

UPVD RECHERCHE

Hors-série de l'Université de Perpignan # 9 - Juillet 2017

DOSSIER SPÉCIAL

Les Pyrénées-Orientales :
un territoire de recherche
et d'innovation

UNIVERSITÉ
PERPIGNAN
VIA
DOMITIA



Sommaire



4-26

Dossier spécial
Les Pyrénées-Orientales :
un territoire de recherche
et d'innovation



28

Actu recherche
Les déchets plastiques sur le littoral
des Pyrénées-Orientales



36

Focus
ENTROPIE-IRD



38

Les unités de recherche de l'UPVD

E d i t o



Olivier PANAUD
Professeur UPVD
Vice-Président recherche
de la COMUE-LRU

L' université du XXI^{ème} siècle se doit d'être au cœur des enjeux sociétaux en proposant une offre de formation en adéquation avec les besoins fluctuants du monde socio-économique tout en développant des activités de recherche qui, en nous aidant à mieux comprendre le monde qui nous entoure, devra nous aider à faire face aux changements globaux qui menacent notre santé, notre sécurité alimentaire et notre environnement. Ce numéro hors-série présente quelques-unes des activités de recherche de l'UPVD qui illustrent à quel point ces changements sont au cœur des préoccupations de l'établissement.

L'une des spécificités de ces projets est un ancrage territorial fort. En effet, la richesse de notre territoire est sa diversité que l'on retrouve dans des domaines divers, comme l'écologie, l'histoire ou la culture. Cette diversité qui offre aux chercheurs de l'établissement autant de ressources pour leurs projets et leur proximité, sans doute unique au niveau national, est un atout indéniable. De plus, cet ancrage local contribue à rapprocher le citoyen du monde scientifique et favorise ainsi la dissémination du savoir en contribuant à mieux faire connaître l'établissement.

Plusieurs laboratoires de l'UPVD travaillent sur les effets du réchauffement climatique sur les écosystèmes littoraux, qu'ils soient marins ou terrestres. Pour beaucoup, réchauffement climatique rime avec la fonte des glaces, l'élévation du niveau des océans et le déplacement de populations entières dans des zones parmi les plus pauvres du globe. On sait moins que ces effets se mesurent déjà dans notre environnement proche et que les plantes et animaux de nos écosytèmes littoraux doivent déjà faire face à ces changements, parfois accompagnés par l'arrivée de nouvelles espèces jusqu'alors présentes plus au Sud et qui perturbent les équilibres fragiles. Cette zone littorale est également soumise à de fortes pressions anthropiques saisonnières. La préservation de cette zone fragile étant une priorité pour assurer la pérennité d'activités économiques centrées sur le tourisme, l'UPVD est bien-sûr impliquée dans de nombreuses actions pour renforcer la durabilité de ces activités, dont des actions de repeuplement marin, de développement de production d'énergies renouvelables, notamment marines, ou encore de surveillance de l'état écologique des zones côtières.

La COMUE-LRU regroupe les quatre universités de l'ancienne région Languedoc-Roussillon dont l'UPVD, deux écoles d'ingénieur et deux instituts de recherche. Elle a pour vocation de représenter et soutenir l'ensemble des acteurs de l'enseignement supérieur et de la recherche du territoire aux niveaux régional, national et international. Dans ce contexte, l'ancrage local des actions de recherche menées par les différents acteurs de la recherche de la COMUE-LRU, telles que celles illustrées dans ce numéro hors-série, est essentiel car il donne tout son sens à la diversité des territoires allant du Rhône à la frontière espagnole. C'est bien le regroupement des compétences de chacun qui donne force et visibilité à l'ensemble de notre communauté scientifique.

DOSSIER SPÉCIAL

Les Pyrénées-Orientales : un territoire de recherche et d'innovation

- 6 | Le CEFREM et le Parc naturel marin du golfe du Lion, une collaboration fructueuse entre scientifiques et gestionnaires
- 8 | De nouveaux outils juridiques sur le littoral pour faire face au changement climatique
- 10 | Le corail rouge, une espèce patrimoniale de Méditerranée, en danger face aux changements globaux
- 12 | Développer des outils analytiques innovants pour surveiller les microorganismes dans les écosystèmes aquatiques côtiers
- 14 | Le CRIOBE en Roussillon
- 16 | L'Arabette des Dames, *Arabidopsis Thaliana*, un modèle pour étudier l'adaptation thermique et saline des plantes dans les Pyrénées-Orientales
- 18 | Topologie *versus* topographie : le cas du territoire des Pyrénées-Orientales
- 20 | La diversité du territoire des Pyrénées-Orientales et la recherche en sciences du sport : une situation unique
- 22 | Ecole et aménagement du territoire, les Pyrénées-Orientales un laboratoire social
- 24 | Rivesaltes-Grid : réseau électrique intelligent pour les nouveaux usages
- 26 | Faire parler les pierres... Le programme collectif de recherche PETRVS



© photos gauche et droite :
R. Crec'hriou, CNRS, A. Fontcuberta

Laboratoire CEFREM

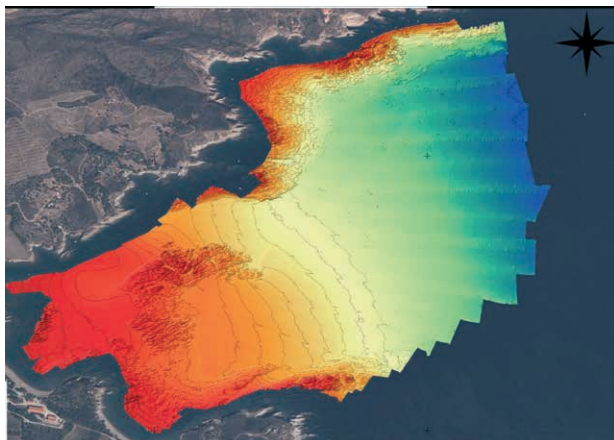
Le Parc naturel marin du golfe du Lion (PNMGL), créé en octobre 2011, couvre une surface de 4000 km² pour environ 100 km de côtes. Ses enjeux sont multiples et concernent la préservation du patrimoine naturel et culturel, de la qualité de l'eau ainsi que des usages dans un contexte transfrontalier. De nombreux partenariats ont été développés avec une communauté scientifique attentive au rapprochement avec les gestionnaires d'espaces protégés et au partage avec le grand public. Le CEFREM y occupe une place importante et plusieurs collaborations ont ainsi pu être lancées.

Le CEFREM

et le parc naturel marin du Golfe du Lion

une collaboration fructueuse

entre scientifiques et gestionnaires



Cartographie de la nature des fonds

La connaissance de la nature des fonds marins du PNMGL est importante car elle conditionne largement la distribution, l'abondance et la diversité de la faune et de la flore marine. L'activité humaine, qu'il s'agisse de la pêche ou de la pose d'éoliennes flottantes, est également fortement conditionnée par la nature et la dynamique des sédiments marins. La politique incitative du Parc naturel marin a permis au CEFREM de mener de nouvelles études qui mettent en évidence la mobilité des dunes de sable sous-marines durant les événements extrêmes sur le rebord du plateau continental et une perte sédimentaire importante en tête du canyon de Lacaze-Duthiers, probablement occasionnée par des avalanches sous-marines.

Erosion des côtes

Le littoral du Parc naturel marin est soumis à des pressions liées aux aléas côtiers d'une part (érosion et submersion dues aux tempêtes), et aux aménagements et activités anthropiques, d'autre part. L'évolution géomorphologique du littoral est l'un des indicateurs de la gestion physique du littoral défini dans le plan de gestion du PNMGL. C'est dans ce cadre que le CEFREM et le PNMGL ont lancé le projet SENSIVAT. L'objectif vise à suivre plusieurs indicateurs permettant de définir l'évolution du littoral et de la masse d'eau côtière par imagerie satellite (trait de côte, évolution morphologique de l'avant côte, dispersion du panache turbide, couverture végétale dunaire, limite des herbiers de posidonie et impacts anthropiques) en corrélant campagnes satellites et mesures de terrain effectuées simultanément. Les résultats permettront aux gestionnaires d'avoir une vision de l'évolution du littoral, mais aussi d'alimenter une réflexion nationale sur l'utilisation de cette technologie pour les différents services d'observation d'indicateurs du littoral.



Pêche et restauration écologique

Le CEFREM s'intéresse depuis plus de 20 ans aux poissons à travers le suivi des juvéniles et l'étude de la colonisation des post-larves. Une fois adulte, les capacités de déplacements des individus sont étudiées grâce aux méthodes de marquages acoustiques (mérrou, sar et corb). Ces études, soutenues par le Parc naturel marin, montrent l'effet bénéfique de la Réserve naturelle marine de Cerbère/Banyuls dans laquelle on retrouve une biodiversité et une abondance plus importante qu'en zone non protégée. Lorsque la protection d'un site n'est pas possible, l'utilisation de méthodes de restauration écologique (récifs artificiels, habitats artificiels de nurserie) est envisageable. A l'heure actuelle où les réglementations visant à optimiser la durabilité de la ressource concernent essentiellement la pêche artisanale, il est également pertinent d'intégrer la pêche amateur dans une approche durable des ressources halieutiques côtières. Le CEFREM, en collaboration avec le PNMGL, mène diverses études sur la pêche récréative, via des enquêtes auprès des pêcheurs locaux. L'objectif à terme est de mieux connaître la part (qualitative et quantitative) des captures issues de cette activité en comparaison avec celles issues de la pêche artisanale.

Recensement des déchets plastiques

Il est généralement admis que 10 % des déchets plastiques finissent dans l'océan, principalement lors d'événements pluvieux et de crues des fleuves. Une fois en mer, ces déchets terrestres vont soit, s'échouer sur une plage, soit se disperser au large et en surface, être ingérés par les organismes marins ou sédimenter au fond des océans. A l'effet néfaste sur un organisme marin de l'ingestion d'un matériel non dégradable, s'ajoute le relargage dans les tissus des nombreux polluants organiques persistants adsorbés à la surface de ces plastiques flottants. De plus, ces matériaux plastiques ont la capacité de se fragmenter en microparticules sub-millimétriques et ainsi d'affecter les premiers maillons de la chaîne alimentaire marine. Le littoral Roussillonnais et la Méditerranée sont loin d'être épargnés par ces macro et micro-plastiques. Les travaux d'une thèse au CEFREM sur les micro-plastiques et les comptages mensuels de déchets du PNMGL mettent actuellement en évidence le rôle des événements pluvieux, des fleuves, des courants, et du tourisme dans le transfert et la distribution des micro et macro-plastiques sur notre littoral.

