



UNIVERSITÉ
CAEN
NORMANDIE

PRISME

- UNIR & INNOVER -

N°15

SEPTEMBRE 2022

GRAND ANGLE · UN ANCRAGE LOCAL ET TERRITORIAL FORT

- Caen, ville fortifiée : « la réalité virtuelle dévoile un nouveau visage de la ville » | 3
- Les manuscrits du Mont Saint-Michel : un patrimoine à préserver et à valoriser | 4-5
- Sur les traces des vestiges de la Seconde Guerre mondiale | 6-7
- Mémorial de Caen : un partenariat de longue date | 8
- Des collaborations actives avec l'IMEC pour chercher, former, partager | 9

ZOOM SUR... DES EXPERTISES

- Le chien : un allié contre le décrochage scolaire ? | 10
- Quelle place pour le smartphone en salle de classe ? | 11
- Les chaumières du Parc naturel régional de Brière : un patrimoine en danger | 12

ÉCLAIRAGE · DES PROJETS MULTIPARTENAIRES

- CHERLOC : protéger le littoral, la biodiversité et le paysage | 13
- De l'aluminium dans le milieu marin : quels effets sur les organismes vivants ? | 14
- ECOCAP : évaluer l'impact environnemental de l'aluminium | 15
- SOLSA : des technologies pour une exploration minière plus verte | 16



*La recherche scientifique,
aux côtés des partenaires publics :
produire des connaissances
et des solutions au bénéfice
de la société.*

CAEN, VILLE FORTIFIÉE :

« LA RÉALITÉ VIRTUELLE DÉVOILE UN NOUVEAU VISAGE DE LA VILLE »

Le Château de Caen, construit au XI^e siècle par Guillaume le Conquérant, est une place forte au cœur d'un plus vaste ensemble de fortifications médiévales. La réalité virtuelle redonne vie à ces fortifications, dont subsistent encore quelques vestiges fondus dans le tissu urbain. Explications avec Pascal Leroux, attaché de conservation au Musée de Normandie, et Sophie Madeleine, directrice du CIREVE.



QUE POURRONT DÉCOUVRIR LES CAENNAIS ET LES CAENNAISES DANS CE MODÈLE VIRTUEL ?

Pascal Leroux: Le modèle virtuel montre l'évolution des fortifications au fil des siècles. La première époque est celle de la construction du Château de Caen, aux XI^e et XII^e siècles. Guillaume le Conquérant entreprend de fortifier la ville mais les sources nous manquent pour connaître l'état d'avancement du projet. La ville renforce ses fortifications dès 1336 lorsque surviennent les premières tensions avec les Anglais, qui conduiront à la guerre de Cent-ans et au premier siège de la ville en 1346. Certaines constructions nouvelles coupent désormais des propriétés privées – signe qu'elles n'existaient pas auparavant. Puis les Anglais occupent la Normandie entre 1417 et 1450 et entreprennent de nombreuses modifications. Aux XVI^e et XVII^e siècles, le système de défense est renforcé. Les fortifications sont, par la suite, progressivement démantelées – car devenues obsolètes face à des armes de plus en plus perfectionnées et perçues comme un frein à l'urbanisation. Quelques vestiges sont encore bien

visibles de nos jours : l'objectif est ainsi d'inviter les Caennais à redécouvrir leurs quartiers. La réalité virtuelle dévoile un nouveau visage de leur ville.

Sophie Madeleine: Le savoir-faire du CIREVE, c'est précisément de donner à voir, de manière dynamique, l'état d'un rempart, d'une tour ou d'une porte au fil des siècles. La modélisation demande des développements techniques conséquents, mais elle génère aussi des questionnements constants ! Les historiens du Musée et les infographistes du CIREVE travaillent en lien étroit pour parvenir à un modèle qui soit le plus fiable possible. Les fortifications, par exemple, se sont nécessairement adaptées au relief et aux dénivellations – ce qui implique la présence d'escaliers, que nous avons ajoutés dans le modèle virtuel, bien qu'ils n'aient laissé aucune trace dans le paysage ou dans les archives. La Ville de Caen a mis à notre disposition un fond de cartes comprenant des données géographiques (SIG, pour « système d'informations géographiques ») : ce plan constitue une base solide pour proposer une restitution virtuelle au plus près des connaissances actuelles.

CIREVE

Centre interdisciplinaire de réalité virtuelle

université de Caen Normandie

MUSÉE DE NORMANDIE

Château, Caen la Mer

COMMENT CETTE COLLABORATION EST-ELLE NÉE ?

PL: Le Musée de Normandie avait d'ores et déjà travaillé sur des projets de modélisation au travers d'appels d'offres. Mais les résultats n'étaient pas toujours à la hauteur de nos attentes, faute de rigueur scientifique. La rigueur scientifique reconnue du CIREVE a permis d'engager des négociations qui ont abouti à la signature d'un contrat de recherche. La rencontre était évidente et naturelle. D'autant que le Musée de Normandie et le CIREVE sont voisins !

SM: Ce projet s'appuie sur des relevés archéologiques et sur des études archivistiques. Or les archives sont rares. Il s'agit donc de proposer une évocation des fortifications de la ville de Caen : nous nous appuyons sur les sources existantes pour formuler des hypothèses de restitution. La collaboration fonctionne bien car nous avons une sensibilité commune pour l'analyse des sources et une vision commune de ce que doit être une restitution virtuelle. C'est essentiel pour se lancer dans un projet comme celui-ci. Nos modélisations sont le fruit d'hypothèses fondées sur un savoir-faire, une expertise et une démarche scientifique.

CE MODÈLE VIRTUEL EST DONC AMENÉ À ÉVOLUER ?

SM: Le modèle virtuel sera en effet complété en fonction de l'évolution des connaissances – au gré de nouvelles découvertes et de nouvelles fouilles archéologiques. À terme, toutes les informations que nous avons collectées seront intégrées à une base de données qui, espérons-le, inspirera d'autres projets scientifiques et nourrira de nouvelles interprétations.

PL: Le travail entrepris avec le CIREVE sera en évolution permanente, mais la première étape est présentée au sein du Musée de Normandie depuis le 25 juin 2022. Nous réfléchissons à différentes modalités de médiation auprès des publics. Le modèle virtuel est un support ludique pour raconter l'Histoire et raconter des histoires.

LES MANUSCRITS DU MONT SAINT-MICHEL UN PATRIMOINE À PRÉSERVER ET À VALORISER



© Stéphane Lecouteux

C'est un projet exceptionnel qui réunit l'université de Caen Normandie et la Ville d'Avranches depuis 2009 : la constitution d'une bibliothèque virtuelle, rassemblant les manuscrits et ouvrages provenant de l'abbaye du Mont Saint-Michel. La mise à disposition de ce patrimoine écrit est le point de départ de multiples programmes de recherche qui, depuis plus de 10 ans, lèvent le voile sur la vie spirituelle et intellectuelle de la communauté des moines bénédictins.

AUX ORIGINES DU PARTENARIAT

Les ouvrages de la bibliothèque du Mont Saint-Michel furent, comme tous les biens de l'Église, confisqués au lendemain de la Révolution française. Ce vaste ensemble documentaire, couvrant neuf siècles d'écriture (966-1791), fut alors confié à la Ville d'Avranches : sa bibliothèque patrimoniale conserve, depuis lors, 205 manuscrits et 1 255 livres imprimés provenant de l'ancienne bibliothèque monastique du Mont Saint-Michel. « Certains manuscrits ont fatalement été dispersés au fil du temps, » note Stéphane Lecouteux, ingénieur de recherche en sources anciennes au pôle Document numérique de la MRSH. « Les chercheurs et les historiens ont retrouvé la trace de manuscrits dans des bibliothèques de Rouen, Bordeaux, Paris, Vendôme, Figeac, ou encore, au-delà de nos frontières, au Vatican, Berlin, Maredsous, Londres, et même

de l'autre côté de l'Atlantique, à New York. » C'est en 2009 qu'émerge l'idée de réunir les documents provenant de l'ancienne bibliothèque monastique sur un serveur unique, en ligne, à la disposition de toutes et tous. « Catherine Jacquemard et Pierre Bouet sont les chevilles ouvrières de ce projet, » souligne Marie-Agnès Lucas-Avenel, directrice-adjointe du CRAHAM. « Notre laboratoire a une longue tradition de recherches sur l'histoire du Mont Saint-Michel et de sa communauté monastique. » En 2009, l'université de Caen Normandie, le CNRS et la Ville d'Avranches signèrent un contrat de collaboration de recherche pour concrétiser ce projet, développé avec le pôle Document numérique de la MRSH, grâce au soutien de l'État et de la Région.

