122**	0	0	0	0	0	4	0	**126**	**0,97**	0,03
	AGF	0	**123**	0	0	0	0	3	0	**126**	**0,98**	0,02
	CLT	0	0	**108**	0	5	0	12	1	**126**	**0,86**	**0,14**
	EMC	0	0	0	**126**	0	0	0	0	**126**	**1,00**	0,00
	FTS	0	1	0	0	**123**	0	2	0	**126**	**1,00**	**0,00**
	MGV	0	0	0	0	0	**126**	0	0	**126**	**1,00**	0,00
	PRE	1	12	14	0	14	0	**85**	0	**126**	**0,67**	0,33
	UBN	3	0	0	0	0	0	0	**123**	**126**	**0,98**	0,02
	Total	**126**	**136**	**122**	**126**	**142**	**126**	**106**	**124**	**1008**		
	PR	**0,97**	**0,90**	**0,89**	**1,00**	**0,87**	**1,00**	**0,80**	**0,99**	**PG = 0,93**		
	EO	**0,03**	**0,10**	**0,11**	**0,00**	**0,13**	**0,00**	**0,20**	**0,01**	**Kappa = 0,92**		

Dans le cas de la classification de l'image de 2017 relative au PN3B, la matrice de confusion révèle des précisions élevées pour l'utilisateur (86-100 %) et aussi pour le producteur (87-100 %), à l'exception de la classe « Prairie » à laquelle sont attribuées une précision de 67 % pour l'utilisateur pour une erreur de commission de 33 % et une précision de 80 % pour le producteur induisant une erreur d'omission de 20 %. En effet, cette classe correspond à celle dont la confusion est plus élevée dans la classification. Selon ce que révèle la matrice, les catégories les mieux classées dans cette classification sont les forêts sèches et la mangrove auxquelles sont assignées une précision maximale (100 %) pour l'utilisateur, même si bien entendu la classe forêt sèche est affectée d'une erreur d'omission significative de 13 %. Il en résulte de manière générale une précision globale de 93 % et un coefficient Kappa est de 92 %.

Dans l'ensemble, les matrices de confusions relatives aux classifications de sols du PN3B pour les différentes dates indiquent des coefficients de Kappa compris entre 0,92 et 0,96 et des précisions globales variant entre 0,93 à 0,97. Il s'agit alors d'excellentes classifications selon la grille de lecture et d'interprétation de Landis & Koch (1977). Fort de cela, on se permet de déclarer que les données émanées de ces classifications sont assez fiables et peuvent être utilisées sans problème dans les processus de planification du suivi et de la gestion de la mangrove au niveau du PN3B.

7.6 Dynamique des occupations de sols au niveau des sites d'étude

A travers cette section, il convient de procéder à l'examen et à l'analyse de la variation des superficies des différentes catégories d'occupation du sol considérées par la recherche. Dans ce cas, les différents sites faisant l'objet de l'étude seront analysés un à un et de période en période. Il s'agit en l'occurrence des Parcs naturels nationaux de Forêt des pins (PNNFDP), de La visite (PNNLV) et de Macaya (PNNM) comme étant des sites terrestres et du Parc national des trois baies (PN3B) qui est plutôt un site côtier et marin. A savoir que chacun de ces sites, en plus de se localiser dans des positions géographiques et des conditions topographiques et microclimatiques différentes, présentent des configurations, des structures spatiales et des composantes écosystémiques différentes.

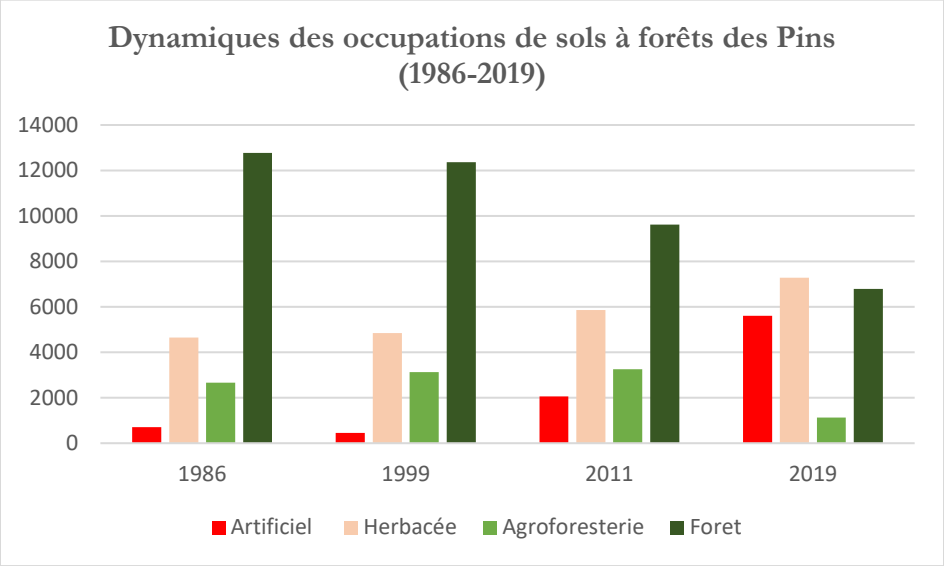
7.6.1 Evolution des occupations de sol à Forêt des Pins de 1986 à 2019

Tableau 33 : Evolution spatiotemporelle des occupations de sols au PNNFP (1986-2019)

Occupations \Date	1986		1999		2011		2019	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Artificiel	709,01	3,41	449,00	2,16	2062,96	9,92	5605,30	26,96
Herbacée	4640,99	22,32	4852,14	23,34	5861,24	28,19	7275,56	34,99
Agroforesterie	2667,80	12,83	3131,28	15,06	3252,60	15,64	1126,81	5,42
Foret	12774,00	61,44	12359,40	59,44	9615,05	46,24	6784,17	32,63
Total	**20791,80**	**100,00**	**20791,82**	**100,00**	**20791,85**	**100,00**	**20791,84**	**100,00**

Ce tableau présente l'évolution des différentes occupations de sol au niveau de Pins de 1986 à 2019. Alors que les autres occupations de sol tendent à prendre de l'ampleur en surface, en parallèle les superficies de forestières continuent de régresser de période en période. Ainsi, de 1986 à 2019 on note, d'une manière générale, une régression considérable des formations forestières et une augmentation des superficies des formations anthropisées. De 1986 à 1999, les transformations ont été moins importantes que les périodes respectives de 1999-2011 et de 2011-2019. Cela sous-tend que la vitesse d'expansion des surfaces anthropisées à partir de la dégradation forestière /déforestation devient de plus en plus importante avec le temps. Ces changements se font de façon différentiée au niveau de chaque catégorie d'occupation du sol, mais l'essentiel à remarquer est que les superficies forestières font l'objet d'une diminution progressive mais aussi considérable au profit des autres occupations de sol.

Figure 49 : Dynamiques des occupations de sols à forêts des Pins de 1986 à 2019



7.6.2 Evolution des occupations de sols à La Viste de 1986 à 2018

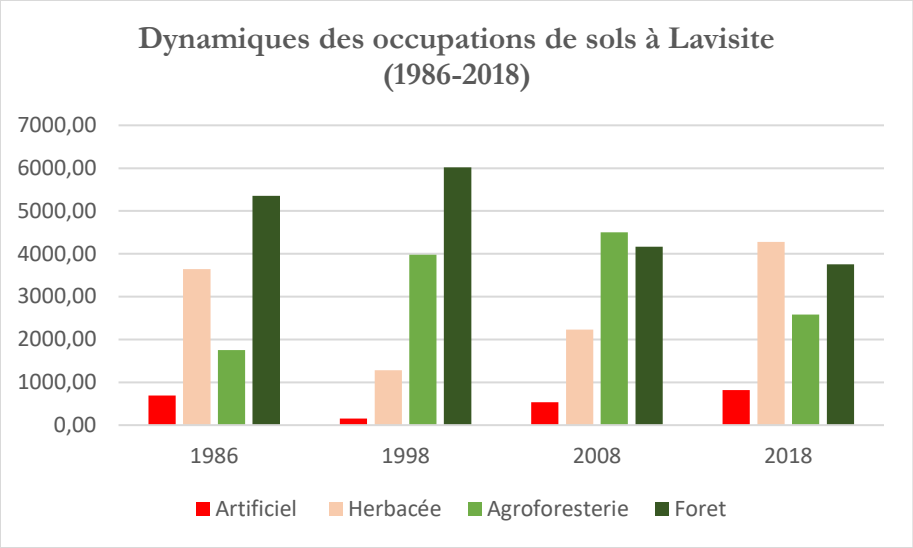
Tableau 34 : Evolution spatiotemporelle des occupations de sols du PNNLV (1986-2018)

Occupations \Date	1986		1998		2008		2018	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Artificiel	690,17	6,04	153,51	1,34	533,75	4,67	821,53	7,18
Herbacée	3640,99	31,84	1285,51	11,24	2230,37	19,51	4276,70	37,40
Agroforesterie	1750,00	15,31	3977,77	34,79	4504,82	39,40	2579,33	22,56
Foret	5352,89	46,82	6017,25	52,63	4165,10	36,43	3756,48	32,85
Total	**11434,05**	**100,00**	**11434,04**	**100,00**	**11434,04**	**100,00**	**11434,04**	**100,00**

Dans le cas du Parc naturel national de Forêt des pins, les occupations de sols montrent une tendance alternée de progression et de régression. De 1986 à 1998, les superficies de forêt ont augmenté en passant de 5352,89 ha à 6017,25 ha, ce qui a constitué une nette amélioration de la couverture forestière au niveau du Parc. Pourtant de 1998 à 2008 et de 2008 à 2018 la tendance a été inversée, où ce sont les autres occupations, notamment les surfaces herbacées et les milieux artificiels, qui ont pu gagner en étendue. Les catégories d'herbacée et d'artificiel ont subi un recul de 1986 à 1998 et ont commencé s'étendre progressivement et davantage de 1998 à 2008 puis de 2008 à 2018. Quant aux surfaces agroforestières, elles ont beaucoup évolué de 1986 à 1998 et de 1998 à 2008 avant de connaitre une nette régression entre 2008 et 2018.

Cependant, dans l'ensemble, une diminution considérable de la couverture forestière est constatée avec une augmentation de toutes les autres occupations. De 1986 à 2018, la forêt passe de 5352,89 ha à 3756,48 ha alors que les superficies des autres classes d'occupation ont augmenté (figure 39).

Figure 50 : Dynamique des occupations de sols à La Visite de 1986 à 2018



7.6.3 Evolution des occupations de sols Macaya de 1988 à 2017

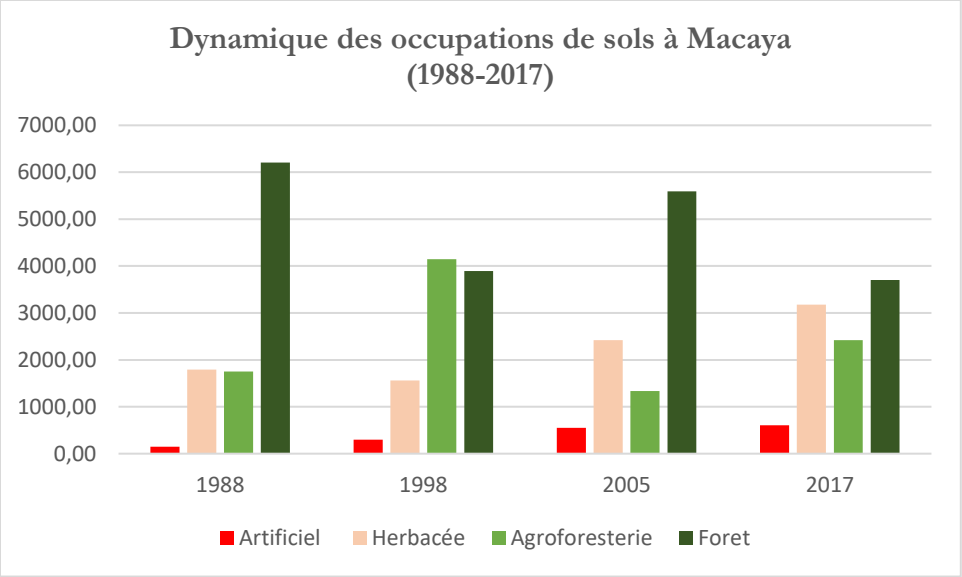
Tableau 35 : Evolution spatiotemporelle des occupations de sols au PNNM (1988-2017)

Occupations \Date	1988		1998		2005		2017	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Artificiel	145,06	1,47	298,63	3,02	554,00	5,60	606,89	6,13
Herbacée	1794,95	18,13	1562,38	15,78	2418,00	24,42	3177,15	32,09
Agroforesterie	1753,82	17,71	4144,49	41,86	1338,00	13,51	2416,61	24,41
Foret	6207,78	62,69	3896,12	39,35	5592,00	56,48	3700,97	37,38
Total	**9901,61**	**100,00**	**9901,62**	**100,00**	**9901,61**	**100,00**	**9901,62**	**100,00**

Au niveau du Parc Naturel National Macaya (PNNM), la dynamique spatiotemporelle des différentes classes d'occupation de sol présente une allure un peu particulière entre 1988 et 2017. Pour ce qui concerne la couverture forestière, elle présente une tendance fluctuante où la régression et la progression se succèdent en alternance de période en période. De 1988 à 1998, elle est passée de 6207,78 ha à 3896,12 ha, ce qui correspond à une régression 37,24 % (2311,66 ha) de la superficie initiale. Cependant, de 1998 à 2005, elle a connu une progression appréciable en passant de 3896,12 ha à 5592,00 ha. Puis de 2005 à 2017 elle a rechuté en passant à 3700,97 ha. Au final, dans l'ensemble des trois périodes c'est une régression de la couverture forestière qui a été constatée. En d'autres mots,

la dynamique forestière a été fortement influencée par celle des systèmes agroforestiers. Quant aux surfaces agroforestières, elle montre une tendance inverse de celle de la forêt. Entre 1988 et 1998, elles sont passées de 1753,82 ha à 4144,49 ha, ce qui représente un progrès de 2390,67 ha (136,31 %). Ensuite de 1998 à 2005 elles ont régressé 2806,49 ha avant de connaitre un nouveau progrès de 2005 à 2017, en passant de 1338,00 ha à 2416,61 ha (**1078,61 ha de gain**). A propos des autres occupations (Artificiel et Herbacée), elles ont évolué progressivement en superficie de période en période (figure 40).

Figure 51 : Dynamique des occupations de sols à Macaya de 1988 à 2017



7.6.4 Evolution des occupations de sols au niveau de PN3B 1987 à 2017

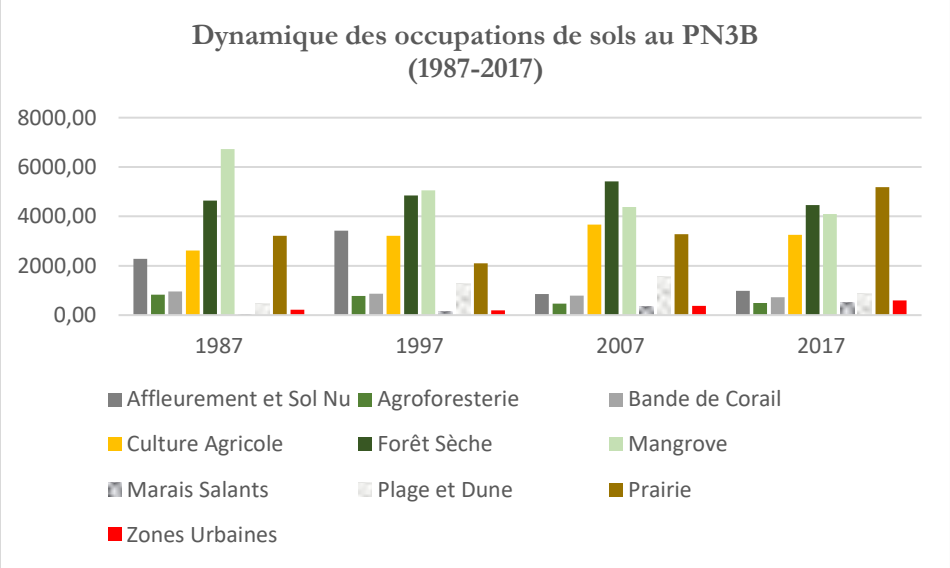
Tableau 36 : Evolution spatiotemporelle des occupations de sols au PN3B (1987-2017)

Occupations \Date	1987		1997		2007		2017	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Affl. & Sol Nu	2275,10	3,02	3427,20	4,55	857,73	1,14	983,22	1,30
Agroforesterie	832,72	1,10	779,23	1,03	459,79	0,61	486,95	0,65
Bande de Corail	953,06	1,26	870,89	1,15	788,45	1,05	725,94	0,96
Culture Agricole	2615,23	3,47	3212,50	4,26	3667,11	4,86	3258,30	4,32
Eau	53414,30	70,84	53512,30	70,97	54233,60	71,92	54208,40	71,89
Forêt Sèche	4642,51	6,16	4845,25	6,43	5421,85	7,19	4462,61	5,92
Mangrove	6729,70	8,92	5054,34	6,70	4386,68	5,82	4089,85	5,42
Marais Salants	33,20	0,04	139,09	0,18	363,99	0,48	519,19	0,69
Plage et Dune	475,54	0,63	1275,00	1,69	1576,06	2,09	881,05	1,17
Prairie	3210,75	4,26	2099,50	2,78	3281,24	4,35	5190,95	6,88

Occupations \Date	1987		1997		2007		2017	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Zones Urbaines	223,47	0,30	190,21	0,25	369,04	0,49	599,12	0,79
Total	**75405,57**	**100,00**	**75405,51**	**100,00**	**75405,54**	**100,00**	**75405,58**	**100,00**

Les catégories qui nous intéressent le plus dans cette dynamique d'occupation du sol sont d'abord la couverture de mangrove et celles dont l'évolution entretient des relations d'interdépendance avec cette végétation, en l'occurrence les surfaces en eau, la forêt sèche (sclérophylle), les marais salants, les plages et dunes, et les zones urbaines. De 1987 à 1997, la superficie de mangrove est passée de 6729,7 ha (8,92 % de la superficies totale) à 5054,34 ha (6,70 %), ce qui correspond à une chute de 1675,36 ha, soit 24,89 % de la superficie de référence. De 1997 à 2007, la couverture de mangrove elle a perdu une superficie de 667,66 ha en passant de 5054,34 ha (6,7%) à 4386,68 ha (5,82%), ce qui représente 15,22 % de la superficie de référence. De 2007 à 2017 elle a continué à décroitre en passant de 4386,68 ha (5,82% de l'aire totale) à 4089,85 ha (5,42%), ce qui équivaut à une réduction de 296,83 ha, soit un taux de 7,26 % de la couverture de référence. Au total, en l'espace de 30 ans, la couverture de mangrove a connu une régression de 2639,85 ha pour un taux de 39,22 % de la superficie initiale. Il s'agit une perte énorme et en effet une situation très alarmante à laquelle il faut absolument remédier si on veut assister à la survie cet habitat combien important tant pour les espèces côtières et marines que pour les espèces terrestres. Cette dynamique a été influencée en particulier par les marais salants, les plages et dunes, et les zones urbaines dont la dynamique a connu beaucoup d'extension au cours de ces trois périodes (figure 48).

Figure 52 : Dynamique des occupations de sols au PN3B de 1987 à 2017



7.7 Les matrices de changement relatives aux sites d'étude

Le croisement et l'intersection des données d'occupation du sol des différentes dates considérées a permis d'obtenir les matrices de transition. Ces dernières permettent de déterminer les différents changements opérés au niveau de chaque catégorie d'occupation du sol au cours d'une période donnée et pour chacun des sites étudiés.

7.7.1 Matrice de changement des occupations de sols du PNNFP (1986-2019)

Tableau 37 : Matrice de changement des occupations de sol du PNNFP de 1986 à 1999

Classe	Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Foret
Artificiel	**119,40**	413,28	136,40	39,94
Herbacée	228,38	**2252,03**	247,14	**1913,44**
Agroforesterie	32,02	**621,95**	**1982,47**	31,36
Foret	69,20	**1564,88**	**765,27**	**10374,70**

Au cours de la période (**1986-1999**), la conversion de forêt dans les unités du Parc de Forêt des Pins se fait en prédominance par l'établissement des espaces d'herbacée (**1564,88 ha**) et ensuite par la mise en place des parcelles d'agroforesterie (**765,27 ha**). Parallèlement, une superficie considérable des milieux herbacés (**1913,44 ha**) se modifie en forêt. En outre, une bonne portion d'agroforesterie se transforme en herbacée (**621,95 ha**). Ensuite, il y a forte possibilité que cette dernière soit reconvertie en agroforesterie ou en forêt, ou dans le pire des *scenarii* se progresse vers une dégradation irréversible.

Tableau 38 : Matrice de changement des occupations de sol du PNNFP de 1999 à 2011

Classe	Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Foret
Artificiel	**207,99**	202,06	21,17	17,78
Herbacée	**888,04**	**2846,53**	**652,87**	**464,70**
Agroforesterie	147,49	389,46	**2412,01**	182,32
Foret	**819,44**	**2423,20**	166,55	**8950,25**

A travers cette période (**1999-2011**), les superficies forestières dans les unités du Parc de Forêt des Pins sont prioritairement colonisées par des zones des Herbacée (**2423,2 ha**) suivi de l'établissement espaces artificialisés (**819,44 ha**). Il existe toutefois, une progression de la couverture forestière qui se fait à partir de la conversion des surfaces d'Herbacée (**464,7 ha**). Une proportion appréciable des espaces herbacés est également convertie en zones d'agroforesterie (**652,866 ha**). Dans le présent cas, la superficie de forêt qui se transforme en Agroforesterie (**166,546**) parait assez négligeable, tandis qu'une bonne partie des milieux herbacés est transformée en zones artificialisées (**888,044 ha**).

Tableau 39 : Matrice de changement des occupations de sol du PNNFP de 2011 à 2019

Classe	Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Foret
Artificiel	**1165,23**	807,33	68,80	21,60
Herbacée	**2279,10**	**3031,85**	174,91	**375,39**
Agroforesterie	180,28	2072,75	**816,53**	**183,04**
Foret	**1980,69**	**1363,64**	66,58	**6204,14**

Au cours de la présente période **(2011-2019)**, la perte de la couverture forestière au sein des unités du Parc de Forêt des Pins est prioritairement occasionnée par l'artificialisation de l'espace forestier (**1980,69 ha**), suivi par l'établissement des zones des Herbacée (**1363,64 ha**). En parallèle, une amélioration relative du couvert forestier est observée à partir d'un changement des zones d'Herbacée (**375,386 ha**) suivi des espaces agroforestiers (**183,043 ha**). En sus, une quantité considérable de la superficie de végétation herbacée se transforme en milieux artificialisés (**2279,100 ha**).

Conclusion

Un élément essentiel à signaler est que dans l'ensemble des trois cas, il y a une tendance progressive de la végétation herbacée à être transformée en milieux artificialisés. En effet, la dynamique de la dégradation de l'espace suit une démarche, où dans un premier temps les forêts sont abattues pour se remplacer par les espaces agricoles. Ensuite ces derniers vont se transformer en zones d'Herbacée qui dans la majeure partie du temps vont se livrer à l'artificialisation si aucune action de protection n'est mise en œuvre ou si l'espace ne fait jamais l'objet de repos.

7.7.2 Matrice de changement des occupations de sol de La Visite (1986-2018)

Tableau 40 : Matrice de changement des occupations de sol du PNNLV de 1986 à 1998

Classe	Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Foret
Artificiel	**44,98**	248,32	231,17	165,70
Herbacée	85,10	**818,37**	**1843,49**	**894,04**
Agroforesterie	15,37	103,05	**1248,56**	383,02
Foret	8,05	115,78	**654,56**	**4574,50**

Au niveau de cette periode là **(1986-1998**), la perte de la couverture forestiere se fait en majeure partie au bénéfice de l'établissement des zones d'agroforesterie (**654,56 ha)**. Cependant, une nette amelioration est constatée au niveau des zones d'Herbacée (**894,04 ha)** puis des espaces agroforestiers (**383,02 ha**) qui se transforment en forêt, les pins étant des espèces à forte capacité de regenération

surtout lorsque l'espace n'est pas perturbé. En outre, une forte transformation des Herbacée en Agroforesterie est aussi observée (**1843,49 ha**).

Tableau 41 : Matrice de changement des occupations de sol du PNNLV de 1998 à 2008

Classe	Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Foret
Artificiel	**66,03**	63,59	22,51	1,38
Herbacée	223,48	**595,79**	**426,85**	39,40
Agroforesterie	211,57	**1234,79**	**2160,18**	**371,23**
Foret	32,67	**336,20**	**1895,29**	**3753,09**

Pendant la période de **1998 à 2008**, il y a une forte prédominance de la perte de forêt au profit de l'établissement de l'agroforesterie (**1895,29 ha**) et une portion significative (**336,20 ha**) qui se transforme en Herbacées (cultures basses, jachères et pâturages). Néanmoins une amélioration relative de la superficie forestière (**371,23 ha**) est constatée suite à la conversion des surfaces agroforestières. Aussi, il y a lieu de constater qu'une superficie considérable d'agroforesterie est transformée en végétation herbacée (**1234,79 ha**).

Tableau 42 : Matrice de changement des occupations du PNNLV de 2008 à 2018

Classe	Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Foret
Artificiel	**271,99**	245,48	13,68	2,61
Herbacée	**441,28**	**1526,40**	201,88	60,81
Agroforesterie	106,93	**2234,93**	**1617,45**	545,51
Foret	1,33	269,89	**746,32**	**3147,55**

Au cours de cette période **(2008-2018)**, la perte de forêt au niveau du Parc La visite se fait à partir de l'installation des espaces agroforestiers (**746,32 ha**), mais en parallèle on constate une amélioration de la couverture forestière au dépend des espaces d'agroforesterie (**545,51 ha**). Aussi, il existe une importante conversion des systèmes agroforestiers (**2234,93 ha)** et une partie non négligeable des forêts (**269,89 ha**) en Herbacées, ce qui sous-entend une prédisposition à l'artificialisation des sols.

Conclusion

Ce qui est important de constater dans tous les cas de figure, c'est qu'il n'y a presque pas de conversion directe des forêts en zones artificialisées. Cela prétend que l'artificialisation est censée être le résultat d'un processus de la dégradation des forêts qui passe par la mise en place des zones d'agroforesterie qui se transforme en végétation herbacée avant d'être poussivement artificialisées.

7.7.3 Matrice de changement des occupations de sol de Macaya (1988-2017)

Tableau 43 : Matrice de changement des occupations du PNNM de 1988 à 1998

Classe	Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Foret
Artificiel	61,61	57,76	10,07	15,62
Herbacée	120,58	786,27	**574,25**	**313,85**
Agroforesterie	25,68	**323,62**	1011,92	**392,62**
Foret	90,76	**394,73**	**2548,25**	3174,03

A travers cette période (**1988-1998**), la perte de forêt au niveau du Parc Macaya est prédominée par la mise en place des parcelles d'agroforesterie (**2548,25 ha** contre **3174,03 ha** de forêt). Toutefois, une récupération ou amelioration assez sensible de la superficie forestière est observée au dépend des zones d'agroforesterie (**392,616 ha**) et des Herbacées (**313,849 ha**). Il est aussi important de signaler qu'une portion non négligeable d'agroforesterie (**323,62 ha**) et de forêt (**394,732 ha)** est convertie en végétation herbacée ; ce qui est susceptible d'évoluer vers l'artificialisation avec le temps.

Tableau 44 : Matrice de changement des occupations de sol du PNNM de 1998 à 2005

Classe	Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Foret
Artificiel	115,16	133,92	6,59	42,96
Herbacée	**328,76**	**889,76**	136,00	207,86
Agroforesterie	93,81	**1007,03**	956,49	**2087,17**
Forêt	16,01	**387,10**	**238,77**	3254,00

Au cours de cette période **(1998-2005)**, les plus importants changements survenus au niveau des superficies forestières au sein du Parc Macaya ont eu lieu au profit des zones formées de végétations de type herbacé (**387,10 ha**), puis des zones d'agroforesterie (**238,77 ha**). Parallèlement, il y a des superficies importantes de couvertures agroforestières qui sont transformées d'une part en herbacées (**1007,03 ha)** puis d'autre part qui sont reconverties en forêts (**2087,17 ha),**

Tableau 45 : Matrice de changement des occupations de sol du PNNM de 2005 à 2017

Classe	Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Foret
Artificiel	131,19	345,28	66,01	11,25
Herbacée	162,41	1294,50	**716,91**	243,98
Agroforesterie	44,75	**527,79**	730,52	34,80
Foret	268,54	**1009,58**	**903,17**	3410,94

Au cours de cette période **(2005-2017),** la destruction des espaces forestiers au niveau du parc Macaya se fait principalement par la mise en place des zones de végétations herbacées telles que les cultures basses, les prairies et des milieux inexploités (**1009,6 ha**) et les zones d'agroforesterie et de hautes cultures (**903,2 ha**). Par ailleurs, une transformation expressive des herbacées en zones d'agroforesterie (**716,91 ha)** puis en forêts (**243,98 ha**) est également constatée. Aussi, des espaces artificialisés sont reconverties en zones de végétations herbacées (**345,28 ha**) au cours de cette période, ce qui signifie une amélioration de la végétation au niveau de ce site.

Conclusion

La dynamique d'évolution de la couverture forestière pour l'ensemble des trois périodes se caractérise essentiellement par la transformation des superficies recouvertes d'essences forestières en d'autres formes d'occupations de sols notamment à travers la mise en place des systèmes agroforestiers et des zones de végétations d'herbacée assez considérables. Il en résulte que le processus d'artificialisation de la couverture forestière s'est fait de manière progressive au fil des années. Toutefois, en dépit de cette tendance régressive, les efforts consentis au niveau de cet espace ont permis la récupération d'importantes surfaces forestières au détriment des zones d'agroforesterie et des herbacées.

7.7.4 Analyse des changements d'occupation de sol au niveau du PN3B

Pour mettre en évidence les changements temporels relatifs à la mangrove du PN3B, des matrices de transition sont utilisées. Pour ce faire, les superficies de mangrove de chaque année de référence sont intersectées aux différentes occupations des sols identifiées de la prochaine années étudiées (1987-1997 ; 1997-2007 ; 2007-2017) afin d'en déduire la conversion en chacune des autres classes. Cet artifice permet de détecter la dynamique de changement des mangroves en d'autres occupations de sols pour chaque période (décennie) envisagée. Cela permet aussi de comprendre l'évolution (recul ou progrès) de la couverture de mangrove et sa répartition spatiotemporelle en interaction avec d'autres types d'occupation de l'espace observée. Dans le présent cas l'analyse se fait sur trois (3) période dix (10) ans, donc en trente ans (30) et la transition de la forêt de mangrove en d'autres occupations du Sol est étudiée en Hectare et en %.

a) Matrice de transition 1987-1997 relative à la mangrove du PN3B

OS	ASN	AGF	CLT	EMC	FTS	MGV	PRE	UBN	ASN	AGF
MGV	73,16	89,32	227,36	286,29	246,34	4658,33	62,11	791,83	272,58	22,38
%	1,09	1,33	3,38	4,25	3,66	69,22	0,92	11,77	4,05	0,33

Cette matrice de transition permet de constater que, de 1987 à 1997, la végétation de mangrove du PN3B est passée d'une superficie de 6729,7 ha à une superficie de 5054,34 ha. Cette perte de couverture induite est estimée à 1675,36 ha, soit 24,89 % de la superficie de départ en dix ans, elle est redistribuée à tous les autres types d'occupation du sol avec une forte transformation en « plage et dune », soit une surface de 791,83 ha due possiblement aux aménagements humains. Vient ensuite la classe « prairie » (272,58 ha) composée en majeure partie par le Cambon (*Acacia farnesiana*), espèce xérophile très envahissante (Kramer, et al., 2016).

b) Matrice de transition 1997-2007 relative à la mangrove du PN3B

OS	ASN	AGF	CLT	EMC	FTS	MGV	PRE	UBN	ASN	AGF
MGV	3,69	17,75	63,66	582,65	34,51	4070,36	54,17	214,37	9,81	3,38
%	0,07	0,35	1,26	11,53	0,68	80,53	1,07	4,24	0,19	0,07

Dans le cas de la deuxième décennie (1997-2007), la matrice de transition révèle que la végétation de mangrove, bien que ce soit de manière un peu plus modérée par rapport à la décennie antérieure, continue de régresser. Elle est passée en effet de 5054,34 ha à 4386,68 ha, ce qui donne lieu à un déficit de 667,66 ha de mangrove, l'équivalent d'un taux de 15,22 % de la superficie de référence. Comme le montre ce tableau de conversion, cette perte se traduit par une transformation de la couverture de mangrove en différentes autres occupations de sols, où les surfaces en eau en détiennent la part la plus importante. Cette dynamique qu'une pression accélérée, en grande partie anthropique, est exercée sur cette ressource naturelle.

c) Matrice de transition 2007-2017 relative à la mangrove du PN3B

OS	ASN	AGF	CLT	EMC	FTS	MGV	PRE	UBN	ASN	AGF
MGV	19,97	0,09	18,12	174,58	8,32	3963,29	26,03	24,51	146,64	5,13
%	0,46	0,00	0,41	3,98	0,19	90,35	0,59	0,56	3,34	0,12

Cette matrice de transition relative à la décennie de 2007-2017 permet de constater une diminution considérable de la vitesse de dégradation de la mangrove, même si la régression de cet écosystème se poursuit. Au cours de cette décennie, les mangroves, en passant de 4386,68 à 4089,85 ha, ont perdu une superficie de 296,83 ha, soit un taux de 7,26 % de la superficie de départ (2007). La majorité de cette perte, au même titre que la décennie antérieure, se fait au profit à la classe « Eau ». Cela peut s'expliquer au fait que l'espace une fois délibéré de la végétation de mangrove laisse la place à l'eau de

proximité. Toute conversion confondue, la perte totale en mangrove au cours de cette dernière décennie (2007-2017) est estimée 7,77 %.

Les deux derniers cas révèlent une forte conversion de superficies de mangrove en eau de mer. Cette situation est le plus souvent engendrée par les hausses du niveau de la mer et des inondations assez fréquentes dans les zones côtières (Yann & Pham, 2015) considérées comme des conséquences manifestes des phénomènes hydrométéorologiques majeurs dans le monde (GIEC, 2014). Ces derniers sont la manifestation des changements climatiques engendrés principalement par les activités humaines (GIEC, 2014). Une part signifiante des surfaces est aussi transformée en « marais salants », aménagements anthropiques en évolution croissante.

7.8 Vitesse et taux d'évolution des catégories d'occupations de sols

Les tableaux suivants permettent de mettre à nu la vitesse d'évolution ou de changement des unités d'occupation de sols, le taux d'évolution des catégories d'occupation de sol et le taux moyens annuels d'expansion spatiale (T). La vitesse de changement renseigne sur le rythme de variation (extension ou régression en ha/an) des unités d'occupation des terres sur un site donné pour une période déterminé. Le taux d'évolution des catégories d'occupation du sol exprime la dynamique de chaque catégorie d'occupation par rapport à la superficie de départ (initiale) pendant une période donnée (en %), et le taux moyen annuel d'expansion spatiale désigne la proportion de changement de chaque catégorie d'occupation du sol par an.