La proposition de loi portant adaptation des territoires littoraux au changement climatique, déposée le 13 juillet 2016, transmise au Sénat pour deuxième lecture le 1^{er} février 2017 tend à proposer des solutions afin de mieux prendre en compte le risque spécifique lié au recul du trait de côte.

De nouveaux outils juridiques sur le littoral pour faire face au changement climatique

Laboratoire CDED
par Marcel SOUSSE,
Professeur UPVD
Directeur adjoint du CDED

Le réchauffement global de la planète induit une perturbation du système climatique, à l'origine d'événements extrêmes divers (vagues de chaleur, sécheresses, inondations, amplification des tempêtes et des cyclones, etc.), et une élévation du niveau de la mer (sous l'effet de la dilatation thermique de l'eau et de la fonte des calottes glaciaires). Le changement climatique implique un souci accru de la part des pouvoirs publics à l'égard de l'environnement.

La proposition de loi portant adaptation des territoires littoraux au changement climatique, déposée le 13 juillet 2016, transmise au Sénat pour deuxième lecture le 1^{er} février 2017 tend à proposer des solutions afin de mieux prendre en compte le risque spécifique lié au recul du trait de côte.

Ce texte constitue le prolongement d'un rapport du comité national de suivi de la stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte d'octobre 2015. Dans ce rapport, étaient proposées quarante mesures pour l'adaptation des territoires littoraux au changement climatique et à la gestion intégrée du trait de côte.

La proposition de loi s'articule autour de trois axes. D'une part, elle tend à élaborer des politiques d'anticipation du changement climatique sur le littoral. D'autre part,

il s'agit d'identifier clairement le risque lié à ce phénomène. Enfin, le texte encourage le développement durable des territoires littoraux par de nouveaux dispositifs.

L'article 2 de la proposition de loi définit le recul du trait de côte, dans un projet d'article L. 567-1 du Code de l'environnement, comme « un déplacement, vers l'intérieur des terres, de la limite du domaine maritime en raison soit d'une érosion côtière par perte de matériaux rocheux ou sédimentaires, soit de d'élévation permanente du niveau de la mer ».

La proposition de loi crée notamment de nouveaux outils juridiques pour aider les collectivités à mieux gérer ce risque et à anticiper le repli des biens et des personnes. Une zone d'activité résiliente et temporaire (ZART) est instituée par l'article 3 de la pro-

position de loi. À cet effet, l'article L. 562-1 du Code de l'environnement, relatif aux plans de prévention des risques naturels (PPRN), serait modifié. Les PPRN auraient pour objet supplémentaire de déterminer le risque de recul du trait de côte et de délimiter les ZART dans lesquelles ce risque existe, en l'absence d'exposition directe à un autre risque naturel.

Dans ces zones, les plans fixeraient la durée pendant laquelle des constructions, aménagements ou exploitations pourraient être implantés, déplacés ou utilisés en fonction de ce risque. Ils détermineraient les conditions d'autorisation de constructions nouvelles.

Pour les sénateurs, la proposition de loi ne donne pas, à ce stade, d'indication sur la façon de relocaliser les activités humaines

ainsi menacées. Bien plus, les contraintes de la loi Littoral rendent impossible la construction de nouveaux bâtiments dans l'arrière-pays. Aussi, les travaux parlementaires ont-ils apporté certaines dérogations à cette loi, par le jeu d'amendements, vues pour certains comme un recul de ce texte face au lobbying du tourisme.

Le texte adopté en première lecture par les sénateurs permettrait de déroger au principe de l'urbanisation en continuité pour « relocaliser » des bâtiments situés dans une ZART et menacés par le recul du trait de côte. Il règle également le problème des « dents creuses » - parcelles non construites entourées par des terrains bâtis - en permettant leur comblement pour éviter la création de nouveaux hameaux ainsi que la consommation d'espaces naturels et agricoles. Enfin, le texte propose

d' **autoriser la construction de zones d'activités économiques en dehors des espaces proches du rivage, c'est-à-dire en dehors de toute covisibilité avec la mer.**

Ces mesures seraient strictement encadrées pour éviter tout excès : accord du préfet, avis de la commission départementale de la nature, des paysages et des sites et zonage dans les schémas de cohérence territoriale (SCOT) et plans locaux d'urbanisme (PLU). De même, le régime applicable à la bande de cent mètres et aux espaces proches du rivage n'est pas modifié.

Ce texte ne comporte donc, pour l'instant, aucun risque d'atteinte à la loi Littoral, et ne peut être observé comme une faveur accordée aux promoteurs immobiliers et aux acteurs privés du tourisme.



Dans les Pyrénées-Orientales, le corail rouge fait l'objet de mesures de protection. En effet, il est affecté par la surexploitation pour la bijouterie, les prédateurs, les changements climatiques ou encore les maladies.

Le corail rouge, une espèce patrimoniale de Méditerranée en danger face aux changements globaux

Laboratoire IHPE
par Kelly BRENER RAFFALLI, Doctorante et ATER UPVD
Marine PRATLONG, Docteur Université Aix-Marseille
Didier AURELLE, Maître de conférences Institut Pythéas - IMBE
Guillaume MITTA, Professeur UPVD, directeur de l'IHPE
Eve TOULZA, Maître de conférences UPVD (chaire CNRS)

Utilisé depuis des millénaires pour la fabrication de bijoux, amulettes ou encore remèdes traditionnels, *Corallium rubrum* ou corail rouge de Méditerranée est une espèce emblématique de Méditerranée. Ce cnidaire (embranchement d'animaux comprenant également les méduses et les anémones de mer) est observé jusqu'à des profondeurs marines de 1000 m. Dans le département des Pyrénées-Orientales, il est retrouvé en colonies très localisées le long de la côte Vermeille où il fait l'objet de mesures de protection (récolte interdite à des profondeurs inférieures à 50 m). En effet, ce corail au squelette coloré produit par des centaines de petits polypes est af-

fecté par la surexploitation pour la bijouterie, les prédateurs tels que des gastropodes ainsi que les changements climatiques (réchauffement, acidification) ou encore des maladies auxquels il doit faire face.

Les premières descriptions du cycle de vie de cet animal ont été faites en 1864 par Henri de Lacaze-Duthiers. Le corail rouge est sessile (il a un mode de vie fixé) et présente une croissance très lente de quelques millimètres par an ; il atteint sa maturité sexuelle vers l'âge de 10 ans avec des individus mâles et femelles séparés qui libèrent leur gamètes seulement pendant la période estivale. Ces caractéristiques biologiques contribuent à rendre cette espèce particulièrement vulnérable.

Compte tenu de leur distribution de quelques mètres de profondeur à plusieurs centaines de mètres, ces organismes peuvent être soumis à des conditions environnementales très différentes. En effet, les coraux rouges de surface sont soumis à des fluctuations de température importantes ainsi qu'à des maximums plus élevés tant à l'échelle des saisons, qu'entre le jour et la nuit ou encore en fonction des conditions météorologiques ; les individus vivant plus profond subissent, quant à eux, des fluctuations moindres compte tenu de la stabilité des températures. Une grande variabilité dans l'impact des mortalités lors d'épisodes thermiques extrêmes a été observée tant en milieu naturel qu'en conditions expérimentales. Afin de mieux com-

Fragments de corail rouge aux polypes ouverts
© photo Kelly Brener Raffalli, laboratoire IHPE - photo sélectionnée au Festival OFF 2016

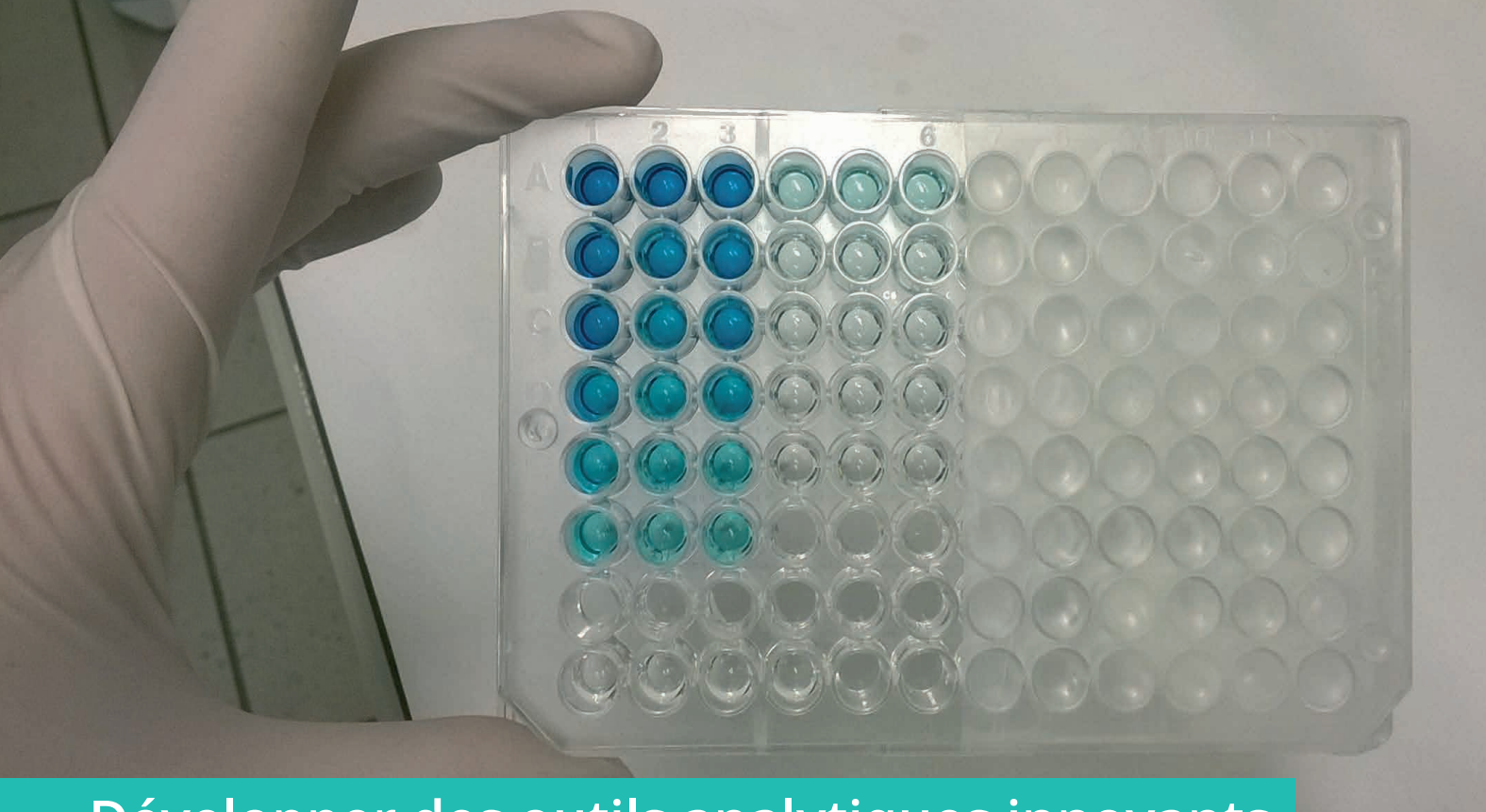
prendre les mécanismes moléculaires et évolutifs de la thermotolérance chez cette espèce, l'IHPE mène une approche intégrée combinant échantillonnages de terrain, expérimentations en milieu contrôlé, analyses fonctionnelles (transcriptomique) et populationnelles (génomique) au travers du projet financé par l'Agence Nationale de la Recherche (projet ADACNI). Dans le cadre de la thèse de Kelly Brener-Raffalli, l'IHPE compare la réponse à un stress thermique pour des individus échantillonnés en surface à 8 m (soumis à un régime thermique fluctuant) à celle d'individus soumis à de plus faibles variations de température, échantillonnés à une plus grande profon-