CRAHAM

Centre Michel de Boüard – Centre de recherches archéologiques et historiques anciennes et médiévales

UMR 6273 université de Caen Normandie-CNRS

PDN

Pôle Document numérique

MRSH

Maison de la recherche en sciences humaines

USR 3486 université de Caen Normandie-CNRS

VILLE D'AVRANCHES

LES MANUSCRITS DU MONT SAINT-MICHEL EN CONSULTATION LIBRE

Les manuscrits du fonds ancien d'Avranches sont progressivement reproduits au fil de trois campagnes de numérisation. La Bibliothèque virtuelle du Mont Saint-Michel ouvre en 2017 : les fac-similés numériques des 205 manuscrits et les notices descriptives des 1 255 livres imprimés sont disponibles en accès libre. Et le corpus ne cesse, depuis lors, de s'enrichir. « La Bibliothèque rend compte de l'ensemble des documents identifiés, à ce jour, comme ayant appartenu à la bibliothèque ancienne du Mont Saint-Michel. Des notices sont régulièrement complétées et ajoutées par les membres du CRAHAM, au fur et à mesure de nos recherches sur les manuscrits, » détaille Marie-Agnès Lucas-Avenel. La Bibliothèque virtuelle s'enrichit de nouvelles numérisations de manuscrits et livres imprimés conservés dans d'autres établissements. « Le site bénéficie, depuis juillet 2021, d'une nouvelle interface graphique qui s'appuie sur le moteur d'affichage XML MaX (technologie IIIF) développé par le Certic et le pôle Document numérique de l'université de Caen Normandie et qui améliore la navigation et la résolution des images, précise Stéphane Lecouteux. La qualité des images est telle que l'étude des reproductions numériques permet de voir des détails difficiles à distinguer à l'œil nu ! Bien sûr, la Bibliothèque virtuelle ne remplacera jamais la consultation sur place des originaux, mais elle limite la manipulation des manuscrits et facilite ainsi leur conservation. C'est aussi un formidable terrain de jeu pour la communauté scientifique internationale ! »

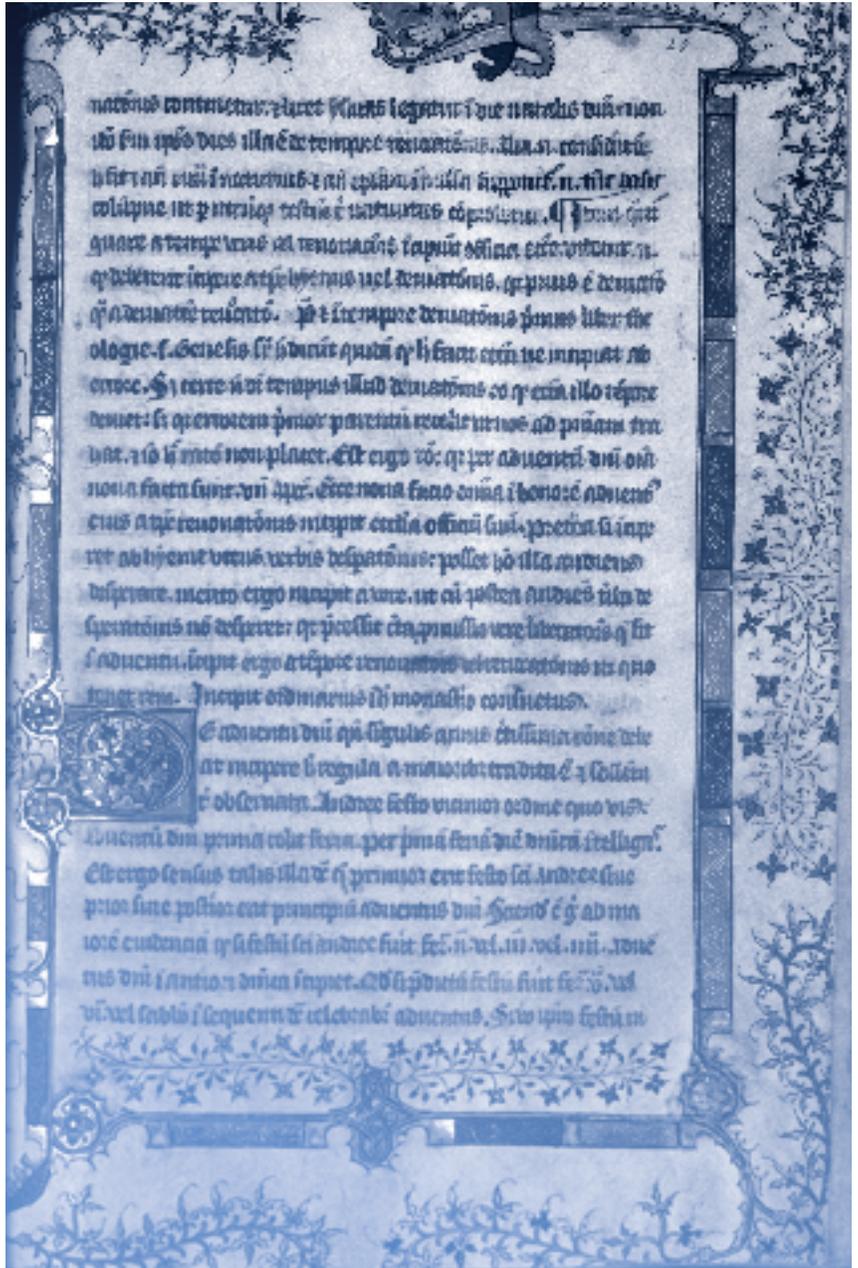


© Stéphane Lecouteux

**DES SOURCES
POUR LES SPÉCIALISTES
DE TOUTE DISCIPLINE**

La mise à disposition des documents s'est accompagnée d'un important travail d'indexation. Louis Chevalier, ingénieur d'études au CRAHAM, a réalisé l'édition critique et numérique de deux manuscrits de la fin du Moyen Âge. « Cette étude a abouti à la création de thésauri sur les noms de saints et sur les oraisons, chants et lectures mentionnés dans les manuscrits, » indique Louis Chevalier. Ces travaux, couplés aux outils d'analyse développés par le pôle Document numérique, permettent d'interroger les textes conservés dans la Bibliothèque. « Le travail de Louis nous replonge dans le contexte de l'époque, » poursuit Marie-Agnès Lucas-Avenel. Les ordinaires mentionnent les espaces traversés lors des processions ou encore les objets utilisés pendant les offices et la messe: ce sont d'importantes sources d'information sur l'organisation de la communauté monastique. » Autre projet: l'étude matérielle des manuscrits anciens, conduite avec le Centre de recherche sur la conservation (CRC). Des analyses physicochimiques ont été menées sur 54 manuscrits produits entre 980 et 1100 pour identifier la nature des parchemins, des encres et des colorants utilisés par les moines copistes. « Quelle peau est employée pour la conception des parchemins? Quels sont les ingrédients utilisés pour fabriquer les colorants? Les matières colorantes sont-elles d'origine minérale, animale ou végétale? Ces questions sont régulièrement posées par les visiteurs du Scriptorial d'Avranches, le musée des manuscrits du Mont Saint-Michel, souligne Stéphane Lecouteux. Nos travaux apportent des éléments de réponse, pour développer les connaissances et enrichir les parcours de

Ordinaire
du Mont-Saint-
Michel, XV^e s. :
Bibliothèque
patrimoniale,
ville d'Avranches.
Ms 216, f. 27r



© Stéphane Lecouteux

visite du Scriptorial. C'est un partenariat donnant-donnant! » Ces analyses, menées sur place grâce à des outils non invasifs, démontrent l'évolution des pratiques des moines copistes à travers le temps. Elles permettent également de dater plus précisément les manuscrits. « Nous croisons les disciplines, pour ainsi mieux contextualiser ces textes, véritables trésors du passé. » Les œuvres répertoriées dans la Bibliothèque virtuelle sont les témoins de techniques

de production, d'échange et de diffusion: elles constituent, à ce titre, un champ d'étude loin d'être épuisé. En 2023, le colloque international de Cerisy «Le Mont Saint-Michel en Normandie et en Europe» (dir. Mathilde Labatut, Christophe Maneuvrier et Fabien Paquet) fera le point sur les dernières avancées scientifiques et les perspectives de recherche.