7.8.1 Vitesse et taux d'évolution des catégories d'occupations de sols au niveau du PNNFP (1986-2019)

Tableau 46 : Vitesse et taux d'évolution des occupations de sols du PNNFP (1986-2019)

Périodes d'études (PNNFP)					1986 -1999		1999 - 2011		2011-2019		1986-2019
Classe	**1986**	**1999**	**2011**	**2019**	V (ha/an)	Taux	V(ha/an)	Taux	V(ha/an)	Taux	TMA
Artificiel	709,014	449,00	2062,96	5605,3	-20,00	-36,67	134,50	**359,46**	442,79	**171,71**	6,27
Herbacée	4640,99	4852,14	5861,24	7275,56	16,24	0,35	84,09	20,80	176,79	24,13	1,36
Agroforesterie	2667,8	3131,28	3252,6	1126,81	35,65	1,34	10,11	3,87	-265,72	-65,36	-2,61
Forêt	12774	12359,40	9615,05	6784,17	**-31,89**	**-0,25**	**-228,70**	**-22,20**	**-353,86**	**-29,44**	**-1,92**

V = Vitesse et TMA = Taux moyen annuel (%)

Les données présentées à travers ce tableau laissent entrevoir des changements considérables par rapport au rythme et au taux d'évolution des différentes classes d'occupations de sols. Ce qui nous intéresse le plus dans le cadre de cette étude est la dynamique forestière, cependant l'accent est aussi mis sur les autres catégories compte tenu de l'interdépendance de leurs variations spatiales avec la forêt. Pendant la première période (1986 -1999), hormis la catégorie « Artificiel » qui a reculé selon une vitesse de 20 ha/an et un taux de 36,67%, les autres catégories n'ont fait que progresser au frais des superficies forestières. Au cours des périodes de 1999 – 2011 et de 2011-2019, toutes les catégories ont

tous évolué à un rythme d'extension croissant, sauf la forêt. Entre temps, il est important de signaler qu'au cours de ces deux dernières périodes les vitesses et les taux de progression de la classe « Artificiel » ne faisaient que s'intensifier et multiplier et dépassent de loin le rythme d'évolution des autres occupations de sols ; une tendance qui laisse planer beaucoup d'inquiétude pour la survie de la forêt au niveau de ce Parc. Quant à la forêt, elle a connu une régression grandissante de période en période. Au cours de la première période (**1986 -1999**) la vitesse de régression était de 31,89 ha/an pour un taux de 0,25 %, puis elle est passée à 228,70 ha/an correspondant à un taux de 22,20 % entre 1999 et 2011 ensuite à 353,86 ha/an équivalant à un taux de 29,44 %. Finalement, le taux moyen annuel du recul forestier (déforestation) pour l'ensemble des trois périodes (1986-2019) est de 1,92 % /an au niveau du **PNNFP**. Ce chiffre ne représente pas grande chose en termes de pourcentage (sur le plan relatif) mais contient une importance significative en termes de quantité (sur le plan absolu). Ainsi, dans le cas où cette accélération de la déforestation constatée pendant les 33 ans étudiés persiste, dans environ 20 ans la totalité de la forêt de ce parc sera disparue.

7.8.2 Vitesse et taux d'évolution des catégories d'occupations de sols au niveau du PNNLV (1986-2018)

Tableau 47 : Vitesse et taux d'évolution des occupations de sols du PNNLV (1986-2018)

Périodes d'études (PNNLV)					1986 - 1998		1998 - 2008		2008 - 2018		1986 - 2018
Classe	**1986**	**1998**	**2008**	**2018**	V (ha/an)	Taux	V(ha/an)	Taux	V(ha/an)	Taux	TMA
Artificiel	690,17	153,51	533,75	821,53	-44,72	-77,76	38,02	247,70	28,78	53,92	0,53
Herbacée	3640,99	1285,51	2230,37	4276,70	-196,29	-64,69	94,49	73,50	204,63	91,75	0,49
Agroforesterie	1750,00	3977,77	4504,82	2579,33	185,65	127,30	52,71	13,25	-192,55	-42,74	1,18
Forêt	5352,89	6017,25	4165,10	3756,48	**55,36**	**12,41**	**-185,22**	**-30,78**	**-40,86**	**-9,81**	**-1,07**

V = Vitesse et TMA = Taux moyen annuel (%)

Ce tableau renseigne sur la dynamique et les tendances d'évolution des différentes catégories d'occupations des sols au niveau du parc national La Visite entre 1986 à 2018. Selon les données indiquées dans ce tableau, la catégorie « Forêt » a montré une tendance à la hausse au cours de la période de 1986 à 1998 caractérisée par une vitesse de progression de 55,36 ha/an et un taux d'extension de 12,41 %. Au cours de cette période-là, alors que les catégories « Artificiel » et « Herbacée » ont reculé, les catégories « Agroforesterie »et « Forêt » ont gagné en surface. Au cours des deux

périodes subséquentes on assiste plutôt à une tendance inversée. La période de 1998-1008 est marquée par une vitesse de recul très importante (-185,22 ha/an) et un taux de régression considérable (-30,78 %), tandis que les autres catégories n'ont fait que progresser. Pour la période de 2008 – 2018, la catégories « Forêt » a continué à régresser, mais cette fois avec une vitesse (-40,86 ha/an) et un taux (-9,81) de régression plus fable que la période précédente. Aussi, pour cette période on assiste à une régression de la catégorie « Agroforesterie » caractérisée par une vitesse et un taux de -40,86 ha/an et de -9,81 % respectivement, contrairement aux périodes antérieures. Pourtant, les catégories « Artificiel » et « Herbacée » continuent de de progresser en vitesse et en proportion. En fin de compte, le taux moyen annuel de régression de la forêt (déforestation) pour l'ensemble des trois périodes, c.-à-d. de 1986 à 2018 (32 ans) au niveau du PNNLV correspond à 1,07 % l'an. Dans ces conditions, si aucun effort n'est entrepris pour freiner ce rythme de déforestation, dans 60 ans la forêt de ce Parc sera complètement dévastée.

7.8.3 Vitesse et taux d'évolution des catégories d'occupations de sols au niveau du PNNM (1988-2017)

Tableau 48 : Vitesse et taux d'évolution des occupations de sols du PNNM (1988-2017)

Périodes d'études (PNNM)					1988 - 1998		1998 - 2005		2005 -2017		1988 - 2017
Classe	**1988**	**1998**	**2005**	**2017**	V (ha/an)	Taux	V(ha/an)	Taux	V(ha/an)	Taux	TMA
Artificiel	145,06	298,63	554,00	606,89	15,36	105,86	36,48	85,52	4,41	9,55	4,34
Herbacée	1794,95	1562,38	2418,00	3177,15	-23,26	-12,96	122,23	54,76	63,26	31,40	1,73
Agroforesterie	1753,82	4144,49	1338,00	2416,61	239,07	136,31	-400,93	-67,72	89,88	80,61	0,97
Forêt	6207,78	3896,12	5592,00	3700,97	**-231,17**	**-37,24**	**242,27**	**43,53**	**-157,59**	**-33,82**	**-1,57**

V = Vitesse et TMA = Taux moyen annuel (%)

De 1988 à 2017, le paysage du parc national Macaya a subi des changements significatifs traduits en grande partie par la dégradation et la déforestation. Au cours de la première période (1988 - 1998) la superficie forestière a reculé à un rythme de 231,17 ha par année, ce qui donne lieu à un taux de régression de 37,24 % pour la période. Parallèlement, la catégorie « Agroforesterie » a connu une vitesse et un taux d'extension extraordinaires de 239,07 ha/an et de 136,31 % respectivement. Cela sous-tend que la chute de la couverture forestière s'opère en majorité au profit de l'étalement des systèmes agroforestiers.

Cependant, la période de 1998 à 2005 a été plutôt marquée par une forte amélioration de la couverture forestière suivant une vitesse de récupération de 242,27 ha de forêt chaque année pour un taux de progression périodique de 43,53 %. A l'opposé on assiste à une énorme vitesse (400,93 ha/an) et un taux important (67,72 %) de régression de la catégorie « Agroforesterie », contrairement à la première période.

Subséquemment, pendant la période de 2005 à 2017 une rechute considérable de la couverture forestière va être constatée à partir d'une vitesse de 157,59 ha par année dérivée d'un taux de 33,82 %. Et à nouveau, la catégorie « Agroforesterie » a commencé à reprendre de l'ampleur en acquérant une vitesse de 89,88 ha/an pour un taux périodique de 80,61 %. A travers cette période, uniquement la forêt a subi une régression, lorsque les autres catégories ne font que prendre de l'ampleur.

Dans l'ensemble des trois périodes étendues sur 29 années, le taux moyen annuel de la déforestation est estimé à 1,57%. Cela prétend en effet que dans moins de 35 ans le parc (PNNM) aura perdu la totalité de ses écosystèmes forestiers, dans le cas où aucune disposition n'est prise pour enrayer cette dynamique. Au cours de ces trois périodes, ce qui retient l'attention le plus est le jeu alterné « progression -régression » et « régression-progression » entre les catégories « forêt » et « Agroforesterie ». Ainsi, il est à signaler qu'à chaque que la superficie de l'une augmente celle de l'autre diminue et vice versa. Fort de ce constat il convient de retenir qu'il existe une forte corrélation entre la dynamique forestière et celle de la catégorie « Agroforesterie » au niveau du PNNM.

7.8.4 Vitesse et taux d'évolution des catégories d'occupations de sols au niveau du PN3B (1987-2017)

Tableau 49 : Vitesse et taux d'évolution des occupations de sols du PN3B (1987-2017)

Périodes d'études (PN3B)					**1987-1997**		**1997-2007**		**2007-2017**		**1987-2017**
Classes	**1987**	**1997**	**2007**	**2017**	V (ha/an)	Taux	V(ha/an)	Taux	V(ha/an)	Taux	TMA
Affl & Sol Nu	2275,10	3427,20	857,73	983,22	115,21	50,64	-256,95	-74,97	12,55	14,63	-2,80
Agroforesterie	832,72	779,23	459,79	486,95	-5,35	-6,42	-31,94	-40,99	2,72	5,91	-1,79
Bande de Corail	953,06	870,89	788,45	725,94	-8,22	-8,62	-8,24	-9,47	-6,25	-7,93	-0,91
Culture Agricole	2615,23	3212,50	3667,11	3258,30	59,73	22,84	45,46	14,15	-40,88	-11,15	0,73
Eau	53414,30	53512,30	54233,60	54208,40	9,80	0,18	72,13	1,35	-2,52	-0,05	0,05

Périodes d'études (PN3B)					1987-1997		1997-2007		2007-2017		1987-2017
Classes	**1987**	**1997**	**2007**	**2017**	V (ha/an)	Taux	V(ha/an)	Taux	V(ha/an)	Taux	TMA
Forêt Sèche	4642,51	4845,25	5421,85	4462,61	20,27	4,37	57,66	11,90	-95,92	-17,69	-0,13
Mangrove	6729,70	5054,34	4386,68	4089,85	-167,54	-24,90	-66,77	-13,21	-29,68	-6,77	-1,66
Marais Salants	33,20	139,09	363,99	519,19	10,59	318,95	22,49	161,69	15,52	42,64	9,17
Plage et Dune	475,54	1275,00	1576,06	881,05	79,95	168,12	30,11	23,61	-69,50	-44,10	2,06
Prairie	3210,75	2099,50	3281,24	5190,95	-111,13	-34,61	118,17	56,29	190,97	58,20	1,60
Zones Urbaines	223,47	190,21	369,04	599,12	-3,33	-14,88	17,88	94,02	23,01	62,34	3,29

V = Vitesse et TMA = Taux moyen annuel (%)

En ce qui a trait au Parc des Trois Baies (PN3B), la première période a été surtout caractérisée par une vitesse de déclin de 167,54 ha/an pour un taux décennal de 24,90 %. Pendant ce temps, la catégorie « Plage et Dune » progresse considérablement suivant une vitesse de 79,95 ha/an pour un taux 168,12 %, ainsi que la classe « Marais Salants » s'étalant à une vitesse de 10,59 ha/an associée à un taux de 318,95 %. Entre temps, l'étalement urbain a connu une légère régression définie par une vitesse de 3,33 ha/an pour un taux 14,88 %. La deuxième période (1997-2007) a été également marquée par une régression de la mangrove, mais cette fois à un rythme relativement plus faible en référence à la première période avec une vitesse de 66,77 ha/an et un taux 13,21 %. A ce moment, la catégorie « Plage et Dune » a eu une vitesse (30,11 ha/an) et un taux (23,61%) de progression plus faible que la période précédente. Tandis que la classe « Marais Salants » a continué à prendre de l'ampleur avec une vitesse de 22,49 ha/ an et un taux de 161,69 %. En outre, les installations urbaines ont commencé à connaitre de l'expansion en acquérant une vitesse de 17,88 ha/an et un taux de 94,02 %. Au cours de la troisième période (2007-2017), la végétation de mangrove n'a pas cessé de régresser, mais à un rythme un petit peu décéléré. Cette régression est déterminée alors par une vitesse de 29,68 ha/an et un taux de 6,77 %. Pour cette période-là, le rythme d'extension de la catégorie « Marais Salants » a également décéléré en atteignant une vitesse de 15,52 ha/an pour un taux décennal de 42,64 %. Aussi, la catégorie « Plage et Dune » a connu une nette régression en passant à une vitesse de 69,50 ha/an et un taux de 44,10 %.

Sur l'ensemble des trois périodes portant sur 30 ans, la mangrove a connu un taux moyen annuel de régression de 1,66 % contre ceux de progression de 9,17 % pour les « Marais Salants », de 2,06 % pour la « Plage et Dune » et de 3,29 % pour l'urbain. A noter qu'uniquement ces classes ont été prises en compte en raison du fait qu'elles ont des relations directes avec la dynamique de la mangrove. Finalement, le taux moyen annuel de régression de la mangrove (1,66 %) enregistré et ceux de progression des autres occupations de sols laisse augurer que le PN3B perdra complétement sa végétation de mangrove dans environ 30 ans, si aucune mesure n'est mise en place pour enrayer ce phénomène.

7.9 Bilan de conversion de surfaces de forêt au niveau des sites d'étude

Il s'agit ici de dresser un bilan (perte & gain) de la dynamique de la couverture forestière au niveau de chacun des sites étudiés, d'abord de période en période et ensuite sur le cycle complet de l'étude. A travers ce bilan, il y a lieu de déterminer dans un premier temps la perte de forêt due à sa conversion en d'autres occupations de sol et en second lieu la récupération de surfaces forestières générée par la reconversion des autres occupations de sol identifiées.

7.9.1 Bilan de conversion de superficies de forêt au niveau de Forêt des Pins

Tableau 50 : Bilan 1986-1999 de la dynamique forestière du PNNFP

Classe	Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Total
Perte	69,20	**1564,88**	**765,27**	**2399,35**
Récupération	39,94	**1913,44**	31,36	**1984,74**
Bilan	**-29,26**	**348,56**	**-733,90**	**-414,61**

Au cours de la première période (1986-1999), le Parc de Forêt des Pins (PNNFDP) a connu une perte considérable en ce qui a trait à la couverture forestière (**2399,35 ha**). Cette perte résulte en grande partie d'une conversion en catégorie d'herbacées (**1564,88 ha**), constituée pour la plupart de cultures basses, de jachères et de pâturages. Ensuite une bonne partie de cette surface est convertie en agroforesterie. En revanche, une superficie assez importante de forêt est également récupérée (**1984,74 ha**) à partir notamment de la transition des surfaces colonisées par les herbacées (**1913,44 ha**) représentant 96 % de ce gain. Toutefois un bilan négatif est quand même observé selon l'analyse des données obtenues. Cela montre en effet qu'en dépit des efforts entrepris pour améliorer la couverture forestière au niveau de ce Parc, il n'en demeure pas moins qu'elle fait objet d'un recul perceptible.

Tableau 51 : Bilan 1999-2011 de la dynamique forestière du PNNFP

Classe	Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Total
Perte	**819,44**	**2423,20**	166,55	**3409,19**
Récupération	17,78	**464,70**	182,32	**664,80**
Bilan	**-801,66**	**-1958,50**	**15,77**	**-2744,39**

De 1999 à 2011, le couvert forestier au niveau du Parc de Forêt des Pins (PNNFDP) a été l'objet d'un recul considérable voire excessif (**3409,19 ha**) alors qu'en termes de récupération la superficie révélée paraît extrêmement maigre (**664,80 ha**). Ce qui est important de constater, c'est que la majeure partie de cette perte est le résultat d'une transition forêt-herbacée (**2423,20 ha**) mais une bonne partie est aussi transformée en zones artificielles (**819,44 ha**), une situation qui est censée tendre vers une phase presqu'irréversible. En termes de bilan, le résultat est vraiment préoccupant

avec un déficit de l'ordre de **2744,39 ha**. Dans ce cas, les données montrent que les efforts de compensation engagés par les acteurs concernées par la gestion du parc n'ont pas été assez efficaces et stratégiques.

Tableau 52 : Bilan 2011-2019 de la dynamique forestière du PNNFP

Classe	Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Total
Perte	1980,69	1363,64	66,58	3410,91
Récupération	21,60	375,39	183,04	580,03
Bilan	**-1959,09**	**-988,25**	**116,47**	**-2830,88**

Entre 2011 et 2019, c'est à peu près la même tendance observée au niveau de la période précédente qui est remarquée au niveau du Parc de Forêt des Pins (PNNFDP). D'abord un recul extrêmement important est constaté (**3410,91 ha**), ensuite la superficie enregistrée en termes de gain (**580,03 ha**) se montre très faible en comparaison avec l'étendue de forêt perdue. La plus forte portion de la superficie de forêt perdue se transforme en herbacée (**1363,64 ha**) et la quasi-totalité du reste en zone artificielles (**1980,69 ha**). Le bilan de cette période est un peu plus catastrophique que la précédente avec un manque à gagner de **2830,88 ha**. Au même titre qu'auparavant, les efforts engagés par les acteurs responsable la gestion et de la gouvernance de cet aire dite protégée parc n'ont pas été suffisants voire performants pour pouvoir compenser les déficits et atténuer les dérives.

7.9.2 Bilan de conversion de superficies de forêt au niveau de Parc La Visite

Tableau 53 : Bilan 1986-1998 de la dynamique forestière du PNNLV

Classe	Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Total
Perte	8,05	115,78	654,56	**778,39**
Récupération	165,70	894,04	383,02	**1442,75**
Bilan	**157,65**	**778,26**	**-271,55**	**664,36**

Entre 1986 et 1998, un bilan positif (**664,36 ha**) de l'étendue forestière est observé au niveau du Parc La Visite (PNNLV). Cette compensation résulte en grande partie d'une conversion des zones de la catégorie des herbacées (**894,04 ha**), incluant cultures basses, de jachères et les pâturages. Quant à la perte elle est surtout occasionnée par la mise en place des systèmes agroforestier qui en constitue **84 %** (**654,56 ha**). Cela permet de parvenir à la conclusion que l'établissement des cultures constitue un poids considérable dans le processus la dégradation forestière et de la déforestation au niveau de ce Parc national.

Tableau 54 : Bilan 1998-2008 de la dynamique forestière du PNNLV

Classe	Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Total
Perte	32,67	**336,20**	1895,29	**2264,16**
Récupération	1,38	39,40	**371,23**	**412,01**
Bilan	**-31,29**	**-296,80**	**-1524,06**	**-1852,15**

Au cours de la période de 1998-2008, les données ont révélés une perte totale de **2264,16 ha** de la couverture forestière du Parc La Visite (PNNLV). Cette déperdition est en majeure partie due à la transformation des surfaces forestières en Agroforesterie. Ce résultat laisse présager qu'à la suite de l'extraction des ressources ligneuses les espaces sont substitués dans la majorité des cas par la mise en place des parcelles agricoles. En d'autres termes l'exploitation des ressources forestières, quelle que soit sa finalité, est souvent suivi de la pratique des activités agricoles. Quant au gain (**412,01 ha**), il est nettement inférieur à la perte, ce qui induit un bilan très négatif (**-1852,15 ha**). Cela prouve que les efforts déployés par les gestionnaires et les projets n'ont été suffisants ni pour compenser les déficits ni pour enrayer le recul des superficies de forêt.

Tableau 55 : Bilan 2008-2018 de la dynamique forestière du PNNLV

Classe	Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Total
Perte	1,33	269,89	746,32	**1017,54**
Récupération	2,61	60,81	545,51	**608,93**
Bilan	**1,28**	**-209,09**	**-200,81**	**-408,62**

Pour la période de 2008-2018, la perte du couvert forestier s'estime à **1017,54 ha** et un gain de **608,93 ha** est également observé. La majorité de la perte est caractérisée par une conversion en Agroforesterie alors que parallèlement la plus forte portion de la superficie récupérée, près de **90%** (**545,51 ha**) résulte de la conversion des espaces agroforestiers. Pour le bilan, il s'agit d'un résultat négatif (**-408,62 ha**) qui explique un déséquilibre entre les efforts engagés pour restaurer la forêt et les facteurs qui déterminent l'exploitation incessante des ressources ligneuses.

7.9.3 Bilan de conversion de superficies de forêt au niveau de Parc Macaya

Tableau 56 : Bilan 1988-1998 de la dynamique forestière du PNNM

Classe	Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Total
Perte	90,76	**394,73**	2548,25	**3033,74**
Récupération	15,62	**313,85**	**392,62**	**722,09**
Bilan	**-75,14**	**-80,88**	**-2155,63**	**-2311,66**

Au cours de la période de 1988-1998 la perte de la couverture forestière est estimée **3033,74 ha**, alors que le gain est évalué à seulement **722,09 ha**, ce qui donne un bilan très négatif (-**2311,66 ha**) en termes de couverture forestière. Ce bilan négatif signifie que le rythme de la déforestation et de

la dégradation forestière est de loin plus important que celui de la régénération forestière. A signaler que la plus importante perte de la couverture forestière se fait au profit des surfaces agroforestière. Cela sous-entend que le processus de dégradation de la forêt commence une défriche qui est comblée par l'établissement de l'agriculture.

Tableau 57 : Bilan 1998-2005 de la dynamique forestière du PNNM

Classe	Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Total
Perte	16,01	387,10	238,77	**641,88**
Récupération	42,96	207,86	2087,17	**2337,99**
Bilan	**26,95**	**-179,24**	**1848,40**	**1696,11**

Pour la période de 1998-2005, au niveau du PNNM la perte est évalué à une superficie de **641,88 ha** et cette fois la récupération (le gain) correspond à une superficie de **2337,99 ha**, beaucoup plus forte que la perte. La majorité de la perte observée est caractérisée par une conversion en agroforesterie alors que la récupération des surfaces forestières se fait également par la reconversion des espaces agroforestiers,

Dans ce cas, un bilan positif (**1696,11 ha)** est enregistré, ce qui revient à dire qu'au cours de cette période, les efforts de restauration de la forêt ont été plus importants que les dérives à l'origine de la déforestation et de la dégradation forestière.

Tableau 58 : Bilan 2005-2017 de la dynamique forestière du PNNM

Classe	Artificiel	Herbacée	Agroforesterie	Total
Perte	268,54	1009,58	903,17	**1278,12**
Récupération	11,25	243,98	34,80	**290,03**
Bilan	**-257,29**	**-765,60**	**-868,37**	**-988,09**

De 2005 à 2017, le Parc Macaya (PNNM) a connu une perte, toute conversions confondues, de **1278,12 ha**. En ce qui a trait à la récupération elle s'évalue à **290,03 ha**, une superficie nettement inférieure voire négligeable par rapport à la perte enregistrée. Cela aboutit en fait à un bilan assez négatif **(-988,09 ha**). Ce qui est important de signaler est que la presque totalité de cette perte est partagée entre les herbacées (**1009,58 ha**) et l'agroforesterie (**903,17 ha**). On en déduit alors que la déforestation et la dégradation forestière sont le fruit des activités agricoles et d'extraction ligneuse perpétrées par la population riveraine en vue de subvenir à leurs besoins de subsistance et pécuniaires.

7.9.4 Bilan de la dynamique des superficies de mangrove au niveau du PN3B

La dynamique de la couverture de mangrove au niveau du Parc National des Trois Baies (PN3B) n'a pas été seulement l'objet de perte en termes de superficie. Elle a été aussi déterminée par une

sorte de progression se traduisant par un processus de récupération de superficies à partir de la variation des différentes autres catégories d'occupation de sols. Il en ressort un jeu de « perte - compensation » vice versa qui détermine à la fin le bilan de la dynamique.

N.B. : **ASN** = Affleurement et sol nu ; **AGF** = Agroforesterie ; **CLT** = Culture ; **EMC** = Eau marine et continentale ; **FTS** = Forêt sèche ; **MGV** = Mangrove ; **PRE** = Prairie et **UBN**= Urbain.

Tableau 59 : Bilan 1987- 1997 de la dynamique de la mangrove du PN3B

Classe	ASN	AGF	CLT	EMC	FTS	MGV	PRE	UBN	ASN	Total
Perte	73,16	**89,32**	**227,36**	**286,29**	**246,34**	**62,11**	**791,83**	**272,58**	22,38	**2071,36**
Gain	6,13	5,15	13,13	**284,03**	**53,87**	0,09	**24,92**	7,68	1,00	**396,00**
Bilan	**-67,04**	**-84,17**	**-214,23**	**-2,25**	**-192,47**	**-62,02**	**-766,90**	**-264,90**	**-21,38**	**-1675,36**

Dans l'intervalle de 1987- 1997, le Parc National des Trois Baies (PN3B) a connu un déficit total de 2071,36 ha mangrove dans l'espace de dix ans. Cela résulte d'une conversion de la mangrove en différentes autres catégories d'occupation de sols. Cependant, la perte la plus importante est caractérisée par une conversion en « Plage et Dune » correspondant 791,83 ha suivie de celle des catégories « Prairie » (791,83 ha), « Eau » (286,29 ha), « Forêt Sèche » (246,34 ha) et « Culture » (227,36 ha). Les autres paraissent assez faibles mais non négligeables. En termes de récupération, pour l'ensemble de la période l'aire du Parc a pu bénéficier seulement 396,00 ha de mangrove dont la plus grande part (284,03 ha) résulte d'une conversion de la surface en eau. Finalement, on assiste à un bilan très négatif correspondant à 1675,36 ha pendant les dix (10) années considérées.

Tableau 60 : Bilan 1997-2007 de la dynamique de la mangrove du PN3B

Classe	ASN	AGF	CLT	EMC	FTS	MGV	PRE	UBN	ASN	Total
Perte	3,69	17,75	**63,66**	**582,65**	**34,51**	**54,17**	**214,37**	9,81	3,38	**983,98**
Gain	12,19	40,67	23,22	**58,68**	34,77	0,12	**131,64**	11,97	3,06	**316,32**
Bilan	**8,50**	**22,93**	**-40,44**	**-523,97**	**0,27**	**-54,05**	**-82,73**	**2,16**	**-0,32**	**-667,65**

Au cours de la décennie de 1997-2007, la perte totale de mangrove au niveau du Parc National des Trois Baies (PN3B) a été évaluée à 983,98 ha. Il s'agit d'une conversion repartie sur les différentes autres occupations de sols identifiées, mais le déficit le plus élevé se traduit par conversion en surface d'eau (582,65 ha). Ensuite, une transition assez importante de 214,37 ha vers la catégorie « Plage et Dune » a été également observée. La conversion en d'autres classes représente globalement un poids considérable mais parait un peu faible séparément. La dynamique de la mangrove a été aussi caractérisée par des gains de superficies équivalant au total à 316,32 ha. Cette récupération découle de la conversion des différentes autres occupations de sols identifiées, toutefois la quantité la plus élevée (131,64 ha) revient à la classe « Plage et Dune ». Pour l'ensemble

de la période, on enregistre un bilan très négatif de l'évolution de la couverture de mangrove correspondant à 667,65 ha. Bien entendu ce bilan parait légèrement plus faible que celui de la période (décennie) précédente.

Tableau 61 : Bilan 2007-2017 de la dynamique de la mangrove du PN3B

Classe	ASN	AGF	CLT	EMC	FTS	MGV	PRE	UBN	ASN	Total
Perte	12,81	0,09	18,05	**445,84**	8,16	**26,03**	**24,01**	**88,81**	5,03	**628,83**
Gain	7,58	5,07	11,66	**153,72**	13,45	0,53	**126,64**	10,41	2,94	**332,00**
Bilan	**-5,23**	**4,98**	**-6,40**	**-292,12**	**5,29**	**-25,50**	**102,62**	**-78,40**	**-2,10**	**-296,84**

La période de 2007-2017, au niveau du Parc National des Trois Baies (PN3B) a été marquée par une déperdition de 628,83 ha au total. Ce déficit est le résultat d'une conversion de la couverture de mangrove entre les différentes autres catégories d'occupation de sols déterminées à travers ce site. Cette variation de la superficie de mangrove est particulièrement dominée par une transition en surface en eau (445,84 ha). Cela suppose une sorte de submersion de la végétation de mangrove par l'eau de mer. Parallèlement, au cours de cette période une récupération totale de superficies de mangrove de 332,00 ha a été en revanche enregistrée. La majeure partie de ce gain est repartie entre les catégories « Eau » et « Plage et Dune » équivalant à 153,72 ha et 126,64 ha respectivement. La compensation la plus importante est relative à la classe « Eau », ce qui peut se traduit par le retrait de l'eau de mer au profit de l'émergence de la végétation de mangrove qui, à un certain moment de la durée, a été submergée. En fin de compte, un bilan assez négatif, soit une superficie totale de 296,84 ha, du changement de la couverture de mangrove, est observée.

Dans l'ensemble des trois périodes, le bilan de la dynamique de la couverture de mangrove n'a jamais été équilibré. Il a été toujours caractérisé par un solde négatif où les compensations des superficies récupérées à partir des autres occupations des sols sont dans tous les cas trop faibles pour remédier à la situation. Dans ces conditions, on se permet de conclure que les efforts effectués pour parvenir à la restauration de la mangrove au niveau du PN3B sont de loin insuffisants pour compenser les pertes dont ces écosystèmes font l'objet.

7.10 Les activités clés et les causes de déforestation des sites étudiés

L'objectif de cette thèse est d'aboutir à l'estimation de la dégradation forestière et de la déforestation et aussi de la récupération forestière au niveau des principaux écosystèmes forestiers d'Haïti. Ce travail consiste à apporter un peu de lumière sur la dynamique spatio-temporelle du paysage des différents sites étudiés et d'en déterminer la nature, les tendances, les causes principales et les facteurs d'influence majeurs. L'intention essentielle est de contribuer à la mise en place d'un

mécanisme national de suivi des écosystèmes forestiers en servant des résultats de ce travail comme outils d'aide à la décision.

Pour essayer de mieux comprendre la dynamique des milieux, à savoir les changements qui s'y opèrent et leurs causes, on a estimé judicieux de mener une enquête au niveau des différents sites. Ainsi, dans le but de mieux optimiser les informations nécessaires, le choix a été porté sur des gens expérimentés détenant une responsabilité capitale au niveau de ces aires protégées. Il s'agit pour la plupart des cadres engagés par le ministère de l'environnement, le ministère de l'agriculture ou des projets opérés par d'autres acteurs nationaux ou internationaux. En fait, il est déjà démontré dans d'autres études que les changements qui s'opèrent dans un paysage sont le résultat des interactions entre systèmes sociaux et environnementaux (Zakari, 2015; Issifou & Issifou, 2016).

7.10.1 Les principales activités pratiquées au niveau de l'aire du PNNFP

Les principales activités pratiquées au niveau de l'aire du PNNFP sont l'agriculture, l'élevage, le braconnage, la scierie, la production de charbon, le bois gras et aussi la reforestation (Helvetas Swiss Intercooperation, 2018). La plupart d'entre elles, en particulier l'agriculture, l'élevage et la production de charbon font l'objet d'un degré d'importance modéré. Cependant, d'autres comme la scierie et le bois gras sont pratiquées à un degré très élevée. Il en résulte que l'approvisionnement en bois d'œuvre et en combustibles ligneux incluant la production du bois gras en particulier soient les causes principales de la déforestation et de la dégradation forestière au niveau du PNNFP. Néanmoins, bien que la dégradation forestière et la déforestation ne cessent d'évoluer et que beaucoup d'espaces demeurent encore dénudés au sein du Parc, il existe toutefois des initiatives de reforestation et aussi de récupération et de protection des milieux, à partir notamment de la régénération naturelle des repousses de pins (*Pinus occidentalis*).

7.10.2 Les facteurs de dégradation et de déforestation au niveau du PNNFP

7.10.2.1 Les facteurs directs de la dégradation et de la déforestation au PNNFP

Selon une enquête réalisée dans le cadre de cette thèse, la dégradation et de la déforestation au niveau du PNNFP résultent de l'association de plusieurs facteurs repartis en deux catégories : les facteurs directs et les facteurs indirects.

Les facteurs directs correspondent aux activités anthropiques ou phénomènes naturels qui induisent directement de la chute de la couverture forestière par la dégradation et/ou la déforestation. Au niveau du PNNFP ces facteurs sont perçus à différents niveaux d'importance : les feux de forêt, les pratiques agricoles, le bois de feux et la production de charbon considérés à un niveau relativement faible ; les catastrophes naturelles perçues à un niveau moyen puis le bois gras et le bois d'œuvres-construction vus à un niveau très élevé.

L'accroissement des activités agricoles associées aux pratiques non adaptées développées notamment l'agriculture sur brulis, constituent un facteur déterminant dans la perte des superficies forestières au niveau du PNNFP. Elles impliquent l'érosion des sols et contribuent à compromettre la croissance des plantes et la dynamique de régénération des jeunes plantations.

La pratique de l'élevage libre représente également un facteur déterminant et assez important dans la déforestation et la dégradation des écosystèmes forestiers du PNNFP. Ce secteur d'activité représente la principale source de revenu de nombreux ménages vivant à proximité du parc. En effet, le surpâturage entraine l'appauvrissement et la destruction de la qualité des sols. Cela induit la migration spatiale des pasteurs à l'intérieur du parc à la recherche d'autres espaces fraichement défrichés en vue de s'assurer de l'approvisionnement alimentaire de leur bétail. Par conséquent, cette activité joue un rôle prépondérant dans la dynamique de destruction des écosystèmes forestiers au sein du parc et donne lieu à une fragmentation des superficies forestières.

L'exploitation des ressources ligneuses destinées à la fabrication du charbon, à la production des bois d'œuvre ou de construction et du bois gras en particulier constitue un autre facteur majeur de la destruction de la couverture forestière du PNNFP. En fait, les activités découlées de l'exploitation de ces ressources permettent à un nombre croissant de riverains de tirer des revenus et de satisfaire leurs besoins familiaux de base. Ainsi, les ressources ligneuses sont exploitées de manière démesurée, ce qui constitue par conséquent une lourde menace pour la survie des écosystèmes forestiers.

7.10.2.2 Les facteurs indirects de la dégradation et de la déforestation au PNNFP

Les facteurs indirects de la déforestation et de la dégradation forestière font référence aux éléments qui n'impactent pas directement le milieu en termes de transformation, mais qui consistent à influencer la dynamique. Au niveau du PNNFP ils sont caractérisés par la pauvreté, la défaillance de gouvernance et le déficit réglementaire considérés comme des déterminants importants et majeurs, le dérèglement climatique classé à un niveau moyen et la rébellion dont le poids et l'influence demeurent relativement faible. En outre, la croissance démographique détient un poids considérable dans la dynamique de dégradation et de déforestation au niveau du PNNFP (Waselin et al 2021). Depuis 2013, la population riveraine (unité II) était estimée à plus de 50 000 habitants (Helvetas Swiss Intercooperation, 2018). En effet, plus cette population est importante, plus les besoins de subsistance et matériels sont élevés, et par conséquent plus la pression exercée sur les ressources ligneuses est importante.