deur (40 m). Les animaux ont été soumis en aquarium à des élévations de température écologiquement réalistes, reflétant la réalité de leurs habitats naturels respectifs. Grâce à un suivi photographique régulier durant l'expérimentation, les chercheurs ont montré pour la première fois une altération de la fréquence de l'ouverture des polypes lors du stress thermique. Ceci a permis de déterminer avec précision la limite de la tolérance au stress, et ce, pour les populations de surface et de profondeur. Ces limites étant différentes entre populations, elles représentent un matériel biologique de choix pour étudier les mécanismes de l'adaptation à différents régimes

" Les caractéristiques biologiques du corail rouge contribuent à rendre cette espèce particulièrement vulnérable ".

thermiques. Ces études mécanistiques sont un des objectifs actuels : examiner ces processus adaptatifs par des approches globales d'analyse de l'expression des génomes. Ces études permettront de mieux cerner l'adaptabilité de cette espèce et ainsi, améliorer les prédictions de leur devenir face aux changements climatiques en cours et à venir.





Développer des outils analytiques innovants

pour surveiller

des microorganismes

dans les écosystèmes aquatiques côtiers

Unité de recherche BAE-LBBM
par Elise DA SILVA, Doctorante UPVD
Julia BAUDART, Maître de conférences UPMC
Lise BARTHELMEBS, Professeur UPVD

Les écosystèmes côtiers sont des zones d'échange terre-mer exposés aux apports continentaux et aux influences marines. En Europe, la Méditerranée est aujourd'hui soumise à une pression anthropique croissante, liée à un rapide accroissement de population et une forte attractivité touristique, contribuant à la modification des paramètres environnementaux des eaux côtières. Certains tels que la température, la salinité ou encore la concentration en sels nutritifs, sont connus pour influencer les différentes communautés biologiques, et notamment les communautés bactériennes, qui développent alors des processus d'adaptation en réponse à l'ensemble de ces variations.

Figure 2 : Test développé pour la détection des bactéries appartenant au genre *Vibrio*. L'intensité de la coloration bleue est proportionnelle à la concentration en acides nucléiques cibles présente dans l'échantillon. © photo E. Da Silva

En Europe, la Méditerranée est aujourd'hui soumise à une pression anthropique croissante, liée à un rapide accroissement de population et une forte attractivité touristique, contribuant à la modification des paramètres environnementaux des eaux côtières.



Le genre *Vibrio* représente un des groupes bactériens les plus largement distribués au sein des écosystèmes côtiers. Ce genre recense plus de 100 espèces dont 12 au moins sont pathogènes pour l'homme et/ou associées à des toxi-infections alimentaires, comme *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus*, ou encore *V. vulnificus*, ainsi qu'un grand nombre d'espèces pathogènes pour les vertébrés et les invertébrés marins. A l'échelle du littoral français, certaines espèces du genre *Vibrio* ont été associées, depuis 2008, à des épisodes de mortalité massive de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Ces mortalités, particulièrement rapides et intenses dans les lagunes méditerranéennes, peuvent atteindre 80 à 100 % de la production, entraînant ainsi d'importantes pertes économiques. Il semble donc nécessaire de mettre en place une surveillance environnementale de ces bactéries en développant des outils innovants permettant un suivi rapide et en temps réel dans les milieux aquatiques côtiers.

Dans ce contexte, Elise Da Silva, doctorante dans les équipes BAE de l'UPVD et LBBM USR 3579 CNRS-UPMC travaille sur l'élaboration d'outils analytiques de type biocapteurs à ADN pour le suivi et la quantification des populations de *Vibrio* dans les écosystèmes aquatiques. Ces outils devront permettre une détection à deux niveaux, à savoir la totalité des *Vibrio* au sein de la communauté microbienne, et également le *clade Splendidus*, contenant plusieurs espèces de *Vibrio* pathogènes impliquées dans la mortalité des huîtres. Afin de répondre à ces objectifs, une stratégie d'échantillonnage dans la lagune de Salses-Leucate (Fig. 1) a été mise en place, suivie du traitement des échantillons, et de l'extraction de leurs acides nucléiques. Parallèlement, des biocapteurs à ADN ont été développés sur des acides nucléiques synthétiques, avant d'être validés sur des acides nucléiques extraits soit de souches bactériennes, soit d'échantillons environnementaux provenant de la lagune

de Salses-Leucate. Ces travaux ont abouti, entre autres, à l'élaboration d'un nouveau test basé sur un format d'hybridation en sandwich utilisant une sonde capture immobilisée et une sonde signal marquée, couplé à une détection optique (Fig. 2) (E. Da Silva, et al. 2017*). Après validation des conditions expérimentales, la spécificité des sondes a été vérifiée en utilisant les acides nucléiques extraits d'un panel de 31 souches bactériennes. Le test développé présente une bonne sensibilité et a permis la discrimination entre les 21 souches de *Vibrio* et les 10 souches de non *Vibrio* testées. Les conditions de stockage et le temps d'analyse ont ensuite été optimisés, aboutissant à une stabilité du test durant 30 jours et une analyse complète en 2 heures. La méthode a finalement été appliquée avec succès à la détection de *Vibrio* à de faibles concentrations dans des échantillons environnementaux.



Figure 1 : Tables ostréicoles de la lagune de Salses-Leucate. © photo SMNLR



Les moustiques envahissent de plus en plus de nouveaux milieux, phénomène dû notamment à l'augmentation des échanges internationaux ainsi qu'au réchauffement climatique (...) De nombreux insecticides chimiques ont été développés. Cependant, des phénomènes de résistance à ces insecticides ont été observés.

Le CRIOBE en Roussillon

Laboratoire CRIOBE
par Cédric BERTRAND, Professeur UPVD
Nathalie TAPISSIER, Maître de conférences UPVD
Marie-Virginie SALVIA, Maître de conférences UPVD
Bernard BANAIGS, Chercheur INSERM

Le Bti, un insecticide biologique de plus en plus utilisé : quel est son impact au niveau environnemental ?

Les moustiques envahissent de plus en plus de nouveaux milieux, phénomène dû notamment à l'augmentation des échanges internationaux ainsi qu'au réchauffement climatique. L'EID Méditerranée (*Entente interdépartementale pour la démoustication*) a pour vocation à lutter contre la prolifération de ces moustiques dans plusieurs départements du littoral méditerranéen dont les Pyrénées-Orientales. Cette action de démoustication a pour objectif principal de lutter contre les moustiques vecteurs de maladies (chikungunya,...) ce qui est un réel enjeu de santé publique. Elle vise également le confort

Image 1 : Eau stagnante abritant des larves de moustiques © photo CC James Gathany

des populations. Cette opération de démoustication est essentielle dans le département des PO afin d'assurer au territoire et aux touristes une qualité de vie agréable. Il est donc nécessaire de trouver une stratégie de lutte contre les moustiques efficace et ayant un impact moindre sur l'environnement.

De nombreux insecticides chimiques ont été développés. Cependant, des phénomènes de résistance à ces insecticides ont été observés. De plus, depuis 1998, l'utilisation des produits de synthèse a été remise en cause. La législation et l'apparition de phénomènes de résistance aux composés traditionnels a conduit à l'utilisation du *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti). Le Bti est une bactérie utilisée par l'EID Méditerranée exclusivement pour la lutte antilarvaire en milieu urbain et naturel ; ce bio-insecticide étant très spécifique aux larves de moustiques. Aujourd'hui l'essentiel des étangs et marais du Roussillon sont démoustiqués avec ce micro-organisme. Quelques voix d'associations naturalistes se sont récemment élevées contre l'utilisation de ce produit. En effet, peu ou pas d'études ont été réalisées à l'heure actuelle pour évaluer l'impact environnemental du Bti.

Les chercheurs du CRIOBE, conscients de l'importance économique et environnementale de ce sujet ont choisi de développer une approche innovante basée sur la métabolomique afin de contribuer aux recherches permettant d'apporter des réponses quant à l'impact environnemental de ces nouveaux biopesticides. Ainsi le CRIOBE, grâce au projet Envfate financé par l'Union Européenne (MARIE SKŁODOWSKA-CURIE ACTIONS, Individual Fellowships) doit développer dans les mois à venir un outil innovant permettant de caractériser le devenir et l'impact de ce type d'insecticides en milieu lagunaire.

Les *Aplysina* spp. de Méditerranée ; problème d'identification et relations proies-prédateurs avec un gastéropode endémique

Bien qu'elle ne représente que 0.82 % de la surface totale des océans, la Mer Méditerranée abrite 8 à 9 % de la biodiversité marine mondiale. C'est l'écosystème marin le plus riche en termes de diversité d'espèces. Depuis quelques années, notamment à travers leur participation au programme ANR ECIMAR (ECologie chimique MARine) et au GDR MediatEC, les chercheurs du CRIOBE s'intéressent aux invertébrés marins (ascidies, éponges...) pour explorer la diversité chimique des métabolites qu'ils produisent et comprendre leur rôle écologique. Comment s'exprime et varie cette chimiodiversité ? Peut-elle être source de valorisation en santé humaine ou en phytopharmacie ?