<https://emmsm.unicaen.fr/>



© Stéphane Lecouteux

CREPON
ALL

SUR LES TRACES DES VESTIGES DE LA SECONDE GUERRE MONDIALE

FT40

ASSEMBLE
DUMPS

MRSH

Maison de la recherche en sciences humaines

USR 3486 université de Caen Normandie-CNRS

DRAC

Direction régionale des affaires culturelles ·

Région Normandie

Les quatre années d'occupation allemande, le Débarquement du 6 juin 1944 et les opérations militaires de l'été 1944 ont durablement marqué la Normandie — son histoire et son territoire. En 2015, la DRAC entamait un ambitieux projet d'inventaire des vestiges de la Seconde Guerre mondiale en Normandie et sollicitait la participation de l'université. Le point avec Jean-Luc Leleu, ingénieur de recherche CNRS à la Maison de la recherche en sciences humaines.

QUELS SONT LES VESTIGES CONCERNÉS PAR CET INVENTAIRE ?

Ce programme collectif de recherche vise à inventorier, de manière exhaustive, le patrimoine bâti de la Seconde Guerre mondiale dans les trois départements du Calvados, de la Manche et de l'Orne. Les ouvrages bétonnés du « Mur de l'Atlantique » constituent une part importante de cet inventaire, du fait de la stratégie allemande de défense des côtes françaises. Néanmoins, ces vestiges ne se limitent pas aux zones côtières. L'armée allemande avait installé dans les forêts des dépôts de vivres et de munitions, dont les traces sont encore bien préservées. Dans les villes, les vestiges sont souvent dissimulés et donc méconnus : à Saint-Lô, par

exemple, d'anciens blockhaus qui servaient alors de centres de transmission et de postes de commandement sont aujourd'hui intégrés dans le tissu urbain. Au lendemain du conflit, le sort réservé aux fortifications a d'ailleurs répondu à des logiques distinctes : sur le littoral de la Manche, les fortifications furent réinvesties pour les besoins agricoles ou professionnels, tandis que sur la côte de Nacre, qui avait orienté son activité vers le tourisme balnéaire depuis la fin du XIX^e siècle, ces constructions furent plus fréquemment détruites ou effacées du paysage car considérées comme des « verrues » nuisant à l'image des zones littorales.

QU'EN EST-IL DES VESTIGES LAISSÉS PAR LES ARMÉES ALLIÉES ?

Les armées alliées ne sont restées que quelques mois et étaient engagées dans une guerre de mouvement, avec des constructions essentiellement provisoires et démontables. Pour autant, les troupes alliées ont, elles aussi, laissé quelques traces dans le paysage normand, souvent en lien avec leurs opérations logistiques. Le port artificiel d'Arromanches-les-Bains en est l'exemple le plus marquant, mais on trouve aussi des indications routières peintes sur des murs à Crépon ou des signatures de soldats américains réalisés dans le ciment frais scellant des bittes d'amarrage sur le port de Barfleur. Pour faciliter le trafic automobile, les armées alliées ont également tracé de nouvelles routes — aujourd'hui goudronnées. Les ruelles étroites de Bayeux étant impraticables pour les blindés alliés, les troupes du génie britannique ont créé une rocade pour contourner la ville : le « by-pass », comme l'appellent les habitants de Bayeux, est le premier périphérique de France !



© DR

Y A-T-IL DES VESTIGES QUI TÉMOIGNENT DU VÉCU DES CIVILS DURANT LA GUERRE ?

Rappelons d'abord que près de 20 000 civils ont perdu la vie en Normandie lors des combats de la Libération. Pour se protéger des bombardements et des tirs d'artillerie, plusieurs dizaines de milliers de Français ont pris la route de l'exode. Dans la région de Caen, certains ont trouvé refuge dans des carrières souterraines. À cet égard, la carrière de la Brasserie Saingt de Fleury-sur-Orne est un site particulièrement bien préservé, l'accès principal ayant été condamné à l'issue de la Seconde Guerre mondiale. Le site a conservé toute son authenticité. Il présente encore aujourd'hui les aménagements effectués par les civils pour délimiter les espaces à l'aide de tas de terre et de couvertures tendues au sol. De nombreux objets ont été abandonnés dans l'obscurité de la carrière, comme des chaussures, des lunettes et des jouets. Les archéologues de l'Institut national de recherches archéologiques préventives - INRAP ont minutieusement répertorié et numérisé les éléments constitutifs de ce site, figé dans le temps.

COMMENT LES VESTIGES SONT-ILS IDENTIFIÉS ?

Le projet s'appuie notamment sur l'étude des rapports du capitaine de vaisseau Pinczon du Sel : au sortir de la guerre, cet officier fut chargé de l'inspection des ouvrages militaires côtiers pour identifier ceux qui pouvaient servir aux intérêts de la Marine française. Le fonds documentaire propose un état des lieux des fortifications en présence. Les clichés aériens effectués par l'IGN au lendemain de la guerre sont également très utiles. L'étude des archives allemandes et alliées est complétée par une enquête de terrain comprenant des relevés topographiques, des prises de vue photographiques et un constat de l'état de conservation des ouvrages.

QUELS SONT LES ENJEUX DE CE PROJET ?

Ces vestiges ont aujourd'hui une forte dimension patrimoniale — d'autant que les témoins de ces événements passés disparaissent progressivement. Le projet d'inscription des Plages au patrimoine de l'Humanité, porté par la Région Normandie, le démontre clairement. La gestion de ce patrimoine nécessite sa connaissance précise pour mieux le protéger, le conserver et le valoriser. À partir du travail d'inventaire, des opérations d'inscription et de classement sur la liste des Monuments Historiques sont en cours. Ceci a été rendu possible par l'investissement de la DRAC Normandie qui a initié ce programme collectif de recherche en 2015 — une longévité remarquable en ces temps où l'activité de recherche est surtout financée par des appels à projets sur des durées d'environ trois ans. Les collectivités territoriales (Région et départements bas-normands) fournissent à cet égard une aide appréciable. La Normandie se trouve ainsi à la pointe : ce programme est une entreprise pionnière dans le domaine de l'archéologie des conflits contemporains, qui a vocation à entraîner d'autres initiatives similaires. À terme, les informations seront disponibles sur un site internet dédié, réalisé par le Pôle Document numérique de la MRSH, intégrant un logiciel de cartographie (SIG) : chaque vestige sera géolocalisé et associé à une notice explicative pour permettre à chacun de découvrir ces traces qui, dans le paysage normand, portent la mémoire des combats passés.

ARE

HISTEMÉ

Histoire, Territoires, Mémoires

UR 7455 université de Caen Normandie

MÉMORIAL DE CAEN

A

MÉMORIAL DE CAEN

UN PARTENARIAT DE LONGUE DATE

Les activités scientifiques du laboratoire HISTEMÉ se développent en lien étroit avec le Mémorial de Caen – et ce depuis son inauguration, le 6 juin 1988.

Manifestations scientifiques, programmes de recherche, bourses pour les étudiants... Le partenariat, fructueux, est au service d'une recherche scientifique rigoureuse, pour rendre l'histoire de l'Europe du XX^e siècle accessible au plus grand nombre.

LA RIGUEUR SCIENTIFIQUE, AU CŒUR DU PARTENARIAT

Les axes « Paix et Conflits » et « Culture et Transmissions » du laboratoire HISTEMÉ s'intéressent à la mémoire de la Seconde Guerre mondiale. Héritier du Centre de recherche en histoire quantitative · CRHQ, fondé en 1966 par l'historien Pierre Chaunu, le laboratoire HISTEMÉ entretient des relations privilégiées avec le Mémorial de Caen. « *Le partenariat existe depuis l'ouverture du Mémorial,* » indique Françoise Passera, ingénieure d'études à HISTEMÉ. « *Le Mémorial accueille des stagiaires et propose chaque année des bourses pour les étudiants inscrits en master Recherche.* » « *La rigueur scientifique est une exigence du Mémorial de Caen,* » souligne François Rouquet, professeur d'histoire contemporaine. « *Les parcours muséographiques sont fondés sur une expertise scientifique au plus près des évolutions de l'historiographie. Nous travaillons aux côtés du Mémorial pour proposer aux visiteurs une expérience de visite favorisant le partage et la diffusion des connaissances actuelles.* »

S'OUVRIRE À UN LARGE PUBLIC

Le Mémorial de Caen accueille chaque année des manifestations scientifiques coorganisées avec l'université de Caen Normandie – occasion, pour le laboratoire HISTEMÉ, de toucher un public diversifié. « *Nos conférences sont toujours ouvertes au public, précise François Rouquet. Il est important pour nous, en tant qu'enseignants-chercheurs, d'apporter un éclairage et de répondre à la demande sociétale.* » En avril 2022, le colloque « Mémoires familiales de guerre » s'est tenu au Mémorial de Falaise et au Mémorial de Caen : il abordait la question de la transmission des événements de la Guerre d'Espagne, de la Seconde Guerre mondiale et de la Guerre d'Algérie. Ce colloque s'inscrivait dans le cadre du programme sur les Reconstructions porté par le Mémorial des civils de Falaise. « *Les souvenirs de ces événements passés se transmettent ou se dissimulent dans l'intimité des familles,* » souligne François Rouquet.