7.11 Implication des acteurs de développement dans la gestion du PNNFP

Entre 2003 au 2018 la compagnie Helvetas (Coopération Suisse) en collaboration avec le ministère de l'environnement (MDE) a mis en place au sein du PNNFP le projet « Préservation et Valorisation de la Biodiversité (PVB) ». Cette initiative a été prise dans le but de remédier à la situation critique relative à la chute du couvert forestier, à la dégradation des terres et à la biodiversité associée. De nature physique, sociale et règlementaire, les activités de ce projet se portent particulièrement sur la reforestation /reboisement, l'éducation-sensibilisation, la surveillance-contrôle, la gestion et l'aménagement de l'espace et la gouvernance. La mise en œuvre de ce projet a suscité une prise de conscience chez la population riveraine ; ce qui a contribué relativement au ralentissement du rythme galopant de la déforestation et de la dégradation forestière au niveau de ce Parc.

7.11.1 Les principales activités pratiquées au niveau de l'aire du PNNLV

Les principales activités pratiquées dans les périphéries et l'enceinte du PNNLV sont habituellement l'agriculture, l'élevage, le braconnage, la scierie, la production de charbon, le bois de feu et le bois gras. Certaines de ces activités (l'agriculture, la scierie, la production de charbon de bois et l'extraction du bois gras) se révèlent d'une très grande importance pour la population riveraine et sont pratiquées de manière relativement intense, mais d'autres le sont peu ou très peu. Les activités les plus intenses, spécialement les pratiques agricoles et l'extraction du bois gras, constituent un poids de taille dans l'exploitation des ressources ligneuses, et par conséquent représentent des déterminants majeurs dans la dégradation et la déforestation au niveau du PNNLV. Toutefois, il y a lieu de mentionner qu'il existe également des initiatives de reforestation et de reboisement, d'éducation-sensibilisation, de surveillance-contrôle, de gestion et aménagement de l'espace et de gouvernance qui sont mises en place dans les parages du Parc afin de parvenir à la restauration des milieux dégradés et à la préservation des endroits menacés.

7.11.2 Les facteurs de dégradation et de déforestation au niveau du PNNLV

La dégradation et la déforestation des écosystèmes forestiers au niveau du Parc La Visite résulte de l'association de plusieurs facteurs les uns plus importants que les autres. La majorité sont d'origine anthropique mais certains peuvent avoir des causes naturelles. Ils sont déclinés en deux catégories (directs et indirects) et sont répartis en plusieurs niveaux.

7.11.2.1 Les facteurs directs de la dégradation et de la déforestation au PNNLV

A partir des informations recueillies et des résultats de l'enquête réalisée, les facteurs directs du recul de la couverture forestière au niveau du PNNLV sont multiples et, quelles qu'elles soient, elles ont des impacts considérables et directs sur la déforestation et de la dégradation forestière au

niveau de ce Parc. Selon les résultats de l'enquête réalisée, le déclenchement des feux de forêt, la pratique des activités agricoles, la production de charbon, le prélèvement du bois de feux et notamment l'extraction du bois gras, la récolte du bois d'œuvre et de construction et l'exploitation des ressources minérales constituent des déterminants importants dans le processus de dégradation et de recul des superficies forestières.

La dégradation et la déforestation des écosystèmes forestiers au niveau du Parc National La Visite découle d'un ensemble de pratiques agricoles non soutenables qui ne permettent pas de préserver les ressources du parc en particulier les espèces forestières. Il en résulte l'érosion des sols, la perte de la biodiversité et l'incapacité des écosystèmes forestiers à jouer leur rôle d'atténuation des changements climatiques ou d'adaptation à leurs effets. L'élevage, notamment l'élevage libre, constitue une activité très abondante pratiquée par une large quantité de femme au niveau du parc national Lavisite. Les pratiques associées à ce secteur d'activité génèrent des répercussions particulièrement négatives sur la qualité des sols et limitent surtout la croissance et l'épanouissement des jeunes plantes mises en terre à travers les programmes de reforestation et de reboisement réalisés au niveau du parc.

L'exploitation intensive des combustibles ligneux incluant l'extraction illégale du bois de chauffe, du bois gras et du bois de construction constituent également des mécanismes déterminants de la destruction des écosystèmes forestiers au sein de cette aire protégée. Ces mauvaises pratiques affaiblissent la qualité des sols et les rendent particulièrement vulnérables à l'érosion des couches arables des sols. Elles peuvent également contribuer à l'amplification de l'intensité de certains évènements naturels ou aggravés par les changements climatiques.

L'exploitation des ressources minérales, en particulier l'exploitation des carrières (granulats et roches) destinées habituellement à la construction des maisons ou bien à l'aménagement et au revêtement des routes, constitue également un facteur non négligeable affectant la survie des écosystèmes forestiers au niveau du Parc.

7.11.2.2 Les facteurs indirects de la dégradation et de la déforestation au PNNLV

Les activités affectant directement la dégradation forestière et la déforestation sont généralement influencées et amplifiées par d'autres paramètres socio-économiques voire politiques tels que la pauvreté constituant l'élément incitatif le plus important ; la rébellion, la défaillance de gouvernance et le déficit réglementaire considérés comme étant des déterminants moyens et enfin le dérèglement climatique dont la portée et le champ d'influence est relativement faible. La pauvreté pousse les gens à exploiter constamment et de manière démesurée les différentes ressources (flore et faune) de la forêt dans l'objectif de pouvoir répondre à leurs besoins quotidiens de subsistance et

pécuniaires. La croissance démographique est également un élément crucial dans la dynamique de dégradation et de déforestation au niveau du PNNLV. Cela s'explique au fait que la dimension des besoins (alimentation, logement, finance etc.) de la population étant relatifs à l'exploitation des ressources forestières dépend en majeure partie de sa taille.

Aussi, la population profite de la défaillance de gouvernance et réglementaire pour pouvoir s'installer dans les espaces du Parc de façon très illégale et permanente. Le dérèglement climatique induit ou amplifie des phénomènes climatiques extrêmes (sécheresse, tempêtes, pluies nocives, etc.) et des phytopathologies (maladies, parasites etc.) qui affectent les différentes composantes de la forêt.

7.11.3 L'implication des acteurs de développement dans la gestion du Parc

Depuis bien des années, plusieurs acteurs, tant nationaux qu'internationaux, se sont impliqués et investis manifestement dans la mise en œuvre des initiatives de développement qui visent généralement la gestion et l'aménagement de l'espace, la protection et la préservation des habitats naturelles et des espèces qui s'y associent, la restauration des milieux dégradés et la récupération des zones à forte régénération naturelle. Dans cette liste d'acteurs figurent des institutions telles que : la Fondation Seguin avec le financement de GIZ, l'USAID et le PNUD et le MDE dont les activités ont été financé par l'AECID entre autres. Détenant une portée généralement de nature physique, sociale et règlementaire, ces interventions contribuent à éduquer et sensibiliser la population riveraine et aussi à favoriser le développement des activités génératrices de revenus. Cela permettra de parvenir à la restauration et à la préservation du milieu et des ressources génétiques associées par la diminution des pressions anthropiques auxquelles il est menacé.

7.11.4 Les principales activités pratiquées au niveau de l'aire du PNNM

L'aire délimitée du Parc Macaya, en dépit de son statut de protection, fait l'objet de plusieurs activités. Ainsi, les principales activités pratiquées sont perçues à différents niveaux en termes d'importance. L'agriculture, la scierie (production de planche) et la production de charbon de bois sont exercées de manière très intense, alors que l'élevage et le braconnage sont peu pratiqués. Ces activités, notamment celles de la première catégorie, sont considérées comme les principales causes de la dégradation forestière et de la déforestation au niveau de ce Parc (Villalobos, Venegas and Brenes 2017).

Bien entendu, en parallèle, il existe également des activités qui sont mises en place par plusieurs acteurs de développement en vue de redresser la situation et de contribuer à la restauration et la protection du milieu. Généralement de natures physique, social et règlementaire ces interventions

se portent sur la reforestation et le reboisement, l'éducation-sensibilisation, la surveillance et le contrôle, la gestion et aménagement de l'espace mais aussi la gouvernance.

7.11.5 Les facteurs de dégradation et de déforestation au niveau du PNNM

L'analyse des résultats de l'enquête effectuée révèle que la dégradation forestière et de la déforestation au niveau du PNNM sont déterminées à partir de plusieurs facteurs regroupés en deux types (directs et indirects).

7.11.5.1 Les facteurs directs de la dégradation et de la déforestation au PNNM

Les facteurs directs sont désignés par les activités qui tendent à affecter immédiatement la modification du paysage. Au niveau du PNNM ces facteurs sont repartis en trois (3) catégories : le développement agricole et les pratiques associées, la production du bois gras[68], le développement urbain, le passage des catastrophes naturelles[69] considérés comme des facteurs extrêmement importants (très élevés) ; l'explosion des feux de forêt (intentionnels ou naturels), la production du charbon de bois, l'exploitation de bois d'œuvres et de construction considérés comme des facteurs importants (élevés) (Lahens, 2014), l'artisanat, le prélèvement des bois de feux et la pratique de l'élevage libre considérés comme des facteurs peu importants.

Le développement et l'extension des superficies cultivées se font au détriment des couvertures forestières. En outre, les pratiques culturales adoptées par les riverains et le prolongement de la durée d'exploitation des parcelles agricoles contribuent à appauvrir les sols et à compromettre la croissance de la végétation en particulier celle des écosystèmes forestiers.

Les activités liées à l'exploitation des combustibles ligneux notamment l'extraction du bois de chauffage incluant le bois gras font également partie des principaux mécanismes de dégradation progressive des écosystèmes forestiers du PNNM. Ces activités sont généralement pratiquées par des membres de la population locale ou par des personnes provenant des communautés voisines.

Le développement urbain est le plus souvent caractérisé par la construction des ilots d'habitats à l'intérieur du périmètre du parc. La construction des habitats en permettant la présence permanente des exploitants favorise l'appropriation et le contrôle de l'espace et la poursuite continue des activités productives dont l'agriculture, l'élevage ou l'exploitation excessive et continue de

[68] La production du bois gras constitue l'une des principales causes de la disparition des forêts de Pins (*Pinus occidentalis*) en Haïti.

[69] Les dégâts causés par le passage du cyclone Matthew sont un exemple probant du degré d'importance des catastrophe naturelles dans la dégradation forestière et la déforestation au niveau du PNNM. Les dégâts enregistrés au niveau parc font penser à ce que l'homme n'aurait pas pu réaliser en 10-20 ans.

ressources comme le bois d'énergie et de construction susceptible dans une certaine mesure d'altérer les écosystèmes s'y trouvant.

Les évènements naturels comme les ouragans et les cyclones dont leur ampleur et leur intensité risquent de s'aggraver sous l'effet des changements climatiques actuels et à venir constituent un facteur de taille contribuant à la dégradation des reliques forestiers au niveau du PNNM. D'après une analyse de l'Unité de Modélisation des Ecosystèmes et Hydrologiques de CATIE[70], plus de 82% de la superficie du Parc national Macaya a été affecté à la suite du passage de l'ouragan Matthew en 2016 (Villalobos, Venegas and Brenes 2017).

En outre, l'explosion des feux de forêts d'origine naturelle ou intentionnels facilite les changements d'affectation des terres au profit de l'accroissement des espaces agricoles ou dans une moindre mesure l'étalement des logements. Ce phénomène consiste à contribuer grandement à la dégradation de la couverture forestière et à la déforestation au sein du parc.

7.11.5.2 Les facteurs indirects de la dégradation et de la déforestation au PNNM

Les facteurs indirects sont attribués aux paramètres socio-économiques voire politiques susceptibles d'influencer d'une manière ou d'une autre des actions consistant à affecter directement la dynamique paysagère et la transformation du milieu, en l'occurrence la dégradation forestière et de la déforestation. Dans le cas du PNNM, se référant à ces facteurs plusieurs éléments sont pris en compte. Au prime à bord il y a lieu de considérer la pauvreté, la démographie et la gestion du foncier qui constituent un poids très important dans la dynamique. La pauvreté incite les gens à exploiter sans arrêt toutes sortes de ressources ligneuses et animales de la forêt afin de se subsister et de subvenir à leur besoin pécuniaire. De 2002 à 2015 la population vivant au sein du parc est passée d'environ 14630 à 30000 personnes. Ce qui augmente bien évidemment les besoins en construction, en énergie et en subsistance, et qui par conséquent renforce davantage les pressions exercées sur les ressources forestières (Perera & Vilmont, 2014). En ce qui a trait au régime foncier, plusieurs familles tendent à occuper de manière illicite et sans aucun accord des espaces au sein du Parc soit pour s'installer (se loger) et/ou pour entreprendre leurs activités agricoles ou para-agricoles. Ensuite le déficit de gouvernance et réglementaire, le dérèglement climatique et aussi la rébellion ont quant à eux une influence assez importante sur la gestion de l'espace et le maintien de la composante paysagère au sein du Parc. Les gens profitent de la défaillance de gouvernance et réglementaire pour pouvoir occuper les espaces de façon très illégale. Le dérèglement climatique

[70] Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

induit ou amplifie des catastrophes naturelles qui affectent sévèrement les écosystèmes forestiers, à l'exemple de l'ouragan Matthew (FAO, 2010; Villalobos, Venegas, & Brenes, 2017).

7.11.6 L'implication des acteurs de développement dans la gestion du Parc

De 2013 à 2020, plusieurs institutions tant nationales qu'internationales (FMD, FNGA, ORE, PNUE, PADF, GRETCO.SA, EPER-SUISSE, AVSI, MDE-GEF-BID), en appui à l'unité de gestion du Parc (UGP-Macaya) se sont attelées à mettre en place des activités qui vise à améliorer la gestion, la gouvernance et la dynamique paysagère au sein du Parc. Elles visent non seulement à mettre sur pieds des initiatives de protection, de restauration et de conservation du milieu, à sensibiliser la population riveraine, mais également à développer des activités génératrices de revenus. Pratiquées généralement au niveau de la zone tampon du Parc, ces dernières ont pour but principal de réduire considérablement les pressions exercées sur les ressources forestière, en particulier les produits ligneux (Bloesch & Dubois, 2012).

7.11.7 Les causes de dégradation et de perte des mangroves au niveau du PN3B

Les principales activités pratiquées au sein du PN3B sont l'agriculture, la pêche, l'élevage, l'urbanisation, la fabrication du charbon et l'exploitation des combustibles ligneux (bois d'énergie), l'exploitation minière et l'extraction saline. Chacune de ces activités représente, en fonction de ses caractéristiques particulières, un danger de perte perceptible pour la mangrove (MDE & INESA, 2008; GEF/MDE/PNUD, 2016). En effet, elles constituent les causes principales de la dégradation et de la destruction de la mangrove qui peuvent être de deux ordres : les causes immédiates et les causes indirectes.

7.11.7.1 Les causes immédiates de dégradation et du recul de la mangrove du PN3B

Les causes immédiates désignent les facteurs qui génèrent directement la dégradation et la destruction de la mangrove. Il s'agit, dans la majorité des cas, des activités anthropiques dont la mise en œuvre exige le prélèvement sélectif des palétuviers ou le dégagement total de l'espace envisagé. Dans ce cas, il y a lieu de mentionner :

a) La fabrication du charbon et l'exploitation des combustibles ligneux

La déforestation du pays est souvent présentée comme un phénomène contemporain qui résulterait particulièrement de l'accélération de la coupe de bois pour la production de charbon (MDE & INESA, 2008). La fabrication du charbon et l'exploitation des combustibles ligneux font partie des activités économiques clés menées au sein de l'aire du PN3B (CIAT, 2012). Ces activités reposent sur l'exploitation des forêts sèches constituées en grande partie de cambon (*Acacia fanesiana*), mais aussi une bonne partie de ces ressources ligneuses proviennent des peuplements de palétuviers

(GEF/MDE/PNUD, 2016). Presque toutes les espèces de mangrove sont utilisées pour la fabrication du charbon car elles donnent un très bon combustible à haute valeur calorifique (Bernard, 1975), le manglier rouge (***Rhizophora mangle***) en particulier (Aube, 1999). De ce fait, elles sont très exploitées en dépit du fait qu'elles jouent un rôle de protection majeur, tant pour la biodiversité marine que terrestre. Cela entraine en effet, non seulement la destruction des formations de mangrove, mais constitue également une menace incessante pour la dégradation progressive voire l'extinction à terme des espèces et d'autres écosystèmes qui en dépendent.

b) L'établissement des marais salants et l'extraction saline

Au-delà d'être exploitées pour la fabrication du charbon de bois, les mangroves sont également défrichées pour établir des marais salants (GEF/MDE/PNUD, 2016), comme illustré dans les clichés (figure 49). Selon une étude réalisée (CATEDEL, 2018) dans le cadre du projet « Adaptation basée sur les écosystèmes (ABE/EBA), un effectif de 257 (~300) individus exploitent un nombre de 797 marais salants dans l'aire du Parc. Ces structures sont dans la plupart du temps installées à l'intérieur de la mangrove, mais le plus souvent dans les endroits les mieux accessibles comme les zones de transition limitrophes aux espaces continentaux. Toutefois, bien que ces installations soient d'une importance capitale pour ceux qui les exploitent, il n'en demeure pas moins qu'elles entraînent des conséquences très néfastes pour l'environnement littoral et marin, plus particulièrement pour la survie et la préservation de la mangrove. Cela engendre périodiquement des pertes considérables en termes de superficie des mangroves. Cette dégradation de la végétation côtière affaiblit considérablement son rôle protecteur à l'égard des différents types d'écosystèmes mitoyens mais aussi sa qualité de purificateur des eaux de crue et des effluents au profit des espèces et des écosystèmes marins sous-jacents.

Figure 53 : Production du charbon et établissement des marais salants au dépens de la mangrove

A gauche, tiges de palétuviers empilés pour la fabrication du charbon et à droite d'espace de mangrove aménagé pour l'établissement des marais salants

c) La pratique de la pêche et la construction des bateaux de pèche

Pratiquée par une très faible proportion de la population active de l'ensemble des quatre bassins versant étudiés (CIAT, 2012), la pêche représente la principale activité économique d'une bonne partie de la population des zones côtières (Rony, 2015). Cette activité constitue l'un des facteurs consistant à favoriser la disparition des peuplements de palétuviers. Ces derniers, sont des produits très utilisés dans la construction des bateaux de pêche. Dans ce cas ils sont exploités non seulement pour leurs tiges mais également à cause du tanin qu'ils produisent, une substance très utilisée dans le tannage des cuirs à travers le monde (Bernard, 1975). En outre, dans la plupart des cas, des espaces de mangroves sont défrichés et dégagés pour faciliter l'accès aux engins de pêche et aussi pour installer des pièges destinés à la capture des ressources halieutiques.

d) Le développement urbain amplifié par la croissance démographique

L'aire affectée au PN3B, notamment au niveau de la commune de Caracol, devient depuis quelques années l'objet d'un processus d'urbanisation en perpétuel croissance. Une telle situation est surtout influencée par une croissance démographique en évolution, due en grande partie à la présence du parc industriel, à l'accès à l'électricité et aux différentes opportunités économiques favorisés par ce nouveau pôle d'attraction. Toutefois, cette dynamique urbaine n'est pas sans conséquences sur les ressources naturelles du milieu, notamment sur les formations de mangrove. Elle s'accompagne d'une progressive augmentation des besoins de la population en logement, en particulier. Cela nécessite en effet la défriche de nouvelles zones et la destruction des palétuviers au profit de l'installation des ilots urbains en vue de l'hébergement de cette population en croissance. De surcroit, en plus de la destruction des superficies de mangrove engendrée et amplifiée par cette dynamique, les troncs et tiges de palétuviers récupérés sont également utilisés dans l'étayage et l'échafaudage de ces maisons (Joseph, Dolique, & Saffache, 2019).

7.11.7.2 Les causes indirectes de dégradation et du recul de la mangrove du PN3B

Les causes indirectes renvoient aux facteurs qui n'agissent pas instantanément sur la dynamique de la mangrove, mais dont l'influence arrive à engendrer la dégradation et la destruction de la mangrove. Dans de tel cas, il convient évoquer :

***a)* Le développement intensif de l'agriculture et les pratiques agricoles adoptées**

L'agriculture, y compris la sylviculture, l'élevage et la chasse, occupe 49 % de la population active de la zone (CIAT, 2012). En effet, compte tenu de l'accroissement démographique effréné de cette zone [près de 9000 habitants en 6 ans (IHSI, 2009) & (IHSI, 2015)] et de la faible fertilité des sols utilisés, les agriculteurs se voient obligés d'accroître les superficies cultivées (MDE & INESA,

2008), dans certains cas au détriment d'importantes surfaces colonisées par les formations de mangrove. En outre, les pratiques culturales utilisées notamment le brulis des terres, et l'intensification des exploitations constituent tous un ensemble d'agents accélérateurs de l'érosion des sols contribuant à la destruction de la mangrove. En fait, les techniques de production adoptées, surtout dans les zones de pente en amont, engendrent la fragilisation et la vulnérabilité des sols exposés superficiellement aux érosions pluviales et éoliennes. Par la suite, les couches arables charriées et d'autres matériaux transportés vont être interceptés et s'entreposer au sein des formation de mangrove (Rony, 2015). Incapables de résister à un certain seuil d'accumulation de sédiments, les peuplements de palétuviers situés dans les endroits affectés par ce phénomène se succombent et finissent par être détruits (Joseph, Dolique, & Saffache, 2019).

b) L'exploitation anarchiques et démesurée des ressources minières

L'exploitation des ressources minières constitue l'une des activités les plus rémunératrices au sein des bassins versant dont les eaux sont drainées vers le Parc des Trois Baies. Bien qu'elle soit pratiquée par bien peu de gens ou un très faible taux de la population avoisinante (CIAT, 2012), ses impacts environnementaux sont importants. Mise en œuvre par des techniques traditionnelles, une telle activité exige l'excavation profonde du sol pour pouvoir en extraire soit des métaux précieux (l'or) dans les zones d'altitude, soit des matériaux de construction habituellement dans les lits mineurs des rivières ou des remblais destinés à l'aménagement et à la construction des routes. Dans ce cas, les couches de terre résiduelles vont s'étaler en surface, et s'exposer à l'érosion pendant les périodes de pluies. Charriés par les eaux de ruissellement, ces matériaux vont être transportés dans la mer ou s'accumuler sur le littoral, notamment au niveau des écosystèmes de mangroves qui les interceptent au passage très souvent (Spalding, Kainuma, & Collins, 2010) (Noel, Renoux, & Rakotonavalona, 2011). Toutefois, un fort volume de sédiments accumulés, notamment après les périodes de pluies intenses, amplifiées et multipliées de nos jours par les cyclones, engendre l'envasement et l'asphyxie des palétuviers suivie de la destruction des écosystèmes qu'ils constituent (Noel, Renoux, & Rakotonavalona, 2011).

c) La survenue des catastrophes d'origines hydrométéorologiques et climatiques

La dynamique de la mangrove, en particulier sa dégradation et de disparition, ne dépend pas seulement des activités anthropogéniques. Combinées à la prédisposition générée par les impacts de ces dernières, les catastrophes naturelles d'origines hydrométéorologiques et climatiques contribuent également à la détérioration et au dépérissement de la mangrove. Dans le cas des cyclones et des pluies intempestives, les matériaux charriés par érosion à partir des eaux de ruissèlement provoquent par leur accumulation la sédimentation des écosystèmes sous-jacents

(Kramer, et al., 2016), en l'occurrence la mangrove. Cela contribue en effet à perturber le développement des palétuviers jusqu'à les asphyxier, donc à engendrer leur disparition (Joseph, Dolique, & Saffache, 2019). Dans les périodes de sècheresse prolongées et inhabituelles, après un certain temps certains espaces arrivent à être affectés par un retrait de l'eau marine ou saumâtre. Dans de telle condition, compte tenu de l'affinité et des besoins des palétuviers pour l'eau salée (Aube, 1999), progressivement ils finissent par se dépérir au niveau des espaces dont l'eau se rétracte.

7.12 Analyse et discussions sur le travail réalisé et la démarche adoptée

7.12.1 Discussions sur les détections de la dynamique du couvert forestier

Ce travail fait office d'une cartographie multi-date des occupations de sols de quatre sites d'étude en Haïti. Il s'agit en l'occurrence des Parcs Nationaux Naturels de la Forêt des Pins (PNNFP), de La Visite (PNNLV), et de Macaya (PNNM) qui sont des sites terrestres et aussi le Parc National des Trois Baies (PN3B). Il est réalisé à partir des images Landsat (4, 5, 7 & 8) sur quatre dates différentes pour chacun des sites ciblés. Pour chaque image, une classification supervisée par maximum suivie d'une opération d'évaluation et de validation a été appliquée. Une nomenclature de 4 classes dans le cas des sites de terrestre et une autre de 11 classes en ce qui a trait au sites marin et côtier ont été adoptées compte tenu de l'aspect différencié de leurs caractéristiques.

Subséquemment, le couvert forestier, au niveau de ces parcs et réserves nationaux, a été l'objet d'une analyse diachronique fondée sur l'étude des variations spatiotemporelles des différentes catégories occupations, l'appréciation de la vitesse et du taux d'évolution de ces occupations en interaction avec la forêt et aussi le bilan (perte – gain) de la dynamique forestière au niveau de chaque site d'étude. Il s'agit d'une approche adoptée et mise en valeur dans différentes études à travers le monde pour le suivi et l'analyse spatiotemporelle des forêts (Hansen, et al., 2013; Masse, 2013; Zakari, 2015; Issifou & Issifou, 2016; Agbanou, 2018; Rakotomalala, 2020) (Maman, Mahamane, Mbow, Saadou, & Bachmann, 2011).

La dynamique du couvert forestier a été analysée grâce à la cartographie multi-date des occupations de sols des sites d'étude à partir des images satellitaires de Landsat (TM, ETM & OLI). Elle résulte d'une comparaison de l'estimation de la superficie de chaque unité d'occupation pour chacune des dates considérées. La mise en œuvre de ce processus a permis de mettre en évidence l'importance et l'apport de la télédétection et des SIG dans la compréhension des changements spatio-temporels du paysage, en particulier la forêt dans le suivi des aires protégées. Grace à leurs capacités de de collecter, de gérer, d'analyser et de restituer des données géographiques (Burrough, 1986), ces instruments et applications technologiques, appliquées à la cartographie des occupations de sols,

ont permis de dégager une compréhension holistique de la dynamique paysagère (King & Burfull, 2001). D'ailleurs, ils ont déjà fait montre de grandes capacités et de pertinence en matière de cartographie d'occupation de sols et de la végétation, notamment pour l'étude de la dynamique paysagère (Achard, Ansseau, Defourny, Jaton, & Lemieux, 1996; Issifou & Issifou, 2016). En effet, l'approche cartographique ici utilisée a permis non seulement d'apprécier les changements spatio-temporels du couvert forestier, mais aussi d'apporter des éléments d'éclaircissement sur la déforestation en cours au niveau de ces milieux.

Les résultats montrent que les forêts sont extrêmement et constamment touchées par les activités humaines (anthropisation) au point qu'il est difficile, voire impossible, d'apprécier les impacts du changement climatique. Il en résulte à la fois une dégradation excessive et une déforestation flagrante du paysage. La dégradation est causée par l'exploitation et l'extraction illicites ou licites des ressources forestières caractérisées par les coupes de bois précieux, l'extraction de bois de construction, ou le prélèvement des combustibles ligneux (charbon de bois, bois de chauffe). Tandis que la déforestation est engendrée par la conversion des terres forestières en d'autres types d'usage ou d'occupation (Métro, 1975; FAO, 2006; Kanninen, et al., 2007) tels que la mise en place des parcelles de culture, l'établissement des pâturages et développement urbain.

L'analyse des changements, à partir des matrices de transition et du bilan de la dynamique forestière, révèle des pertes considérables et progressives de la couverture forestière au niveau de tous les sites étudiés. La dynamique de l'occupation du sol montre que les formations forestières, par opposition aux endroits anthropisés (agroforesterie et cultures ligneuses, végétations herbacées, espaces artificialisés incluant les agglomérations), régressent de façon importante et suivant une tendance incessante. Cela implique une déforestation continue qui sous-tend une fragmentation du paysage et une dispersion des habitats naturels. Il en résulte par conséquent une rupture de l'équilibre écologique et la fuite de plusieurs espèces, ce qui constitue un frein sérieux pour la conservation de la biodiversité (Maman, Mahamane, Mbow, Saadou, & Bachmann, 2011) au niveau de ces aires protégées.

Les ressources ligneuses des écosystèmes forestiers, sont particulièrement convoitées, sollicitées et exploitées à cause de l'approvisionnement pour le bois de chauffage, la fabrication du charbon et la confection des meubles et la construction des maisons qu'elles assurent. Toutefois, l'exploitation du bois gras par le gemmage et la pratiques des activités agricoles associées aux incendies de forêts sont révélées comme principales activités destructrices du couvert forestier. Ce constat confirme d'autres études qui ont montré que ces activités constituent les causes majeures de dégradation du couvert forestier au niveau du pays (Sciacca, 2009; Mézard, 2018). En fin de compte, le niveau

d'anthropisation observé au niveau de tous les sites est tellement important qu'il ne permet de déceler l'effet du changement global.

7.13 Analyse comparative des caractéristiques des différents sites étudiés

A travers cette section il convient de réaliser une analyse comparative entre les différents sites d'étude dans le but de relever et de mettre en évidence les caractéristiques communes et les particularités des différents sites d'études. Cet examen se porte non seulement sur les caractéristiques essentielles mais aussi sur des paramètres fondamentaux qui conditionnent l'existence et la dynamique des composantes paysagères au sein des différentes aires géographiques étudiées. Il s'agit notamment des paramètres biophysiques (Flore, climat, géologie, sol, topographie etc.), mais également des paramètres d'ordre socioéconomique et politique (activités rémunératrices, établissements humains, mode de gestion etc.). Cette démarche est censée permettre une meilleure compréhension des différentes tendances de la dynamique paysagère et des prises de décisions plus efficaces et appropriées dans une perspective de conservation et de restauration du paysage.

7.13.1 Analyse des caractéristiques communes des différents sites d'étude

Sur le plan de gestion, de conservation et de protection, il s'agit tous des aires à protéger même s'ils ne sont pas classés au même niveau (CIAT, 2014). Dans ce cas, ils méritent tous un suivi régulier et efficace afin de faciliter leur gestion. Dans ce cas, il existe au niveau de chacun de ces sites un dispositif qui a pour attribution d'assurer leur gestion. Grace à ces structures représentantes de l'état, en particulier le ministère de l'environnement et le ministère de l'agriculture, des efforts d'aménagement et de restauration sont entrepris au niveau de ces parcs en dépit leur faible capacité d'action.

Sur le plan général, c'est-à-dire sur l'ensemble des périodes considérées, la couverture forestière fait souvent l'objet d'une régression manifeste au niveau de tous les sites. Bien entendu, il existe dans certains cas ou pour certaines périodes une légère progression ; c'est le cas de la première période (1986-1998) à La Visite et de la deuxième période (1990-2005) au niveau de Macaya. Dans le cas de La Visite cela est dû au fait qu'à cette période le site faisait l'objet d'une gestion plus rigoureuse et que les gens ont eu d'autres activités génératrices de revenus comme la pratique des cultures maraichères. En ce qui a trait au à Macaya, cela résulte du fait que cette période a été marquée par la présence des projets de restauration et de protection des ressources ligneuses. Néanmoins à la fin on observe toujours à un déficit perceptible de la couverture forestière au niveau de tous les sites étudiés. Cela dit, les parcs font tous l'objet de dégradation forestière et de déforestation et continuent d'en subir les menaces. Cet état de fait résulterait de la mise en œuvre des interventions

anthropiques incitées et amplifiées le plus souvent par la pauvreté associée à la croissance démographique, le développement des taches urbaines, mais aussi des conséquences des catastrophes naturelles.

Du point de vue géomorphologique, les Parcs de Forêt des Pins, de La Visite et de Macaya présentent quasiment la même réalité en matière de topographie (relief). Il s'agit des sites de montagnes érigés en haute altitude et constitués pour l'essentiel de reliefs très accidentés. L'existence de ces types de relief constitue des facteurs importants et indéniables à la conservation du couvert forestier (Potapov, et al., 2008; Vieilledent, Grinand, & Vaudry, 2013; Rakotomalala, 2020). Parallèlement, ils constituent une condition de prédisposition également à l'érosion et à la dégradation des sols après la déforestation au niveau de ces sites.

En ce qui a trait aux caractéristiques climatiques et météorologiques, les sites de montagne (Forêt des Pins, La Visite et Macaya) ne se diffèrent pas tellement. Ils jouissent tous d'un microclimat modéré relativement doux et frais influencé surtout par leur niveau d'altitude. Les précipitations moyennes annuelles varient de 1400 à 3000 mm de pluies et les températures moyennes varient de 18 – 22°c au niveau de ces sites (Joseph & Saffache, 2018). Ce type de climat est un élément déterminant pour le développement des végétaux caractéristiques de ces milieux, ce qui implique une certaine similitude entre les essences forestières et la flore qui les colonisent.

Les trois sites de montagne sont tous formés essentiellement de pins (*Pinus occidentalis*). Une espèce dont le produit est très convoité pour la production de bois d'œuvre (menuiserie et charpenterie) et l'approvisionnement en bois de chauffage, en particulier l'extraction du bois gras servant généralement d'amorce à la combustion ligneuse. Au niveau de l'Aire protégée des trois baies, les formations de mangrove et les forêts de sclérophylles sont également exploitées pour l'approvisionnement en combustibles (bois de chauffe et charbon) et la construction. A ce titre, ces aires protégées sont toutes vulnérables et sujettes aux mêmes types de menaces anthropiques.

Comme présagé par certaines études (CEPAL & PNUD, 2008; Jaen Richard, 2014), en Haïti l'exploitation des combustibles ligneux font partie des principales activités anthropiques induisant le déboisement et la déforestation. Cela résulte du fait que l'utilisation de ces ressources constitue la principale source d'énergie pour le pays (Banque Mondiale, 2018), au point qu'elles permettent d'assurer entre 66 à 70 % des besoins en énergie du pays (Singh & Cohen, 2014; Weissenberger, 2018). Cette révélation est confirmée au niveau de tous les sites d'études et est aussi mise en exergue dans d'autres études (Villalobos, Venegas, & Brenes, 2017; Waselin et al, 2021).

La problématique de gestion du foncier est aussi un élément commun à tous les sites d'étude. Beaucoup de cas sont enregistrés où des individus se mettent à occuper illégalement ou sans aucun titre des espaces au niveau de ces aires protégées. Les espaces accaparés sont utilisés soit pour faire de l'agriculture ou de l'élevage, soit pour l'exploitation des ressources telluriques (mines et carrières) ou bien pour la construction de maisons. Cette situation est observée tant au niveau de Forêt des Pins, de La Visite, de Macaya qu'au sein de l'aire protégée des trois Baies. Il s'agit d'un des facteurs les plus délicats à contrôler voire à enrayer dans la gestion des Parcs en Haïti. Cela justifie entre temps l'idée que l'agriculture et l'élevage (PNUD, 2014; Joseph, Dolique, & Saffache, 2019), l'exploitation des mines et carrières et l'urbanisation (Jaen Richard, 2014; Joseph, Dolique, & Saffache, 2019) sont tous des facteurs primordiaux à la base du déboisement et de la déforestation en Haïti.