Un des organismes modèles choisi est une éponge du genre *Aplysina* dont deux espèces sœurs, de morphologie très semblable, sont largement représentées en Méditerranée. L'une, *A. aerophoba*, vit près de la surface, alors que l'autre, *A. cavernicola*, se rencontre dans les grottes sous-marines. Une nouvelle espèce collectée au Liban est en cours de description. Par une étude de taxonomie intégrative, les chercheurs du CRIOBE recherchent des marqueurs spécifiques de chaque espèce en combinant une approche métabolomique et une approche de phylogénie moléculaire (collaboration avec l'IMBE à Marseille).

L'espèce *A. aerophoba*, abondante sur la côte catalane, vit en symbiose avec des cyanobactéries qui recouvrent sa surface et lui donnent une couleur brun-verdâtre. L'intérieur jaune vif de ses tissus est dû à un pigment qui noircit au contact de l'air, d'où son nom qui signifie « qui craint l'air ». Elle produit une grande diversité de métabolites spécialisés, des alcaloïdes bromés, dont le potentiel pharmacologique a fait l'objet de nombreux travaux de recherche ces dix dernières années. Il a été démontré que l'éponge les utilise pour repousser ses prédateurs et qu'elle peut les biotransformer en composés qui la protègent des infections bactériennes lorsqu'elle est blessée. Malgré la présence de ce bouclier chimique, elle constitue la nourriture exclusive d'un mollusque, *Tylodina perversa*, qui se dissimule aisément sur sa surface grâce à sa couleur jaune et aux algues qui couvrent sa coquille. *T. perversa* est capable de séquestrer ces molécules pour s'en servir pour sa propre défense et les transmettre à ses œufs, fragiles rubans jaunes déposés sur le substrat rocheux. Des expérimentations sont en cours au CRIOBE (collaboration avec l'aquarium de Banyuls) pour caractériser les médiateurs chimiques (kairomones), émis dans l'eau de mer par l'éponge, qui permettent au mollusque de détecter sa proie, élément clé de la survie de son espèce.

Image 2 : *Aplysina aerophoba* et son mollusque prédateur *Tylodina perversa*



L'Arabette des Dames *Arabidopsis thaliana*

un modèle pour étudier
l'adaptation thermique
et saline des plantes
dans les Pyrénées-Orientales

Le changement climatique augmente significativement la température et le niveau des mers au niveau mondial (...) Ceci affectera le développement des plantes et aura des conséquences majeures sur l'agriculture, la sylviculture et la biodiversité.

**Laboratoire LGDP
par Valérie HINOUX,
Maître de conférences UPVD**

Le changement climatique augmente significativement la température et le niveau des mers au niveau mondial. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat a publié un scénario optimiste intégrant les politiques de réduction des émissions de CO₂ visant à limiter le réchauffement climatique et un scénario pessimiste sans politique climatique. A l'horizon 2100, la température augmentera de 1 à 2°C ou de 3 à 5°C selon le scénario optimiste ou pessimiste. Cette hausse de température sera associée à une augmentation des épisodes de sécheresse. L'élévation du niveau des mers sera de 0,26 à 0,55 m ou de 0,52 à 0,98 m selon le scénario.



rio. Ceci affectera le développement des plantes et aura des conséquences majeures sur l'agriculture, la sylviculture et la biodiversité. Notre territoire transfrontalier, entre mer et montagne, est particulièrement vulnérable à de tels changements. L'adaptation des plantes ou le déplacement de leur aire de répartition en fonction de la température et de la salinité représente donc un enjeu majeur pour la survie des écosystèmes sur notre territoire.

L'Arabette des Dames, ou *Arabidopsis thaliana*, est une plante de la famille du chou et du colza (Brassicaceae). C'est un modèle d'étude pour la majorité des laboratoires de biologie végétale et la recherche fondamentale en biologie, évolution, génomique et génétique. Le Laboratoire Génomique et Développement des Plantes (LGDP) a contribué au séquençage du premier génome d'*Arabidopsis thaliana* en 2000. Depuis, 1001 génomes supplémentaires de cette espèce sont disponibles dans le monde faisant de ce modèle l'outil le plus performant pour décrypter les voies de réponse et adaptation des plantes aux stress environnementaux. Ces voies sont loin d'être toutes élucidées et le LGDP contribue depuis à élucider les mécanismes de son adaptation en réponse au stress thermique et au stress oxydant.

Le département des Pyrénées-Orientales est un département d'exception alliant une grande diversité topographique de 0 à 2921 m et un gradient de salinité dans la zone littorale. Depuis 2015, en partenariat avec la Fédération des Réserves Naturelles Catalanes (Mas Larrieu, Massane, Py, Mantet) et le Jardin Méditerranéen du Mas de la Serre (Biodiversarium à Banyuls-sur-mer), les chercheurs du LGDP ont recensé 24 populations naturelles d'*Arabidopsis thaliana* distribuées de 0 à 1900 m d'altitude. Le premier objectif de ce nouvel axe de recherche développé au laboratoire est d'analyser génétiquement ces populations naturelles, d'acquérir des données environnementales (climat et sol) ainsi que des mesures de croissance et développement des plantes. Le second objectif est d'analyser la diversité des gènes déjà caractérisés au laboratoire et d'étudier l'impact de cette diversité sur les facultés adaptatives des

populations. Nous pourrions alors sélectionner des génomes prioritaires à séquencer pour des plantes naturellement adaptées à des stress environnementaux (chaleur, froid, salinité). Le troisième objectif sera de rechercher de nouveaux facteurs génétiques de l'adaptation des plantes à leur environnement par des approches de génétique d'association et de modéliser de futures capacités d'adaptation ou migration pour lutter contre le changement climatique.

Le LGDP renforce son ancrage territorial par des collaborations à l'échelle de la région Occitanie (Labex Tulip à Toulouse) et en transfrontalier (Barcelone). Ces collaborations nous permettent d'avoir une complémentarité d'expertise sur la thermotolérance et la tolérance au sel. Il travaille en partenariat avec des gestionnaires d'espaces naturels protégés pour le suivi des populations d'*Arabidopsis thaliana* y compris en transfrontalier (réseau FloraCat). Ces gestionnaires sont confrontés à des problématiques concernant d'autres espèces de plantes en danger critique d'extinction ou déjà vulnérables. Etudier l'impact du changement climatique sur une espèce répandue comme *Arabidopsis thaliana* permettra d'adapter/transférer des marqueurs diagnostics pour mieux comprendre l'impact du changement climatique sur des espèces moins répandues et en danger sur le territoire.

V. Hinoux et JS Vasquez (chercheur CNRS) à la recherche de l'Arabette des Dames au Mas Larrieu © photo F. Ciavatti, stagiaire master 1 Biodiversité et développement durable UPVD



Topographie

VERSUS

topologie

Le cas du territoire des Pyrénées-Orientales

Laboratoire LAMPS
par Robert BROUZET,
Maître de conférences UPVD

La *topographie* étudie les lieux dans le détail alors que la *topologie* n'en retient que des *propriétés qualitatives* et leur forme générale. Cette branche des mathématiques fut introduite au début du 20^e siècle par Henri Poincaré sous le nom d'*Analysis Situs*. Paul Valéry la décrit ainsi dans ses *Cahiers* : « *L'idée en est peut-être venue en considérant les figures quelconques, et en cherchant ce qu'elles pouvaient offrir de caractères abstraits, de propriétés, autres que la forme et les grandeurs. On était ainsi conduit à leur variabilité sans altération de continuité.* »

La géométrie étudie triangle et cercle comme deux objets différents ; la topologie n'y voit qu'un seul et même objet car

on peut les *déformer* l'un en l'autre, *sans déchirure*.

Le mathématicien, comme le naturaliste, classe ses objets d'étude en familles : deux objets sont équivalents s'ils se ressemblent d'un certain point de vue (*isomorphisme*). Pour cela, il recherche des *invariants* (des propriétés *permanentes* dans une même classe). L'idéal est de trouver une liste complète d'invariants : deux objets mathématiques sont alors isomorphes si et seulement si leur liste d'invariants est la même. Cela se rencontre rarement. En général les invariants sont des obstructions à l'équivalence : des invariants différents empêchent l'existence d'un isomorphisme. La topologie essaie de classer ses objets à déformation (sans déchirure) près.

Le territoire des Pyrénées-Orientales, qui est la terre natale de l'un des plus grands mathématiciens du 20^e siècle, Jean-Pierre Serre présente-t-elle une topologie particulière par rapport à celle d'autres départements ? En général, topologiquement, la frontière d'un département est un *cercle* et le *territoire* ainsi délimité un *disque*. **Dans le cas des Pyrénées-Orientales, le Traité des Pyrénées donna à la France les territoires qui forment notre département actuel, mais enclava Llivia en la laissant à l'Espagne. Notre département est donc topologiquement une couronne.** Or disque et couronne ne sont pas topologiquement équivalents : on ne peut pas passer de l'un à l'autre sans déchirure. On « sent bien » en effet que

pour passer de l'un à l'autre, on n'a pas d'autre choix que de couper la couronne pour déformer le résultat en rectangle, puis en disque.

L'idée pour justifier ce sentiment est de mettre en évidence un invariant qui les distingue. Le plus simple des invariants topologiques est le nombre de « morceaux » ; s'il n'y en a qu'un la partie est dite *connexe*. Mais cet invariant n'est pas discriminant ici : disque et couronne sont connexes. Poincaré introduisit un invariant plus compliqué : *le groupe fondamental*. Ce n'est plus un simple nombre mais une *structure algébrique* (un *groupe*) associée à une figure topologique. Si ce groupe est trivial (réduit à son élément neutre) la partie est dite *simplement connexe*. Imaginons une course se déroulant dans les Pyrénées-Orien-

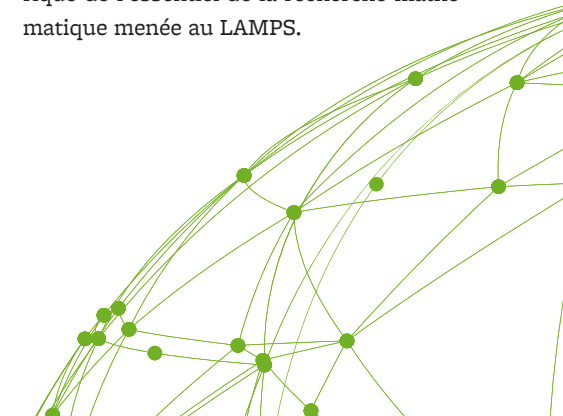
tales, les participants courent selon des boucles quelconques. Deux coureurs sont équivalents si leurs chemins sont déformables l'un en l'autre (*homotopes*) et ainsi, pourvu qu'un coureur ne fasse pas une boucle entourant Llivia, il sera équivalent à quelqu'un restant sur place. En revanche, s'il tourne autour de Llivia, son trajet ne pourra être réduit à un seul point et c'est le nombre de tours qu'il effectue, dans un sens ou dans l'autre, qui le distinguera des autres. L'ensemble des classes de coureurs est le *groupe fondamental* de la couronne constituée par les Pyrénées-Orientales ; il est isomorphe au groupe des entiers relatifs, via le nombre de tours. En particulier il n'est pas trivial : le territoire n'est donc pas simplement connexe contrairement à un département équivalent à un disque. On pourrait s'intéresser à de nombreux

autres concepts mathématiques en lien avec le territoire : cartographie, coloration de cartes, frontière fractale etc.