« ÉCRITS DE GUERRE ET D'OCCUPATION » : UNE BASE DE DONNÉES DEVENUE RÉFÉRENCE

Le Mémorial de Caen participe au financement de programmes de recherche, dont la base de données « Écrits de guerre et d'occupation 1939-1945 », qui a débuté en 2012 et est aujourd'hui aboutie. Ce projet recense l'ensemble des témoignages publiés en France par des acteurs du conflit, pris dans la tourmente d'une période complexe – soldats, résistants, déportés, collaborationnistes, prisonniers de guerre, journalistes, hommes politiques etc. La base de données comprend 5 462 notices, accessibles par mots clés. « *Les témoignages relatifs à la Première Guerre mondiale se rapportent essentiellement à l'expérience combattante des Poilus, à la différence des témoignages de la Seconde Guerre mondiale, marqués par une grande pluralité d'écrits et de destins,* précise Françoise Passera. *Le Mémorial de Caen nous a aidés à enrichir la base de données en donnant accès à leur fonds documentaire. Ce qui est intéressant, c'est qu'elle met en évidence une périodicité d'écriture : de nombreux récits ont été publiés dans l'immédiat après-guerre, puis un grand silence s'est installé jusque dans les années 1980, avant que de nouveaux témoignages apparaissent.* » La base de données, en accès libre, est un outil précieux pour la communauté scientifique et pour tous les passionnés du second conflit mondial.

<http://www.ego.1939-1945.crhq.cnrs.fr/>

DES COLLABORATIONS ACTIVES AVEC L'IMEC POUR CHERCHER, FORMER, PARTAGER

Au cœur de la prestigieuse abbaye d'Ardenne, l'IMEC réunit et conserve les fonds d'archives confiés par les éditeurs, artistes et auteurs. Le LASLAR est l'un des laboratoires de l'université de Caen Normandie collaborant activement avec cet institut autour d'actions scientifiques et culturelles variées. Zoom sur quelques-unes de ces actions contribuant au rayonnement du patrimoine littéraire et intellectuel de l'IMEC.

DES ACTIONS SCIENTIFIQUES & CULTURELLES COMMUNES

L'Institut Mémoires de l'édition contemporaine IMEC et l'université de Caen Normandie ont renouvelé, le 15 juin 2022, leur partenariat amorcé en 1998. Depuis vingt-quatre ans, ce partenariat donne vie aux collections de l'IMEC – le plus important ensemble d'archives, privées et contemporaines, issues du monde de l'édition, du livre et des revues. L'IMEC héberge des ressources documentaires à la disposition des chercheurs et des enseignants-chercheurs, mais aussi des étudiants de licence, master et doctorat. L'université de Caen Normandie, labellisée « Science avec et pour la société », et l'IMEC, titulaire du label « Centre culturel de rencontre », partagent un attachement commun pour la construction et la diffusion des savoirs : un programme de colloques, rencontres, débats et expositions est proposé chaque année à destination d'un très large public.

« DES CRITIQUES » : UN PROJET PHARE AUTOUR DES DISCOURS CRITIQUES (XVIII^e-XXI^e SIÈCLES)

Le projet de recherche « Des critiques : frontières et dialogues des discours critiques et des champs disciplinaires », financé par la Région Normandie dans le cadre de son dispositif RIN Projets émergents, interroge la variété des formes de critique – en tant qu'évaluation esthétique, genre littéraire, critique politique et sociale et discours historique sur les œuvres. « L'IMEC conserve nombre de fonds intéressants la question critique », précise Valérie Vignaux, professeure en études cinématographiques et co-responsable scientifique. « Parmi ces fonds, on

retrouve notamment des archives d'écrivains, de journalistes et de cinéastes ayant exercé comme critiques, mais aussi de grandes figures de chercheurs en sciences sociales comme Edgar Morin et Michel Foucault. L'IMEC conserve également nombre de revues dans lesquelles d'éminents critiques ont œuvré comme critiques littéraires, d'art ou de cinéma. Les fonds d'éditeurs contiennent, eux aussi, de nombreuses sources permettant de documenter l'histoire de la réflexion critique sur le cinéma. » Ce projet associe des enseignants-chercheurs en philosophie, littérature, sociologie et études cinématographiques, dans une démarche interdisciplinaire. « À terme, l'objectif est de créer, en Normandie, un pôle de recherche de référence, national et international, concernant la question critique », souligne Julie Anselmini, professeure de littérature française et co-responsable scientifique.

EQELLES, « EN QUÊTE DE SOI, ENQUÊTE D'ELLES »

Autre projet, autre collection : EQELLES, « En quête de soi, enquête d'Elles », nouveau projet RIN émergent financé par la Région Normandie, s'intéresse aux archives de la romancière franco-algérienne Leïla Sebbar, dont l'œuvre interroge la condition de la femme et le thème de l'exil. « L'objectif est de mettre au jour les liens entre l'écriture fictionnelle et documentée de Leïla Sebbar et sa participation au courant du féminisme de la deuxième vague, autour du journal Histoire d'elles, publié entre 1976 et 1980, et de la revue Sorcières », précise Anne Schneider, maîtresse de conférences-HDR en langue et littérature françaises.

LASLAR

Lettres, arts du spectacle, langues romanes

UR 4256 – université de Caen Normandie

IMEC

Institut Mémoires de l'édition contemporaine

UNE PLURALITÉ DE PROJETS OUVERTS SUR LA FORMATION EN MASTER

Aux côtés de l'IMEC, le LASLAR mène une grande diversité de projets ouverts sur la formation en master Recherche. « Le Master Arts, Lettres et Civilisations propose notamment une option « Archives », » indique Claire Lechevalier, directrice du LASLAR. « Nos activités de recherche prennent aussi en compte ce volet formation. » Le programme « Rituel, magie, alchimie » s'appuie sur le fonds du metteur en scène polonais Jerzy Grotowski, célèbre pour avoir renouvelé la théorie et les techniques du jeu de l'acteur. Ce programme, porté par Cristina De Simone, maîtresse de conférences en études théâtrales, laisse une large place à la pratique théâtrale et performative lors de séminaires ouverts aux étudiants. Le programme de recherche « Matières poétiques » propose aux étudiants de Master 1 Lettres un séminaire de recherche encadré par Cécile Brochard, maîtresse de conférences en littérature comparée, et Anne Gourio, maîtresse de conférences en littérature française, autour des archives du poète contemporain Lorand Gaspar et de l'ethnologue Pierre Clastres. Ce séminaire débouche sur une séance de travaux pratiques dans les locaux de l'IMEC, au cours de laquelle les étudiants s'initient au travail de recherche sur l'archive. L'activité scientifique du LASLAR s'inscrit ainsi dans un ancrage local fructueux, propice à la valorisation et au rayonnement d'une collection unique au monde – témoignage de la richesse artistique, culturelle et intellectuelle d'une époque.

LE CHIEN : UN ALLIÉ CONTRE LE DÉCROCHAGE SCOLAIRE ?

Comment aider les élèves en situation de décrochage scolaire ? Au collège Honoré de Balzac (Alençon), la solution pourrait venir de Pixel, un jeune golden retriever de deux ans. Explications avec Astrid Hirschelmann, professeur de psychologie clinique et psychopathologique au Laboratoire de psychologie Caen Normandie.

DANS QUEL CADRE INTERVENEZ-VOUS AUPRÈS DU COLLÈGE BALZAC D'ALENÇON ?