Au niveau de tous les sites étudiés, l'étalement des ilots de construction amplifié par la croissance démographique commence à devenir un concurrent de taille pour les autres occupations de sols. En fait, ce processus d'expansion urbaine en plein essor au niveau de ces aires protégées constitue une menace manifeste pour la colonisation de l'espace et par conséquent contribue amplement à la dégradation et la destruction des écosystèmes forestiers. En outre, la forte pression anthropique due en grande partie à l'accroissement des populations, associée aux conditions socioéconomiques précaires des ménages locaux, reste l'un des facteurs les plus déterminants dans la dynamique régressive des écosystèmes forestiers au niveau de tous les sites. En somme, ces éléments jouent un rôle prépondérant dans la fragilisation des écosystèmes et mettent en péril la survie des ressources naturelles y associées, en particulier les ressources forestières au sein de ces milieux.

Visiblement, au niveau des trois sites terrestres étudiés, les formations forestières les plus préservées de la dégradation et de la déforestation se trouvent dans les endroits les plus abruptes du parc. Cela résulterait du fait que ces milieux étant extrêmement accidentés sont d'accès très difficile et par conséquent deviennent inaptes à l'anthropisation. Comme d'autres études l'ont déjà confirmé ailleurs (Potapov, et al., 2008; Vieilledent, Grinand, & Vaudry, 2013; Rakotomalala, 2020), le degré d'accessibilité constitue et demeure depuis très longtemps l'un des facteurs dont dépend fortement et incontestablement la conservation du couvert forestier.

7.13.2 Analyse des caractéristiques particulières des différents sites d'étude

Sur le plan de la composition floristique, les différents sites d'étude présentent presque chacun des particularités distinctes. Les Parcs la visite et de forêt des Pins sont constitués essentiellement de Pins (*Pinus occidentalis*) comme essences arborées. Cela est dû au fait qu'ils sont tous deux établis sur des substrats géologiques constitués essentiellement de formations carbonatées (calcaires)

favorables au développement et à la pérennisation de cette essence forestière connue surtout comme endémiques à l'Ile Hispaniola (MDE, 2016). On y trouve également en faible proportion d'autres espèces natives aux milieux mais aussi des cultures introduites, notamment pour le développement et l'instauration de l'agriculture, dont la croissance est favorisée par les conditions édaphiques. Le Parc Macaya quant à lui est composé de quatre types de forêt différents (Villalobos, et al., 2017), à savoir les résineuses formées uniquement de pins, les latifoliées formées de plusieurs essences de feuillues, les Karstiques caractérisées par les essences développées sur les sols karstiques et les forêts mixtes constituées de plusieurs essences différentes. Au niveau du Parc national des Trois Baies (PN3B), les essences dominantes sont les sclérophylles formés essentiellement de Cambron (*Acacia farnesiana*) et la mangrove constituée de plusieurs espèces de palétuviers dont le manglier rouge (***Rhizophora mangle***) et le manglier noir (***Avicennia germinans***) sont les plus répandues (Kramer, et al., 2016) .

Dans le cas des Parcs de la visite et de Forêt des Pins, les résultats des classifications montrent que la couverture forestière passe de la proportion la plus élevée pour se régresser au deuxième rang après la végétation herbacée. Tandis que, même si la couverture forestière est en chute continue au niveau du Parc Macaya, elle demeure la proportion la plus importante du Parc. En outre, l'artificialisation se révèle très élevée (26,96 %) au niveau de Forêt des Pins, notamment à l'est de l'unité II, alors qu'elle présente un niveau relativement faible au niveau de La Visite (7,18 %) et de Macaya (6,13 %). Au niveau du Parc national des Trois Baies (PN3B), la mangrove est soumise à une régression graduelle mais avec un taux de régression plus faible de période en période contrairement aux autres sites.

Au niveau du Parc de Forêt des Pins (PNNFDP), la perte de la couverture forestière est dominée par une conversion en catégorie « herbacées », constituée pour la plupart de cultures basses, de jachères et de pâturages au cours des trois périodes d'étude. Pourtant au niveau du Parc La Visite (PNNLV), elle a été en majeure partie déterminée par les zones de forêt en défriche, la mise en place des systèmes agroforestiers et les zones de régénération naturelle qui dans l'ensemble forme la catégorie « Agroforesterie ». Dans le cas de Macaya, au cours des deux premières périodes, la perte de la couverture forestière a été dominée par la catégorie « Agroforesterie ». Cependant pour la troisième période elle a été légèrement dominée par la classe des herbacés. Dans le cas du PN3B, la plus importante perte de la première période a été caractérisée par une conversion en « Plage et Dune » suivie de celle des catégories « Prairie », alors qu'au cours des deux dernières périodes elle a été dominée par les surfaces en eau suivies de l'aménagement des plages et des dunes. Cela signifie que les transformations relatives à la dynamique forestière au niveau de tous les sites n'ont pas été les même, et par conséquent ne nécessiteront pas les mêmes mesures de redressement.

Sur le plan géomorphologique, les sites terrestres (Forêt des Pins, La Visite et Macaya) se localise en haute altitude alors que l'aire protégée des trois baies se trouve en plaine et est constituée d'un complexe de territoires terrestre, côtier et marin. Ainsi, dans le cas de ce dernier, l'accès à des images plus dégagées en termes de couverture nuageuse a été plus favorable par rapport aux trois autres sites de montages à cause de sa position géographique et de sa situation topographique.

Ensuite, sur le plan climatique, les sites de montagne sont caractérisés par une température relativement basse et des précipitations moyennes annuelles assez élevées tandis qu'au niveau de l'AP3B température relativement haute (23 – 27°C) et des précipitations moyennes annuelles assez basses. Cela explique pourquoi il existe une différence entre les végétations observées au niveau des sites de montages et celles du PN3B. Dans ce cas, en termes d'occupation biophysique, en particulier en ce qui a trait à la flore, ce dernier est complétement différent des autres sites. Cela implique en effet une différence dans le choix de la nomenclature à adopter et des modes de traitement à opérer.

7.14 Analyse de la pertinence et de l'apport de l'étude réalisée

Sur le plan méthodologique, il s'agit d'une démarche qui vise à déterminer la dynamique spatio-temporelle de la couverture forestière au niveau des sites dont la forêt ou la végétation arborée reste encore dominante et mérite d'être l'objet d'une protection soutenue. La méthodologie ici adoptée permet non seulement de procéder à une cartographie multi-date d'occupation de sols pour chacun des sites ciblés, mais aussi de déterminer les changements périodiques qui s'opèrent dans les milieux respectifs considérés. Les travaux déjà réalisés sur ces sites portaient généralement sur la composition floristique et le niveau de la dégradation environnementale de l'espace sans vraiment mettre de l'accent sur la quantification et l'évolution spatio-temporelle du couvert forestier au sein de ces sites. Alors que cette dynamique se veut l'élément principal de cette thèse.

Concernant la nomenclature, l'objet essentiel qui nous intéresse est la catégorie de « Forêt ». Après on est intéressé de savoir si les superficies forestières progressent ou reculent et en échange avec quelles autres catégories d'occupation de sol. De ce fait, dans le cas des sites terrestres et de montagnes on s'est contenté de concevoir une nomenclature de quatre classes. Il s'agit du couvert forestier (forêt) ; des systèmes agroforestiers, et de la végétation de transition dont les arbres régénérés (Agroforesterie) ; de la végétation herbacée constituée des cultures basses, des pâturages et des jachères (herbacée) et des espaces artificialisés composés des sols nus, des affleurements rocheux, de l'urbain et de réseaux routiers (Artificiel). Dans le contexte de l'étude, ce nombre de classe est amplement suffisant pour permettre d'évaluer la dynamique forestière, d'en déterminer la tendance. Dans le cas du PN3B où les activités anthropiques sont plus diversifiées et de ce fait

la nomenclature a été formée de 11 classes, bien que la mangrove soit l'intérêt principal. Cela s'explique au fait qu'il s'agit toutes des occupations biophysiques qui entrent en interaction avec la mangrove et qui par conséquent jouent un rôle déterminant dans la dynamique.

En ce qui a trait aux données, pour réaliser cette étude on s'est servi dans tous les cas des images Landsat (4,5,7 & 8). Il s'agit des images de haute résolution spatiale (**15- 30 m**) contenant entre 7 à 11 bandes spectrales. Bien que la résolution de ces images soit relativement basse par rapport à d'autres, comme les Spot, les Pléiades, Ikonos, les Quickbird etc., elles détiennent les caractéristiques nécessaires et suffisantes, notamment leurs propriétés spectrales, permettant de suivre l'évolution diachronique du couvert forestiers au niveau des sites ciblés par l'étude. Bien entendu, le choix a été porté sur ces images à cause de leur gratuité, de leur disponibilité, de leur facilité d'accès mais aussi de leur qualité en termes de couverture nuageuse par rapport aux différentes zones d'étude.

En termes de précision, compte tenu du fait que les images sur lesquelles les traitements ont été réalisés ont une résolution grossière de 30 m, il est impossible de détecter des changements de moins de 900 m^2 au niveau des espaces forestiers. Sachant que le pixel (élément fondamental de l'image) ne peut fournir qu'une et qu'une seule information thématique. Cela constitue bien entendu une sérieuse limite pour la précision de la classification d'autant plus qu'on est parfois confronté à un paysage mosaïque. Toutefois, l'essentiel pour nous à travers cette étude a été de bien circonscrire les superficies couvertes ou non de forêt. En outre, ce qui est important de constater, il est difficile de rencontrer au fond des blocs forestiers des perturbations majeures, elles sont observées le plus souvent et beaucoup plus en périphérie. De ce fait, une résolution de 30 m ne pose pas forcément de problème pour un tel travail, compte tenu de son objectif et de sa portée. En tout cas, ces données disposent de qualités nécessaires voire satisfaisantes pour permettre des analyses de changement d'occupation du sol et notamment des analyses historiques de déforestation (Gutman, et al., 2008; Rakotomalala, 2020).

Concernant les résultats, on sait que les sites étudiés sont composés essentiellement de forêt. Cette ressource naturelle en plus de receler une diversité biologique importante, exceptionnelle et fascinante, peut constituer une double stratégie (atténuation & adaptation) de lutte contre les changements climatiques en cours et avenir. Pour cette raison, dans le cadre de ce travail, on s'est donné pour tâche particulière l'estimation à différentes dates des superficies forestières au niveau de ces sites. Une telle démarche nous a permis de réaliser une analyse diachronique, en d'autres termes de suivre l'évolution temporelle de ces écosystèmes dans l'espace considéré. Cependant, bien que le focus soit porté essentiellement sur la forêt, on s'est également donné la peine de

quantifier l'étendue des différentes autres catégories d'occupation des sols afin d'analyser leur dynamique en relation avec celle de la forêt. D'où l'importance des résultats de la classification multi-date réalisée pour chacun des sites. En outre, compte tenu du fait que très peu de travaux de ce genre ont été effectués sur ces milieux, les résultats obtenus à partir de cet exercice permettront aux décideurs de se disposer d'une base initiale, mais aussi inédite et informative sur la dynamique forestière au niveau de ces aires afin d'engager les meilleures actions nécessaires.

7.15 La portée originale de l'étude comparée aux autres études répertoriées

Pour mettre en évidence la dimension originale ce travail par rapport à d'autres travails de cette allure répertoriés sur Haïti, une analyse comparative est donc établie à deux niveaux. Un niveau plus général qui renvoie aux travaux d'occupation de sols réalisés à l'échelle nationale et niveau spécifique qui concerte plutôt l'étude des composantes paysagères à l'échelle plus locales où les sites sont considérés comme unité d'étude fondamentale.

7.15.1 Par rapport à d'autres travails à dimension nationale

Au niveau national, la majorité voire presque la totalité des travaux d'occupation de sols répertoriés sur Haïti sont réalisés de manière ponctuelle et concernent le plus souvent le territoire entier. C'est le cas par exemple des études de Churches, et al. (2014), de Hedges, et al. (2018) et de Melo Ramirez (2018) et du rapport du MDE & PISLM (2019). Ce sont pour en grande partie des activités réalisées après le séisme catastrophique de 2010, grâce à notamment une panoplie d'images satellites et de photographies aériennes disponibles et accessibles gratuitement sur le pays. D'abord, effectués dans un contexte déterminé et pour une date bien précise, ces produits ne permettent de faire une comparaison multi-date afin de pouvoir déterminer les changements spatiotemporels. Ensuite, compte tenu du fait qu'ils visent le territoire national entièrement, ils n'arrivent pas à attacher un focus particulier sur les sites ciblés par l'étude, alors que ces espaces représentent et demeurent actuellement les dernières plus grandes réserves forestières du pays. En revanche, la présente étude s'y intéresse spécifiquement dans un souci de prendre connaissance des causes de leurs déclins et de les préserver des menaces éventuelles.

Par exemple dans le cas du travail de Churches, et al. (2014), à cause de la présence des couvertures nuageuse et des ombres, beaucoup d'endroits connus et réputés comme zones forestières ou arborées ont été classés en « no data » dont les formations forestières du Parc Macaya estimées intégralement dans cette étude. En outre, en termes de précision, les différentes classifications réalisées dans le cadre de notre étude accusent des précisions globales de 91-99 % et des coefficients Kappa de 0,87-0,99, alors que la classification de Churches, et al. (2014) indique une précision globale de 83 % et un Kappa de 0,81.

Dans le cas de l'étude de Hedges, et al. (2018), l'objectif était de parvenir à une analyse de la couverture forestière en Haïti qui permet de caractériser et de suivre l'évolution des forêts primaires à partir d'une série temporelle d'images Landsat sur une période de 33 ans (1984 - 2016). Le terme « forêt primaire » dans ce cas évoqué se limite aux endroits dont le couvert forestier est égal ou supérieur à 70 % et qui sont restés inchangées au cours de la période considérée sur des parcelles de superficie supérieure à 5 hectares uniquement. D'abord, le fait de respecter ces critères exclurait la majorité de la couverture forestière existante au niveau de ces sites. Ensuite, sur le plan méthodologique, l'adoption d'une grille régulière qui sous-tend une distribution à l'aveugle des points de référence sur le territoire entier risque de compromettre la prise en compte intégrale des sites étudiés. Tandis que dans notre cas, au-delà du fait de se focaliser sur ces sites en particulier, on s'intéresse plutôt à une définition plus large du terme « forêt » et en plus notre échantillonnage est basé sur une connaissance avérée des conditions biophysiques du milieu considéré.

Dans le cas du travail d'occupation de sols réalisé sur Haïti pour déterminer le niveau de la dégradation des Terres (MDE & PISLM, 2019) dans le cadre de la mise en œuvre de la CNULCD, le jeu de données utilisé a été extrait d'une source de données mondiales par défaut (LDN-TSP, 2017), (CNULCD, 2018). Ensuite, pour le traitement et l'analyse des informations le modèle adopté a été testé sur des terrains dont les réalités paysagères et topographiques sont complètement différentes de celles d'Haïti. Dans ce cas, les possibilités d'obtenir des résultats erronés sont énormes. Cependant, dans le cas de notre travail, la classification supervisée qui est une approche méthodologique fondée sur la connaissance du milieu a été utilisée. En sus, les visites exploratoires associées à la connaissance des milieux ont permis de contourner et de minimiser les problèmes liés à la complexité morphologique des sites d'étude et à la configuration particulière de certaines composantes paysagères. Cette démarche a favorisé une meilleure sélection des polygones d'entrainement et par conséquent des classifications d'occupation de sols plus fiables.

Concernant l'étude de Melo Ramirez (2018), pour réaliser la carte d'occupation des sols sur Haïti elle a utilisé des images Sentinel 2 (10 m) de meilleure résolution que les Landsat (30 m). Ensuite, pour procéder au traitement automatique des images, il s'est servi de l'applications (*iota*[2]) qui est une chaîne de traitement développée par le CESBIO permettant de produire des classifications d'occupation du sol à partir des images satellites d'un ou de plusieurs capteurs (Melo Ramirez, 2018). Cependant, les échantillons dont il disposait étaient de multiples sources externes et utilisés sans aucune connaissance à priori du terrain étudié. Cela a provoqué d'énormes erreurs dues notamment à un problème de calage entre les différents jeux de données, a-t-il lui-même admis. Dans ce cas, en plus d'être un travail global et ponctuel qui ne permet pas de suivre la dynamique

forestière au niveau des sites ciblés, il est souillé d'imperfections et d'imprécision par rapport aux résultats de notre étude.

En outre, certaines failles repérées dans la plupart de ces travaux sont le plus souvent imputées à la nomenclature utilisée pour définir les différentes classes. Ainsi, pour combler et limiter le plus que possible les imperfections liées à la nomenclature adoptée, on s'est inspiré d'une nomenclature mixte résultant d'une combinaison de la nomenclature proposée par CORINE Land Cover (niveaux 1 & 2) et de celle de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD). En plus, cette nomenclature combinée a été ajustée et adaptée en fonction de la réalité du terrain et des besoins de l'étude.

7.15.2 Par rapport à d'autres travaux à dimension spécifique (locale)

Sur le plus plan spécifique, les études répertoriés sont pour la plupart des travaux d'occupation de sols visant, au même titre que notre étude, une analyse multi-date de la dynamique paysagère au niveau de certains de nos sites d'étude. A titre d'exemple, il convient de mentionner les études de Waselin et al., (2021) sur le Parc National Naturel de la Forêt des Pins (PNNFP) et de Villalobos, et al., (2017) sur le Parc National Naturel de Macaya (PNNM).

Waselin et al (2021) vient récemment de réaliser un travail sur la dynamique paysagère du Parc National Naturel de la Forêt des Pins entre 1973 et 2018. Bien qu'il ait été basé sur une méthodologie quasi similaire à la nôtre, ce travail laisse toutefois entrevoir certaines discordances. D'abord, une légère différence est également observée entre les deux nomenclatures utilisées. Ensuite, contrairement à notre étude qui s'intéresse à l'évaluation de la dynamique des superficies forestières au niveau des deux unités, cette étude s'est portée uniquement sur l'unité II. Dans ces conditions, il parait assez difficile de s'approprier de la dynamique forestière dans l'ensemble du site. En tout cas, les deux études nous amènent à la conclusion que le couvert forestier au niveau du PNNFP se régresse graduellement, et ce de manière plus accélérée de période en période. (Waselin et al, 2021) (Villalobos, et al., 2017).

En outre, au niveau du PNNM, après le passage de l'ouragan Mathew CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) a également réalisé une cartographie d'occupation de sols afin d'évaluer les dégâts du phénomène sur les écosystèmes naturels. Les auteurs ont parvenu à une étude comparée du paysage à partir d'une image Landsat 5 (TM) acquise en 2001 et des images de SPOT 6 captées en 2015 et 2016. Dans la classification de 2016, ils ont pu déterminer 4 types de forêt différents grâce à la résolution fine des images utilisées. Cependant, comme dans le cas de notre étude, il n'a pas été facile de discerner les catégories de forêts en 2001 à cause de résolution spatiale grossière de l'image Landsat (Villalobos, Venegas and Brenes 2017). Finalement, les

résultats de cette étude ont révélé une amélioration significative de la couverture forestières du Parc en passant de de 8350.92 ha (31.6 %) en 2001 à 9455,04 ha (35,7 %) tous types de forêt confondus en 2016. Cette tendance reflète un peu celle de la deuxième période (1998-2005) de notre étude sur ce Parc indiquant une bonne progression de la forêt en variant de 3896,12 ha (39,35 %) en 1998 et 5592,00 ha (56,48 %). En termes d'exactitude, dans le cas de l'étude de Villalobos, et al. (2017), les classifications effectuées accusent une précision globale de 69,4 % pour l'image de 2001 et de 76,7 % pour celle de 2016. Tandis que dans le cas notre étude les classifications relatives à ce site la précision globale la plus faible est de 96 %. Ensuite, ils n'ont pas déterminé d'indice de Kappa, alors qu'en télédétection cet indice est considéré comme incontournable en matière d'évaluation et de validation des résultats obtenus à partir d'une classification supervisée (Agbanou, 2018). A noter que contrairement à notre étude qui se focalise uniquement le Parc Macaya, celle de CATIE incluaient en plus l'aire du Pic Formond (Villalobos, et al., 2017).

Conclusion

L'objectif de ce travail était de parvenir à l'évaluation et au suivi de la dynamique forestière au niveau des principales réserves forestières d'Haïti. Cette décision a été prise dans le but d'apporter une réponse immédiate et appropriée au déficit de données relatives au couvert forestier auquel font face les gestionnaires de ces espaces. Pour ce faire, une méthodologie basée sur l'exploitation rationnelle des techniques et outils de télédétection spatiale a été adoptée et mise en place. Dans ce cas, des images acquises par les différents capteurs (MSS, TM, ETM & OLI) des satellites Landsat (4, 5, 7 & 8) et tirées gratuitement de la base de données de l'USGS ont été utilisées pour la production des données cartographiques nécessaires. A partir de ces données, une cartographie d'occupation de sols sur quatre dates différentes (multi-date de 7à 13 ans) a été produite sur chacun des sites ciblés par l'étude. Ensuite, sur la base de ces informations multi-dates, des matrices de transition ont été constituées afin de déterminer et d'analyser périodiquement la dynamique spatiale des différentes catégories d'occupation de sols, en particulier le couvert forestier. Cela nous a amené à définir le sens et la direction des changements et par conséquent de comprendre comment et pourquoi ils se sont opérés. Par-dessus tout, cette démarche nous a permis de dresser un bilan (perte & gain) de l'évolution de la couverture forestière au niveau de chaque site, ce qui a permis d'en déceler et d'en mettre en évidence les périodes de régression et de progression les plus pertinentes. Les données multi-dates ont servi également à déterminer la vitesse et le taux de variation périodique des différentes classes d'occupation de sols pour un site donné, une information qui serait d'une très grande utilité dans une perspective de définition d'une politique de gestion de l'espace. En fin de compte, cette démarche nous conduit à la découverte que le recul

de la couverture forestière se fait progressive en partant d'une défriche timide mais croissante vers une artificialisation complète, et s'est opéré généralement en périphérie des formations forestières. Il s'en suit alors une dynamique caractérisée généralement par une tendance à la hausse des différentes catégories d'occupation de sols au frais des superficies forestières. Ensuite, la vitesse et le taux de régression du couvert forestier (déforestation) observés au niveau des différents sites étudiés laissent présager un phénomène très alarmant où dans 20 à 60 ans ils perdront complètement leurs couverts forestiers.

D'une manière générale, les résultats finaux obtenus montrent que les forêts sont extrêmement et constamment touchées par les activités humaines. Il en résulte à la fois une dégradation excessive et une déforestation flagrante du paysage. La dégradation est causée par l'exploitation et l'extraction illicites ou licites des ressources forestières caractérisées par les coupes de bois précieux, l'extraction de bois de construction, ou le prélèvement des combustibles ligneux (charbon de bois, bois de chauffe). Tandis que la déforestation est engendrée par la conversion des terres forestières en d'autres types d'usage ou d'occupation (Métro, 1975; FAO, 2006; Kanninen, et al., 2007) tels que la mise en place des parcelles de culture et des jachères, l'établissement des pâturages et développement urbain.

En termes de qualité et de précision, les classifications effectuées accusent toutes une précision globale se situant entre 91 à 99 % et un coefficient de Kappa allant de 0,87 à 0,99 (87 – 99%). Ainsi, les indices de Kappa étant compris entre 0,81 et 1, permettent d'avancer qu'il s'agit d'une classification dont l'accord est excellent selon la grille d'interprétation de Landis et Koch (1977), et dans ces conditions peut être exploitée en toute quiétude comme outils d'aide à la décision, étant supérieur à 75 % (Pontius, 2000).

En termes de perspective, les résultats ici présentés apportent un tout premier jet de lumière sur la dynamique forestière dont la connaissance faisait jusque-là défaut vu qu'elle a été auparavant l'objet de très peu d'études. La plupart des rares travaux déjà réalisés faisaient office des estimations ponctuelles mais qui ne permettent de procéder à une analyse diachronique des superficies forestières au niveau de ces sites.

8 Conclusion générale de la thèse

Compte tenu de la situation alarmante de la dégradation environnementale en Haïti, considérant que la dégradation forestière et la déforestation sont toujours pointées du doigt comme principales causes de cet état déplorable de l'environnement, se référant au fait qu'il existe une relation d'interdépendance indiscutable entre la forêt, la biodiversité et l'évolution du climat, l'objectif primordial de cette thèse était de procéder à l'exploitation des données de télédétection et des outils du SIG pour le suivi des écosystèmes forestiers dans une perspective de conservation et de gestion de la biodiversité et de lutte efficace contre le changement global. A noter que ces outils technologiques, très connus et convoités pour leur vertu en matière de suivi des espaces naturels à travers le monde, demeurent très peu utilisés en Haïti. Dans cette optique, les différentes thématiques et disciplines concernées par cette recherche ont été passées en revue afin notamment d'en analyser l'état de l'art en Haïti.

D'abord une chronique des démarches et initiatives les plus marquantes relatives à la dynamique du domaine géomatique en Haïti a été présenté. Cette démarche consistait à mettre en avant la dimension de l'usage de la technologie du SIG et de la télédétection comme outils d'aide à la décision pour la gestion du territoire en général, mais en particulier pour le suivi et la gestion des écosystèmes forestiers. Cela a permis de constater que l'usage du domaine de la géomatique au pays est très jeune et qu'en dépit de cela il a connu un progrès assez discret jusqu'en 2010 après le séisme où il a commencé à prendre une ampleur considérable (De Boissezon & Dubois, 2014; Clarka & Guiffault, 2018). En tout cas, selon les derniers constats, les initiatives dédiées à l'estimation de la couverture forestière, voire à l'étude de la dynamique paysagère, demeurent très maigres en dépit des progrès en cours.

Puis, une analyse de la prise en charge et de la dynamique de la gestion et de la conservation de la biodiversité en Haïti a été effectuée. Cette analyse a permis de mettre en évidence la place et l'utilité des écosystèmes forestiers dans la gestion et de la conservation de la biodiversité. Les résultats de cette démarche ont permis de constater que beaucoup d'efforts, et ce à tous les niveaux, sont conjugués dans une tentative de gérer durablement mais aussi efficacement la biodiversité dans le pays. Ces efforts se justifient notamment par la signature d'un ensemble de traités internationaux et régionaux y relatifs, par l'amélioration et la mise en branle des dispositifs politique, stratégique, institutionnel, réglementaire et de gouvernance et par la mise en œuvre d'un ensemble d'initiatives et de projets dont la création des aires protégées, la détermination des zones clés de la biodiversité (ZCB) et enfin l'établissement du Corridor Biologique de la caraïbe. A signaler que la quasi-totalité de ces tentatives tournent autour de l'existence des écosystèmes forestiers.

Ensuite, la prise en compte des dispositifs de lutte contre le changement climatique dans les stratégies de développement en Haïti a été analysée. Il s'ensuit un examen et une mise en exergue de l'importance accordée à l'existence mais aussi à la gestion des écosystèmes forestiers dans cette dynamique. Ce travail a en effet permis de mettre à nu les différents défis engendrés par ce phénomène, mais aussi de relever les principaux freins et contraintes mettant en difficultés la lutte effective contre le changement climatique au niveau du pays. Cela a également permis de constater qu'en en dépit d'un nombre important d'initiatives entreprises par le gouvernement, les ONG et les organisations de la société civile haïtienne, les résultats jusqu'à présent obtenus tardent à apporter une amélioration effective de la résilience du pays par rapport aux conséquences néfastes du changement climatique en cours (MDE, 2019b). Entre temps, force est de constater que la majorité des initiatives entreprises dans les différents mécanismes de lutte contre ce phénomène sont orientées vers la promotion, l'établissement et la gestion durable des écosystèmes forestiers que ce soit en termes d'atténuation ou d'adaptation.

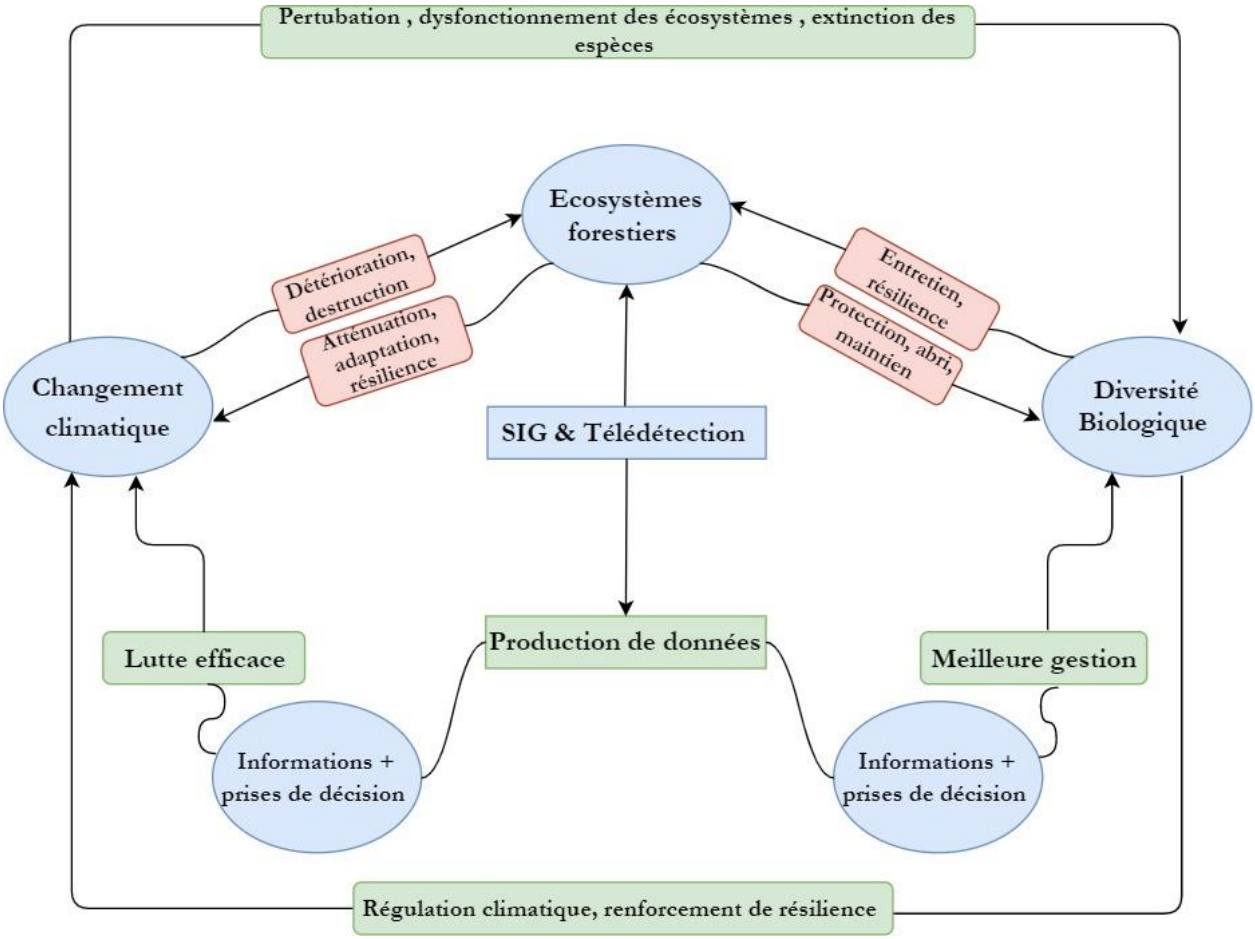
Un panorama du profil et des caractéristiques des écosystèmes forestiers en Haïti a été présenté en procédant à une analyse de la gestion et de la dynamique du couvert arborée et de ses facteurs déterminants. Cette initiative a permis de confirmer l'évidence qu'au cours de ces dernières décennies, les écosystèmes forestiers haïtiens, bien qu'ils soient déjà dans un état très critique (Toussaint, 2010), continuent d'être soumis à une forte pression anthropique (CEPAL & PNUD, 2008). Les recherches ont également révélé que cet état de fait est souvent le résultat d'une combinaison de plusieurs facteurs, tels que l'expansion urbaine et l'extension des infrastructures, l'expansion et la multiplication des parcelles agricoles, l'exploitation et l'extraction des ressources ligneuses, la défaillance réglementaire et de gouvernance, la croissance démographique et la pauvreté (Toussaint, 2010) (MDE, 2015b), mais aussi les catastrophes naturelles.

En fin de compte, une analyse diachronique de la couverture forestière au niveau des principaux parcs et réserves nationaux haïtiens a été réalisée à partir de l'exploitation des images Landsat (TM, ETM & OLI). Associé d'une enquête de terrain, ce travail a été réalisé sur le Parc National Naturel de la Forêt des Pins (PNNFP), le Parc National Naturel de La Visite (PNNLV) et le Parc National Naturel de Macaya (PNNM) au niveau des montagnes et le Parc National des Trois Baies (PN3B) au niveau côtier et marin. Cette expérimentation a permis non seulement de déterminer les changements d'occupations qui s'opèrent dans le paysage mais également de comprendre le sens et la direction de ces changements par rapport à d'autres occupations du sol. Cette démarche a révélé une régression graduelle des écosystèmes forestiers au niveau de tous les sites d'étude au profit de l'expansion des autres catégories d'occupations de sol, même si, bien entendu, la tendance n'est toujours unique. Parallèlement, les informations collectées à partir d'une enquête relative à

cette démarche révèlent que les causes majeures et les principaux facteurs du recul de la couverture forestière enregistré découlent de l'anthropisation. Toutefois, dans certains cas, des phénomènes naturels constituent également des facteurs, non des moindres, qui contribuent amplement à fragilisation, la dégradation et la destruction des écosystèmes forestiers au niveau des sites examinés.

Définitivement, cette expérience scientifique permet de prouver que : les images satellitaires ont la capacité d'identifier différents groupes homogènes d'occupation du sol et de bien caractériser le paysage d'un milieu naturel donné (Hypothèse 1) ; les informations produites et extraites à partir des images satellites offrent la possibilité de réaliser une analyse diachronique de la dynamique paysagère d'un milieu donné et d'apprécier les changements spatiotemporels des différentes occupations de sol identifiées (Hypothèse 2) ; les outils du SIG et de de la télédétection facilitent l'aide à la décision rapide, adéquate, rationnelle et efficace par les gestionnaires des territoires grâce à la localisation et le suivi des écosystèmes menacés (Hypothèse 3).

Figure 54 : Schéma résumé de la conception logique de la thèse



9 Références bibliographiques

CDB. (2020). *Stratégies et plans d'action nationaux pour la biodiversité (SPANB).* (Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (SCDB)) Consulté le 16 Avril 2020, sur Convention sur la Diversité Biologique: https://www.cbd.int/nbsap/

Gouvernement du Québec. (2018). *Thésaurus de l'activité gouvernementale* . Consulté le Février 26, 2018, sur Portail Québec: http://www.thesaurus.gouv.qc.ca/tag/terme.do?id=14210

Le Moniteur. (2013, Décembre 11). Arrêté créant un parc national marin dénomnlé : « Parc des Trois Baies et des Lagons». *Le Moniteur (Journal Officiel de la Républiue d'Haiti)*(230), 1-7.

MDE & PISLM. (2019). *Rapport national sur l'état de la mise en œuvre de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD) en Haïti.* Partenership Initiative for Sustainable Land Management (PISLM) & United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). Port-au-Prince: Ministère de l'Environnement (MDE).