La topologie, qui se subdivise elle-même en *topologie générale*, *topologie algébrique* (dont nous venons de donner un minuscule aperçu avec le groupe fondamental) et *topologie différentielle*, est à la base de l'*analyse fonctionnelle* qui est le socle théorique de l'essentiel de la recherche mathématique menée au LAMPS.



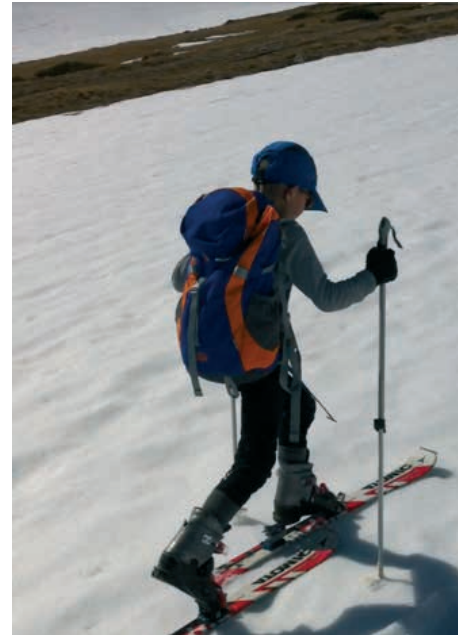
La *topographie* étudie les lieux dans le détail alors que la *topologie* n'en retient que des propriétés qualitatives et leur forme générale. Cette branche des mathématiques fut introduite au début du 20^e siècle par Henri Poincaré.



Le département des Pyrénées-Orientales est un territoire riche en termes de diversité environnementale. En effet, il est possible de trouver sur ce territoire les conditions « neutres » du niveau de la mer avec des températures clémentes mais aussi les conditions d'altitude modérée avec des températures parfois plus extrêmes.



© photos Fabienne Durand



La diversité du territoire des Pyrénées-Orientales et la recherche en sciences du sport : une situation unique

**Laboratoire LEPSA
par Fabienne DURAND,
Professeur UPVD**

Le département des Pyrénées-Orientales est un territoire riche en termes de diversité environnementale. En effet, il est possible de trouver sur ce territoire les conditions « neutres » du niveau de la mer avec des températures clémentes mais aussi les conditions d'altitude modérée avec des températures parfois plus extrêmes. Si l'altitude reste modeste, elle intéresse par-

ticulièrement de nombreuses personnes qui viennent y pratiquer des sports de montagne le temps d'une compétition, ou qui viennent s'y entraîner le temps d'un stage en altitude inclus dans leur préparation physique. Limitrophe avec l'Espagne et l'Andorre, deux pays du territoire catalan transfrontalier particulièrement investis dans les pratiques sportives d'endurance comme le ski-alpinisme ou encore le



trail, le département des Pyrénées-Orientales est le lieu idéal pour un laboratoire dont les objectifs de recherche portent sur les adaptations à l'altitude modérée, la performance sportive et la santé. Le Laboratoire Européen Performance Santé Altitude (LEPSA) est l'unité de recherche de l'UPVD qui s'intéresse aux problématiques liées aux sciences du sport. Ce laboratoire du territoire a engagé depuis plusieurs années des études scientifiques qui seraient irréalisables ailleurs de par la spécificité des populations étudiées et des problématiques de recherche. Le LEPSA génère des collaborations nationales et internationales, qui visent à valoriser le territoire via le développement socio-économique et la mobilité transfrontalière.

C'est à 2150 mètres que les enseignants-chercheurs du LEPSA réalisés nos premières études. L'hypoxie naturelle de nos montagnes catalanes a permis d'étudier les adaptations à l'exercice d'une population particulière d'athlètes entraînés en endurance : les athlètes présentant au niveau de la mer une désaturation en oxygène à l'exercice. Ces athlètes très spécifiques n'avaient jamais été étudiés en altitude. Le niveau de la mer, incontournable condition de référence dans ce travail, a été possible dans le contexte du territoire catalan transfrontalier. Le LEPSA a ainsi mis en évidence l'absolue nécessité de connaître la désaturation en oxygène à l'exercice des athlètes, celle-ci induisant des réponses à l'exercice particulières en altitude.

Le territoire de montagne est connu pour ses activités sportives spécifiques dont le

ski alpinisme et le trail. Le profil de nos montagnes et ses multiples possibilités de dénivelé et de difficulté permettent aux meilleurs sportifs de se confronter sur ce territoire via de nombreux événements sportifs d'envergure : la Kilian Classik et l'Ultra Pirineu en trail, la Trace catalane ou le kilomètre vertical du Cambre d'Aze en ski-alpinisme. En ski-alpinisme il existe deux principaux types de course : la course verticale dite CV (montée sèche de 500 à 1000 mètres) et la course individuelle dite CI (course avec des montées, des des-



centes et des passages à pied, avec un dénivelé positif total autour de 1500 mètres et a minima 85 % de la course réalisée skis aux pieds). Jusqu'à très dernièrement, le format d'une étape de la Coupe du Monde était : CV le premier jour et CI le lendemain. Nous avons étudié l'impact physiologique de la CV sur la CI du lendemain. Cette étude s'est déroulée sur le département des Pyrénées-Orientales, lors d'une étape de Coupe du Monde de ski-alpinisme. Le LEPSA a montré des signes d'une obstruction pulmonaire débutante associés à des dommages musculaires avec une fatigue

conséquente, preuves d'un organisme qui n'a pas récupéré. L'application de cette étude est de montrer l'enjeu de la mise en place d'une récupération spécifique lors d'étapes de coupe du monde en ski alpinisme.

Enfin plus récemment, nos projets s'orientent vers les habitants des hauts-cantons des Pyrénées-Orientales. Le LEPSA va lancer un grand projet scientifique sur les différentes populations qui vivent depuis toujours en Cerdagne. Ce projet aura pour objet d'étudier le bien-être et la santé physique (actifs, retraités, sportifs), mais aussi la capacité de performer à plus haute altitude pour les athlètes qui vivent et s'entraînent depuis toujours dans ce territoire de montagne. Très dernièrement Kilian Jornet, enfant des hauts-cantons du territoire catalan transfrontalier a vaincu deux fois l'Everest en une semaine, du jamais vu pour un européen. Au regard de son enfance passée en altitude modérée et de ses performances exceptionnelles en haute altitude, il semble probable que Kilian, comme d'autres athlètes qui ont son profil soit considéré comme un « hyper-acclimaté ». Rien à voir avec les peuples des hauts-plateaux boliviens ou les sherpas himalayens mais la question peut se poser.

La valorisation du territoire en terme de bien-être, de santé et de lieu privilégié d'entraînement nécessite des preuves. De par sa situation unique, le LEPSA est capable d'amener ces preuves scientifiques. Aider à développer socio-économiquement le territoire des Pyrénées-Orientales, créer des produits et des actions et générer de la richesse pour les habitants du territoire fait aussi partie des missions d'un laboratoire de recherche. Par sa recherche appliquée le LEPSA peut complètement relever le challenge et faire le lien entre le monde de la recherche et le monde économique.

Dans les Pyrénées-Orientales, et sans doute plus qu'ailleurs en France, l'école cristallise un nombre élevé d'enjeux sociaux et politiques. Le département se singularise, en effet, par l'accumulation de problématiques éducatives diverses et ce, à différentes échelles, qui en font un véritable laboratoire social.

Ecole et aménagement du territoire, les Pyrénées-Orientales un laboratoire social.

Laboratoire Art-Dev
par David GIBAND,
Professeur UPVD, Directeur d'Art-Dev
et Kevin MARY, Maître de conférences UPVD

L'école, et plus largement la question éducative, occupent une place croissante dans les politiques d'aménagement du territoire comme dans les décisions individuelles et collectives qui impactent l'organisation de l'espace. L'école joue un rôle déterminant dans le choix du lieu de résidence et le choix scolaire reflète bien souvent la volonté ou le refus de mixité sociale des familles. Quant aux politiques éducatives des collectivités locales, soumises à des injonctions multiples, elles se partagent entre mise en compétition de l'offre éducative, stratégies d'adaptation aux demandes sociales ou encore politiques de regroupement entre établissements.

Dans les Pyrénées Orientales, et sans doute plus qu'ailleurs en France, l'école cristallise un nombre élevé d'enjeux sociaux et politiques. Le département se singularise, en effet, par l'accumulation de problématiques éducatives diverses et ce, à différentes échelles, qui en font un véritable laboratoire social.

Problématiques sociales d'abord : département marqué par la pauvreté, la question éducative est synonyme dans les Pyrénées-Orientales de difficultés scolaires pour un pan important de la population. Il s'agit des enfants des quartiers populaires de Perpignan pour lesquels l'éducation recoupe des enjeux sociaux et urbanistiques forts comme la ségrégation, la mixité sociale, le vivre ensemble ou des particularismes comme la question de l'éducation des populations gitanes sédentarisées ; mais aussi ceux des petites communes rurales isolées où à l'éloignement géographique et à la faible densité de population scolaire s'ajoutent des problèmes de pauvreté voire de marginalité les transformant en « presque ZEP » (zones d'éducation prioritaire). Ces situations invitent à l'innovation éducative mais aussi urbanistique. Par exemple, ce peut être l'occasion de mieux réfléchir aux conditions d'affectation des élèves au titre des secteurs scolaires dans les quartiers en rénovation urbaine, de proposer une offre éducative innovante adaptée aux besoins de populations marginalisées dans le cadre de po-

litiques de cohésion sociale ou encore de penser efficacement transports scolaires et mutualisations des équipements dans les cantons de haute montagne.