Le collège Honoré de Balzac a mis en place un dispositif expérimental visant à lutter contre le décrochage scolaire. Quinze élèves en classe de 4^e, toutes et tous volontaires, participent à ce dispositif intitulé « Balzac, ma seconde maison ». Ce projet, d'une durée de cinq semaines, comprend notamment un volet de médiation canine. C'est là que Pixel entre en jeu : ce jeune golden retriever de deux ans, formé à l'accompagnement social par l'association Handi'Chiens (Alençon), évolue en classe aux côtés des élèves. Le chien interagit avec les collégiens, qui sont responsables de son bien-être : ils doivent s'en occuper, le nourrir, le brosser ou encore le promener. L'Académie de Normandie a sollicité le Laboratoire de psychologie Caen Normandie pour évaluer ce dispositif pilote.

LA MÉDIATION ANIMALE SE DÉVELOPPE DE PLUS EN PLUS : POURQUOI UN TEL ENGOUEMENT ?

Les initiatives se multiplient en ce sens, notamment en milieu carcéral et dans les structures de soin. La médiation animale favorise les liens affectifs, ce qui augmente le bien-être psychologique. Spontanément, on ne peut que présupposer l'impact positif, sur les élèves, d'une telle expérimentation – en particulier sur le renforcement du lien social, l'investissement, la responsabilisation, la confiance et l'estime de soi. Mais, dans les faits, le chien est très stimulé et sollicité par les quinze élèves, qui ne peuvent pas obtenir son attention exclusive : ils

doivent partager et s'organiser, ce qui nécessite de l'adaptation. Il est donc indispensable d'évaluer ce dispositif pour décrire ce qui fonctionne et ce qui ne fonctionne pas, et pour comprendre précisément quelle cause produit quel effet.

COMMENT L'ÉVALUATION SE DÉROULE-T-ELLE ?

Notre étude combine une approche psychologique à une approche éthologique : elle comprend des phases d'observation et d'entretiens individuels répartis sur plusieurs mois. Elle constitue notamment une opportunité de former nos étudiants de master : les données sur le comportement du chien et sur le ressenti des élèves sont en effet recueillies par une étudiante en master de Neurosciences et une étudiante en master de Psychologie psychodynamique clinique et pathologique. C'est Anne-Sophie Darmaillacq, maître de conférences en éthologie, qui coordonne ce volet d'analyse du comportement du chien. Quelles sont les attentes des élèves ? Quelles émotions ressentent-ils ? Peut-on constater des changements chez les élèves ? Comment Pixel réagit-il ? Autant de questions qui nous permettront d'évaluer la dynamique globale des interactions entre les collégiens, les enseignants et l'animal. L'objectif serait désormais de trouver des financements pour poursuivre cette expérience et cette recherche exploratoire — pourquoi pas dans le volet « lutter pour la réinsertion sociale » du programme d'investissements d'avenir (PIA 3).

LPCN

Laboratoire de psychologie Caen Normandie

UR 7452 université de Caen Normandie

ETHOS

Éthologie animale & humaine

UMR 6552 université de Caen Normandie-université de Rennes

1-CNRS

COLLÈGE HONORÉ DE BALZAC

Alençon

ENTRETIEN AVEC CATHERINE BRÉARD, PRINCIPALE DU COLLÈGE HONORÉ DE BALZAC (ALENÇON)

« Le collège Honoré de Balzac est attentif à proposer une scolarisation de qualité pour tous les élèves, par la prise en compte de leurs singularités et de leurs besoins éducatifs particuliers. L'accueil de Pixel s'inscrit dans cette dynamique. Le projet est coordonné par Valérie Nicol, professeure d'histoire-géographie, spécifiquement formée à l'accueil de chiens d'assistance. Pixel est présent dans l'établissement durant les cinq semaines du dispositif. Prendre soin d'un animal, c'est aussi prendre soin de soi. L'animal ressent les émotions de la classe et agit – ou non – auprès des élèves, sans que les choses soient décrétées. Pour nous qui connaissons bien nos élèves, l'expérience nous semble positive. Néanmoins, nous souhaitons associer un laboratoire de recherche à cette expérimentation pour avoir une évaluation scientifique du dispositif. L'évaluation est un préalable nécessaire pour envisager la continuité du projet. La Cellule académique recherche développement innovation & expérimentation · CARDIE (Académie de Normandie) nous a soutenus dans notre démarche et orientés vers le Laboratoire de psychologie Caen Normandie. L'étudiante en master de Psychologie a conduit des entretiens individuels avant le démarrage du projet et s'entretiendra de nouveau avec les élèves à l'issue du dispositif pour évaluer leur progression. Le bien-être de Pixel est primordial pour nous. Nous avons donc la chance d'avoir également à nos côtés une étudiante en master Éthologie, qui observe et étudie les interactions entre le chien, les élèves et l'enseignant. »

QUELLE PLACE POUR LE SMARTPHONE EN SALLE DE CLASSE ?

Et si les lycéens utilisaient leur smartphone en classe ?
Voire leur propre tablette ou ordinateur portable ?
Pour quel projet pédagogique ? Catherine Bailleau,
doctorante au CIRNEF, en contrat CIFRE avec la Région
Normandie, s'intéresse aux usages numériques
des lycéens normands.

QUELS SONT LES ENJEUX DE VOTRE THÈSE ?

L'État encourage les enseignants à intégrer davantage les outils numériques dans leurs pratiques pédagogiques. Équiper les établissements scolaires est de la compétence des collectivités territoriales, et plus particulièrement de la Région pour les lycées : la question s'est donc posée de l'usage des smartphones des élèves à des fins pédagogiques, pour alléger les coûts d'équipement, de renouvellement et de maintenance des appareils numériques des établissements. Cette tendance a un nom : le BYOD, pour « Bring your own device » ou, en français, AVEC, pour « Apportez votre équipement personnel de communication ». Elle consiste à utiliser son propre smartphone ou sa propre tablette dans un contexte professionnel – et en l'occurrence, dans ce cas précis, à des fins pédagogiques dans et en dehors de la classe. Un état des lieux est nécessaire pour identifier les usages, les opportunités et les freins, avant d'envisager le déploiement d'une stratégie BYOD dans les établissements. J'ai donc débuté une thèse en contrat CIFRE avec la Région Normandie, sous la direction du professeur Jacques Béziat, pour étudier cette pratique de manière globale et apporter des éléments d'aide à la décision.

COMMENT SE DÉROULENT VOS RECHERCHES ?

J'ai débuté ma thèse en mars 2020, peu avant la fermeture des établissements scolaires dans le contexte de la crise sanitaire. J'ai mené des enquêtes en ligne auprès de l'ensemble des lycéens normands, pour recueillir des données sur leur ressenti, leur organisation de travail et leurs usages des outils numériques. Plus de 5 000 élèves et 3 000 parents m'ont répondu. La crise sanitaire a mis au jour l'ampleur des inégalités face au numérique. Ces difficultés ont incité la Région Normandie à sauter le pas : depuis la rentrée 2021, chaque lycéen primo-entrant dispose désormais d'un ordinateur portable individuel. Mon projet de thèse a donc évolué pour intégrer cette nouvelle donnée : outre le téléphone portable personnel, il s'agit également de s'intéresser aux usages que les élèves font de l'ordinateur portable fourni par la Région – l'idée étant de déterminer quel équipement est le plus adapté aux besoins et aux apprentissages des élèves, en fonction de l'usage. Outre les enquêtes en ligne, j'ai mené des entretiens auprès de cinq lycées des filières générale, professionnelle et agricole. À la maison, les élèves utilisent beaucoup les outils numériques pour faire leurs devoirs – et ce, sans injonction préalable de leurs enseignants. Ils cumulent généralement leur ordinateur portable et leur smartphone.

CIRNEF

Centre interdisciplinaire de recherche normand en éducation et formation

UR 7454 université de Caen Normandie-université de Rouen

Normandie

RÉGION NORMANDIE

ET DU CÔTÉ DES ENSEIGNANTS ?

Le protocole sanitaire s'est progressivement assoupli dans les établissements scolaires, ce qui me permet désormais de mener des observations dans les classes. La gestion de la classe est nécessairement différente, d'autant que les enseignants ne peuvent pleinement maîtriser ce que les élèves font avec leurs équipements personnels. Les outils numériques impliquent un changement de pratique pour les enseignants, amenés à concevoir de nouveaux scénarios pédagogiques. À titre d'exemple, une enseignante en anglais propose à ses élèves d'enregistrer une lecture à voix haute et de lui envoyer ensuite les fichiers audios. Des enseignants en cuisine demandent à leurs élèves de se filmer en train d'exécuter des gestes professionnels. Je pense également à un enseignant de domotique qui prépare des exercices individuels pour chaque élève, accessibles par QR codes. Les possibilités sont multiples.