Abbadie, L. (2017). Ecosystèmes. *Les Grands Articles*(ISBN : 9782852298392). Récupéré sur www.boutique.universalis.fr

Abildtrup, J., Horokoski, T., & Stenger, A. (2017). Modélisation et cartographie des services écosystémiques rendus par les forêts en Lorraine : services récréatifs et protection d'eau . Dans Ecofor, & Ecofor (Éd.), *Actes du Colloque « Approches territorialisées des usages de la forêt »* (pp. 31-34). Paris: Réseau des Sciences Économiques, Humaines et Sociales d'Ecofor.

Accord ANAP/FOPROBIM. (2020). *Accord entre l'Agence Nationale des Aires Protégées (ANAP) et la Fondation pour la Protection de la Biodiversité Marine (FoProBiM).* Ministère de l'Environnement (MDE), Port-au-Prince, Haïti.

Achard, F., Ansseau, C. B., Defourny, P., Jaton, A., & Lemieux, G. (1996). La télédétection et la gestion des forêts. Dans AUPELF (Éd.), *Précis de Télédétection.* Québec : AUF Québec.

Achard, F., Malheiros de Oliveira, Y. M., & Mollicone, D. (2017). Suivi du couvert forestier et de la déforestation. Dans J. Delincé, & J. Delincé (Éd.), *Manuel sur l'application de la télédétection aux statistiques agricoles* (éd. Manuel de la Stratégie mondiale pour l'amélioration des statistiques agricoles et rurales (GSARS), pp. 189-213). Rome.

Actualix. (2020). *Haïti - Population sous le seuil de pauvreté (%) - 2016*. Récupéré sur Actualix . Atlas de Statistiques sur les Pays: https://fr.actualitix.com/pays/hti/haiti-population-sous-le-seuil-de-pauvrete.php

ADEME. (2013). *Indicateurs de vulnérabilité d'un territoire au changement climatique.* Recueil de Littérature internationale, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), Angers.

AEE. (2015). *L'environnement en Europe : état et perspectives 2015.* Synthèse, Agence européenne pour l'environnement, Copenhague. doi:10.2800/4738

Agbanou, B. T. (2018). *Dynamique de l'occupation du sol dans le secteur Natitingou-Boukombé (nord-ouest bénin) : de l'analyse diachronique à une modélisation prospective.* Thèse de doctorat, Université Toulouse le Mirail-Toulouse II & Université d'Abomey-Calavi (Bénin), Géographie, Toulouse.

Ahmed, L., Djamel, A., & Amina, A. (2016). Apport Des Images Satellites MODIS Dans L'étude De L'évolution De La Végétation Forestière De l'Est Algérien. *European Scientific Journal, 12*(20), pp. 195-213. doi:10.19044/esj.2016.v12n20p195

Alimagri. (2015, 11 04). *La forêt, un allié durable contre le changement climatique.* Récupéré sur Alimagri : site du minisère de l'Agriculture et de l'Alimentation (France): agriculture.gouv.fr/la-foret-un-allie-durable-contre-le-changement-climatique-0

Allan, J., Antonich, B., Bhandary, R. R., Luomi, M., Schulz, A., & Wiseman, V. (2015, 15 décembre). Compte-rendu de la conférence de paris sur les changements Climatiques (CdP21) : 29 novembre - 13 décembre 2015. *Bulletin des Négociations de la Terre, 12*(663), 53.

Alternatiba. (2014). *Qui sommes-nous ?* Consulté le 11 mars 2020, sur Alternatiba: https://alternatiba.eu/communaute-alternatiba/sommes/

Alzaz. (2011). *La population en écologie : La dynamique des populations, éléments d'écologie.* (La maison d'alzaz ou le blog de l'écologie) Consulté le Février 2018, sur https://lamaisondalzaz.wordpress.com/2011/01/01/la-population-en-ecologie/

André, B. (2011, janvier). La transition démographique en Haïti (Demographic transition in Haïti). . *Bulletin de l'Association degéographes français*, pp. 83-104.

Andrieu, J. (2008). *Dynamique des paysages dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud (Sénégal, Gambie, Guinée-Bissau).* Paris: Université Paris Diderot - Paris 7.

Angelier, J.-P. (2005). *Analyse de la substitution entre combustibles dans le secteur résidentiel en Haïti.* Organisation des Nations unies (ONU), Analyse de la substitution entre combustibles dans le secteur résidentiCommission Economique pour l'Amérique Latine et les Caraïbes (CEPALC), Mexico, Mexique .

Apaza, C. R. (2009, Janvier). Measuring Governance and Corruption through the Worldwide Governance Indicators:Critiques, Responses, and Ongoing Scholarly Discussion. *Political Science and Politics, 42*(1), 139-143. Récupéré sur https://www.jstor.org/stable/20452388

Apps, M. (2003). *Les forêts, le cycle mondial du carbone et le changement climatique.* Texte soumis au XIIe Congres forestier Mondial , Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Center, Québec, Canada.

Aube, M. (1999). *Évaluation sommaire de la situation des mangroves de la côte nord haïtienne.* Thèse de maîtrise, Faculté des études supérieures et de la recherche Université de Moncton, Maîtrise en études de l'environnement, Moncton. doi:0-612-47253-1

Aubin-Auger et al. (2008). L'introduction à la recherche qualitative. *Exercer-revue française de médecine générale, 19*(84).

Audate, E. (2020, Février 13). Comment la Direction des Forêts et des Energie renouvelables s'implique t-elle dans lutte contre le Changement Climatique en Haiti. (C. JOSEPH, Intervieweur) Port-au-Prince, Haiti: Direction des Forêts et des Energie renouvelables.

Augier, D. (2010, Avril 15). Les écosystèmes marins de la Caraïbe : identification, diffusion et modes de gestion. *Études caribéennes*(15), p. 13. doi:DOI : 10.4000/etudescaribeennes.4343

Baghdadi, N., & Zribi, M. (2017). *Observation des surfaces continentales par télédétection I : agriculture et forêt* (éd. Série Télédétection pour l'observation des surfaces continentales, Vol. 3). Londre, Great Britain: ISTE Editions Ltd.

Banque Mondiale. (2017). *Les villes Haitiennes : des actions pour aujourd'hui avec un regard sur demain* (Vol. 1). (N. Lozano Gracia, & M. Garcia Lozano, Éds.) Washington DC, USA: Banque internationale pour la reconstruction et le développement & Banque mondiale.

Banque Mondiale. (2018). *Le charbon de bois en Haïti : Bilan de la production du charbon de bois et évolution en matière de consommation.*

Banque Mondiale. (2018). *Le charbon de bois en Haïti : Bilan de la production du charbon de bois et évolution en matière de consommation.* Banque Momdiale, Washington, États-Unis.

Bappel, E. A. (2005). *Apport de la télédétection aérospatiale pour l'aide a la gestion de la sole cannière réunionnaise.* Université de la Réunion, Biophysique [physics.bio-ph]. Français.

Barakat, S., Abeysinghe, A., Dagnet, Y., Endalew, G. J., Jallow, B. P., More, C. H., . . . Verkuijl, C. (2017). *Guide de la transparence dans le cadre de la CCNUCC et de l'Accord de Paris.* Londres:

International Institute of Environment and Development (IIED). Récupéré sur http://pubs.iied.org/10190FIIED

Barbault, R., Cornet, A., Jouzel, J., Mégie, G., Sachs, I., & Weber, J. (2002). *Johannesburg 2002. Sommet mondial du développement durable. Quels enjeux ? Quelle contribution des scientifiques ?* Paris: Ministère des Affaires étrangères (MAE).

Baret, F. (2017). Méthodes d'estimation des variables biophysiques de la végétation à partir d'observations satellitaires. Dans N. Baghdadi, M. Zribi, N. Baghdadi, & M. Zribi (Éds.), *Observation des surfaces continentales par télédétection I : agriculture et forêt* (éd. Série Télédétection pour l'observation des surfaces continentales, Vol. 3, pp. 51-91). Londre, Great Britain: ISTE Editions Ltd.

Barnaud, C., Theil, L., Choisis, J.-P., & Eychenne, C. (2015). Les services écosystémiques : une notion savante déconnectée des représentations locales? Une analyse des représentations de l'élevage en zone agricole défavorisée. Dans P. Béringuier, F. Blot, B. Desailly, & M. Saqalli (Éds.), *Environnement, politiques publiques et pratiques locales* (pp. 26-49). Paris. Récupéré sur https://www.researchgate.net/publication/301776828

Barrette, N., & Daleau, L. (2012). Haïti, également terre de cyclones. Dans J.-D. Rainhorn (Éd.), *Haïti, réinventer l'avenir* (pp. 55-65). Paris: Éditions de la Maison des sciences de l'homme. doi:https://doi.org/10.4000/books.editionsmsh.8316

Bastien, Y., & Bournérias, M. (2017). La forêt, un milieu naturel riche et diversifié. *Les Grands Articles*. Récupéré sur www.boutique.universalis.fr

Baudot, Y. (1994). *Télédétection Aérospatiale et Analyse Géographique de la Population des Villes dans les Pays en Développement.* Thèse de doctorat, Université Catholique de Louvain , Faculté des Sciences, Louvain-la-Neuve.

Bédard, Y. (1982). *Recommandations relatives à l'implantation d'un système d'information sur le territoire pour des fins de gestion municipale.* Thèse de maîtrise, Université de Laval, Québec.

Bellassen, V., & Luyssaert, S. (2012, Janvier). Le cycle du carbone dans les forêts et le changement climatique : comprendre le passé pour s'adapter au futur. *Revue Forestière Française*, pp. 263-274. doi:10.4267/2042/48435

Beltrando, G. (2011, Novembre). Le changement climatique et la forêt métropolitaine française. *Annals of the University of Bucharest: Geography Series, LX*, pp. 5-28.

Bemba, R. D. (2014). *Les facteurs explicatifs de la déforestation et de la dégradation des forêts dans le département du pool: analyse du processus REDD+*. Memoire de master, Université Marien N'Gouabi .

Benjamin et al. (2019, Septembre 6). Changements climatiques: les plus pauvres seront les plus affectés. *The Conversation*.

Bernard, R. (1975). Les utilisations de la mangrove. Les usages forestiers. *Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée, 22*(10-12), pp. 297-340. doi: https://doi.org/10.3406/jatba.1975.3217

Bernardin, E. A. (1999). La planification régionale en Haïti. *Cybergeo : European Journal of Geography , Aménagement, Urbanisme*, pp. 1-12. doi:https://doi.org/10.4000/cybergeo

Bernhardt, T. (2018). *Importance de la biodiversité*. Consulté le Février 26, 2018, sur Le site web de la biodiversité canadienne: http://canadianbiodiversity.mcgill.ca/francais/conservation/important.htm

Bernier, B. (1992). *Introduction à la macroéconomie*. Paris, France : Dunod.

Bigi, A. (2012). *Guide de référence sur les pratiques de prévention et de lutte contre l'érosion dans le département du Sud d'Haïti*. Ministère de l'agriculture, des ressources naturelles et du développement rural .

BirdLife International. (2010). *HOTSPOT DE LA BIODIVERSITE DES ILES DES CARAÏBES* . Critical Ecosystem Partnership Fund ou CEPF.

Blandin, P. (2014). Au leurre de la biodiversité ? *Vraiment durable, n° 5/ 6*(1), p. 19 41.

Blandin, P., Couvet, D., Lamotte, M., & Sacchi, C. F. (2016, Patrick BLANDIN professeur au Muséum national d'histoire naturelle, directeur de la Grande Galerie de l'évolution Denis COUVET profes). Ecologie. *Les Grands Articles*, pp. 1-48. Récupéré sur www.boutique.universalis.fr

BM/ONPES. (2014). *Haïti: Investir dans l´humain pour combattre la pauvreté ; Éléments de réflexion pour une prise de décision informée*. Résumé, Banque Mondiale (BM)/Observatoire national de la pauvreté et de l'exclusion sociale (ONPES), Port-au-Prince.

Borde, A., Huber, M., Goburdhun, A., Revoyron, E., Nsimba, E., & Louis, J. A. (2015). *Une estimation des coûts des impacts du changement climatique en Haïti*. Ministère de l'Environnement & Ministère de l'Economie et des Finances, Port-au-Prince.

Borde, A., Huber, M., Goburdhun, A., Revoyron, E., Nsimba, E., & Louis, J. A. (2015). *Une estimation des coûts des impacts du changement climatique en Haïti.* Ministère de l'Environnement & Ministère de l'Economie et des Finances, Port-au-Prince.

Bouju, T., & Barthelemy, K. (2013, Janvier). Télédétection amazonienne. *Latitude 5*(99), pp. 15-19.

Bourque, A. (2000, 01 septembre). Les changements climatiques et leurs impacts. (E. ligne, Éd.) *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, 1*(2), p. 19. doi:10.4000/vertigo.4042

Bourrelier, P., Deneufbourg, G., & Vanssay, B. (2000). *Les catastrophes naturelles: le grand cafouillage.* Paris: Osman Eyrolles.

Bouveyron, C., & Girard, S. (2009). Classification supervisée et non supervisée des données de grande dimension. (4. p.-1.-0. 2009, Éd.) *La revue de Modulad*(40), pp. 81-102. Récupéré sur https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00394327

Bozza, A. (2012). *Modélisation du risque de ruissellement et inondation à Port-au Prince.* Rapport de stage , Université de Toulouse : Master 2 géomatique , Science de l'Information Géoréférencée pour la Maîtrise de l'environnement et l'Aménagement des territoires (SIGMA), Toulouse.

Brahic, É., & Terreaux, J. (2009). Biodiversité et forêt - Évaluation économique de la biodiversité: Méthodes et exemples pour les forêts tempérées . pp. 16-27.

Bréda, N., Soudani, K., & Bergonzini, J.-C. (2003). *Mesures de l'indice foliaire en forêt* (éd. ECOFOR). Edition ECOFOR .

Breton, J.-M. (2004). *Tourisme, environnement et aires protégées - (Antilles-Guyane/Haïti/Québec).* Karthala, Collection Iles et pays d'outre-mer.

Breton, J.-M. (2018, Décembre 01). Biodiversité. *Études caribéennes*(41), p. 9. Récupéré sur http://journals.openedition.org/etudescaribeennes/12983

Briant, G. (2009). *Estimation et localisation de l'assèchement forestier amazonien par imagerie MODIS.* Université Laval, Faculté des études supérieures. Québec: Faculté de foresterie et Géomatique.

Brochet, M. (1993). Les stratégies de lutte contre l'érosion et l'aménagement des bassins versants en Haïti. *Tiers-Monde, Tome 34*(134), pp. 423-436. doi:https://doi.org/10.3406/tiers.1993.4763

Burley, J. (2002). La diversité biologique forestière: tour d'horizon 3. *Unasylva 209 (Revue internationale des forêts et des industries forestières), 53*, pp. 3-9.

Burrough, P. (1986). *Principles of geographical information systems for land resources assessment.* Monographs on Soil and Resozrrces Surveey no. 12. Oxford Science Publications.

Cadet, F. (2006). *La législation haïtienne au regard de la protection de l'environnement : une analyse systémique.* Mémoire de sortie, Faculté de droit et des sciences économiques de Port-au-Prince, Port-au-Prince.

Caloz, R., & Collet, C. (2001). *Précis de télédétection* (éd. Traitements numériques d'images de télédétection, Vol. 3). Québec : Presses de l'Université du Québec.

Castellanos Belalcazar, G. F. (2008). *Application du Lidar aéroporté pour la caractérisation des vergers.* Université Laval. Québec: Université Laval. Récupéré sur http://theses.ulaval.ca/archimede/fichiers/25603/25603.html

CATEDEL. (2018). *Plan d'action pour l'amélioration de la qualité du sel marin produit au niveau de la baie de Caracol /ABE/EBA.* Cellule d'Appui Technique en Développment Local, Caracol.

CCCOT. (2015, 11 20). *Imagerie satellitaire et photos aériennes.* (Centre canadien de cartographie et d'observation de la Terre) Consulté le Janvier 15, 2018, sur Ressources naturelles Canada: https://www.rncan.gc.ca/sciences-terre/geomatique/imagerie-satellitaire-photos-aeriennes/10800

CCT. (2002). *Notions fondamentales de télédétection*, En ligne . (G. d. Canada, Producteur) Consulté le Mars 5, 2018, sur Centre Canadien de Téléldétection /Resoources naturelles: http://pages.csam.montclair.edu/~chopping/rs/CCRS/chapter1/chapter1_6_f.html

CDB, PNUE, & PNUD. (2018). *Sixième rapport national : Guide technique de rédaction des rapports Version du 13 février 2018.* Convention sur la Diversité Biologique, Programme des Nations Unies pour le Développement & Programme des Nations Unies pour l'Environnement. Convention sur la Diversité Biologique.

CDI. (2017, avril). *La recherche documentaire.* Centre de Documentation et d'Information, Paris.

CEPAL & PNUD. (2008). *Impact socioéconomique de la dégradation des terres en Haïti et interventions pour la réhabilitation du milieu cultivé.* Rapport final, Commission économique pour L'Amérique Latine et las Caraïbes (CEPALC) & Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), Programme d'Appui à la Gestion de l'Environnement (PAGE), Port-au-Prince, Haïti.

CGDD. (2009). *CORINE Land Cover France - Guide d'utilisation.* Document technique, Commissariat général au développement durable, Service de l'observation et des statistiques.

Champagnat, P. (1983). Quelques particularités biologiques des arbres. *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques, 130*(2), pp. 11-20. doi:10.1080/01811789.1983.10826596

Chen, J., Jönsson, P., Tamura, M., Gua, Z., Matsushita, B., & Eklundh, L. (2004). A simple method for reconstructing a high-quality NDVI time-series data set based on the Savitzky-Golay filter. *Remote Sensing of Environment, 91*(3-4), pp. 332-344. doi:https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.03.014

Chevassus-au-Louis, B., & Pirard, R. (2011). Les services écosystémiques des forêts et leur rémunération éventuelle. *Revue Forestière Française, LXIII*(5), pp. 579-599.

Choblet, F., Gicquel, P., Hoppé, G., de Manheulle, J.-F., McIntyre, J., Schmitz, P. A., . . . Radanne., P. (2007). *Le changement climatique gouvernance politique et économique.* École Nationale d'Administration (ENA). Revue Liaison Énergie-Francophonie, no. 75.

Churches, C. E., Wamplera, P. J., Sunb, W., & Smith, A. J. (2014). Evaluation of forest cover estimates for Haiti using supervisedclassification of Landsat data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*(30), pp. 203–216.

CIAT. (2011). *Vers un aménagement durable et concerté du territoire Haïtien.* CIAT-Bilan 2010, Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire (CIAT), Port-au-Prince/République d'Haïti.

CIAT. (2012). *Plan d'aménagement du Nord / Nord-Est : Couloir Cap – Ouanaminthe.* Document stratégique, Comité Interministériel d'Aménagement du, Port-au-Prince/Haiti.

CIAT. (2014). *Aires protégées d'Haïti : Avancées en 2013 et perspectives pour 2014*. Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire/Ministère de l'Environnement, Port-au-Prince, Haïti.

CIAT. (2017). *Aires protégées : Etat des Lieux.* Port-au-Prince, Haïti: Comité Interministériel de l'Aménagement du Territoire (CIAT).

Clarka, N., & Guiffault, F. (2018). Seeing through the clouds: Processes and challenges for sharing geospatial data for disaster management in Haiti. *International Journal of Disaster Risk Reduction 28, 28*, pp. 258–270.

CNIGS. (1998). *Les différentes occupations des sols d'Haïti.* Centre National d'information Géo-Spatiale (CNIGS)/Institut géographique National (IGN), Port-au-Prince, Haïti.

CNIGS. (2005). Décret créant le Centre National de l'Information Géo-Spatiale (CNIIGS) : exposés des motifs. Port-au-Prince: CNIGS.

CNULCD. (2016). *Définition des cibles de neutralité en matière de dégradation des terres -Un guide technique.* Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD), Programme de définition des cibles de neutralité en matière de dégradation des terres.

CNULCD. (2016). *Note méthodologique pour définir des cibles nationales volontaires de Neutralité en matière de dégradation des terres (NDT) à l'aide du cadre d'indicateurs de la CNULCD.* Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD), Programme de définition des cibles de Neutralité en matière de dégradation des terres (LDN-TSP). Récupéré sur https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/2018-08/LDN%20Methodological%20Note%2029-09-2017%20FRE.pdf

CNULCD. (2018). Données par défaut : méthodes et interprétation - Un document d'orientation relatif à l'élaboration des rapports à la CNULCD en 2018. Bonn: Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD).

CNULCD. (2018, Avril). Données par défaut : méthodes et interprétation - Un document d'orientation relatif à l'élaboration des rapports à la CNULCD en 2018. Bonn: Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD).

CNULCD. (2018a, Avril). *Données par défaut : méthodes et interprétation - Un document d'orientation relatif à l'élaboration des rapports à la CNULCD en 2018*. Guide de rédaction de rapport de la CNULCD, Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD), Bonn.

CNULCD. (2018b). *Manuel sur les rapports à produire dans le cadre du processus d'établissement de rapports de la CNULCD en 2017-2018*. Septième processus d'établissement de rapports, Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification , Examen des résultats et évaluation du système de mise en œuvre (PRAIS), Bonn.

CNULCD/PRAIS. (2018). *Rapport de la CNULCD sur Haiti* . Rapport national , Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification/Ministère de l'Environnement (Haiti), Système d'examen des résultats et d'évaluation de la mise en œuvre Septième rapport (PRAIS).

Colette, C. (2008, juin). L'action internationale contre les changements climatiques : Perspectives de l'après-Kyoto. *Etudes internationales, 39*(2).

Congalton, R. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment, 37*, pp. 35-46.

Cyr, L., Bonn, F., & Pesant, A. (1995). Vegetation indices derived from remote sensing for an estimation of soil protection against water erosion. *Elsevier Science B.V/ Ecological Modelling, 79*, pp. 277-285. doi:10.1016/0304-3800(94)00182-H

Daily, G. C., Alexander, S., Ehrlich, P. R., Goulder, L., Lubchenco, J., Matson, P. A., . . . Woodwell, G. M. (1997). *Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems* (Vol. 2). Ecological Society of America.

Dajoz, R. (2008). *La Biodiversité. L'avenir de la planète et de l'homme.* Paris: Ellipses Édition Marketing S.A. .

Daniel, F. (2018). *DÉBUTS DE LA TÉLÉDÉTECTION SPATIALE*. Consulté le Mars 5 , 2018, sur Encyclopædia Universalis: URL : http://www.universalis.fr/encyclopedie/debuts-de-la-teledetection-spatiale/

DCC/MDE. (2019). *Politique Nationale de lutte contre les Changements Climatiques.* Document officiel , Ministère de l'Environnement, Direction des Changements Climatiques, Port-au-Prince.

De Backer, S. (s.d.). *Problèmes d'hydrométéorologie concernant le sol et la végétation.* Classe des Sciences Techniques- U.S. - XVI-3 . Bruxelles : Académie Royale des Sciences d'Outremer .

De Boissezon, H., & Dubois, C. (2014, Mars). Les données de télédétection dans la gestion des risques et des désastres en Haïti : la difficile rencontre entre expertise exogène et savoirs locaux. *CIST2014 - Fronts et frontières des sciences du territoire*, pp. 135-140.

De Chazournes, L. B. (2009). *La convention sur la diversité biologique et son protocole sur la biosécurité.* Genève: United Nations Audiovisual Library of International Law. Récupéré sur http://legal.un.org/avl/pdf/ha/cpbcbd/cpbcbd_f.pdf

Dejour, N., Essevaz-Roulet, M., & Iratchet, M. B. (2015). *La mise en œuvre d'un SIG dans les collectivités territoriales.* Territorial éditions.

Délusca, K. (2018, Automne). Cahier thématique sur le changement climatique. *Haïti Perspectives, 6*(4).

Demaze, M. T. (2012). La difficile construction de la gouvernance internationale de la lutte contre les changements climatiques. À quoi servent les Conférences et les Réunions des Parties (COP-MOP) ? *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 11. doi:10.4000/vertigo.13095

Demaze, T. M. (2009). Les conventions internationales sur l'environnement : état des ratificationset des engagements des pays développés et des pays en développement. *L'Information géographique Armand Colin, 3*(73), pp. 84-99.

Denhartigh, C. (2014). *Adaptation de l'Agriculture aux changements climatiques: recueil d'expériences territoriales.* Réseau Action Climat – France.

Derrar, I. (2015). *Contribution à la correction radiométrique des images d'ALSAT-1 : Application de la méthode dite « calibration indirecte ».* Mémoire de Master, UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE D'ORAN - MOHAMED BOUDIAF , Faculté De Génie Électrique.

Dervis, K. (2013, Juin 27). Une catastrophe pour les pauvres : le changement climatique menace les gains du développement acquis. *Chronique ONU* .

DEVAUX, N. (2006). *Images très haute résolution et analyse spatiale pour localiser l'habitat rural des pays en développement* . Orléans: L'UNIVERSITÉ D'ORLÉANS.

DFER/MDE. (2018). *Plan d'Action (2018-2019) de la Direction des Forêts et des Energie renouvelables.* Ministère de l'Environnement , Direction des Forêts et des Energie renouvelables, Port-au-Prince, Haiti .

DFER/MDE. (2018). *Plan d'Action (2018-2019) de la Direction des Forêts et des Energie renouvelables.* Ministère de l'Environnement, Direction des Forêts et des Energie renouvelables, Port-au-Prince, Haiti.

Dubayah, R. O., & Drake, J. B. (2000). Lidar remote sensing for forestry applications. *Journal of Forestry, 98*, pp. 44-46.

Duchemin, E. (2010). Guide - rédaction scientifique : Écrire pour un journal scientifique. *VertiO-La revue en sciences de l'environnement.*

Ducrot, D. (2005). *Méthodes d'analyse et d'interprétation d'images de télédétection multi-sources, extraction de caractéristiques du paysage.* Toulouse: INP Toulouse.

Dufour, V. (2011). *Haïti : un grand défi pour la coopération internationale et le développement durable.* Centre universitaire de formation en environnement. Québec, Canada: Université de Sherbrooke.

Dufour, V. (2011). *Haïti : un grand défi pour la coopération internationale et le développement durable.* Centre universitaire de formation en environnement. Québec, Canada: Université de Sherbrooke.

Duminil, T. (2007). *Exploitation de données de Télédétection en vue d'étudier la mise en place de l'Ecotourisme dans la Région de ANDAVADOAKA (Madagascar).* Rapport de stage , Montpellier SUPAGRO, Montpellier .

Durrieu, S., & Deshayes, M. (1994). Méthode de comparaison d'images satellitaires pour la détection des changements en milieu forestier. Application aux monts de Lacaune (Tarn, France). *Annales des sciences forestières, 51*(2), pp. 147-161.

Duvat, V. (2015). Changement climatique et risques côtiers dans les îles tropicales. *Cairn,Annales de géographie, 5*(705), pp. 541-566.

Duvigneaud, P., Lamotte, Lavergne, D., & Pérès, J.-M. (2016). Biocénoses. *Les Grands Articles*, p. 29. Récupéré sur www.boutique.universalis.fr

EPFL. (2016, 22 février). *MOOC : Eléments de Géomatique (on-demand)*. Consulté le 14 mai 2019, sur Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL): https://actu.epfl.ch/news/mooc-elements-de-geomatique-on-demand/

Ernest, R. (1952). La République d'Haïti. *Revue de géographie de Lyon, 27*(4), pp. 309-316. doi:https://doi.org/10.3406/geoca.1952.1142

Escadafal, R., & Pouget, M. (1987). Cartographie des formations superficielles en zone aride (Tunisie méridionale) avec Landsat TM. *Photo-Interprétation, 4*, pp. 9-15.

ESRI. (2016). *Fonction NDVI | ArcGIS for Desktop*. Récupéré sur Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI): https://desktop.arcgis.com/fr/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/ndvi-function.htm

FAO. (1992). *Produits forestiers non ligneux : quel avenir ?* Récupéré sur Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO): http://www.fao.org/3/t0431f/t0431f00.htm

FAO. (2002). Produits forestiers non ligneux . Dans *Évaluation des ressources forestières mondiales 2000 (FRA 2000) : Rapport principal* (Vol. Etude FAO Forêts 140, pp. 81-97). Rome, Italie : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO).

FAO. (2004). *Mise à jour de l'Évaluation des ressources forestières mondiales à l'année 2005 (FRA 2005) : Termes et définitions* . Version définitive, Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Département des forêts, Rome.

FAO. (2006). *Évaluation des ressources forestières mondiales 2005*. FRA 2005, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, département des Forêts de la FAO, Rome. Récupéré sur http://www.fao.org/forestry/fra/fra2005/fr/

FAO. (2006). *Global Forest Resources Assessment 2005 : progress towards sustainable forest management.* FAO forestry paper, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

FAO. (2006). *Termes et définitions relatifs aux tableaux nationaux de FRA 2005*. Les évaluations des ressources forestières mondiales (FRA)/Annexe 2, Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Service des Forêts.

FAO. (2007). *Les mangroves d'Amérique du Nord et d'Amérique centrale 1980-2005*. Rapports Nationaux, Résultats de recherche, Forest Resources Assessment Programme , Rome. Récupéré sur http://www.fao.org/3/a-ai446t.pdf

FAO. (2008). *Agriculture, Forêts et pêches: Mitigation et adapatation au changement climatique*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture . Récupéré sur ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0142f/i0142f00.pdf

FAO. (2010). *Evaluation des ressources forestières mondiales (FRA) 2010*. Rapport principal , Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), Rome, Italie.

FAO. (2012). *Évaluation des ressources forestières mondiales (FRA 2015) : Termes et définitions*. Document de travail de l'évaluation des ressources forestières 180, Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture(FAO) , Département des forêts de la FaO, Rome, Italie . Récupéré sur http://www.fao.org/3/ap862f/ap862f00.pdf

FAO. (2012). *Évaluation des ressources forestières mondiales (FRA 2015): Termes et définitions* . Document de travail de l'évaluation des ressources forestières 180, Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. Récupéré sur http://www.fao.org/3/ap862f/ap862f00.pdf

FAO. (2012). *Evaluation des Ressources Forestières Mondiales : Termes et Définitions*. FRA 2015, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome.

FAO. (2012). *Les termes et les définitions appliqués dans le processus d'élaboration des rapports nationaux de FRA 2015 et du QCFR*. Rome: Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Récupéré sur www.fao.org/forestry/fra

FAO. (2013). *La FAO, les forêts et le changement climatique : Œuvrer avec les pays pour atténuer le changement climatique et s'adapter à ses effets grâce à la gestion durable des forêts*. Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie. Récupéré sur http://www.fao.org/3/i2906f/i2906f00.pdf

FAO. (2013). *La FAO, les forêts et le changement climatique : Œuvrer avec les pays pour atténuer le changement climatique et s'adapter à ses effets grâce à la gestion durable des forêts*. Rome. Récupéré sur http://www.fao.org/3/i2906f/i2906f00.pdf

FAO. (2013). *La FAO, les forêts et le changement climatique : Œuvrer avec les pays pour atténuer le changement climatique et s'adapter à ses effets grâce à la gestion durable des forêts.* Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) , Rome. Récupéré sur http://www.fao.org/3/i2906f/i2906f00.pdf

FAO. (2015). *Comment les forêts de la planète changent-elles?* Rome: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

FAO. (2015). *Évaluation des ressources forestières mondiales 2015 : Répertoire de données de FRA 2015.* FRA 2015, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome.

FAO. (2015). *FAO assessment of forests and carbon stocks, 1990–2015 : Reduced overall emissions, but increased degradation.* Food and Agriculture Organisation (FAO), Rome.

FAO. (2016). *Situation des forêts du monde 2016. Forêts et agriculture: défis et possibilités concernant l'utilisation des terres.* Rome: Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.

FAO. (2018). *L'action de la FAO face au changement climatique.* Organisation des nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

FAO. (2019). *Appel d'offre : Consultant National en Politique Publique Forestière/ Ressources Naturelles et Environnement.* Termes de Référence (TdR), Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), Affaires et Services de consultation, Port-au-Prince, Haïti.

FAO, JRC, SDSU, & UCL. (2009). *Enquête par télédétection de l'évaluation des ressources forestières mondiales 2010. Objectifs, Données, Méthodes et Approche.* FAO with FRA RSS partners, Evaluation des ressources forestières mondiales. Document de travail n° 155, Rome.

FAO/COOPI. (2014). *Systèmes de Gestion des Connaissances et des Informations : Pratiques clés pour les praticiens de la RRC.* Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)/ Cooperazione Internazionale (COOPI), Réduction des risques de catastrophes, Milan, Italy. Récupéré sur http://www.fao.org/3/a-i3772f.pdf

Faridhouseini, A., Mianabadi, A., Bannayan, M., & Alizadeh, A. (2011). Lidar Remote Sensing for Forestry and Terrestrial Applications. *International Journal of Applied Environmental Sciences, 6*(1), pp. 99-114.

Faure, J.-F., Cillaurren, E., & Dessay, N. (2015). *Identification de thématiques scientifiques prioritaires de la télédétection en Haïti* . Etude de dimensionnement, Institut de recherche pour le développement (IRD), UMR Espace-DEV, Montpellier, France.

Faure, J.-F., Seyler, F., Cherchali, S., Leroy, M., Tonneau, J.-P., & Begué, A. (2016). Le réseau d'Animation Theia au Sud/ GeoDEV., (p. 23). Montpellier, France.

FEM. (2016). *Stratégie du Programme Micro Financement (PMF) pour l'utilisation des fonds de la 6ème Phase Opérationnelle (OP6, 2015-2018).* Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM).

FOKAL. (2017). *Programmes : Parc de Martissant*. Consulté le 26 Avril 2020, sur www.fokal.org: https://www.fokal.org/index.php/archives/21-parc

Fondation Seguin. (2011). Consulté le 27 Avril 2020, sur Site web de la Fondation Seguin: http://www.fondationseguin.org/

FoProBiM. (2020). *Home : Who we are*. (Fondation pour la Protection de la Biodiversité Marine (FoProBiM)) Récupéré sur Site web de la FoProBiM: http://foprobim.org/

France Valley. (2018). *Lexique forestier*. Consulté le Février 2018, sur Groupements Forestiers: https://www.groupementsforestiers.com/linvestissement-forestier/lexique-forestier/

Franco, M. (2015). *L'action de la France en Haïti depuis le 12 janvier 2010*. Ambassade de France en Haïti. Port-au-Prince: Ambassade de France en Haïti.

GEF/MDE/PNUD. (2016). *Stratégie du Programme Micro Financement (PMF) pour l'utilisation des fonds de la 6ème phase opérationnelle (OP6, 2015-2018).* Global Environment Facility (GEF)/Ministère de l'Environnement (MDE)/ Programme des Nations-Unies (PNUD), Programme Micro Financement (PMF), Port au Prince.

Gentes, I., & Vergara-Castro, J. (2005, Juin 01). Gouvernance environnementale en Haïti. Le défi d´assurer la diversité écologique parmi beaucoup d'intérêts. *Espacios Transnacionales, 2*(4), pp. 112-124. Récupéré sur http://www.espaciostransnacionales.org/cuarto-numero/gouvernanceenHaiti/

Gentes, I., & Vergara-Castro, J. (2005, Juin 01). Gouvernance environnementale en Haïti. Le défi d´assurer la diversité écologique parmi beaucoup d'intérêts. *Espacios Transnacionales, 2*(4), pp. 112-124. Récupéré sur http://www.espaciostransnacionales.org/cuarto-numero/gouvernanceenHaiti/

GeoDEV . (2018). Récupéré sur Theia: http://www.theia-land.art-geodev.fr/

Gérard-François, D. (2010). Haïti, les marqueurs de la pauvreté. *Population & Avenir, 2*(697), p. 3. doi:10.3917/popav.697.0003

Ghram-Messedi, A., & Delaître, É. (2007). Les états de surface en zone aride à partir d'indices radiométriques et de classifications multitemporelles d'images Landsat TM prises sur la

région de Menzel Habib (Tunisie méridionale). *Science et changements planétaires/Sécheresse, 18*(4), pp. 305-313. doi:10.1684/sec.2007.0094

GIEC. (2000). *L'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie : Résumé à l'intention des décideurs.* Rapport spécial du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Montréal, Canada.