Démographique ensuite, dans un département en forte croissance, l'école constitue une préoccupation centrale pour les politiques d'aménagement du territoire. Elle interroge des problèmes divers à plusieurs échelles. A l'échelle départementale, il s'agit de veiller à l'équité territoriale entre les fortes densités de la plaine et les faibles densités de l'arrière-pays et de la montagne impliquant de nouvelles formes de coopération intercommunale. A l'échelle locale, l'enjeu consiste à assurer un maillage dense offrant une gamme éducative complète répondant aux attentes sociales et aux injonctions de réussites éducatives au regard d'un territoire marqué par les inégalités.

Les chercheurs de l'UMR Art-Dev travaillent sur ces questions au travers de trois grandes thématiques de recherche :

■ Education et inégalités sociospatiales

L'école comme vecteur de reproduction d'inégalités sociales en ciblant notamment l'analyse des quartiers populaires de Perpignan.

■ Migration(s) et éducation

Le fait migratoire impacte significativement l'école, y compris celle des Pyrénées-Orientales, tant dans la composition de la population scolaire, les attentes formulées que les réponses proposées.

■ Politiques éducatives locales et compétition urbaine

Dans un monde ouvert et globalisé, l'éducation est un élément constitutif des politiques de mise en compétition des territoires urbains. L'école se pose comme un point central des politiques d'attractivité des territoires, à Perpignan comme ailleurs.

Deux actions de recherche sont développées au sein de l'UMR Art-Dev, l'une porte sur les liens entre rénovation urbaine et changements éducatifs dans les quartiers populaires à forte composante ethnique (dont les quartiers Gitans de Perpignan), et l'autre sur les liens entre migration et éducation. Une thèse est en cours sur les effets de la libéralisation des politiques éducatives dans deux métropoles nord-américaines (Nora Na-faa). Enfin, ces recherches s'appuient sur des collaborations nationales (Ministère de l'éducation nationale, Association des directeurs de l'éducation des villes de France) et internationales (State University of Illinois, Université d'Heidelberg, de Flensburg).



Dans le contexte de changement du mix énergétique, la problématique principale, due à l'introduction massive des sources d'énergies renouvelables, est l'absence de solution à grande échelle pour la gestion de leur production qui est par nature intermittente et difficilement prévisible.

Rivesaltes-Grid : réseau électrique intelligent pour les nouveaux usages

Laboratoire PROMES
par Thierry TALBERT,
Maître de conférences UPVD

En octobre 2014, le Conseil Européen a adopté un accord sur les grandes lignes du paquet Energie-Climat 2030. Dans cet accord, l'Union Européenne s'engage à :

- réduire ses émissions de gaz à effet de serre d'au moins 40 % d'ici 2030 par rapport aux niveaux de 1990
- amener la part d'énergies renouvelables dans sa consommation à 27 %
- améliorer de 30 % l'efficacité énergétique.

Dans ce contexte de changement du mix énergétique, la problématique principale, due à l'introduction massive des sources d'énergies renouvelables, est l'absence de solution à grande échelle pour la gestion de leur production qui est par nature intermittente et difficilement prévisible. En effet, sans une gestion optimisée, cette variabilité, essentiellement due aux conditions météorologiques, peut fragiliser le réseau électrique en rendant difficile

le maintien du niveau de tension et la qualité sinusoïdale du signal (fréquence, taux d'harmonique faible). L'introduction des énergies renouvelables implique donc la mise en œuvre de solutions pour gérer efficacement les flux d'énergie en fonction des conditions météorologiques, des habitudes de consommations, de l'énergie disponible dans les éléments de stockage et des prévisions de charge sur le réseau de distribution géré par Enedis et de transport géré par RTE . **Les réseaux actuels doivent donc devenir plus réactifs et plus contrôlés pour être, en temps réel, au plus près de la consommation demandée.** L'équilibre entre l'offre et la demande repose actuellement sur une estimation de la consommation, grâce aux données historiques et aux conditions climatiques, en ajustant en permanence la production.

Les smart-grids désignent des réseaux de distribution d'énergie électrique utilisant les technologies de l'information et de la communication (TIC) pour optimiser la gestion de la production, de la distribution et de la consommation. Les smart-grids modifient le système actuel de fonctionnement des réseaux qui repose sur une architecture centralisée et une communication unidirectionnelle (du producteur au consommateur) en introduisant une gestion systématique bidirectionnelle et intégrée à plusieurs niveaux (de la production centralisée aux productions décentralisées). Cela permet d'intégrer une multitude de sources d'énergies renouvelables, de toutes tailles, et de gérer les nouveaux usages de l'électricité tels que le stockage et les véhicules électriques.

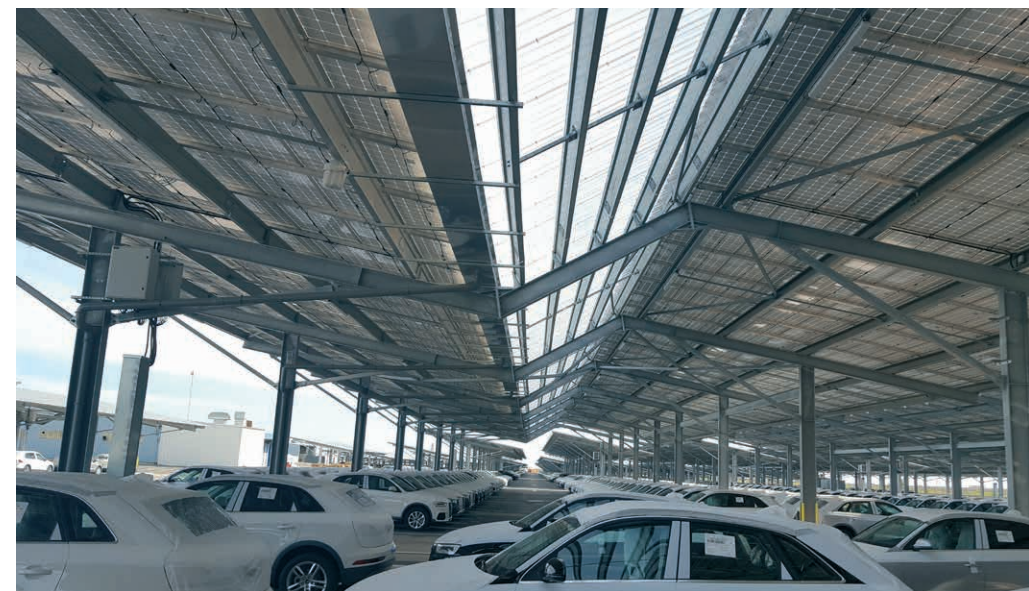
En 2013, la Compagnie Du Vent (Groupe Engie) et le laboratoire PROMES ont déposé auprès de la Commission de Régulation

de l'Énergie le projet « Réseau électrique intelligent pour les nouveaux usages » sur le site de Rivesaltes. Ce projet est une centrale photovoltaïque de type ombrières de parking. Ces ombrières couvrent une surface de 8 hectares pour une puissance crête de 13,5 MW, et vont servir à abriter un stock de véhicules automobiles avant leur distribution dans des points de vente. Le site est géré par l'entreprise Walon – Groupe Charles André qui traite plus de 38 500 véhicules par an.

Cette centrale (fin de construction en avril 2016) est accompagnée d'un lot R&D. Ce démonstrateur est constitué de 3 ombrières photovoltaïques de 20 kWc chacune et d'un pack de batteries lithium-ion de 85 kWh. Elle permet d'alimenter en autoconsommation l'atelier de l'entreprise Walon utilisé pour l'entretien et la préparation des véhicules (11 kW) et un véhicule électrique dédié aux nombreux déplacements du personnel. Ce démonstrateur permet d'étudier et de gérer des différents flux d'énergie du micro-grid en intégrant :

- la prévision à court-terme de l'irradiation et de la production par images satellites
- le suivi d'exploitation : détection des défauts, suivi des opérations de maintenance, évaluation en temps réel de la disponibilité du moyen de production
- la gestion des différentes sources de production sur le réseau de distribution (incluant le stockage par batteries)
- la gestion du réseau du micro-grid pour assurer une qualité du signal (tension, fréquence, taux d'harmonique) en maintenant un équilibre entre production et consommation (délestage des charges non critiques, recharge des batteries)
- l'étude des stratégies applicables pour optimiser l'énergie : maximiser l'utilisation de la production électrique, minimiser le recours au réseau externe
- la problématique de l'autoconsommation par rapport à l'injection réseau en fonction d'une logique d'optimisation du flux électrique (tarification, besoin de consommation au plus proche, V2G...).

Interconnexion des ombrières photovoltaïques installées à Walon France (Groupe Charles André) à Rivesaltes, zone B - © photo PROMES-CNRS





Faire parler les pierres : le programme collectif de recherche PETRVS¹



Le chevet de la cathédrale d'Elne

Laboratoire CRESEM

par **Caroline de BARRAU**, Maître de conférences UPVD

Aymat CATAFAU, Maître de conférences UPVD

Pierre GIRESSE, Professeur UPVD (laboratoire CEFREM)

Michel MARTZLUFF, Maître de conférences UPVD

De la nécessité d'une pluridisciplinarité

En 2013, le projet débutait au sein de l'UPVD, lors d'une journée d'études. En 2014, une équipe est constituée : enseignants-chercheurs (historiens, historiens de l'art, géologues) et professionnels de l'archéologie, des restaurations et des institutions culturelles. L'objectif est d'apporter des réponses à des problèmes posés par l'emploi de certaines roches dans le bâti monumental tardo-antique et médiéval du Roussillon². Depuis deux ans, grâce à cette indispensable pluridisciplinarité s'exerçant dès le terrain, le CRESEM avons pu iden-

tifier une dizaine de roches inconnues ou peu connues, mieux cerner certains faciès et localiser leurs affleurements ainsi que plusieurs anciennes carrières.

Au départ étaient les Romains...