LA CONVENTION CIFRE :

UN DISPOSITIF PHARE DE LA RECHERCHE PARTENARIALE

La Convention industrielle de formation par la recherche · CIFRE associe trois partenaires : un doctorant, un laboratoire de recherche et une entreprise ou une collectivité publique. Le dispositif favorise la collaboration et les échanges entre les laboratoires de recherche et le milieu socio-économique autour de questionnements communs. À la clé : un levier d'innovation pour l'entreprise ou la collectivité ; une formation diplômante, facteur d'insertion pour le doctorant ; un potentiel de transfert et de valorisation pour le laboratoire de recherche.

LES CHAUMIÈRES DU PARC NATUREL RÉGIONAL DE BRIÈRE

UN PATRIMOINE EN DANGER

© Parc naturel régional de Brière



C'est un phénomène qui inquiète les habitants de la Brière (Loire-Atlantique) : la prolifération de champignons dégrade prématurément les toits des chaumières. La sauvegarde de ce patrimoine est un objectif majeur du Parc naturel régional de Brière. Les chercheurs du laboratoire ABTE s'engagent à leurs côtés pour identifier l'origine et l'étendue du problème et ainsi apporter les connaissances nécessaires à la prise de décision.

DES TOITURES EN CHAUME QUI SE DÉGRADENT PRÉMATURÉMENT

Elles font partie intégrante du paysage et de l'identité de la Brière (Loire-Atlantique) : les 2 225 chaumières du Parc naturel régional sont les témoins d'un savoir-faire ancestral. Le roseau est le matériau le plus utilisé pour couvrir les toitures – un roseau traditionnellement issu des marais de Brière, mais provenant aujourd'hui essentiellement de Camargue ou d'Europe de l'est. Depuis quelques années, ce patrimoine est menacé par des champignons, responsables de la dégradation prématurée des toitures végétales. « Les couvertures, composées de brins végétaux, sont conçues pour durer entre trente et quarante ans, » précise Anaël Ristord, chargée de mission au Parc naturel régional de Brière. « Or, certaines chaumières se détériorent plus vite, au bout de quelques années seulement. » Une situation coûteuse et complexe pour les propriétaires, contraints de conserver le chaume selon les plans locaux d'urbanisme. Le Parc se saisit de cette problématique en 2016 et mit en place un programme collectif de recherche-action mobilisant les collectivités, les artisans chaumiers, les habitants et des partenaires scientifiques – dont l'université de Caen Normandie.

LA CELLULE D'EXPERTISES EREM

« La cellule Expertises, reconnaissances et études en mycologie - EREM travaille aux côtés du Parc depuis 2018 pour analyser ce phénomène et en identifier l'origine, » indique Virginie Seguin-Catherine, maître de conférences en pharmacologie-toxicologie au laboratoire ABTE. Dans un premier temps, le Parc envoie au laboratoire des brins végétaux prélevés sur les chaumières endommagées. Pour suivre le développement de la dégradation, le Parc adresse également plusieurs prélèvements de chaume à différents stades de la filière – à la coupe ; en stockage ; sur les toitures. « Les chaumes sont de véritables micro-écosystèmes. Nous avons relevé la présence de 62 espèces différentes de champignons, dont des macromycètes de type *Fuscoporia* et des micromycètes de type *Trichoderma*. » Le Parc a profité de la rénovation d'une chaumière pour équiper la toiture de capteurs relevant, en continu, la température et le taux d'humidité. « La Catiche est devenue notre chaumière témoin. De nouveaux échantillons prélevés sur la toiture neuve sont en cours d'analyse : ils seront corrélés aux données issues des capteurs, afin d'identifier les paramètres favorisant l'apparition et le développement de ces champignons. » L'étude est toujours en cours, mais les premiers résultats pointent vers une combinaison de facteurs – la qualité du roseau, les techniques de pose du chaume, les conditions climatiques, la pollution sont autant de facteurs influant sur la durabilité des toitures.

ABTE

Aliments Bioprocédés
Toxicologie Environnements

UR 4651 université de Caen Normandie
– université de Rouen Normandie

PARC NATUREL RÉGIONAL DE BRIÈRE

VERS DES SOLUTIONS

Sur la base de ces premières conclusions, le Parc a engagé un programme d'actions, incluant l'approvisionnement des chaumiers en roseau de qualité, la structuration d'une filière professionnelle autour d'un cahier des charges spécifique, des aides pour les propriétaires des chaumières endommagées et la valorisation du chaume contaminé. « Une fois retiré des charpentes, le chaume est éliminé par brulage à l'air libre, souligne Anaël Ristord. Mais cette solution nécessite une décision préfectorale et n'est pas durable. Le Parc s'est donc rapproché de l'association Compost in situ pour expérimenter une autre voie d'élimination : celle du compostage. » Un premier essai de compostage a été réalisé et un second est en cours, incluant un plus grand volume de chaume contaminé. Ces essais font l'objet d'une nouvelle convention avec l'université de Caen Normandie : des échantillons de compost sont régulièrement envoyés au laboratoire pour analyse et suivi. « Le Parc nous adresse des prélèvements de compost pour vérifier si les champignons présents sur les couvertures de chaume contaminé se développent au cours du processus de compostage, précise Virginie Seguin-Catherine. Il s'agit, à terme, de déterminer des valeurs guide de la contamination fongique maximale à atteindre dans les composts. » Des restitutions sont régulièrement organisées auprès des parties prenantes. La collaboration avec l'ensemble des acteurs se poursuit, pour une recherche appliquée aux besoins du territoire.



© Parc naturel régional de Brière

CHERLOC : PROTÉGER

LE LITTORAL, LA BIODIVERSITÉ ET LE PAYSAGE



© M2C

Face aux risques de submersion, les zones littorales se parent de digues, jetées et autres ouvrages de protection — au détriment, parfois, du paysage et de la biodiversité marine. Comment réconcilier ingénierie côtière, environnement et attentes sociétales ? Le laboratoire M2C pilote un projet visant à développer de nouvelles approches techniques, sociales et écologiques de la protection côtière. Une expérience grandeur nature, du nom de CHERLOC, est en cours sur la digue de Cherbourg et sur la plage de Ouistreham.

DES ESSAIS EN LABORATOIRE... ET À CIEL OUVERT

Pour protéger le littoral des effets du changement climatique, et notamment de la montée du niveau des océans, faut-il repenser les aménagements côtiers ? « Les infrastructures de protection restent indispensables, mais il est désormais essentiel de prendre en considération la biodiversité marine et les attentes sociétales dans l'approche technique des projets côtiers — et ce dès les premières réflexions, » répond Dominique Mouazé, maître de conférences en génie côtier et responsable scientifique du projet CHERLOC. Ce projet de recherche collaborative étudie l'intérêt et les performances de deux nouveaux types de blocs en béton, pour parvenir à un aménagement durable des territoires littoraux : les DOUBLE-CUBE, développés par le laboratoire M2C, et les ACCROBERM™II, conçus par le bureau d'étude et de recherche ARTELIA. Des essais physiques sont effectués en laboratoire, dans le canal à houle de M2C et dans celui de l'ESITC Caen. « Lorsque les conditions de mer sont trop fortes, les enrochements naturels ne suffisent plus à amortir l'énergie des vagues : les blocs artificiels résistent mieux, de par leur masse et leur conception. L'école d'ingénieurs ESITC dispose d'un canal à houle d'une profondeur de 1,50 mètre qui permet de tester, à grande échelle, l'impact des vagues sur nos blocs en béton. Ces essais nous donnent

des indications pour améliorer leur potentiel et leur stabilité. » Les résultats, prometteurs, nécessitent d'être confirmés sur le terrain : grâce au soutien de Ports de Normandie, les blocs de béton ont ainsi pris place, en février 2021, sur la digue de l'Est de Cherbourg et sur la plage Riva-Bella de Ouistreham. « Les blocs se comportent bien jusqu'à présent : les tempêtes de décembre 2021 ont montré leur bonne stabilité. Reste à voir, désormais, leur comportement sur le long terme. »

DES SUPPORTS POUR PRÉSERVER LA BIODIVERSITÉ MARINE

Le projet CHERLOC associe également le laboratoire BOREA et les écologues de M2C pour leur expertise sur les écosystèmes marins. La composition du béton, la forme des blocs et la rugosité de surface influent sur le développement de la faune et de la flore. Les blocs sont conçus pour constituer des habitats privilégiés pour de nombreuses espèces locales. Une étude comparative est conduite sur différents linéaires côtiers pour vérifier l'impact de ces nouveaux aménagements sur la biodiversité. « Il est encore trop tôt pour tirer des conclusions, mais les résultats préliminaires sont encourageants, » précise Dominique Mouazé. Six mois après leur pose, certains blocs étaient en effet recouverts d'algues vertes. Quelques organismes, comme des petits mollusques et crustacés, ont également été relevés.