GIEC. (2000). *L'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie, ,.* Rapport spécial/Résumé à l'intention des décideurs, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

GIEC. (2001). *Changements climatiques 2001/Rapport de synthèse (Glossaire).* Troisième rapport d'évaluation du GIEC (GIEC, 2001 a, b, c), Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Genève, Suisse.

GIEC. (2002). *Les changements climatiques et la biodiversité.* Document technique V du GIEC, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Genève.

GIEC. (2007). *Bilan 2007 des changements climatiques.* Genève; Suisse: Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Récupéré sur http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf

GIEC. (2011). Résumé à l'intention des décideurs. Dans GIEC, O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, . . . C. v. Stechow (Éds.), *Rapport spécial du GIEC sur les sources d'énergie renouvelable et l'atténuation des effets des changements climatiques* (p. 242). Royaume-Uni et New York (État de New York), États-Unis d'Amérique, Cambridge: Cambridge University Press.

GIEC. (2014). *Changements climatiques 2014.* Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat[Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. Genève: GIEC, Suisse.

GIEC. (2014). *Changements climatiques 2014 : Incidences, adaptation et vulnérabilité, Résumé à l'intention des décideurs.* Contribution du Groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts, Organisation météorologique , Genève (Suisse).

GIEC. (2014). *Changements Climatiques 2014 : Rapport de synthèse.* Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. Genève, Suisse: GIEC.

GIEC. (2018). *Résumé à l'intention des décideurs, Réchauffement planétaire de 1,5 °C.* Rapport spécial du GIEC, Organisation météorologique mondiale, Genève.

Gillet, P., Vermeulen, C., Feintrenie, L., Dessard, H., & Garcia, C. (2016). Quelles sont les causes de la déforestation dans le bassin du Congo ? Synthèse bibliographique et études de cas. *20 (2016)*(2), pp. 183-194. Récupéré sur http://popups.ulg.ac.be/1780-4507/index.php?id=13022

Girard, M.-C., & Colette, M. (2010). *Traitement des données de télédétection* (éd. 2e édition). (Dunod, Éd.) Paris: Dunod.

Girard, M.-C., & Girard, C. M. (1999). Les différents indices de Végétation. Dans M.-C. Girard, & C. M. Girard, *Traitement des données de télédétection* (pp. 90-91). Paris: DUNOD.

Girard, M.-C., & Girard, C. M. (2010). *Traitement des données de télédétection* (éd. 2e édition). (Dunod, Éd.) Paris: Dunod.

Giraud, P. (2004). La lutte contre le changement climatique. *Études, 401*(10), p. 321 à 332.

Giraudet, P. (2008). *Module de Biologie des Populations et Evolution (B61) : Première partie.* Support de cours de B61, Université de Toulon (UTLN), Unité d'Enseignements 1 du semestre 6 (UE 61).

Giros, A., Fontannaz, D., Allenbach, B., Treinsoutrot, D., & De Michele, M. (2012). Kal-Haiti: a research database for risks management and sustainable reconstruction in Haiti. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,, XXXIX-B8*(XXII ISPRS Congress), pp. 17-20. doi:10.5194/isprsarchives-XXXIX-B8-17-2012

Godard, O. (2010). Dossier Adaptation aux changements climatiques_ Cette ambiguë adaptation au changement climatique. *Natures Sciences Sociétés.*

Goudard, A. (2007). *Fonctionnement des écosystèmes et invasions biologiques : importance de la biodiversité et des interactions interspécifiques.* Université Pierre et Marie Curie Paris VI, Ecologie, Environnement, Paris.

Gueye, I. (2013). *Application de la Télédétection aérospatiale pour l'évaluation de la dégradation des ressources naturelles : cas des sols de la région de Kaolack située dans le Bassin arachidier du Sénégal.* Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, Faculté des Sciences et Techniques. Dakar: Institut numerique. Récupéré sur Institut numerique.: http://www.institut-numerique.org

Guissé, S., & Owen, K. (1998). Les Institutions nationales de l'environnement. *Haïti Econet*(Spécial), pp. 34-46.

Gutman, G., Byrnes, R., Masek, J., Covington, S., Justice, C., Franks, S., & Headley, R. (2008). Towards monitoring land-cover and land-use changes at a global scale: the global land survey 2005. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 74*(1), pp. 6-10.

Guyon, D., & Bréda., N. (2017). Imagerie optique multispectrale satellitaire pour des applications forestières. Dans N. Baghdadi, M. Zribi, N. Baghdadi, & M. Zribi (Éds.), *Observation des surfaces continentales par Télédétection I : agriculture et forêt* (éd. Télédétection pour l'observation des surfaces continentales, Vol. 3, pp. 247-320). Londre: ISTE Editions Ltd.

Guyot, G. (1989). Signatures spectrales des surfaces naturelles. Collection « Télédétection satellitaire No 5 ». *Géographie physique et Quaternaire, 44*(1), p. 178. doi:10.7202/032803ar

Hansen, M., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S., Tyukavina, A., . . . Townshend, J. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science, 342*(6160), pp. .850–853. doi:10.1126/science.1244693

Hecker, N. (2009). *Èléments d'écologie: Partie 2 : Espèces, populations et peuplements.* Stage de formation : Connaissance de base en écologie tropicale, Terres et Mers Ultra Marines (TE ME UM).

Hedges, S. B., Cohenc, W. B., Timyand, J., & Yang, Z. (2018, Novembre 13). Haiti's biodiversity threatened by nearly complete loss of primary forest. (J. Franklin, Éd.) *PNAS (National Academy of Sciences.), 115*(46), pp. 11850–11855 . doi:10.1073/pnas.1809753115

Helvetas Swiss Intercooperation. (2018). *Gouvernance locale partagée des aires protégées : un modèle de gestion.* Programme Préservation et Valorisation de la Biodiversité en Haute Altitude,, Port-Au-Prince.

Holling, C. S. (1986). *The resilience of terrestrial ecosystems: local surprise and global change.* Cambridge University Press.

Hosford, S., Proy, C., Giros, A., Eddy, A., Petiteville, I., Ishida, C., . . . Danzeglocke, J. (2015, May 11–15). The CEOS Recovery Observatory Pilot. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL-7/W3, 2015*, pp. 815-818. doi:10.5194/isprsarchives-XL-7-W3-815-2015

Huete, A. R. (1988). A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). *Remote sensing of environment, 25*, pp. 295-309.

Hugerot, T., Astrade, L., Ployon, E., & Gauchon, C. (2017, 28 septembre). Reconstituer les trajectoires paysagères par photo-interprétation semi-automatisée et télédétection :

géohistoire d'un cône de déjection torrentiel en vallée de Maurienne (Savoie). *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, 17*(2), pp. 1-28. doi:10.4000/vertigo.18620

Husson, A., Proy, C., & Chastanet, P. (2010, mai 20). International Charter-Space and Major Disasters - Experience of CNES and of the French Civil Protection. Haiti Earthquake January 2010. *30e European Association of Remote Sensing Laboratories Symposium*, 371-378. (R. Reuter, Éd.) Paris: UNESCO.

IGN & Aquater. (2002). *Projet Utilisation de l'imagerie satellitaire pour l'aménagement du territoire.* Ministère de la Planification et de la Coopération Externe/Haïti, Centre National d'Information Géospatiale (CNIGS). Port-au-Prince: IGN France International - Aquater S.p.A.

IGN & AQUATER. (2002). *Projet Utilisation de l'imagerie satellitaire pour l'aménagement du territoire.* Ministère de la Planification et de la Coopération Externe/Haïti, Centre National d'Information Géospatiale (CNIGS). Port-au-Prince: IGN FRANCE INTERNATIONAL - AQUATER S.p.A.

IHSI. (2003). *Projections de population totale, urbaine, rurale et économiquement active.* Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique, Centre Latino-Américain de Démographie (CELADE)Division de Population de la CEPAL.

IHSI. (2009). *Projections de population totale, urbaine, rurale et économiquement active.* Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique & Centre Latino-Américain de Démographie (CELADE), Port-au-Prince.

IHSI. (2014). *Enquête sur les conditions de vie des ménages après séisme (ECVMAS 2012).* Document officiel, Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique, Port-Au-Prince.

IHSI. (2015). *Population totale par sexe, population de 18 ans et plus estimés en 2015.* Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique (IHSI) & Centre Latino-Américain de Démographie (CELADE), Direction des Statistiques Démographiques et Sociales (DSDS), Port-au-Prince, Haïti .

IHSI. (2015). *Population totale, population de 18 ans et plus ménages et densités estimés en 2015.* Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique (IHSI) , Port-Au-Prince.

Inglada, J. (2017). Cartographie de l'occupation des sols à partir d'images optiques. Dans N. Baghdadi, M. Zribi, N. Baghdadi, & M. Zribi (Éds.), *Observation des surfaces continentales par télédétection I : agriculture et forêt* (éd. Série Télédétection pour l'observation des surfaces continentales, Vol. 3, pp. 93-122). Londre, Great Britain: ISTE Editions Ltd.

Issifou, M. Y., & Issifou, M. (2016). Cartographie de la dynamique du couvert forestier dans la forêt classée de Wari-Maro au Centre-Benin.

Jadot, C. (2016). *La Mangrove, un écosystème au service de l'homme.* Technical Report, ES Caribbean LLC. doi:10.13140/RG.2.2.35082.88002

Jaen Richard, L. (2014). *L'aide internationale à Haïti favorise-t-elle le développement durable ?* . Essaie de fin d'étude, Université de Sherbrooke, Centre université de formatin en environnement et développement durable, Sherbrooke.

James, O. (2003). *La forêt et l'eau.* Texte soumis au XIIe Congres forestier Mondial, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), Québec, Canada. Récupéré sur http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/0840-B2.HTM

Jaziri, B. (2013). Les paysages forestiers. FSHST.

Jolivet, M., & Paré, A. (1993). L'environnement: un champ de recherche en formation. *Natures-Société-Sociétés, 1*(1), pp. 6-24.

Joly, F., Bonnerot, G., & Ducom, E. (2018). *CARTOGRAPHIE.* Consulté le Mars 7, 2018, sur Encyclopædia Universalis: http://www.universalis.fr/encyclopedie/cartographie/

Joseph, C. (2013). *Potentialités des données de télédétection pour la cartographie et le suivi des carrières à Port-au-Prince dans le cadre de la gestion des risques et de la reconstruction durable en Haïti.* Rapport de mastère, AgroParisTech-ENGREF/Maison de la télédétection , Systèmes d'Informations Localisées pour l'Aménagement des Territoires, Montpellier.

Joseph, C. (2018). *Développement d'une méthodologie d'analyse et de traitement d'imageries satellitaires en vue de cartographier les modes d'occupation sols et les changements du paysage.* Rapport de consultation , Chemonics International/Agence Américaine pour le Développement International (USAID), Cap-Haitien.

Joseph, C. (2019). *Rapport national sur l'état de la mise en œuvre de la CNULCD en Haïti.* Ministère de l'Environnement (MDE), United Nations Convention to Combat Desertification(UNCCD), Partenership Initiative for Sustainable Land Management (PISLM), Port-au-Prince.

Joseph, C., & Saffache, P. (2018, Automne). L'importance des écosystèmes forestiers et les enjeux de la déforestation dans la lutte contre le changement climatique en Haïti : Cas des mangroves du Parc des Trois Baies, des forêts des massifs de la Selle et de la Hotte. (B. Paul, & K. Délusca, Éds.) *Haïti Perspectives, 6*(4), pp. 21-31.

Joseph, C., Dolique, F., & Saffache, P. (2019). Impacts des activités anthropiques sur les écosystèmes littoraux et marins : les mangroves du parc national des Trois Baies étudiées à partir d'images LANDSAT. *Les Cahiers d'Outre-Mer*(279), pp. 69-95.

Joseph, P., & Saffache, P. (2003). La mangrove, un milieu en danger. *Mappemonde*(72), p. 43.

Julien, V. (2007). *Proposition d'indicateurs de performance environnementale pour un projet d'établissement d'une réserve de biosphère en Haïti.* Essai effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.), Université de Sherbrooke, Centre Universitaire de Formation en Environnement, Sherbrooke, Québec, Canada.

Kakal, H. (2008). *Contribution à la recherche qualitative, cadre méthodologique de rédaction de mémoire.* Université Franche-Comté.

Kal-Haiti. (2018, Novembre 13). *Présentation : Bienvenue sur le site de Kal-Haïti.* Récupéré sur kalideos Haiti: https://haiti.kalideos.fr/drupal/fr/groups/bienvenue-sur-le-site-de-kal-haïti

Kanninen, M., Murdiyarso, D., Seymour, F., Angelsen, A., Wunder, S., & German, L. (2007). *"Do trees grow on money? : the implications of deforestation research for policies to promote REDD.".* Bogor, Indonesie: Center for International Forestry Research (CIFOR).

Kaufmann, D., Kraay, A., & Mastruzzi, M. (2007, Juillet). Governance Matters VI : Aggregate and Individual Governance Indicators, 1996-2006. *World Bank Policy Research Working Paper*(4280), 94. Récupéré sur https://ssrn.com/abstract=999979

Kazdin, A. E. (2013). Publishing your research. Dans M. J. Prinstein (Éd.), *The portable mentor: Expert guide to a successful career in psychology* (éd. 2nd, pp. 145-161). New York: Springer Science et Business Media.

Kengoum, F., & Tiani, A. M. (2013). *Politiques d'adaptation et d'atténuation au Cameroun : Pistes de synergies.* Document occasionnel 96, Centre de recherche forestière internationale (CIFOR), Bogor, Indonésie.

Kergomard, C. (2000, Avril 27). Pratique des corrections atmosphériques en télédétection : utilisation du logiciel 5S-PC. (U. 8. Géographie-cités, Éd.) *Cybergeo : European Journal of Geography*, 1-20. doi:10.4000/cybergeo.1679

Kergomard, C. (2017). *La télédétection aérospatiale : une introduction.* Support de cours , Ecole Normale Supérieure, Paris. Consulté le Mars 5, 2018

Kiéma, S., Fournier, A., & Toutain, B. (2009). Gérer le pâturage du bétail dans les aires protégées de savane. Dans P. Triplet, A. F. Bousso, F. Jacques, J. C. Codjia, I. Sylla, & M. Aksissou., *Manuel de gestion des aires protégées* (pp. 500-508).

King, D., & Burfull, A. (2001). Apports réciproques des SIG et de la télédétection pour l'élaboration d'un système d'informations sur les sols d'Europe. p. 16.

Kirat, T., & Marty, F. (2006). La mise en œuvre de la réglementation : une lecture économico-juridique du secteur électrique et des marchés publics. *Économie & prévision, 175-176*(4), pp. 101-116. doi:10.3917/ecop.175.0101

König, C. (2011, 13 février). *La forêt : structure et écosystème.* Récupéré sur Futura-Sciences: https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/botanique-foret-structure-ecosysteme-1088/

Koohafkan, A. ,., & Lilin, C. (1989). *Arbres et arbustres d'Hïti, Utilisation des espèces ligneuses en conservation des sols et en aménagement des bassins versants.* Port-au-Prince: FAO et MARNDR.

Kotz, D., & Cals Jochen, W. (2013). Effective writing and publishing scientific papers, part IV: methods. (D. Kotz, & W. Cals Jochen, Éds.) *Journal of Clinical Epidemiology, 66*(8), p. 817. doi:10.1016/j.jclinepi.2013.01.003

Kramer, P., Atis, M., Schill, S., Williams, S., Marks, K., Grenda, D., . . . Alexis, J. R. (2016). *Inventaire écologique de référence pour le Parc National des Trois Baies, en Haïti.* The Nature Conservancy.

Lahaye, N. (2001a). La conservation de la biodiversité comme facteur de coopération pour une Grande Caraïbe ? (L'Harmattan, Éd.) *La Caraïbe dans la mondialisation : quelles dynamiques régionalistes ?*, pp. 143-158.

Lahens, J. R. (2014). *L'aide internationale à Haïti favorise-t-elle le développement durable ?* Essaie de fin d'étude, Université de Sherbrooke, Centre Université de Formation en Rnvironnement et Développement Durable, Sherbrooke.

Landis, J., & Koch, G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics, 33*(1), pp. 159-174.

Lanly, J.-P. (1997, Mai). Pour une convention internationale sur les forêts.

Laubin, V., Fauveaud, S., Chéron, M., & Gautier, C. (2012). *Guide de bonnes pratiques : Intégrer l'adaptation au changement climatique dans les projets de développement.* La commission Climat-Développement . Coordination SUD (Solidarité Urgence Développement).

LDN_TSP/ Haïti. (2018). *Neutralité en matière de Dégradation des Terres : Programme de définition des Cibles.* Convention des Nations Unies sur la Lutte contre la Désertification . République d'Haiti .

LDN-TSP. (2017). *Note méthodologique pour définir des cibles nationales volontaires de Neutralité en matière de dégradation des terres (NDT) à l'aide du cadre d'indicateurs de la CNULCD.* Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD), Programme de définition des cibles de Neutralité en matière de dégradation des terres (LDN-TSP). Récupéré sur https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/2018-08/LDN%20Methodological%20Note%2029-09-2017%20FRE.pdf

Le Danff, J.-P. (2002, décembre). La convention sur la diversité biologique : tentative de bilan depuis le sommet de Rio de Janeiro. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, 3*(3), p. 5. doi:DOI : https://doi.org/10.4000/vertigo.4168

Le Guyader, H. (s.d.). Les différents niveaux de biodiversité. Dans *Livre de SVT* (pp. 70-71).

Le Moniteur. (1987, 12 Novembre). Décret portant organisation et fonctionnement du Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural désigné sous le sigle MARNDR. *Journal officiel de la République d'Haïti, 142ème Année*(92), 39.

Le Moniteur. (1987, 12 Novembre). *Décret portant organisation et fonctionnement du Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural désigné sous le sigle MARNDR.* Port-au-Prince.

Le Moniteur. (2002, 6 Juin). Loi portant la création du Ministère du Tourisme (MDT) en lieu et place de l'Office National du Tourisme et des Relations Publiques (ONTRP). *Journal officiel de la République d'Haïti, 157ème Année*(44), 16.

Le Moniteur. (2006, 26 Janvier). Décret portant sur la gestion de l'environnement et de régulation de la conduite des citoyens et citoyennes pour le développement durable. *Journal officiel de la République d'Haïti , 161ème Année*(11), 32.

Le Moniteur. (2006, 26 Janvier). *Décret portant sur la gestion de l'environnement et de régulation de la conduite des citoyens et citoyennes pour le développement durable.* Port-au-Prince.

Le Moniteur. (2009, 19 Mars). Arrêté de création du Comité Interministériel d'aménagement du Territoire (CIAT). *Le Moniteur (Journal officiel de la République d'Haïti), 206ème Année*(25), 4.

Le Moniteur. (2014, Mars 21). Arrêté déclarant d' «Aire Protégée de Ressources Naturelles Gérées des Trois Baies» le. *Journal officiel de la République d'Haïti (Le Moniteur), 169è Année*(54), 1-6.

Le Moniteur. (2015, 23 septembre). Arrêté créant et délimitant dans le massif de la Hotte, dans les départements du Sud et de La Grande-Anse, deux parcs nationaux naturels dénommés respectivement Parc de Grand Bois (PNN-GRA) et Parc National Naturel des Deux Mamelles. *Journal officiel de la République d'Haïti, 170ème Année*(193), 3.

Le Prestre, P. (1999). La Convention sur la diversité biologique -vers un nouvel ordre biologique international ? *Natures Sciences Sociétés (NSS), 7*(1), pp. 64-71. doi: https://doi.org/10.1016/S1240-1307(99)80009-0

Leal, J., Echeverría, J., & Stervins, A. (2009). *Étude des Impacts Socioéconomiques des Changements Climatiques en Haïti et Réponses d'adaptation.* Ministère de l'Environnement /(CEPAL & PNUD) , Port-au-Prince, Haiti. Récupéré sur https://www.social-protection.org/gimi/gess/ShowRessource.action?ressource.ressourceId=17690

Leclerc, L., Osorio, B., & Siron, R. (2015). *Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec* (éd. 2015, Vol. 3). Ouranos.

Lefèvre, F., Le Bouler , H., & Roman-Amat, B. (2011). Changement climatique attendu et biodiversité en forêt. *Revue forestière française, LXIII*(5), pp. 559-570. doi: https://doi.org/10.4267/2042/46104

Lemoine, G. (2017). Logiciels d'analyse et accès aux données. Dans J. Delincé, *Manuel sur l'application de la télédétection aux statistiques agricoles* (éd. Manuel de la Stratégie mondiale pour l'amélioration des statistiques agricoles et rurales (GSARS)). Rome.

Lévêque, C. (2008). *La biodiversité au quotidien.* Paris, France: Éditions, Quae, IRD. 286p.

Levrel, H. (2006). *Biodiversité et développement durable : quels indicateurs ?* Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (EHESS), Economies et finances, Paris.

Liang, L., Chen, F., Shi, L., & Niu, S. (2018). NDVI-derived forest area change and its driving factors in China. *PLoS ONE, 13*(10). doi:10.1371/journal.pone.0205885

Lima, K., Treitza, P., Wulderb, M., St-Ongec, B., & Floodd, M. (2003). LiDAR remote sensing of forest structure. *Progress in Physical Geography, 27*(1), pp. 88–106.

Livian, Y. (2015). Initiation à la méthodologie de recherche en SHS : réussir son mémoire ou thèse. *HAL.*

Locatelli, B. (2013). *Services écosystémiques et changement climatique.* Mémoire de HDR (Habilitation à Diriger des Recherches), Université Joseph Fourier à Grenoble, Environnement et Société, Grenoble.

Louijamé, B., Eugene, R.-E., & Viciere, B. C. (2010). *Évaluation des Ressources Forestières Mondiales (FRA) 2010 - Haïti* . Rapport national , Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), Département des forêts, Rome, Italie .

Lozano Gracia, N., & Garcia Lozano, M. (2018). *Les villes haïtiennes : des actions pour aujourd'hui avec un regard sur demain.* Document de travail, Banque Mondiale, Le Groupe Banque mondiale, Washington, DC, USA .

Ly, M., Segnon, A. C., D'haen, S., Totin, E., Noblet, M., Camara, I., & Pfleidere, P. (2019). *Comprendre et interpreter les sorties des modeles climatiques pour la conduite des etudes de vulnerabilite: Guide a l'attention des praticiens.* C Berlin: Climate Analytics gGmbH.

Magdelaine, C. (2016, Août). La déforestation : causes et conséquences. *notre-planete.info.*

Magny, E. (1991). *Ressources naturelles, environnement : une nouvelle approche.* Port-au-Prince, Haïti: Editions Henri Deschamps.

Magny, E. (1991). *Ressources Naturelles, Environnement: une nouvelle approche* (Vol. 1). Por-au-Prince, Haïti: Editions Henri Descamps.

Mallet, C., Chauve, A., & Bretar, F. (2008). Analyse et traitement d'ondes lidar pour la cartographie et la reconnaissance de formes : application au milieu urbain. *RFIA 2008*, p. 10.

Maman, M. I., Mahamane, A., Mbow, C., Saadou, M., & Bachmann, Y. (2011). Dynamique spatio-temporelle des forêts claires dans le Parc national du W du Niger (Afrique de l'Ouest). *Science et changements planétaires / Sécheresse, 22*(2), pp. 108-116. doi:10.1684/sec.2011.0305

Marc, O., Lavenus, J., & Bron, E. (2009, Juillet). *Les indicateurs de la biodiversité.* (J. Delord, Éd.) Consulté le Février 2018, sur DOSSIERS DE BIODIVERSITÉ: http://labiodiversite.free.fr/indicateurs_biodiversite/accueil_indicateurs.php

Marcelin, L. -H., & Cela, T. (2017). *Après l'ouragan Matthew : Ressources, capacités et moyens de redressement et de reconstruction des communautés dévastées en Haïti.* Institut Interuniversitaire de Recherche et de Développement (INURED), Port-au-Prince, Haïti.

Marcelin, L. H., Cela, T., & Shultz, J. M. (2016, octobre). Haiti and the politics of governance and community responses to Hurricane Matthew. *Disaster Health, 3*(4), pp. 151-161. doi:10.1080/21665044.2016.1263539

Marcon, E. (2016). *Mesures de la Biodiversité* . Document, UMR Écologie des forêts de Guyane (EcoFoG). Récupéré sur http://www.ecofog.gf

MARNDR. (2013). *Plans stratégique et programmatique 2014 - 2019 pour la modernisation des services de protection zoo-phytosanitaire et d'innocuité des aliments.* Ministère De L'agriculture, Des Ressources Naturelles Et Du Développement Rural .

MARNDR. (2016). *Evaluation des besoins post ouragan Matthew dans le secteur agricole.* Ministère de l'Agriculture, des Ressources Natures et du Développement Rural (MARNDR), Port-au-Prince, Haïti .

MARNDR, & MDE. (2017). *Cadre de Gestion Environnementale et Sociale (CGES)* . Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR) & Ministère de l'Environnement (MDE), Projet Territoires Productifs Résilients (TPR), Port-au-Prince .

Martin, J.-Y. (Éd.). (2002). *Développement durable ? Doctrines, pratiques, évaluations* (éd. Objectifs Suds). Marseille, France: IRD Editions. doi:10.4000/books.irdeditions.6757

Martin, Y. (2012). La forêt face au changement du climat. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement, 65*(1), pp. 66–84. doi:https://doi.org/10.3917/re.065.0066.

Masse, A. (2013). *Développement et automatisation de méthodes de classification à partir de séries temporelles d'images de télédétection - Application aux changements d'occupation des sols et à l'estimation du bilan carbone.* Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier - Toulouse III, Océan, Atmosphère, Toulouse (France).

MDE & INESA. (2008). *Impact socioéconomique de la dégradation des terres en Haïti et interventions pour la réhabilitation du milieu cultivé.* Rapport final, MDE/CEPALC/PNUD, Programme d'Appui à la Gestion de l'Environnement (PAGE), Port-au-Prince.

MDE & PNUD. (2009). *Stratégie de Montage de l'Agence Nationale des Aires Protégées (ANAP).* Ministère de l'Environnement & Programme des Nations Unies pour le Développement, Direction de la Biodiversité, Port-au-Prince.

MDE & PNUD. (2011). *Rapport de synthèse sur les progrès réalisés en matière de développement durable en Haïti.* Processus de préparation au niveau national, Conférence des Nations Unies sur le développement durable (Rio+20), Port-au-Prince, Haïti.

MDE. (2001). *Première Communication Nationale sur les Changements Climatiques.* Ministère de l'Environnement, Port-Au-Prince.

MDE. (2001). *Première Communication Nationale sur les Changements Climatiques.* Ministère de l'Environnement, Port-Au-Prince.

MDE. (2006). *Programme d'Action National d'Adaptation.* Ministère de l'Environnement (MDE), Port-au-Prince, Haiti.

MDE. (2013). *Deuxième Communication Nationale sur les Changements Climatiques.* Ministère de l'Environnement, Direction des changements climatiques, Port-Au-Prince.

MDE. (2015a). *Contribution Prévue Déterminée au niveau National.* Ministère de l'Environnement, Port-au-Prince, Haïti.

MDE. (2015b). *Programme Aligné d'Action National de Lutte contre la Désertification.* Document officiel, Ministère de l'Environnement, Direction de Changement Climatique, Port-au-Prince, Haïti.

MDE. (2016). *Cinquième rapport national de la république d'Haïti sur la mise en œuvre de la Convention sur la diversité Biologique.* Rapport National, Ministère de l'Environnement, Agence Nationale Des Aires Protégées (ANAP), Port-Au-Prince.

MDE. (2017a). *Rapport de synthèse de « typologie » en matière de lutte contre le Changement Climatique.* Ministère de l'Environnement d'Haïti, Direction de Changement Climatique, Port-au-Prince.

MDE. (2017b). *Guide de « bonnes pratiques » en matière de lutte contre le Changement Climatique.* Ministère de l'Environnement d'Haïti, Direction de Changement Climatique, Port-au-Prince .

MDE. (2018). *Entités Centrales.* Récupéré sur Ministère de l'Environnement: https://mde.gouv.ht/index.php/fr/news/technical-entities

MDE. (2018a). *Entités Centrales.* Récupéré sur Ministère de l'Environnement: https://mde.gouv.ht/index.php/fr/news/technical-entities

MDE. (2018b). *Organismes autonomes.* Récupéré sur Ministère de l'Environnement: https://www.mde.gouv.ht/index.php/fr/news/organismes-autonomes

MDE. (2019a). *Sixième rapport national sur la biodiversité d'Haïti.* Ministère de l'Environnement, Direction de la Biodiversité, Port-au-Prince, Haïti.

MDE. (2019b). *Politique Nationale de lutte contre les Changements Climatiques.* Ministère de l'Environnement, Direction des Changements Climatiques, Port-au-Prince.

MDE, & PISLM. (2018). *Rapport national sur l'état de la mise en œuvre de la Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD) en [Haïti].* Rapport de consultation, Ministère de l'Environnement en Haiti (MDE) & Partnership Initiative on Sustainable Land Management (PISLM), Port-au-Prince .

MDE, FME & PNUE. (2006). *Programme d'Action National d'Adaptation (PANA) au Changement Climatique* . Document stratégique, Ministère de l'Environnement/Fonds Mondial pour l'Environnement (FEM)/Programme des Nations Unies pour l'Environnement(PNUE), Programme Changements Climatiques /République d'Haïti, Port-au-Prince.

MDE/PNUD. (2019). *Fond vert pour le climat : Manuel de l'Autorité Nationale Désignée pour Haïti* . FVC/Manuel de l'AND pour Haïti, Ministère de l'Environnement (MDE), Port-au-Prince. Récupéré sur https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/HTI/PID104703_READINESS%20I_Manuel%20AND%20Haiti_2019.pdf

MEA. (2005). Ecosystems and human well-being: synthesis report, Millennium Ecosystem Assessment. *Island Press*.

MEF. (2014). *Présentation du Ministère de l'Economie et des Finances (MEF)*, Port-au-Prince, Haïti. Consulté le Mars 7, 2020, sur Ministère de l'Économie et des Finances (MEF): http://www.mef.gouv.ht/index.php?page=Pr%C3%A9sentation

MEF. (2017). *Ministère de l'Économie et des Finances : Vision Stratégique 2017 - 2022*. Ministère de l'Économie et des Finances , Port-au-Prince .

Mégie, G., & Jouzel, J. (2003, août). Le changement climatique : Histoire scientifique et politique, scénarios futurs. *La Météorologie*(42), pp. 37-47.

Melo Ramirez, E. L. (2018). *Application d'algorithme d'occupation du sol en Haïti - aide à la reconstruction post ouragan*. Rapport de stage de Master 2, Université de Toulouse III – Paul Sabatier, Aménagement des Territoires et Télédétection , Toulouse, France.

Mentor, A. B. (2005, 24 Juin). Une autre approche de développement pour la Côte-Sud d'Haïti. *Le Nouvelliste*, En ligne . Récupéré sur https://lenouvelliste.com/article/18714/une-autre-approche-de-developpement-pour-la-cote-sud-dhaiti.

Mentor, A. B. (2006, 11 Avril). Fondation Macaya : une vision, une mission. *Fondation.macaya* . Récupéré sur Le blog fondation.macaya: http://fondation.macaya.over-blog.org/article-2412213.html.

Merat, P. J. (2012, septembre 14). Forêts, évangélismes et aides humanitaires post-sismique en Haïti : des liaisons dangereuses. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*. doi:10.4000/vertigo.12528

Merat, P. J. (2012, Septembre 14). Forêts, évangélismes et aides humanitaires post-sismique en Haïti : des liaisons dangereuses. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*(Hors-série 14), p. 23.

Métro, A. (1975). *Terminologie forestiere : sciences forestieres, technologie, pratiques et produits forestiers : dictionnaire forestier multilingue.* Paris, France: FAVE. ed. CILF.

Mézard, C. (2018). *Caractérisation des perturbations anthropiques de la forêt des pins d'Haïti : Cas de l'unité 2.* Memoire de master, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT), Liège, Belgique. Récupéré sur http://hdl.handle.net/2268.2/5169

Micheau, B. (2012). Le changement climatique dans la presse magazine : expliquer la menace, impliquer les individus, prédire la catastrophe. *Cairn, 2*(75), p. 27 à 51.

Michel, C. (2013, Décembre 16). Lancement de la Plateforme de la société civile sur le changement climatique. *Le Nouveliste.*

Michel, R. (2005). *L'espace caféier haïtien : déclin et espoir.* Paris: KARTHALA Editions.

Michez, A., Bauwens, S., Bonnet, S., & Lejeune, P. (2017). Caractérisation des forêts à l'aide de la technologie lidar. Dans N. Baghdadi, M. Zribi, N. Baghdadi, & M. Zribi (Éds.), *Observation des surfaces continentales par Télédétection I : agriculture et forêt* (éd. Télédétection pour l'observation des surfaces continentales, Vol. 3, pp. 321-348). Londre: ISTE Editions Ltd.

MICT. (2001). *Plan National de Gestion des Risques et des Désastres.* Ministère de l'intérieur et des Collectivités Territoriales (MICT), Direction de la Protection Civile. Port-au-Prince, Haïti : République d'Haïti.

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis.* Washington, DC.: Island Press. Récupéré sur http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf

Morand-Deviller, J. (2010, 3 Septembre). Les institutions de l'environnement . *Que sais-je?, 10e édition* , pp. 21-33.

Mouillet, É. (2015). *La recherche bibliographique en santé Méthode, pratiques et outils.* Cours de bibliographie , Université de Bordeaux, Institut de Santé Publique, d'Epidémiologie et de Développement (ISPED), Bordeaux, France.

MPCE. (2012). *Plan Stratégique de Développement d'Haïti : Pays émergent en 2030.* Document de consultation publique, Ministère de la Planification et de la Coopération externe, Pétion-Ville, Haïti.

MPCE, BME, & EDH. (2006). *Haïti : Plan de Développement du Secteur de l'Energie 2007 – 2017.* Ministère des Travaux Publics, Transport et Communications(MPCE), Bureau des Mines (BME) et de l'Energie Electricité d'Haïti (EDH), Port-au-Prince, Haïti .

Nadeau, M. B., Hénault-Ethier, L., Rony, F. J., Michel, G., Monette, M., & Délusca, K. (2018). Réstauration des paysages forestiers et agroforestiers jumelée à la valorisation des déchets organiques en Haïti pour le développement durable d'une économie verte résiliente aux changements climatiques. (B. Paul, & K. Délusca, Éds.) *Haïti Perspectives, 6*(4), pp. 33-42.

National Academy of Sciences. (1988). *Biodiversity.* (E. O. Wilson, & F. M. Peter, Éds.) Washington, DC: The National Academies Press. doi:https://doi.org/10.17226/989

Nkengfack, H., Djoudji, S. T., & Fotio, H. K. (2020, 30 Mars). Gouvernance, institutions et protection de l'environnement dans les pays de la CEEAC. *Économie rurale, 371*(1), pp. 5-22. doi:10.4000/economierurale.7384

Noble et al. (2015). *Global Adaptation Index Country Index Technical Report.* University of Notre Dame.