Arrivant en Roussillon, les premiers constructeurs romains ont fait usage des pierres qu'ils exploitaient sur les rives de l'étang de Bages-Sigean pour l'édification de la métropole coloniale de Narbonne : le grès coquillier miocène de l'île de Sainte-Lucie qui affleure au nord de Port-la-Nouvelle et le calcaire lacustre blanc des dépôts aquitaniens de l'étang de Sigean. Les

recherches ont permis d'identifier quatre autres roches d'extraction et d'utilisation antiques provenant du Roussillon. Les Romains ont exploité marginalement les marbres dévoniens rouges du Conflent pour réaliser de la marquetterie ou des tesselles de mosaïques, mais aussi, pour un usage monumental, les calcretes (ou tuïres) du Pliocène de la plaine roussillonnaise, ainsi qu'un grès bleuté à ciment siliceux affleurant dans les strates néogènes traversées par le Tech, au Boulou. Pour l'Antiquité tardive, le CRESEM a découvert une brèche marbrière blanche à ciment rouge exploitée près d'Estagel, qui a servi pour sculpter colonnes et chapiteaux (retrouvés

Le programme PETRVS a pour but l'identification et la localisation des roches et des carrières utilisées dans la construction médiévale en Roussillon.

en fouille), les monuments " wisigothiques " ayant disparu. Avec les Carolingiens, les monuments antiques du Roussillon ont fait fonction de carrière et les remplois furent intégrés dans les églises pré-romanes dont les structures sont parfois conservées dans le bâti roman (entre autres, Saint-Génis-des-Fontaines, Saint-André de Sorède).

Les principales pierres de construction de l'architecture médiévale du Roussillon

Il s'agit tout d'abord des *granites*, issus surtout des carrières des Albères. C'est logiquement à la cathédrale d'Elne (dès la fin du XI^e s.) et au château royal de Collioure que cette roche de proximité est dominante. Les grès *miocènes du Boulou* de la carrière des *Moleres* - où l'extraction des meules commence pendant l'Antiquité tardive, au VI^e s. - furent utilisés au *Monestir del Camp à Passa* (XI^e s.). La nature et l'utilisation des *tuïres* catalans, y ont été clairement précisées par les travaux du CRESEM (photo 2). Il s'agit d'une pierre plutôt rustique, pas forcément très esthétique, utilisée depuis l'Antiquité (*Ruscino*, Thuir) puis ré-exploitée depuis le X^e s. jusqu'à la première moitié du XII^e s. pour bâtir au moins une cinquantaine de monuments, que le CRESEM a répertorié (entre autres l'église préromane de *Tapia*, à Fourques, plusieurs églises du premier art roman de Vilarmilà, de Canohès, les églises romanes de Nyls et de la commanderie des templiers, au Masdèu). Une raison à cela : les bancs de *tuïre* peuvent s'effondrer dans les lits des rivières torrentielles du Réart et de la

Canterrane livrant des volumes favorables au façonnement des pierres de taille. C'est donc une ressource d'accès assez facile qui a été offerte aux premiers constructeurs sans qu'il soit nécessaire de recourir à l'ouverture de véritables carrières. Les *grès rouges siliceux de l'Agly* sont les pierres les plus méconnues des monuments religieux du Roussillon, caractérisées par leurs nuances chaudes de rouge allant du brique au lie de vin. Ils ont été utilisés de manière privilégiée dans les églises pré-romanes et romanes du nord du Roussillon depuis le XI^e s. (abbaye de Saint-Estève) au début XII^e s. (portail de Saint-Jean-le-Vieux à Perpignan). Les *brèches de Baixas* (*brèche versicolore sombre ou blanche*) sont les plus massivement utilisées dans les monuments de Perpignan à partir de l'épuisement des bancs jurassiques de marbres blancs et de marbres noirs de ces mêmes carrières, vers 1250 (église d'Espira-de-l'Agly), et depuis leur contribution à l'édification du palais des rois de Majorque, à la fin du XIII^e s.). Le portique d'entrée de l'université de Perpignan montre que l'emploi de ces brèches de Baixas s'est perpétué jusqu'au XX^e s. Enfin la *pedra de Les Fonts*, une cargneule, roche calcaire extraite à Baixas et Calce, est peut-être le matériau le plus original mis en œuvre à partir du XV^e s. dans les édifices

du gothique tardif roussillonnais (Loge de mer, Palais de la députation). Les résultats obtenus par le PCR ont déjà montré leur utilité pour comprendre l'histoire de monuments souvent remaniés. Une autre finalité du projet vise à aider la restauration des édifices anciens avec la création d'une banque de données et d'une lithothèque des roches monumentales et ornementales du Roussillon.



Photo 2 : prélèvements d'échantillons de tuïre (calcrète) pour analyses pétrographiques par un géologue du CEFREM dans un affleurement pliocène recoupé par la Canterrane (issu du cat. : cantera = carrière)

Notes

1 Pierres et techniques : recherches universitaires et scientifiques.

2 Voir par exemple : « Le marbre griotte des Pyrénées-Orientales : carrières et monuments (XI^e au XX^e s.) », *Patrimoine du sud*, n°4, 2016 (<https://inventaire-patrimoine-culturel.cr-languedocroussillon.fr>), p.63-81.



Les déchets plastiques sur le littoral des Pyrénées-Orientales : l'émergence d'une problématique scientifique en relation avec une demande sociétale

Depuis près de 20 ans, le laboratoire CEFREM étudie les transferts d'eau, de matériels sédimentaires et de contaminants chimiques (métaux lourds, pesticides) entraînés par le Rhône, la Têt et d'autres fleuves côtiers typiquement méditerranéens.

Après une réflexion sur les contaminants dits "émergents", une première étude a été lancée en 2014 sur les micro-plastiques, c'est-à-dire sur les particules de polymères synthétiques (ex : polyéthylène, polypropylène, polystyrène, PET,...) de tailles comprises entre 0,3 et 5 mm de type fibres, granules ou feuillets.

Il en est ressorti que la Têt était une source de contamination importante pour le milieu marin puisque des teneurs très élevées de plus de 1500 micro-plastiques par m² étaient retrouvées sur ses berges à son embouchure.



Le soleil dégrade les matériaux plastiques en les rendant notamment plus cassants. Le vent, en faisant rouler les déchets, contribue à la fragmentation de morceaux de plus en plus petits que la pluie finira par entraîner en mer via les fossés, agouilles, canaux et fleuves.

Laboratoire CEFREM
par Philippe KERHERVE
Maître de conférences UPVD

La Têt, fleuve côtier cher aux catalans, traverse d’est en ouest le département des Pyrénées-Orientales, du pied du pic Carlit en Cerdagne où elle prend sa source, jusque dans la plaine du Roussillon pour déboucher en mer à Canet-en-Roussillon. Son bassin versant, qui draine des zones naturelles, agricoles puis urbaines, est l’unité hydrologique la plus importante du département. Malheureusement, ce site riche d’une biodiversité remarquable, est également un réceptacle naturel qui reçoit directement, ou par ses affluents et canaux, de trop nombreux déchets transportés jusqu’en Méditerranée où ils s’accumuleront au large ou sur les plages pour les déchets flottants, sur les fonds marins pour les plus lourds, sans compter ceux qui seront ingérés par les organismes marins et les oiseaux de mer.

Depuis près de 20 ans, le CEFREM étudie les transferts d’eau, de matériels sédimentaires et de contaminants chimiques (métaux lourds, pesticides) entraînés par le Rhône, la Têt et d’autres fleuves côtiers typiquement méditerranéens. Après une réflexion sur les contaminants dits “émergents”, une première étude a été lancée en 2014 sur les micro-plastiques, c’est-à-dire sur les particules de polymères synthétiques (ex : polyéthylène, polypropylène, polystyrène, PET,...) de tailles comprises entre 0,3 et 5 mm de type fibres, granules ou feuillets.

Un stagiaire de licence UPVD a ainsi révélé que la Têt était une des sources de contamination importante pour le milieu marin puisque des teneurs très élevées de plus de 1 500 micro-plastiques par m² étaient retrouvées sur ses berges à son embouchure. Par la suite, une étude à plus grande échelle a pu être menée dans le cadre d’une thèse de Doctorat UPVD (Mel Constant). La stratégie d’étude s’articule autour d’une approche “source-to-sink”, c’est-à-dire, une étude de la distribution des micro-plastiques de la source (fleuves : Têt et Rhône) vers les 4 compartiments du milieu marin : les eaux



Ces déchets ne sont pas seulement une gêne aux activités de loisirs et de tourisme, ils sont aussi un danger pour la faune marine et avicole.

marines de surface (les polymères plastiques les plus utilisés ont une densité plus faible que l’eau), les plages pour les micro-plastiques échoués, les sédiments marins pour les plus denses et le biota (ex : poissons) pour ceux qui sont ingérés. Des prélèvements mensuels sont, autant que possible, effectués et une attention particulière est portée sur les événements pluvieux et tempétueux, malgré la difficulté d’échantillonner dans de telles conditions. **Ce travail sur les micro-plastiques nécessite une grande rigueur méthodologique pour les identifier et les classer individuellement par taille et par type, sous loupe binoculaire, à partir d’entrelacs de débris naturels marins et terrestres en tous genres et ce, malgré les risques de similitude de forme et de couleur avec les fibres et graines végétales.**

La robustesse de ce travail est assurée par une étape de validation et d’identification des polymères plastiques, effectuée chez les partenaires catalans de l’Université de Barcelone du CEFREM, à l’aide d’un spectroscope infra-rouge à transformée de Fourier. Ces outils de validation sont indispensables car l’erreur d’identification est facile entre une fibre synthétique (le type de micro-plastiques le plus rencontré dans les échantillons) et une fibre végétale. Leur origine majoritaire ne fait pas de doute : les lessives de vêtements synthétiques de type “polaire” et les envahissantes “lingettes” à usage domestique.



Les autres types de micro-plastiques (granules/sphérules et feuillets) ont deux origines :

1- Les “primaires”

Apparemment minoritaires dans les milieux naturels, on trouve les micro-plastiques manufacturés, comme les micro-feuillets de polyéthylène de 0.2 à 0.4 mm qui sont incorporés dans les produits douche “exfoliant et gommant” jusqu’à 20 % de leur poids. Une aubaine pour les industriels, le plastique vaut bien moins cher à la production que les noyaux concassés de fruits. La présence du terme “polyéthylène” dans la liste des composants chimiques indique que pour quelques grains de noyau, on retrouve des milliers de micro-plastiques qui navigueront de la douche à la station d’épuration et, pour les plus téméraires, aux fleuves et à la mer !