M2C

Morphodynamique Continentale et Côtière

UMR 6143 université de Caen Normandie – université de Rouen
Normandie – CNRS

BOREA

Biologie des organismes
et des écosystèmes aquatiques

UMR 8067 CNRS – MNHN – université de Caen Normandie –
Sorbonne Université – IRD – université des Antilles

CERREV

Centre de Recherche Risques et Vulnérabilités

UR 3918 université de Caen Normandie

ASSOCIER LES POPULATIONS LOCALES

Comment ces blocs de béton sont-ils perçus par les riverains, les élus locaux et par les touristes de passage ? Une enquête sociologique est menée par les chercheurs du CERREV pour évaluer les perceptions individuelles et collectives, et ainsi faciliter l'intégration des blocs dans le paysage côtier. « Le questionnaire porte sur différents aspects, dont l'esthétisme, le sentiment de sécurité, les usages, et les actions à mettre en œuvre pour se prémunir des effets du changement climatique, » poursuit Dominique Mouazé. Les réticences étaient nombreuses au début, en particulier à Ouistreham, où les blocs de béton, très visibles, dénotent avec la plage de sable fin. Les perceptions sont très contrastées en fonction du profil des acteurs et de leurs attentes. » Associer les populations, c'est pouvoir expliquer et discuter des choix techniques face aux risques de submersion. Dans un contexte de changement climatique, c'est aussi aider les populations à comprendre l'action de ces blocs. « À terme, l'ensemble de nos données permettront d'émettre des recommandations pour favoriser la prise de décision et la mise en place de solutions durables ».

LES PARTENAIRES DU PROJET CHERLOC

Ce projet multidisciplinaire implique trois laboratoires de recherche de l'université de Caen Normandie (M2C, BOREA, CERREV), l'école d'ingénieurs ESITC Caen, Ports de Normandie, le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement · CEREMA, une entreprise régionale de travaux maritimes (MARC SA), et un bureau d'étude en ingénierie (ARTELIA). Le projet CHERLOC bénéficie d'un soutien financier de la Région Normandie (fonds FEDER) et de l'Union Européenne.



UNION EUROPÉENNE
Fonds européens de
développement régional



RÉGION
NORMANDIE

DE L'ALUMINIUM DANS LE MILIEU MARIN

QUELS EFFETS SUR LES ORGANISMES VIVANTS ?

BOREA

Biologie des organismes
et des écosystèmes aquatiques

UMR 8067 CNRS – MNHN – université de Caen Normandie –
Sorbonne Université – IRD – université des Antilles

RÉGION NORMANDIE

AGENCE DE L'EAU
SEINE-NORMANDIE

SMEL SYNERGIE MER & LITTORAL



Lucie Lerebourg (CETAPS · université de Rouen Normandie) et Alexandre Levallois (BOREA · université de Caen Normandie) lors de la demi-finale nationale du concours MT180, les 8 & 9 avril 2022, à Paris.

© CNRS Normandie / Soizic Willhoud

« La mer est un milieu ultra corrosif : elle grignote toutes les structures métalliques immergées en mer – pas seulement les coques de bateau... tout y passe ! », rappelle Alexandre Levallois lors de la finale normande du concours Ma thèse en 180 secondes. Doctorant en biologie marine, Alexandre a remporté le 1^{er} prix du jury et le prix des lycéens avec la présentation de sa thèse sur « l'impact des anodes galvaniques à base d'aluminium sur des organismes marins de différents niveaux trophiques. » Ou comment évaluer les potentiels effets toxiques de l'aluminium sur le vivant.

QUELS SONT LES ENJEUX DE VOTRE THÈSE ?

Les anodes galvaniques sont des plaques en métal disposées sur les structures métalliques immergées en mer. Ces plaques sont plus couramment appelées « anodes sacrificielles », car elles attirent le potentiel de corrosion sur elles-mêmes et se sacrifient pour la structure à protéger. En se désagréant, les anodes relâchent progressivement l'aluminium qui les composent dans l'environnement marin. Tout l'enjeu de ma thèse consiste à évaluer les effets biologiques de ces polluants sur les organismes vivants, et notamment sur les huîtres et les ormeaux – mollusques emblématiques de nos côtes normandes.

Au-delà de l'intérêt économique, ces espèces représentent également un intérêt écologique. Les huîtres ont en effet la particularité de filtrer l'eau pour se nourrir de phytoplancton et, au passage, de stocker tous les polluants qui s'y trouvent : elles constituent donc des organismes très utiles pour évaluer et suivre la qualité chimique des milieux marins. Les ormeaux sont, quant à eux, des orga-

nismes brouteurs de macroalgues. L'idée est de comprendre comment ces mollusques, avec deux modes d'alimentation différents, répondent à ces contraintes environnementales.

COMMENT SE SONT DÉROULÉES LES EXPÉRIMENTATIONS ?

Nos expérimentations ont, pour la plupart, été conduites au SMEL, qui dispose des équipements et des moyens nécessaires pour accueillir nos essais biologiques. Grâce aux équipes techniques du SMEL nous avons, sur place, monté un dispositif expérimental simulant la dissolution d'une anode galvanique dans le milieu marin. Près de 500 huîtres ont été disposées, durant trois mois, dans de grands volumes d'eau de mer comprenant différentes concentrations d'aluminium – dont des concentrations très supérieures à celles retrouvées dans le milieu naturel pour tenter d'obtenir des valeurs seuils. Des observations étaient régulièrement effectuées pour vérifier la mortalité des huîtres. Des analyses, mesures et dosages étaient également

réalisés pour contrôler les effets sur la croissance, l'immunité et la reproduction. Une manip similaire a été effectuée avec des algues et des ormeaux.

AVEZ-VOUS D'ORES ET DÉJÀ DES RÉSULTATS ?

Nos expérimentations ont démontré, au fil du temps, une bioaccumulation de l'aluminium dans les huîtres et les ormeaux — sans qu'il y ait, pour autant, d'effets significatifs sur leur physiologie, y compris dans le cas d'une eau de mer fortement contaminée. Mais pour avoir une vision plus complète, il est nécessaire de poursuivre les analyses avec d'autres espèces, à d'autres stades de développement. C'est l'objectif du programme de recherche ECOCAP, piloté par Christelle Caplat (voir page 15).

VOUS AVEZ REPRÉSENTÉ LA NORMANDIE LORS DE LA DEMI-FINALE DU CONCOURS MA THÈSE EN 180 SECONDES. QUE RETENEZ-VOUS DE CETTE EXPÉRIENCE ?

La vulgarisation scientifique m'a toujours attiré – j'ai d'ailleurs participé à différentes actions de diffusion de la culture scientifique au cours de mon doctorat. J'anime également une chaîne YouTube dédiée à la zoologie. Le concours est une belle expérience : je retiendrais surtout les ateliers de formation qui m'ont aidé à acquérir de l'aisance à l'oral. La première version de ma présentation était monotone et manquait de rythme ! Les conseils qui m'ont été donnés m'ont beaucoup aidés sur scène. Ils me serviront, sans nul doute, également à l'avenir.

La thèse d'Alexandre Levallois, sous la direction de Antoine Serpentine (BOREA) et Christelle Caplat (BOREA), est cofinancée par la Région Normandie et l'Agence de l'eau Seine Normandie.

PROGRAMME

ECOCCAP

ÉVALUER

L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DE L'ALUMINIUM

BOREA

Biologie des organismes
et des écosystèmes aquatiques

UMR 8067 CNRS – MNHN – université de Caen Normandie

– Sorbonne Université – IRD – université des Antilles

Les éoliennes en mer, coques de bateau et autres installations portuaires ont un ennemi commun : la rouille. Pour contrer ce problème, une des solutions est de fixer des plaques de protection sur les structures métalliques immergées en mer — les anodes galvaniques. Ces protections ont pour objectif de s'oxyder à la place de la structure à protéger, et l'aluminium qui les compose le plus souvent est alors progressivement dissous et libéré dans le milieu marin. Les impacts de ce métal sur les écosystèmes marins, encore mal évalués, sont au cœur du projet ECOCCAP, co-piloté par Christelle Caplat, maître de conférences en chimie.