Noel, J., Renoux, E., & Rakotonavalona, D. (2011). Les mutations spatiales des mangroves du Nord-Ouest de Madagascar. Dans F. Bart, *Natures tropicales : Enjeux actuels et perspectives* (éd. Presses universitaires de Bordeaux, collection Espaces Tropicaux, Vol. 20, pp. 350-357).

Norpac. (2011). *Les indicateurs de diversité –évaluer la biodiversité.* (Institut du Développement Durable et Responsable (IDDR) de l'Université Catholique de Lille (UCL)) Consulté le Février 23, 2018, sur Biodiversité Positive: http://www.biodiversite-positive.fr/les-indicateurs-de-diversite-evaluer-la-biodiversite/

OCDE. (2008). Biodiversité. Dans *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2030* (pp. 219-242). Paris: Éditions OCDE. doi:https://doi.org/10.1787/9789264040502-fr.

OCDE. (2009). *Société civile et efficacité de l'aide. Enseignements, recommandations et bonnes pratiques.* Série de publications : Pour une meilleure aide au développement. Paris: Éditions OCDE.

OCDE. (2012). *Partenariat avec la société civile : 12 leçons tirées des examens par les pairs réalisés par le CAD.* Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) . Paris: Éditions OCDE.

OIM. (2016). *Catastrophes, changements environnementaux et migration : Aperçus issus de milieux vulnérables en Haïti.* Organisation internationale pour les migrations (OIM), Genève, Suisse.

ONERC. (2018). *Mieux comprendre le GIEC.* Ministère de la Transition écologique et solidaire, Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (ONERC). Récupéré sur

https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/ONERC_Livret_Mieux_comprendre_le_GIEC_2018.pdf

ONF. (2017). *L'Office national des forêts, à l'écoute des territoires et des populations.* Dossier de presse, Office National des Forêts, Direction de la communication , Paris.

ONF. (2018). *Accueil > Forêt milieu vivant > Ecosystème > Milieu complexe et riche > Un ensemble d'êtres vivants.* Consulté le Février 2018, sur Office National des Forêts: http://www.onf.fr/gestion_durable/sommaire/milieu_vivant/ecosysteme/@@index.html

ONF. (2018). *Forêts du monde : chiffres clés.* Consulté le Février 19, 2018, sur Office National dess Forêts: http://www.onf.fr/gestion_durable/sommaire/milieu_vivant/patrimoine/forets_monde/20070926-112926-300942/@@index.html

ONU. (1992). Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. *Sommet Mondial de la Terre*, (p. 25). RIO.

ONU. (1992). *Convention sur la Diversité Biologique.* Organisation des Nations Unies, Rio de Janeiro, Brésil .

ONU. (1992). *Convention sur la Diversité Biologique.* Organisation des Nations Unies.

ONU. (1992). *Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques* . Organisation de Nations Unies (ONU), New York.

ONU. (1998). *Protocole De Kyoto à La Convention-cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques.* Organisation des Natiojs Unies(ONU), Kyoto, Japon.

ONU. (2010). *Perspectives mondiales de la diversité biologique 3 : Résumé analytique.* Organisation des Nations Unies , Convention sur la diversité biologique.

ONU. (2015). *Faits et chiffres.* Récupéré sur Nations Unies : https://www.un.org/fr/actnow/facts-and-figures

ONU. (2015). *Accord de Paris.* Organisation des Nations Unies, Bonn, Germany. Récupéré sur https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/french_paris_agreement.pdf

ONU. (2015). *Accord de Paris : Convention Cadre des Nations-Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC).* Organisation des Nations Unies(ONU), Paris, France.

ONU/PNUE. (2007). *La diversité biologique et les changements climatiques.* Convention sur la diversité biologique • Journée internationale de la diversité biologique .

Oriol, E. C. (1992). *Structure Foncière et Système Agraire dans le Sud d'Haïti (Eléments de sociologie pour une réforme agraire).* Thèse de doctorat, Université de Paris VII, UFR de Sciences Sociales , Paris. Récupéré sur http://ciat.bach.anaphore.org/file/misc/243_1992_SFSA_Oriol_vol2.pdf

Orioli, L. (2012). *Analyse et étude du contexte socio-économique et environnementale du Parc Nationale de Macaya- Haïti.* Association Volontaires pour le Service International (AVSI).

Orr, B. J., Cowie, A. L., Castillo-Sanchez, V. M., Chasek, P., Crossman, N. D., Erlewein, A., . . . Welton, S. (2017). *Cadre conceptuel scientifique relatif à la Neutralité en matière de dégradation des terres.* Bonn, Allemagne: Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD).

Ose, K., Corpetti, T., & Demagistri, L. (2017). Traitement d'images satellitaires multispectrales. Dans N. Baghdadi, M. Zribi, N. Baghdadi, & M. Zribi (Éds.), *Observation des surfaces continentales par télédétection optique : techniques et méthodes* (éd. Série Télédétection pour l'observation des surfaces continentales, Vol. 1, pp. 73-135). Londre, Great Britain: ISTE Editions Ltd.

OSS. (2015). *Cartographie de l'occupation du sol : Spécifications techniques.* Observatoire du Sahara et du Sahel , Amélioration de la Résilience des Populations Sahéliennes aux Mutations Environnementales (REP-SAHEL).

Paegelow, M. (2004). *Géomatique et géographie de l'environnement : De l'analyse spatiale à la modélisation prospective.* Thèse HDR , Université de Toulouse-Le Mirail , Département de Géographie et ménagement .

Pallemaerts, M. (2004). Le cadre international et européen des politiques de lutte contre les changements climatiques. *Courrier hebdomadaire du CRISP, 1858-1859,* (33), pp. 5-61.

Parent, S. (1990). *Dictionnaire des sciences de l'environnement.* (Broquet, Éd.) Québec.

Pascal, J.-P. (2003). Notions sur les structure et dynamique des forêts tropicales humides. *Revue Forestière Française, 55*(sp.), pp. 118-130.

Paul, B., Dameus, A., & Garrabe, M. (2010, Août). Le processus de tertiarisation de l'économie haïtienne. *Études caribéennes*(16), pp. 1-15. doi:https://doi.org/10.4000/etudescaribeennes.4757

Perera, A., & Vilmont, J. E. (2014). *Plan de gestión Parc National Naturel Macaya 2015-2020*. Ministere de l´Environnement, PNUE, BID PNUD, GEF. University of Florida.

Perspective monde. (2019, 16 juillet). *Haïti - Croissance annuelle de la population (en % de la population totale) | Statistiques*. (Ecole de politique appliquée | Faculté des lettres et siences humaines | Université de Sherbrooke) Récupéré sur Perspective monde: http://perspective.usherbrooke.ca/bilan/tend/HTI/fr/SI.POV.2DAY.html

Philippe, H. (2005). Environnement et développement économique : les enjeux posés par le développement durable. *Cairn, Revue internationale et stratégique, 4*(60), pp. 113-126.

Phillipe, J. (2012). Dynamiques agraires, jachères et contextualisation des résultats. Dans A. Dia, & R. Duponnois (Éds.), *La Grande Muraille Verte : Capitalisation des recherches et valorisation des savoirs locaux* (pp. 495-505). Marseille: IRD Éditions.

Piard, B. (2014). Cartographie et gestion de l'information territoriale en Haïti . Haiti: Centre National de l'Information Géo-Spatiale (CNIGS).

Pierre, B. (2005, mai). Visages de la biodiversité marine . *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement , 6*(1).

Pierre, S. (2013, Été). Haïti : un territoire à aménager, un environnement à régénérer. *Haïti Perspectives, vol. 2 • no 2 • Été 2013, 2*(2), pp. 3-5.

Pierre-Louis, M. D. (2009, mars 19). Arrêté de création du Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire (CIAT). *LE MONITEUR*(25), pp. 12-15.

Pinty, B., & Verstraete, M. M. (1991). Etude et extraction des propriétés de surface par télédétection spatiale dans les courtes longueurs d'onde. *Adv. Space Res., 11*(3), pp. 169-172.

Piya et al. (2003). *Pauvreté et changements climatiques Réduire : la vulnérabilité des populations pauvres par l'adaptation*. Banque Mondiale, Banque africaine de développement, Banque asiatique de développement.

PNUD. (2008). *S'adapter à l'inévitable : action nationale et coopération internationale. In Rapport mondial sur le développement humain*. Programme Nations Unies pour le Developpement. Récupéré sur http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2007-2008/chapters/french/

PNUD. (2011). *Formuler des scénarios climatiques pour éclairer les stratégies de développement résilient au climat.*

PNUD. (2011). *Formuler des scénarios climatiques pour éclairer les stratégies de développement résilient au climat : Guide à l'intention des praticiens*. Programme des Nations Unies pour le développemen.

PNUD. (2012). *Intégration du changement climatique dans les processus nationaux de développement et de programmation de pays des Nations Unies.*

PNUD. (2014). *Rapport OMD 2013, Haïti : un nouveau regard.* Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), République d'Haïti, Port-au-Prince, Haïti.

PNUD, & MDE. (2009). *Stratégie de Montage de l'Agence Nationale des Aires Protégées (ANAP).* Programme des Nations Unies pour le Développement, Ministère de l'Environnement.

PNUD, & UNOPS. (1998). *La Gestion de l'environnement en Haïti - Réalités et Perspectives.* Programme des Nations Unies Pour le Développement & Bureau des Nations Unies pour les Services d'Appui aux Projets , Unité de Coordination et de Suivi de l'Environnement,, Port au Prince,.

PNUE. (2002). *L'avenir de l'environnement mondial 3 (GEO-3).* Programme des Nations Unies pour l'environnement. Royaume-Uni: Earthscan Publications Ltd.

PNUE. (2010). *GEO Haïti 2010 : État et Perspectives de l'Environnement.* Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) . Port-au-Prince, Haïti: Sous la direction de Jean Vilmond Hilaire ; Yvio George ; Luc Brétous ; Branley-Gabriel Edouard ; Floraine Décembre.

PNUE. (2013). *Haïti - République dominicaine Défis environnementaux dans la zone frontalière.* Document officiel, Programme des Nations-Unies pour l'Environnement,, Nairobi, KENYA.

PNUE. (2013). *Haïti - République dominicaine Défis environnementaux dans la zone frontalière.* Document officiel, Programme des Nations-Unies pour l'Environnement,, Nairobi, KENYA.

PNUE, & CBD. (2016). *Le Protocole De Nagoya progression de l'application et élaboration de politiques sur l'accès et le partage des avantages.* Document officiel , Programme des Nations Unies pour l'Environnement & Convention sur la Diversité Biologique , Cancun.

Pontius, R. (2000). Quantification error versus location error in comparison of categorical maps. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing , 66*(8), pp. 1011–1016.

Pornon, H. (2015). *La dimension géographique du système d'information* (éd. 2e). Paris: Dunod.

Posner, S., & Toussaint, J. R. (2016). *Haiti Biodiversity and Tropical Forest Assessment* . United States Agency for International Development (USAID), USAID Forest Service, Port-au-Prince, Ha!!ti.

Potapov, P., Yaroshenko, A., Turubanova, S., Dubinin, M., Laestadius, L., Thies, C., . . . Zhuravleva, I. (2008). Mapping the World ' s Intact Forest Landscapes by Remote Sensing. *Ecology and Society , 13*(2), pp. 1–16. doi:10.5751/ES-02670-130251

Pourcher, E. (2017). Quelle valorisation forestière pour le développement des territoires ? Dans Ecofor, & Ecofor (Éd.), *Actes du Colloque « Approches territorialisées des usages de la forêt »* (pp. 31-34). Paris: Réseau des Sciences Économiques, Humaines et Sociales d'Ecofor.

PSC-CC. (2014). *Atelier d'information et de sensibilisation « Haïti et le Changement Climatique : Mieux informer la Société Civile ».* Rapport de synthèse , Plateforme de la Société Civile sur le Changement Climatique (PSC-CC), Port-au-Prince, Haïti.

Puissant, A. (2003). *Information géographique et images a très haute résolution : Utilité et applications en milieu urbain.* Université Louis Pasteur, Faculté de Géographie et d'Aménagement. Strasbourg I: Laboratoire Image et Ville UMR 7011. Consulté le Février 28, 2018

Puissant, A. (2003). *Information géographique et images a très haute résolution : Utilité et applications en milieu urbain.* Université Louis Pasteur, Faculté de Géographie et d'Aménagement. Strasbourg I: Laboratoire Image et Ville UMR 7011. Consulté le Février 28, 2018

Puma, M. J., & Gold, S. (2011). *Formuler des scénarios climatiques pour éclairer des stratégies de développement résilient au climat : Guide à l'intention des praticiens.* Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), New York (NY), USA.

Puyravaud, J. (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management , 177* (1–3), pp. 593–596. doi:10.1016/S0378-1127(02)00335-3

Quiñones, M., Gould, W., & Rodriguez-Pedraza, C. D. (2006). *Geospatial Data Availability for Haiti: An Aid in the Development of GIS-Based Natural Resource Assessments for Conservation Planning.* General Technical Report, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, San Juan, Puerto Rico.

Rahman, M. R., Islam, A. H., & Rahman, M. A. (2004). NDVI Derived Sugarcane Area Identification and Crop Condition Assessment. *Plan Plus, 1*(2), pp. 1-12.

Rakotomalala, F. A. (2020). *Mesure et suivi de la dynamique du couvert forestier : cas de l'écorégion des forêts humides de l'est de Madagascar.* Thèse de doctorat , Université d'Antananarivo, École Doctorale de physique et applications, Antananarivo.

Reed, D. (Éd.). (1999). *Ajustement structurel, environnement et développement durable* . Paris, France : Editions L'Harmattan.

Reef Check . (2018). *Où Désigner Les Zones Marines Protégées en Haïti ? Un rapport sommaire de la Fondation Reef Check basé sur le premier relevé sous-marin de la côte d'Haïti (2011 à 2017).* Port-au-Prince, Haïti: Reef Check Haïti.

Reef Check Foundation. (2019). *About Reef Check*. Récupéré sur Reef Check Foundation: https://reefcheck.org/

Régis, M. D. (2003, Août). A propos de la consommation énergétique des ménages et des petites entreprises en Haïti : Le saviez-vous ? (R. Moïse, & W. St-Jean, Éds.) *Synergies - Bulletin quadrimestriel de la Care-Haïti et du Bureau des Mines et de l'Energie*(14), pp. 5-7.

Rérat, B. (2018, mai- juin). Haïti, une terre de désolation pour les hommes et les forêts. *forêt privée*(361), pp. 51-59.

Rimmer, C. C., Gomez, E. G., & Brocca, J. L. (2005). *Ornithological Field Investigations in La Visite National Park, Haiti, 26 January – 1 February 2005*. Société Audubon Haïti (SAH), Pétionville, Haïti .

Robitaille, C., & Vallée, A. (2017). Comment faire un article scientifique ? *Collection Devenir chercheurE*.

Robitaille, J., & Carisey, N. (2013). *FORÊTS DU MONDE: GUIDE PÉDAGOGIQUE*. Quebec: ibliothèque nationale du Québec.

RO-Haiti. (2018). *Partenaires*. (Commitee on Earth Observatory Satellites (CEOS)) Consulté le 29 Mars 2019, sur Recovery Observatory Haïti: https://www.recovery-observatory.org/drupal/fr/content/partenaires

Romain, W. (2012, mai 30). Le coût de l'adaptation aux changements climatiques dans les pays en développement . *VertigO, 12*(1).

Roman-Amat, B. (2007). *Préparer les forêts françaises au changement climatique*. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche & Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (France). ECOFOR. Récupéré sur http://www.gip-ecofor.org/?p=2714

Rony, F. J. (2015). *Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) du programme de modernisation du secteur de la pêche (HA-L1096)*. Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)/Banque Interaméricaine de Développement (BID), Port-au-Prince.

Roques, J.-L. (2013, Février 01). Une approche sociologique des problèmes environnementaux : deux hypothèses explicatives . *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement,Débats et Perspectives*.

Rouse, J. W., Haas, R. H., Deering, D. W., Schell, J. A., Harlan, J. C., & RSC. (1974). *Monitoring the vernal advancement and retrogradation (Green wave effect) of natural vegetation.* Final Report RSC 1978-4, Texas A&M University, College Station, Remote Sensing Center, Texas.

Roussillon, J. (2015). *«Développement de méthodes innovantes de cartographie de l'occupation du sol à partir de séries temporelles d'images haute résolution visible (NDVI)».* Memoire de fin d'étude : Sciences de l'ingénieur [physics], Conservatoire National des Arts et Métiers, Ecole Supérieure des Géomètres et Topographes (ESGT).

RPAPN. (2018a). *Comment vivent les espèces ? Relations entre les espèces.* (Réseau Partenarial des Acteurs du Patrimoine Naturel) Consulté le Février 27, 2018, sur Biodiversité en Poitou-Charentes: http://www.biodiversite-poitou-charentes.org/Relations-entre-les-especes.html

RPAPN. (2018b). *Notion de biodiversité et d'évaluation de la diversité écologique.* Consulté le Février 23, 2018, sur Biodiversité en Poitou-Charentes: http://www.biodiversite-poitou-charentes.org/Notion-de-biodiversite-et-d-evaluation-de-la-diversite.html

RPAPN. (2018c). *Notions sur la biodiversité : L'importance de la biodiversité.* Consulté le Février 22, 2018, sur La Biodiversité en Poitou-Charentes: http://www.biodiversite-poitou-charentes.org/-L-importance-de-la-biodiversite-.html

RPAPN. (2018d). *Une espèce, son habitat et sa niche écologique.* Consulté le Février 22, 2018, sur La Biodiversité en Poitou-Charentes: http://www.biodiversite-poitou-charentes.org/Une-espece-son-habitat-et-sa-niche-ecologique.html

Rudant, J.-P. (2016). SAR 01 - Introduction des images RADAR : Présentation générale des images RADAR et du domaine des micro-ondes. European Space Agency (ESA). Récupéré sur https://rus-training.eu/course/sar-01-introduction-des-images-radar

Ruis, B. (2001, Mars). Les conventions mondiales relatives aux forêts. (F. -O. l'agriculture, Éd.) *Revue internationale des forêts et des industries forestières, 52*(206).

SAH. (2020, Avril). *About Us.* Récupéré sur Site web de Société Audubon Haïti: http://audubonhaiti.org/aboutus/

Saint Paul, J. E. (2017). La société civile haïtienne à l'épreuve d'une crise humanitaire. Dans J.-D. Rainhorn (Éd.), *Haïti, réinventer l'avenir* (p. 149 60). Paris, France: Éditions de la Maison des sciences de l'homme. Récupéré sur http://books.openedition.org/editionsmsh/8337

Saint-Hilaire, R. (2019, mai 29). *Haïti Climat : une plateforme multimédia dédiée à la cause de l'environnement en Haïti.* (SiBelle Haïti) Récupéré sur sibellehaiti.com: http://sibellehaiti.com/haiti-climat-une-plateforme-multimedia-dediee-a-la-cause-de-lenvironnement-en-haiti/

Sanogo, M. K. (2012). *Capitalisation des bonnes pratiques de gestion durable des terres pour l'adaptation à la variabilité et au changement climatique au Mali : analyse d'impacts agronomiques environnementaux et socio-économiques.* Mémoire de fin d'études, Centre Régional AGRHYMET, Département formation et recherche.

SCBD. (2020, Avril). *Profils des pays : Haïti.* (Secretariat of the Convention on Biological Diversity) Consulté le 17 Avril 2020, sur Convention on Biological Diversity: https://www.cbd.int/countries/?country=ht

SCDB. (2000). *Protocole de Cartagena sur la prévention des risques biotechnologiques relatif à la Convention sur la diversité biologique : texte et annexes.* Montréal: Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique.

SCDB. (2011). *Protocole de Nagoya sur l'accès aux ressources génétiques et le partage juste et équitable des avantages découlant de leur utilisation: texte et annexes.* Programme des Nations Unies pour l'environnement. Montréal: Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique. Récupéré sur www.cbd.int/abs/text

SCDB. (2012). *Protocole de Nagoya sur l'accès aux ressources génétiques et le partage juste et équitable des avantages découlant de leur utilisation: texte et annexes.* Programme des Nations Unies pour l'environnement. Montréal: Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique. Récupéré sur www.cbd.int/abs/text

Sciacca, S. (2009). *Document de synthèse des résultats d'inventaire dans l'Unité 2 de la Réserve de la Forêt des Pins.* Rapport d'expérinemation, Helvetas Haïti, « Haïti : Programme de Préservation et de Valorisation de la Biodiversité en haute altitude (PVB) » , Port-au-Prince.

Singh, B., & Cohen, J. M. (2014). *Adaptation aux changements climatiques : Le cas d'Haiti.* Oxfam, Port-au-Prince.

Solly, B., Dieye, E. H., Mballo, I., Sy, O., Sane, T., & Thior, M. (2020, mqrs 12). Dynamique spatio-temporelle des paysages forestiers dans le Sud du Sénégal : cas du département de Vélingara. (C. Martin, Éd.) *Varia 2020, 15*, pp. 41-67. doi:10.4000/physio-geo.10634

Soro, G., Ahoussi, E. K., Kouadio, E. K., Soro, T. D., Oulare, S., Saley, M. B., . . . Biemi, J. (2014). Apport de la télédétection à la cartographie de l'évolution spatio-temporelle de la

dynamique de l'occupation du sol dans la région des Lacs (Centre de la Côte d'Ivoire). Dans *Afrique SCIENCE* (pp. 146 - 160). Récupéré sur http://www.afriquescience.info

Soudani, K. (2005). Partie I : Bases physiques et exemples d'applications aux couverts végétaux. Dans *INTRODUCTION GENERALE A LA TELEDETECTION* (Vol. Version 1.0, pp. 1-26). Paris: Faculté des Sciences d'Orsay- Université Paris-Sud XI. Récupéré sur http://www.ese.u-psud.fr/IMG/pdf/doc_cours_teledec.pdf

Soudani, K., le-Maire, G., Dufrêne, E., François, C., Delpierre, N., Ulrich, E., & Cecchini, S. (2008). Evaluation of the onset of green-up in temperate deciduous broadleaf forests derived from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) data. *Remote Sensing of Environment*(112), pp. 2643–2655.

Soudania, K., François, C., le Maire, G., Le Dantec, V., & Dufrêne, E. (2006). Comparative analysis of IKONOS, SPOT, and ETM+ data for leaf area indexestimation in temperate coniferous and deciduous forest stands. *Remote Sensing of Environment*(102), pp. 161–175.

Spalding, M., Kainuma, M., & Collins, L. (2010). *World Atlas of Mangroves.* Londres: Earthscan.

Stewart, S. R. (2017). *Hurricane Matthew.* NOAA-National Hurricane Center, National Weather Service. North Carolina, USA: National Oceanic and Atmospheric Administration. Récupéré sur https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL142016_Matthew.pdf

St-Geniès, G. d. (2015). L'Accord de Paris sur le climat : Quelques éléments de décryptage. *Revue québécoise de droit international, 28*(2), pp. 27-51. Récupéré sur https://www.persee.fr/docAsPDF/rqdi_0828-9999_2015_num_28_2_2183.pdf

Sukhdev, P. (2008). *L'économie des écosystèmes et de la biodiversité.* Cambridge: Communautés européennes.

Syrine, I. (2010, Avril 15). La lutte internationale contre le réchauffement climatique comme étant une source de dégradation des ressources marines . *Études caribéennes.*

Tahinarivony, J. A., Rasoanaivo, N. S., Rasolofo, N., Ranirison, P., Edmond, R., & Gautier, L. (2017). Les unités paysagères de la péninsule d'Ampasindava (Nord-ouest de Madagascar), un terroir sous haute pression de déforestation. *Malagasy Nature, 12*, pp. 1-15.

Tchatchou, B., Sonwa, D. J., Ifo, S., & Tiani, A. M. (2015). *Déforestation et dégradation des forêts dans le Bassin du Congo : État des lieux, causes actuelles et perspectives.* Papier occasionnel 120, Centre de recherche forestière internationale (CIFOR), Bogor, Indonesie.

Theia. (2019). *Réflectance Sentinelle 2*. Récupéré sur Theia - Pôle de données et de services surfaces continentales | Mentions légales.: http://www.theia-land.fr/fr/produits/r%C3%A9flectance-sentinelle-2

Théodat, J.-M. (2017, juillet 25). *Haïti : un État fragile dans la Caraïbe* , La société civile, clé de la reconstruction de l'État haïtien ? (Idées Pour le Développement) Récupéré sur ID4D: https://ideas4development.org/societe-civile-haiti/

Thiollay, J.-M. (1997). Écologie ou Économie : Quel compromis pour une gestion forestière acceptable par tous ? *Revue Forestier Française, XLIX*(2), pp. 153-158.

Timyan, J. C. (2011). *Les Zones Clés de la Biodiversité d'Haïti*. Port-au-Prince, Haïti PP.51: BirdLife International.

Timyan, J. C., & Hilaire, J. V. (2011). *Les Zones Clés de la Biodiversité d'Haïti*. BirdLife International, Société Audubon d'Haïti et Rezo Ekolo, Port-au-Prince, Haïti.

Tomlinson, P. B. (1986). *The botany of mangroves*. United Kingdom: Cambridge University Press.

Torsten Bernhardt. (2018). *La théorie de la biodiversité : Les niveaux de la biodiversité*. (Biodiversité canadienne/Québec) Consulté le Février 26, 2018, sur Le site web de la biodiversité canadienne: http://canadianbiodiversity.mcgill.ca/francais/theory/threelevels.htm

Toujas, M. (2015). *Espoirs, perspectives et propositions pour une reforestation en Haïti* . Essaie de fin d'étude , Université de Sherbrooke , Centre Universitaire de Formation en Environnement et Développement Durable .

Toussaint, J. R. (2010). *Haïti - Évaluation Environnementale et des Changements Climatiques : Pour la préparation du Programme d'Options Stratégiques pour le Pays 2013-2018 du FIDA*. Rapport principal , Fond International pour le Développement Agricole (FIDA), Division Environnement et Climat, Port-au-Prince, Haïti.

Tucker, C. J. (1979). Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation. *Remote Sensing of Environment, 8*(2), pp. 127-150. doi:10.1016/0034-4257(79)90013-0

UA. (2013). *Méthodologie de la recherche documentaire : principes clés*. Université Avignon, Service Formation des Publics, Avignon.

UE-HAITI. (2014). *Revue de presse UE-HAITI*. Union Européenne, Délégation en République D'Haïti , Port -au-Prince, Haiti. Récupéré sur

http://eeas.europa.eu/archives/delegations/haiti/documents/revue_de_presse_ue_haiti_de_fin_mai_a_fin_juin_2014_fr.pdf

UICN-PC. (2014). *Les Facteurs de Déforestation et de Dégradation des Forêts: Résultats d'une analyse participative dans les Paysages TNS et TRIDOM (Cameroun, Congo, Gabon et RCA).* Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), Yaoundé, Cameroun.

UNESCAP. (2014). *What is Good Governance?*

UNFCCC. (2020). *Qu'est-ce que l'Accord de Paris ?* Récupéré sur United Nations Framework Convention on Climate Change: https://unfccc.int/fr/process-and-meetings/l-accord-de-paris/qu-est-ce-que-l-accord-de-paris

UNITAR. (2017). Introduction au financement dans le domaine des changements climatiques. *Introduction aux changements climatiques (Cours)* (pp. 1-7). Organisation des Nations Unies.

USAID. (2007). *Adaptation à la variabilité et au changement climatique.* Manuel d'orientation de planification de développement, United States Agency for International Development (USAID), Global Climate Change Team.

USAID. (2010). *Haiti Biodiversity and Tropical Forest Assessment.* United States Agency for International Development, USDA Forest Service, Port-Au-Prince.

Usinger, J. (1999, février). Les boulangeries et les blanchisseries en Haïti, de grandes consommatrices de bois de feu. (P. Young, & W. St-Jean, Éds.) *Synergies - Bulletin trimestriel de la Care-Haïti et du Bureau des Mines et de l'Energie*(2), pp. 6-7.

UTSIG. (2005). *Plan d'Actions Départemental pour l'Environnement et le Développement Durable du Nord-Est (PADEDD).* Port au Prince: Unité de Télédétection et de Systèmes d'Information Géographique.

UVED. (2008). *Les caractéristiques spectrales de la végétation.* Récupéré sur EnvCAL - Suivi de l'environnement par télédétection: http://e-cours.univ-paris1.fr/modules/uved/envcal/html/vegetation/caracteristique-vegetation/index.html

Vert, J., Schaller, N., & Villien, C. (2013). *Agriculture Forêt Climat : vers des stratégies d'adaptation.* Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, Centre d'études et de prospective, France.

Viau et al. (2009). *Impacts humains des changements climatiques : reflet d'inégalités profondes.* Document thématique, Association québécoise des organismes de coopération internationale (AQOCI).

Victor, J. A. (1995). *Code des lois haïtiennes de l'environnement.* Consultation , Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), Unité de Coordination et de Suivi de l'Environnement, Port-au-Prince.

Vieilledent, G., Grinand, C., & Vaudry, R. (2013). Forecasting deforestation and carbon emissions in tropical developing countries facing demographic expansion: A case study in Madagascar. *Ecology and Evolution, 3*(6), pp. 1702–1716. doi:10.5751/ES-02670-130251

Villalobos, R., Venegas, G., & Brenes, C. (2017). *Éléments pour le développement d'une proposition de restauration des écosystèmes dans le Parc National Macaya : Scénario Post-Ouragan Matthew 2016,.* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.

Vital, R. (2018, Automne). Lutte contre les changements climatiques en Haïti : des pistes pour comprendre la complexité du problème. (B. Paul, & K. Délusca, Éds.) *Haïti Perspectives, 6*(4), pp. 17-19.

Vitter, M. (2018). *Cartographier l'occupation du sol à grande échelle : optimisation de la photo-interprétation par segmentation d'image.* Thèse de doctorat, Université de Lyon/Université Jean Monnet (Saint-Étienne), Géographie , Lyon.

Vliet, G. v., Fréguin-Gresh, S., Giordano, T., Marzin, J., & Pressoir, G. (2016). La problématique foncière en Haïti : Comment le Recensement Général Agricole de 2010 questionne les politiques publiques. Dans *Une étude exhaustive et stratégique du secteur agricole/rural haïtien et des investissements publics requis pour son développement* (pp. 295-332 (37)). Centre de Coopération Internationale en Recherche Agricole pour le Développement (CIRAD).

Wangi Ngoy, E. (2007). *Conception et réalisation d'un système pour la gestion de patient.* Université protestante au Congo, Informatique et télécommunications . Université protestante au Congo.

Waselin et al. (2021). Waselin Salomon, et al, Dynamique paysagère du Parc National Naturel de la Forêt des Pins en Haïti (1973- 2018). *Tropicultura, 39*(2, 1831), p. 27. doi:10.25518/2295-8010.1831

Weikmans, R., & Zaccai, E. (2017, Avril). Pourquoi aider les pays en développement ? Conceptions de la justice dans l'aide à l'adaptation au changement climatique . *Développement durable et territoires , 8*(1).

Weissenberger, S. (2018, Été). Haïti : vulnérabilité, résilience et changements climatiques. *Haïti Perspectives, 6*.

WFER . (2019). *About us* . (Fondation Wynne pour l'Environnement) Récupéré sur Wynne Farm Ecological Reserve (WFER): https://www.wynnefarm.org/about-us

Wiener, J. (2013). *Toward the Development of Haiti's System of Marine Protected Areas (MPAs) : An Ecosystem Services Assessment for the Creation of Haiti's System of MPAs rev.1.* Fondation pour la Protection de la Biodiversité Marine (FoProBiM) & ReefFiix, Port-au-Prince.

Wiener, J. (2014). *Rapid Assessment of Haiti's Mangroves.* Fondation pour la Protection de la Biodiversité Marine (FoProBiM), Port-au-Prince.

Woods, C. A., Sergile, F. E., & Ottenwalder, J. A. (1992). *Stewardship plan for the national parks and natural areas of Haiti.* USAID/Haiti . Gainesville Fla: Florida Museum of Natural History, University of Florida . Récupéré sur http://ufdc.ufl.edu/UF00065152/00001

WRM. (2011). *La définition du mot "forêt".* Etude, Mouvement mondial pour les forêts tropicales (WRM : World Rainforest Movement), Montevideo, Uruguay. Récupéré sur https://wrm.org.uy/fr/files/2011/11/Definition_du_Forets.pdf

WWF. (2018). *Déforestation et dégradation forestière, enjeu majeur pour la planète.* Récupéré sur WWF France : https://www.wwf.fr/champs-daction/foret/approvisionnement-responsable/deforestation

Yann, R., & Pham, V. C. (2015, 25 novembre). Les mangroves face aux changements climatiques : Le cas à la fois typique et particulier du Vietnam. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement.* doi:10.4000/vertigo.16600

Zakari, S. (2015). *Vulnérabilité des parcours naturels aux changements climatiques dans le bassin de la Sota a l'exutoire de coubéri (Benin).* Thèse de doctorat unique, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin.

Les annexes

Annexes

Annexe 1 : Liste des articles scientifiques rédigés

1) Rodné-Jeanty, J., Atis, M., Joseph, C., & Destuynder, V. (2021, 1er trimestre). La valorisation écotouristique comme élément de réponse au changement climatique : Exemple du Lagon aux Bœufs, un paysage lacustre unique de la région Nord d'Haïti. Liaison Énergie-Francophonie (116), pp. 35-39. URL : https://www.ifdd.francophonie.org/wp-content/uploads/2021/04/ifdd_lef-116_web-1.pdf

2) Joseph, C., Dolique, F., & Saffache, P. (2019). Impacts des activités anthropiques sur les écosystèmes littoraux et marins : les mangroves du parc national des Trois Baies étudiées à partir d'images LANDSAT. *Les Cahiers d'Outre-Mer* (279), pp. 69-95.

3) Joseph, C., & Saffache, P. (2018, Automne). L'importance des écosystèmes forestiers et les enjeux de la déforestation dans la lutte contre le changement climatique en Haïti : Cas des mangroves du Parc des Trois Baies, des forêts des massifs de la Selle et de la Hotte. (B. Paul, & K. Délusca, Éds.) *Haïti Perspectives, 6*(4), pp. 21-31.

4) Constantin Joseph et Pascal Saffache (2017). Le couvert forestier dans les parcs nationaux haïtiens : un patrimoine naturel à préserver pour le maintien de la biodiversité : Etat des lieux et analyse structurelle à partir 1998.

Annexe 2 : Images de base de la classification du sol des différents sites

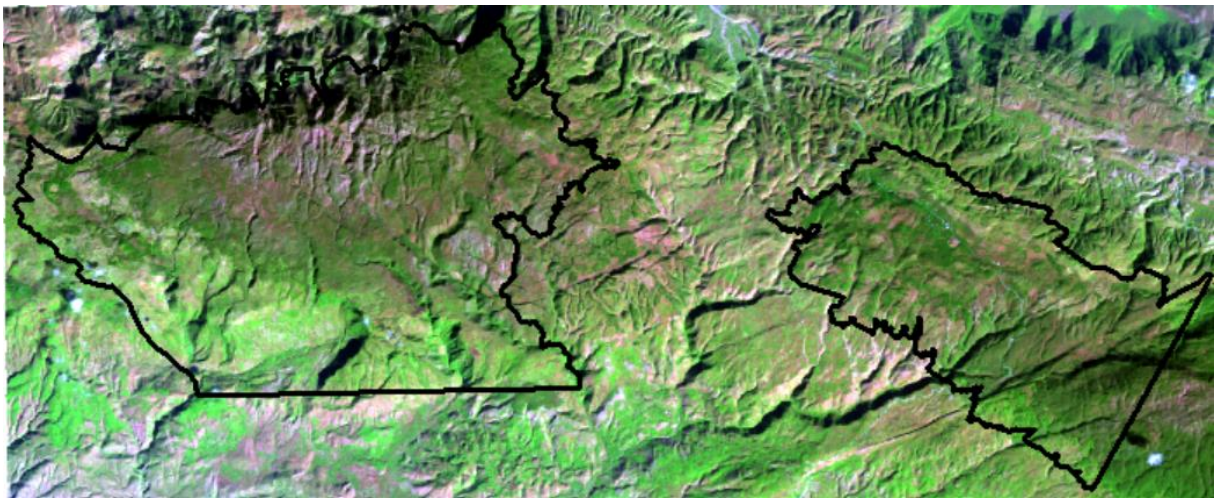


Figure A- 1 : Image Landsat-5 captée sur le Parc Forêt des Pins en 1986 (bandes 5-4-1)

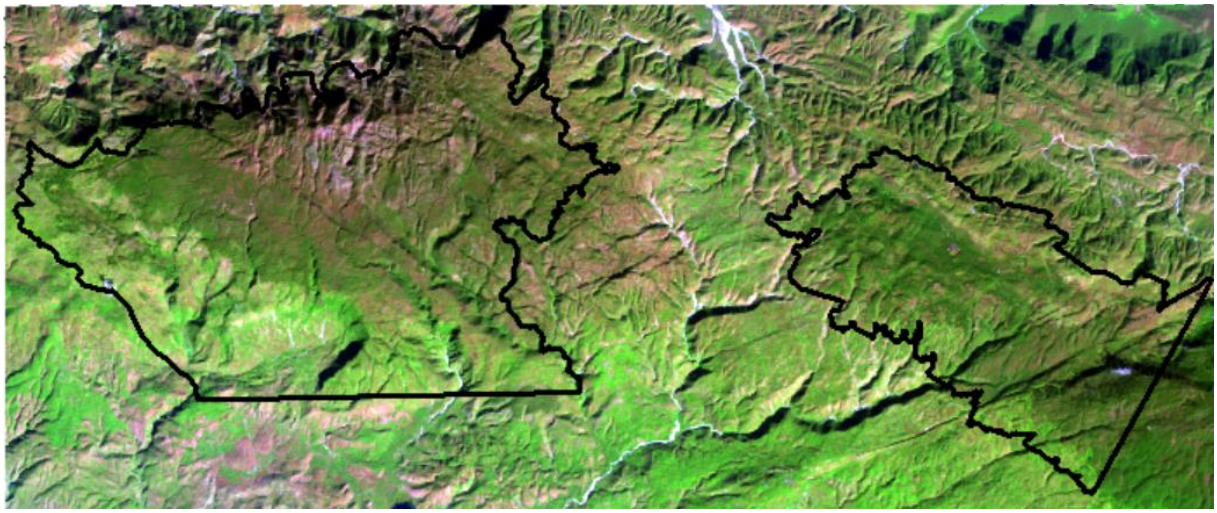


Figure A- 2 : Image Landsat-5 captée sur le Parc Forêt des Pins en 1999 (bandes 5-4-1)

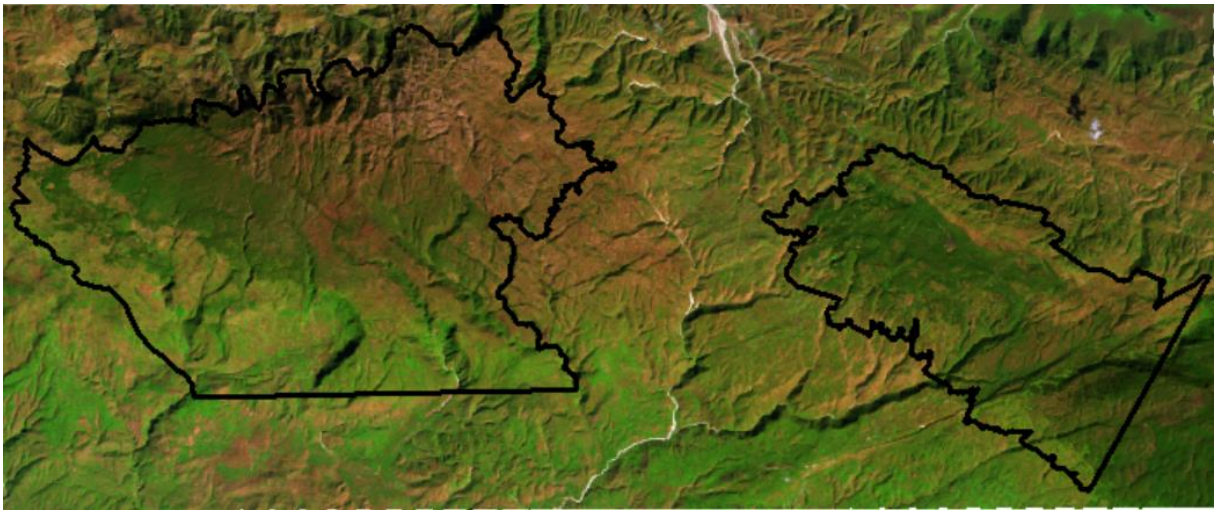


Figure A- 3 : Image Landsat-5 captée sur le Parc Forêt des Pins en 2011 (bandes 5-4-1)

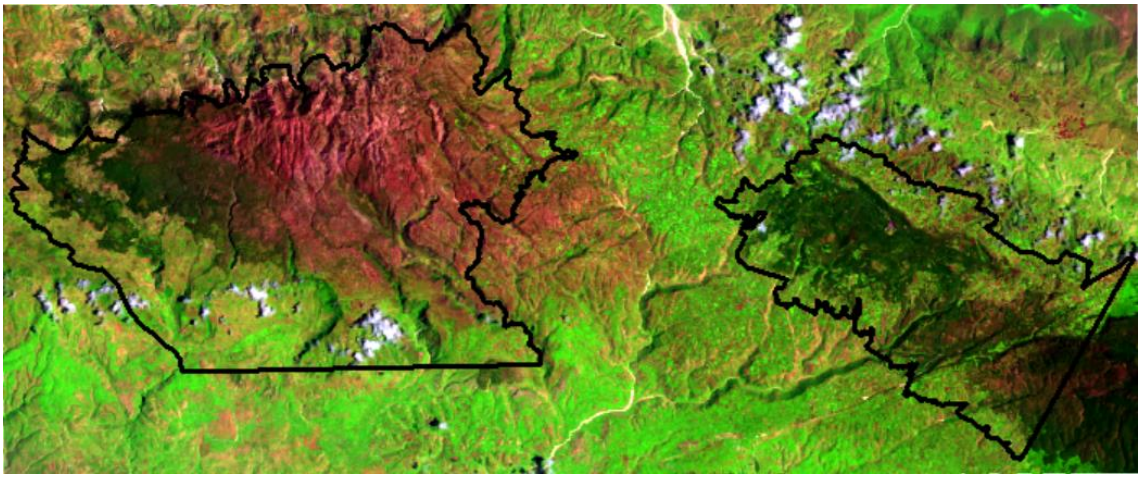


Figure A- 4 : Image Landsat-8 captée sur le Parc Forêt des Pins en 2019 (bandes 6-5-2)

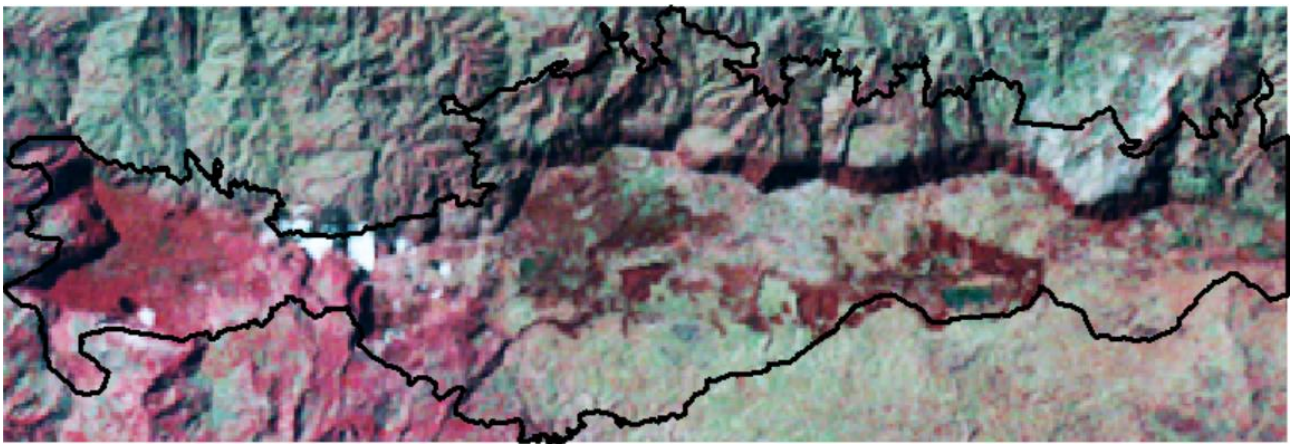


Figure A- 5 : Image Landsat-5 captée sur le Parc La Visite en 1986 (fausse couleur)

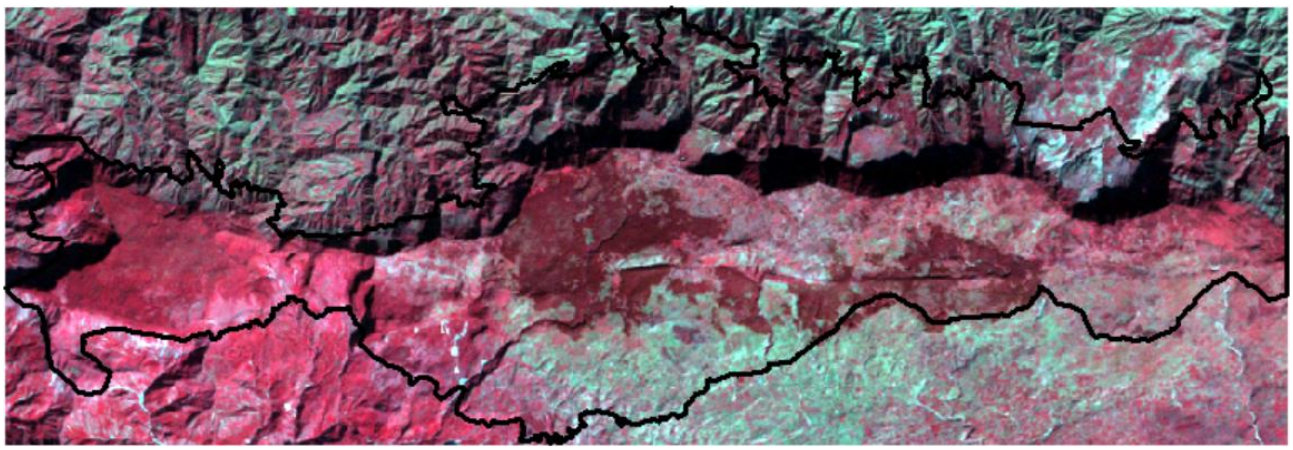


Figure A- 6 : Image Landsat-5 captée sur le Parc La Visite en 1998 (fausse couleur)

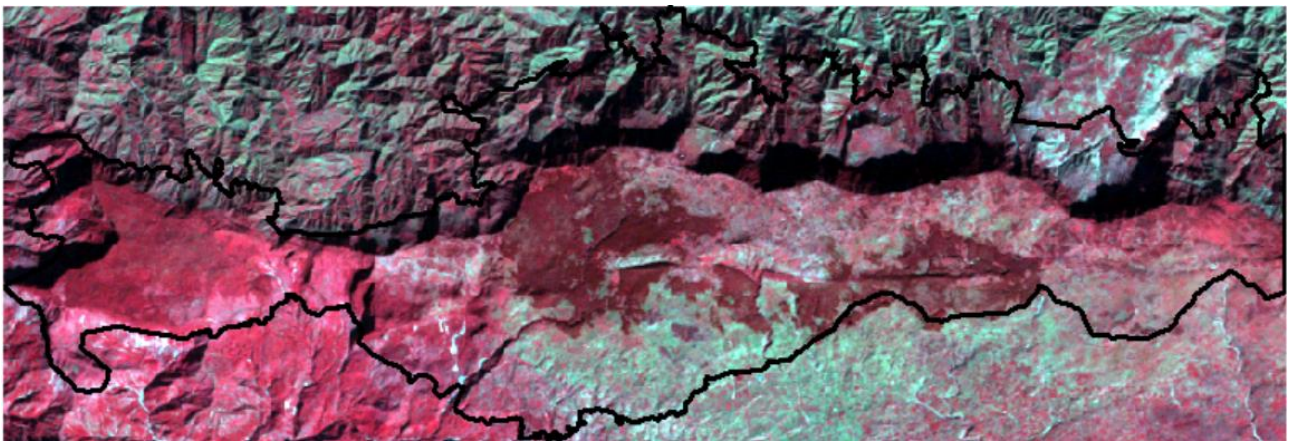


Figure A- 7 : Image Landsat-5 captée sur le Parc La Visite en 2008 (fausse couleur)

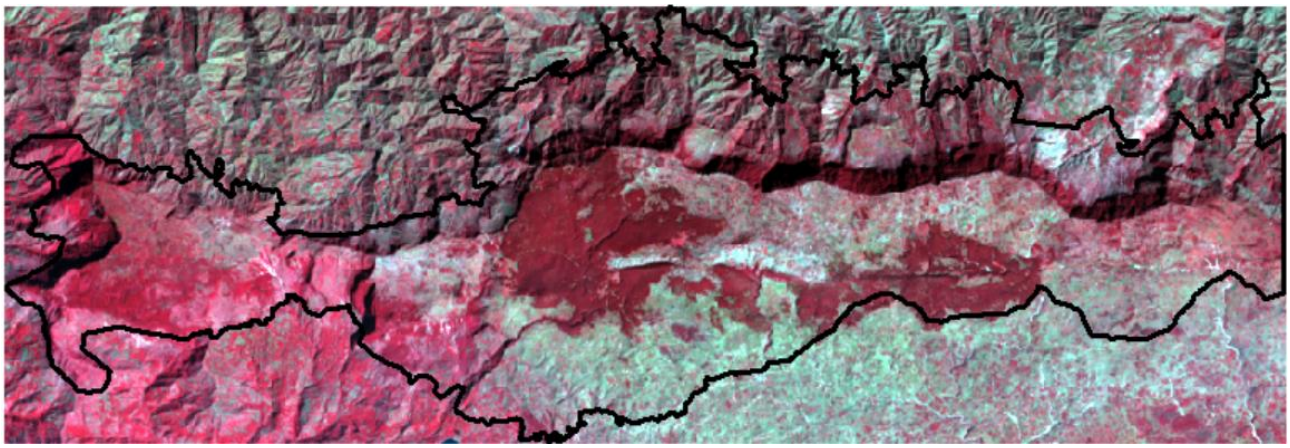


Figure A- 8 : Image Landsat-8 captée sur le Parc La Visite en 2018 (fausse couleur)

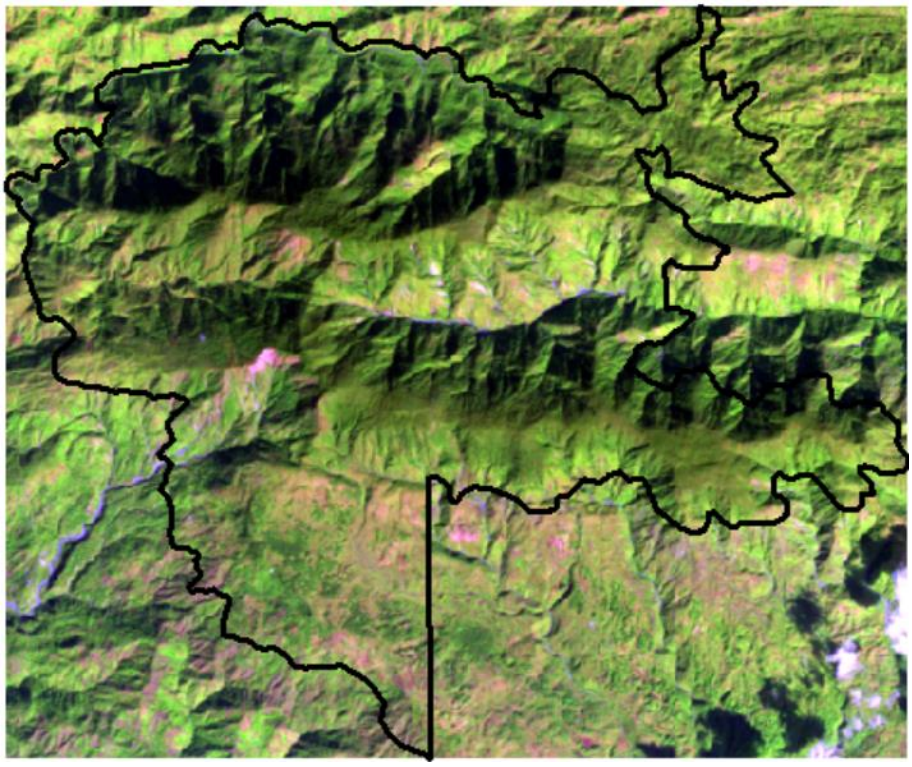


Figure A- 9 : Image Landsat-5 captée sur le Parc Macaya en 1988 (bandes 5-4-1)

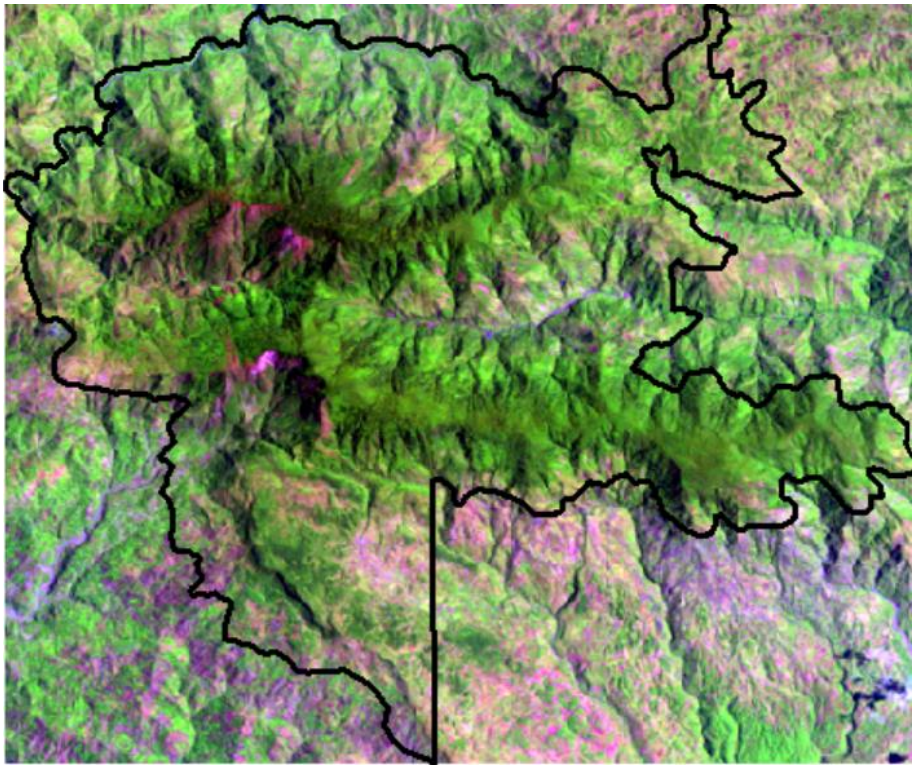


Figure A- 10 : Image Landsat-5 captée sur le Parc Macaya en 1998 (bandes 5-4-1)

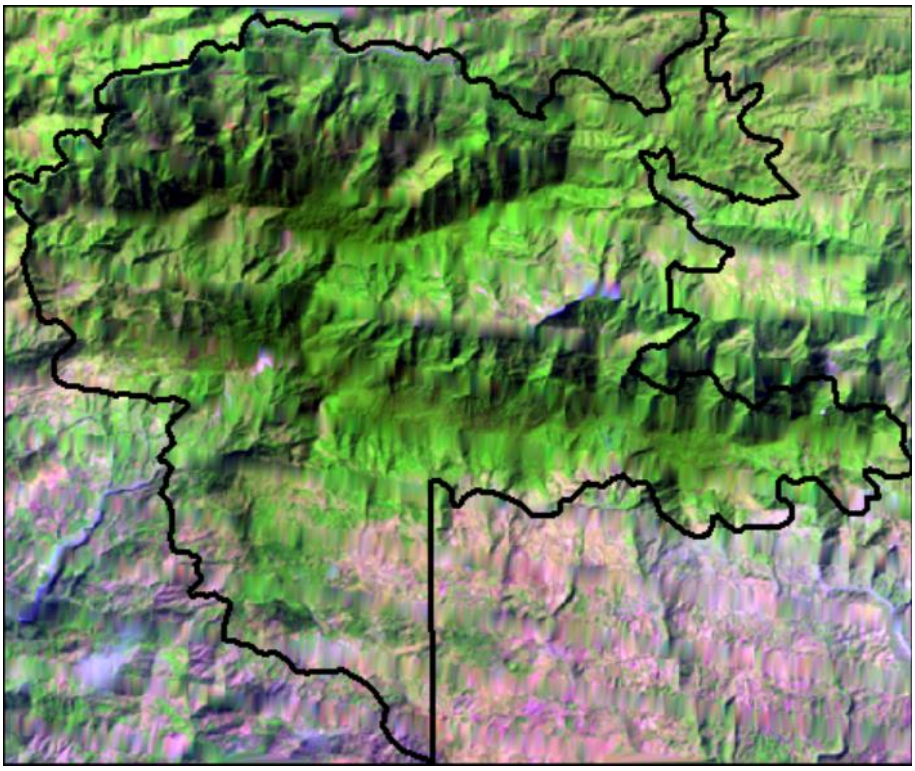


Figure A- 11 : Image Landsat-7 captée sur le Parc Macaya en 2005 (bandes 5-4-1)

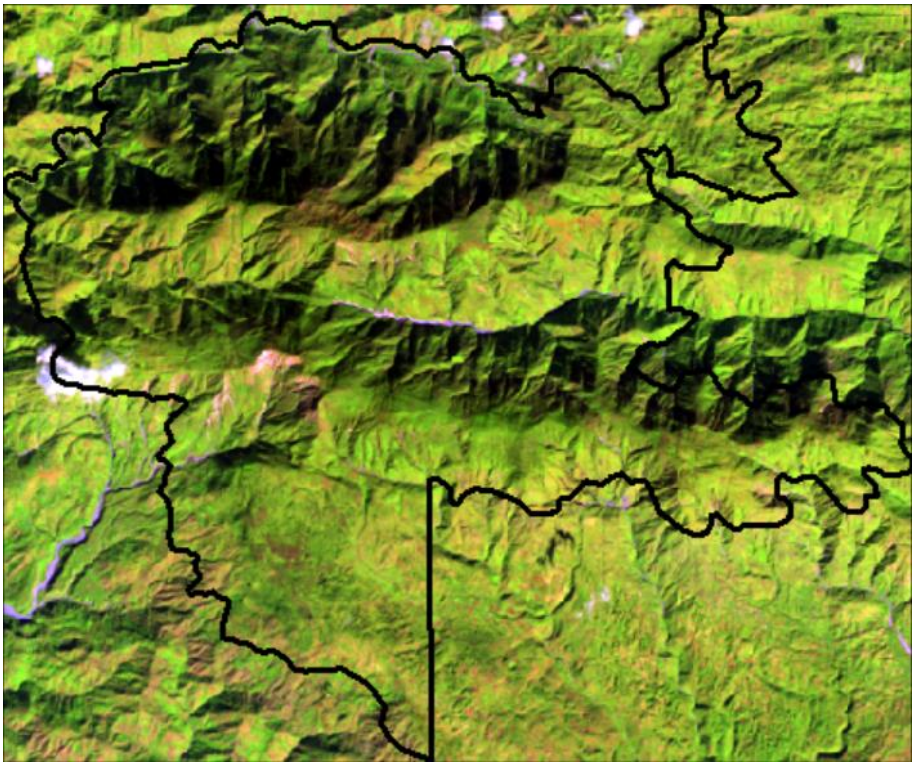


Figure A- 12 : Image Landsat-8 captée sur le Parc Macaya en 2017(bandes 6-5-2)

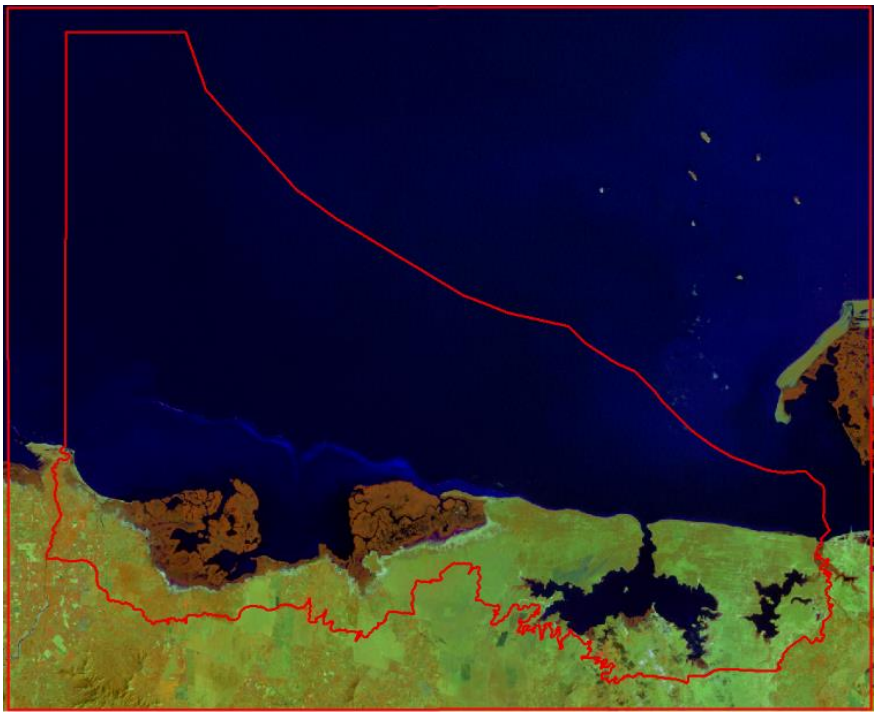


Figure A- 13 : Image Landsat-5 captée sur le PN3B en 1987 (bandes 4-5-1)

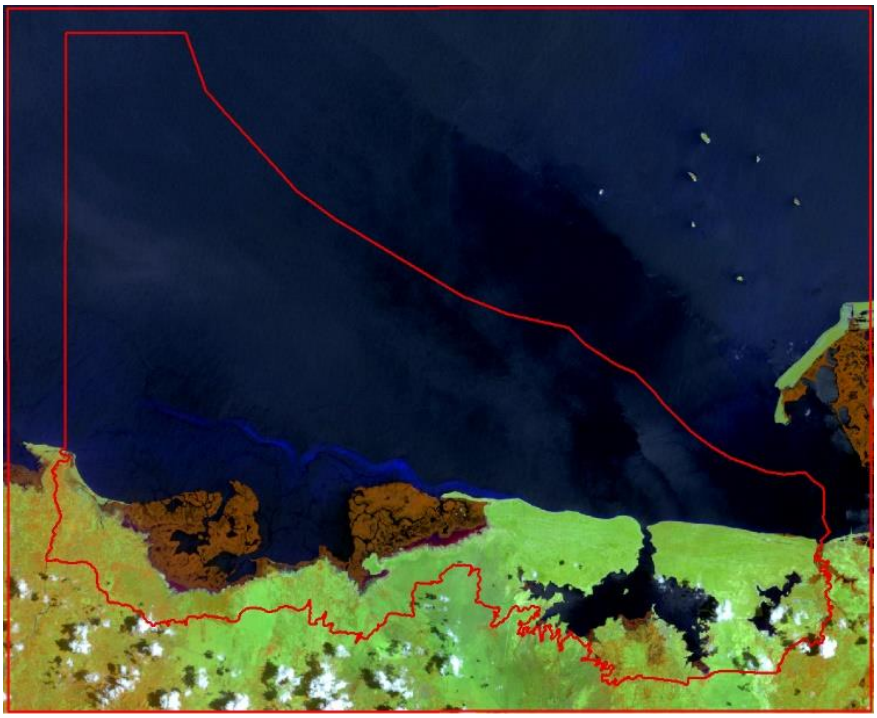


Figure A- 14 : Image Landsat-5 captée sur le PN3B en 1997 (bandes 4-5-1)

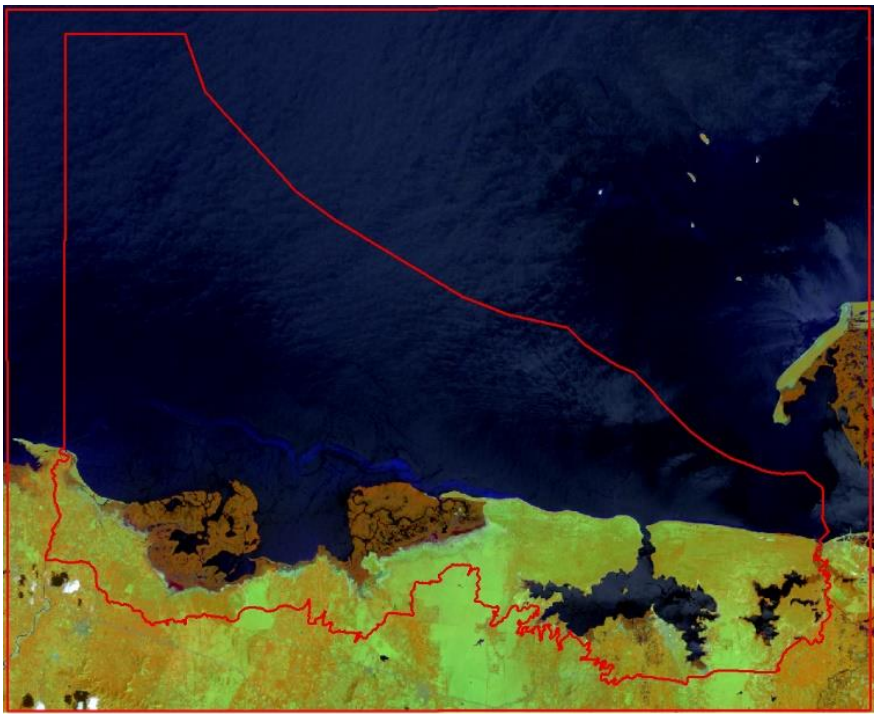


Figure A- 15 : Image Landsat-5 captée sur le PN3B en 2007 (bandes 4-5-1)

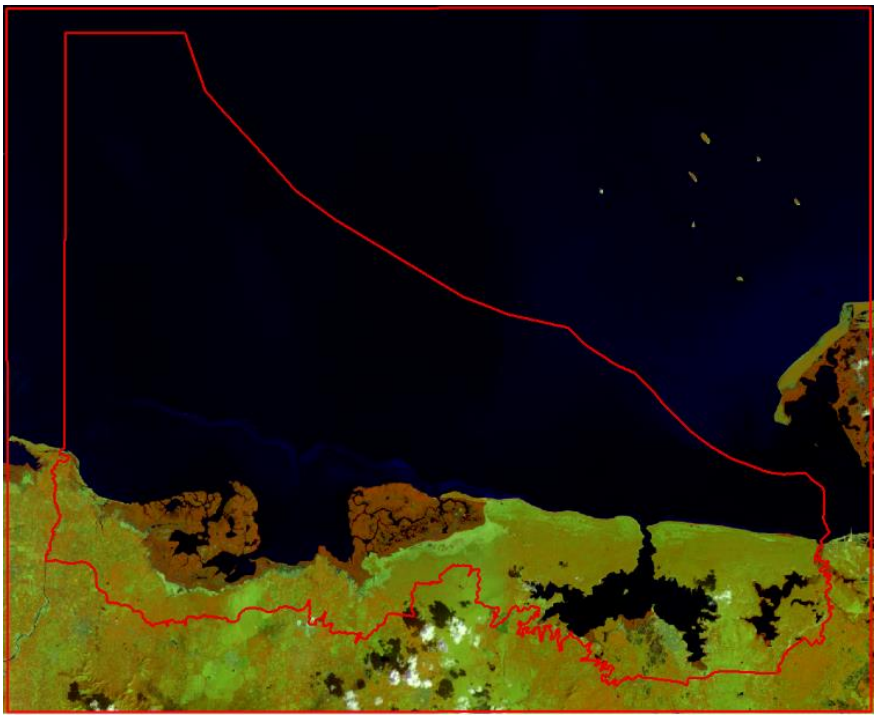


Figure A- 16 : Image Landsat-5 captée sur le PN3B en 2017 (bandes 5-6-2)

Annexe 3 : Guide de collecte d'informations sur les Parcs nationaux

COLLECTE D'INFORMATIONS AUPRES DES GESTIONNAIRES DES PARCS NATIONAUX

1. Section identification

1. Dénomination du site d'étude :……..……..
   ……..……
2. Institution hôte de l'individu consulté : MDE ☐ MARNDR ☐ Projet ☐

Titre du projet :……..……..
……..……

3. Nom de l'individu consulté : …….
4. Statut de l'individu consulté : Agent forestier ☐ Cadre de projet ☐ Cadre du MDE ☐ Cadre du MARNDR☐ Autres ☐
   ……
5. Fonction de l'individu consulté dans la Parc : ……

2. Section intervention

6. Nature des intervention réalisées dans le parc : Physique ☐ Social☐ règlementaire ☐
7. Type d'intervention : Reforestation /Reboisement ☐ Education-sensibilisation ☐ Surveillance et contrôle ☐ Gestion – Aménagement ☐ Gouvernance ☐ autres ☐
8. Période d'intervention : 1986 – 1999 ☐ 1999 – 2009 ☐ 2009 – 2019 ☐

3. Section informations

9. Connaissances des acteurs, projets ou institutions ayant intervenir/intervenant dans le parc

Projets/ institutions	Types d'activités	Période d'activité	Impact

Projets/ institutions	Types d'activités	Période d'activité	Impact

10. Connaissances sur les principales activités pratiquées au niveau de l'aire du Parc

Activités principales	Degré d'importance [71]	Score de priorité (1 – 10)
Reforestation		
Agriculture		
Elevage		
Braconnage		
Scierie		
Production de charbon		
Autres		

11. Connaissances sur les facteurs déterminants de la déforestation / dégradation forestière au niveau de l'aire du parc

a) Les facteurs directs de la déforestation

Facteur directs	Degré de sévérité[72]	Score (1 – 10)	Commentaires
Feux de forêt			
Pratiques agricoles			
Bois de feux			
Bois gras (gemmage)			
Charbon			
Bois d'œuvres/ construction			
Catastrophes naturelles			
Autres			

[71] Elevé, moyen, faible et très faible
[72] Fort, moyen, léger et négligeable

b) Les facteurs indirects de la déforestation

Facteurs indirects	Degré d'influence[73]	Score (1 – 10)	Commentaires
Pauvreté			
Rébellion			
Dérèglement climatique			
Déficit de gouvernance			
Déficit réglementaire			
Autres			

12. Quelques contraintes perçues dans la gestion du parc

……
…..……
……
……
……
……
……
……
……

13. Commentaires généraux

……
……
……
……
……
……
……
……

[73] Elevé, moyen, faible et très faible