POURQUOI S'INTÉRESSER AUX ANODES GALVANIQUES ?

L'installation d'anodes galvaniques est la solution privilégiée par les industriels, depuis les années 1960, pour protéger les structures métalliques en acier exposées à l'eau de mer. Ces plaques, composées d'un alliage de métaux comprenant 96% d'aluminium, se sacrifient, littéralement, pour protéger le matériau métallique. Qu'advient-il de cet aluminium dissous dans l'environnement marin ? Sous quelle forme chimique va-t-il se retrouver, une fois libéré dans le milieu marin ? Va-t-il se diluer ou bien s'accumuler ? Quels effets potentiels sur les poissons, crustacés et autres organismes vivants ? Et sur l'ensemble de la chaîne alimentaire ? Les questionnements sont nombreux, notamment à l'heure où la France souhaite combler son retard sur l'éolien en mer. Le projet ECOCCAP a débuté en octobre 2021, pour une durée de trois ans : les résultats de notre étude sont très attendus.

LE PROJET S'INSCRIT DONC DANS UNE DÉMARCHE D'ACCEPTABILITÉ ?

Étonnamment, il existe peu d'études concernant la dissolution des anodes galvaniques et les risques potentiellement induits par cette libération d'éléments chimiques dans le milieu marin. L'objectif du programme ECOCCAP est de produire des connaissances et de nourrir le débat. ECOCCAP associe de nombreux partenaires privés et publics, dont les universités d'Aix-Marseille, Toulon et Bretagne Sud, qui donnent à ce projet une envergure nationale : il s'agit ainsi de couvrir plusieurs façades maritimes — la Manche, l'Atlantique et la Méditerranée — pour évaluer les risques sur différents écosystèmes marins et sur différentes espèces marines.

QUELLES SONT LES DIFFÉRENTES ÉTAPES DU PROJET ?

Le programme ECOCCAP vise tout d'abord à simuler, en laboratoire, la dégradation d'une anode galvanique pour recréer ce cocktail d'éléments chimiques dissous dans l'eau de mer. C'est un défi ! De nombreux paramètres sont à prendre en compte pour reproduire cette simulation en conditions contrôlées — comme la dilution, la température de l'eau et les courants marins. Sans compter que les anodes galvaniques mettent entre quinze et vingt ans à se dégrader dans le milieu naturel ! C'est pourquoi nous simulons différentes concentrations de contaminants chimiques, y compris à des concentrations très élevées, pour voir à quel moment nous commençons à observer des effets. C'est la dose qui fait le poison : l'idée est de tenter de définir un seuil de toxicité au-delà duquel le milieu serait impacté de manière irréversible. Ce dispositif est hébergé par le SMEL à Blainville-sur-Mer (50) — un partenaire de longue date, qui accueille nos expérimentations chimiques et biologiques menées en condition chronique. Nos recherches expérimentales portent sur un milieu naturel et vivant : elles ne peuvent prétendre à l'exhaustivité mais apporteront des premiers éléments de réponse éclairants sur l'analyse de risques.

Ces travaux ont bénéficié d'un financement de France Énergies Marines et de l'État géré par l'Agence Nationale de la Recherche dans le cadre du Programme Investissements d'Avenir portant la référence ANR-10-IEED-0006-34.

LES PARTENAIRES DU PROJET ECOCCAP

Ce projet, piloté par l'université de Caen Normandie, associe de nombreux partenaires publics — Synergie Mer & Littoral (SMEL), université de Toulon, université d'Aix-Marseille, université de Bretagne Sud, Ifremer, INERIS, INRAE — et privés — Institut de la corrosion, CEDRE, EDF Renewables, EOLFI/SHELL, Engie Green, Qair, RTE, Saipem, RWE, WPD.



CRISMAT

Laboratoire de Cristallographie
et Sciences des Matériaux

UMR 6508 ENSICAEN – université de Caen Normandie – CNRS

SOLSA : DES TECHNOLOGIES POUR UNE EXPLORATION MINIÈRE PLUS VERTE

Dans les sous-sols de Nouvelle-Calédonie se cachent d'importants gisements de nickel, exploités depuis la fin du XIX^e siècle. Ces techniques d'exploration minière font, depuis quelques années, l'objet de vives critiques pour leur impact sur l'environnement. Le CRISMAT, partenaire du projet européen SOLSA, a développé un nouveau procédé permettant d'analyser la composition des sols et de cibler ainsi plus efficacement les zones de forage.

UN PROJET COLLABORATIF EUROPÉEN

L'exploration minière a considérablement façonné le paysage de la Nouvelle-Calédonie, dont les sous-sols disposent de grandes réserves de nickel – un minerai entrant dans la fabrication de l'acier inoxydable et des batteries électriques, utilisé dans de nombreux secteurs industriels. Le groupe minier et métallurgique ERAMET, opérateur historique du nickel calédonien, a lancé le projet SOLSA en 2016 avec le soutien du programme européen Horizon 2020. Objectif du projet : développer des stratégies d'extraction minière plus durables et plus responsables. « ERAMET a réuni un groupe de neuf partenaires publics et industriels autour de ce projet, » précise Daniel Chateigner, professeur de physique au Département Mesures Physiques à l'IUT pôle de Caen, université de Caen Normandie. « Le CRISMAT est impliqué pour ses compétences en analyse des propriétés physico-chimiques des matériaux. Le laboratoire, ouvert sur les demandes sociétales, s'intéresse aux problématiques de développement durable. » Le projet associe également le Bureau de recherches géologiques et minières · BRGM, établissement public de recherche et d'expertise dans les applications des sciences de la Terre, spécialisé dans la gestion responsable des ressources.

DE NOUVELLES PISTES POUR L'EXPLORATION MINIÈRE

Les techniques d'exploration minière sont coûteuses – en temps et en argent, mais aussi pour l'environnement. « Traditionnellement, les géologues identifient des sites où le nickel est exploitable, poursuit Daniel Chateigner. Les foreuses remontent des carottes qui sont ensuite analysées en laboratoire pour évaluer le volume et la teneur du gisement. Avec des résultats parfois peu concluants. » Le projet SOLSA s'appuie sur les innovations technologiques et numériques pour proposer une méthode de forage rapide capable d'identifier et de quantifier le nickel sur site, en temps réel – et ce afin de sélectionner plus précisément les sites de forage, avec un impact plus limité sur l'environnement. « Le CRISMAT, aux côtés de ses partenaires, a mis au point un instrument de pointe, unique au monde, capable de caractériser des échantillons à l'aide de techniques de diffusion de rayons X, spectroscopie Raman, fluorescence X et imagerie 3D. Ce système d'analyse combinée, facilement déployable sur le terrain, est une aide précieuse pour les géologues : il donne des informations précises sur la composition minéralogique et chimique de la carotte minière. » SOLSA s'est achevé fin 2020, mais les coopérations se poursuivent au travers de nouveaux projets de recherche. « Nos méthodes d'analyse intéressent :

L'instrument "ID1", unique au monde, combinant analyse par diffraction X, fluorescence X et spectrométrie Raman.

... des membres du BRGM suivent désormais notre atelier d'analyse combinée, organisé chaque année en juillet, à Caen, » souligne Stéphanie Gascoin, ingénieure d'études CNRS. « Des liens ont été créés en recherche et formation. »

LES PARTENAIRES DU PROJET SOLSA

Ce projet, coordonné par le groupe minier et métallurgique ERAMET SA, implique le CNRS, le Bureau de recherches géologiques et minières · BRGM, la succursale française de Thermo-Fisher Scientific à Orléans, l'entreprise néerlandaise Eijkkamp SonicSampDrill BV, et les universités de Vilnius (Lituanie), Delft (Pays-Bas), Trente et Vérone (Italie).

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement N° 689868.



Directeur de publication : Lamri Adoui · Président de l'université de Caen Normandie | Coordination : Linda Ortholan · Directrice de la communication | Illustration de couverture : Shaun Laine, 2022 | Conception · réalisation : Direction de la communication.

communication@unicaen.fr