Entre Perpignan et l’embouchure de la Têt, près de 40 tonnes de déchets n’attendent que la prochaine crue pour être dispersés en mer. Un marquage de déchets des rives de la Têt réalisé par le CEFREM a justement permis de montrer qu’ils pouvaient voyager jusque dans la baie de Paulilles, et ce n’est qu’une étape ! © photos : CEFREM et CITECO66



Des prélèvements mensuels sont, autant que possible, effectués. Ici dans la baie de Paulilles
© photo : CEFREM

2- Les “secondaires”

Ce sont les produits par fragmentation des sacs, bâches, bidons, bouteilles, jouets, cordes,... et autres produits plastiques qui prolifèrent dans tous les secteurs d’activité (construction, agriculture, pêche, commerce, loisirs,...). Cette fragmentation nécessite du temps, du soleil, du vent et de la pluie. Le temps, les déchets des bords de routes, des fossés et des agouilles en ont. Le soleil dégrade les matériaux plastiques en les rendant notamment plus cassants. Le vent, en faisant rouler les déchets, contribue à la fragmentation de morceaux de plus en plus petits que la pluie finira par entraîner en mer via les fossés, agouilles, canaux et fleuves. La problématique des

micro-plastiques en mer est donc fortement liée à celle des déchets plastiques sur terre. Il devenait donc évident que les activités de recherche fondamentale sur le transfert et le devenir des micro-plastiques dans le Golfe du Lion mené par le CEFREM devait se rapprocher des structures de gestion des sites naturels et des associations environnementales locales afin d’établir ensemble un constat environnemental

et ébaucher des solutions. Le laboratoire devait ainsi se rapprocher des préoccupations sociétales. Ce rapprochement s’est fait au travers du Parc naturel marin du Golfe du Lion et de l’association locale CITECO66.

La première collaboration avec le Parc marin s’est faite en 2016 grâce à un stage de Master 2 *Géosciences marines et environnements aquatiques* de l’UPVD sur la distribution des micro-plastiques échoués sur deux plages du département : une plage de Paulilles et une plage près de l’embouchure de la Têt. Ce stage a aussi permis de souligner le rôle prépondérant des fleuves, des courants, des crues et des tempêtes dans la distribution de ces micro-plastiques. Pour la première fois sur le littoral marin, le CEFREM a lancé une action conjointe et toujours en cours d’échantillonnage simultanée de macro-déchets (>2,5 cm) et micro-plastiques (0,3-5 mm) sur les deux plages citées. L’objectif de ces suivis est d’établir les éventuelles corrélations entre les déchets plastiques de tailles opposées. Est-ce que le nombre de micro-plastiques échoués sur une plage est proportionnel au nombre de bouteilles plastiques ou autres déchets de grande taille ?

Ces macro-déchets sont également la préoccupation majeure de CITECO66, association créée en 2005 et basée à Canet-en-Roussillon. Elle organise ainsi de nombreuses opérations de ramassage bénévole autour de l’étang de Canet et sur l’embouchure de la Têt, au niveau de la plage de La Crouste. Cette année, CITECO66 fêtait la 10^{ème} année de nettoyage de ce site. **Depuis 3-4 ans, une équipe d’enseignants-chercheurs et d’étudiants de l’Université de Perpignan (laboratoire CEFREM et étudiants du Master Sciences de la mer) apporte son expertise scientifique par des opérations de tri et de comptage catégoriel de déchets, et ce, en concertation avec le Parc naturel marin.** Cette collaboration fructueuse permet d’affiner l’expertise du laboratoire sur la problématique plus large des déchets anthropiques, que l’on peut résumer par deux constats majeurs :

1^{er} constat

Il permet de réfuter une idée bien ancrée selon laquelle les déchets du littoral proviendraient de la fréquentation touristique. Certes, le Parc marin a bien trouvé une augmentation significative des mégots sur les plages du Roussillon en période estivale, mais la grande majorité des déchets échoués ont une origine terrestre (bassin versant) et plus précisément fluviale. En 2015, les bénévoles de CITECO66





ont été très surpris de récupérer en 2 heures, sur 250 m de berge de la Têt (passage à gué de Bompas), près d'une tonne de déchets en tous genres ! Cela signifie qu'entre Perpignan et l'embouchure de la Têt, près de 40 tonnes de déchets n'attendent que la prochaine crue pour être dispersés en mer. Un marquage de déchets des rives de la Têt réalisé par le CEFREM a justement permis de montrer qu'ils pouvaient voyager jusque dans la baie de Paulilles. Et ce n'est qu'une étape !

2ème constat

D'année en année, le volume de déchets ne semble pas diminuer. Les bénévoles ont pu noter toutefois une diminution des déchets lourds tels que les pneus, les écrans d'ordinateur ou autres éléments ménagers. Mais cette tendance est malheureusement largement compensée par l'émission de déchets, plus légers, essentiellement issus d'emballages plastiques et de cannettes ou sprays métalliques. Les matériaux plastiques comme les bouteilles, bidons, cotons tige



Le grand public n'est pas conscient qu'environ 70% des déchets rejetés par les fleuves finissent, loin de notre vue, " sous le paillason marin ", c'est-à-dire sur le fond des mers et des océans. Ceux qui s'échouent sur les plages ne sont que la partie visible de l'iceberg !

et morceaux de polystyrène (plastiques jetables à usage unique) représentent 75 à 90 % des déchets échoués sur nos plages. Un gros travail de sensibilisation sur leur usage, leur stockage et leur recyclage reste à faire.

Les blocs de polystyrène expansé qui se trouvent à l'intérieur des cartons d'emballage sont un véritable fléau. Ces blocs, dans la nature, se désagrègent en milliers de petites billes millimétriques qui s'accumulent dans l'espace marin. Comment expliquer que l'on retrouve autant de polystyrène dans les lagunes et sur les plages ? On ne les jette pas volontairement (ou rarement...). On les stocke mal, devant son magasin, devant son chantier, ou dans nos poubelles pleines en se disculpant bien de toute issue dommageable. Mon déchet, lorsqu'il se retrouve sur l'espace public, n'est plus mon déchet, il devient orphelin ! Outre l'aspect modélisation du devenir des déchets plastiques en mer que les enseignants-chercheurs souhaitent développer au laboratoire, il serait aussi très intéressant de comprendre d'un

point de vue sociologique notre comportement par rapport aux objets dits "jetables" et cette incapacité de s'approprier l'espace public, à le protéger.

Et le grand public n'est pas conscient qu'environ 70 % des déchets rejetés par les fleuves finissent, loin de notre vue, " sous le paillason marin ", c'est-à-dire sur le fond des mers et des océans. Ceux qui s'échouent sur les plages ne sont que la partie visible de l'iceberg ! L'opinion publique s'est émue récemment, et à juste titre, des dizaines de tonnes de déchets accumulés sur les plages d'îles inhabitées en plein milieu du

Pacifique, comme à Clipperton. Mais si nos plages locales n'étaient pas régulièrement nettoyées par les municipalités et les associations, nous atteindrions rapidement des quantités comparables.

Ces déchets ne sont pas seulement une gêne aux activités de loisirs et de tourisme, ils sont aussi un danger pour la faune marine et avicole. Outre les étouffements et les troubles digestifs entraînés par leur ingestion, ces matériaux plastiques ont la capacité d'adsorber à leur surface de grande concentration de polluants : pesticides, métaux lourds, PCB,..., un vrai supermarché du polluants qui n'attend plus qu'à se diffuser dans les organismes lors de leur ingestion et à les fragiliser encore plus. Et

si les scientifiques se préoccupent plus des micro-plastiques, c'est parce qu'ils vont affecter toute la chaîne trophique à partir des micro-invertébrés. On en est actuellement à près de 600 espèces affectées. Et plus on cherche... plus on en trouve. Même le sel marin de table n'est pas épargné !

On peut douter de la faisabilité d'ouvrages démesurés, tel que le projet *Ocean Cleanup*, en plein milieu d'un océan pour collecter les déchets flottants. Des solutions pourraient être envisagées "en amont" au niveau national notamment par des législations sur les plastiques jetables à usage unique, des consignes ou des taxes pour redonner de la valeur aux déchets qui n'en ont plus.

Grâce à une synergie des laboratoires de recherche et des formations de l'Université de Perpignan avec les collectivités territoriales, les gestionnaires d'espaces naturels et les entreprises et associations locales, des solutions concrètes et efficaces peuvent être apportées au niveau des Pyrénées-Orientales.



ENTROPIE

un laboratoire dédié à l'écologie
marine tropicale des Océans
Pacifique et Indien

Laboratoire IRD ENTROPIE
par Mehdi ADJEROUD,
Directeur de recherche IRD

Réservoir de biodiversité, complexité et diversité des réseaux trophiques et des interactions biotiques, production élevée, source de produits et de richesses, protection du littoral, vulnérabilité des populations côtières... sont quelques-unes des caractéristiques emblématiques des écosystèmes tropicaux, particulièrement les écosystèmes coralliens et les écosystèmes insulaires. Depuis quelques décennies, la plupart des récifs coralliens de la planète, ainsi que les quelques

Les récifs coralliens procurent des biens et des services économiques, culturels et sociétaux à de nombreuses populations. La dégradation des récifs aurait des conséquences écologiques et socio-économiques désastreuses. © photo : IRD Indigo

850 millions de personnes qui en dépendent directement, sont durement affectés par diverses perturbations d'origine naturelle ou anthropique, telles que les cyclones, les épisodes de blanchissement des coraux, les proliférations de prédateurs ou d'espèces envahissantes, l'hypersédimentation, la pollution des eaux, la surpêche ou le développement des activités récréatives. Si certaines de ces perturbations font partie de l'histoire des récifs depuis des milliers d'années, l'augmentation récente de leur fréquence et de leur intensité, en lien avec le changement climatique global et le développement économique, a causé de sérieuses dégradations et menace leur maintien. Par ailleurs, d'autres types de perturbations, comme l'acidification des eaux, vont probablement affecter les récifs dans les prochaines décennies. Les derniers bilans de l'état de santé des récifs coralliens à l'échelle planétaire sont particulièrement préoccupants **20 % des récifs sont irrémédiablement détruits, et 15 % dans un état critique** et montrent clairement que ces écosystèmes tropicaux sont parmi les plus menacés.

Quelles sont les diversités spécifiques, fonctionnelles et génétiques des espèces marines tropicales et quelles sont les échelles spatiales et temporelles de leur structuration ? Quels sont les facteurs historiques et récents, anthropiques et naturels, expliquant la distribution de la diversité, sa dynamique, et son érosion ? Quels sont les effets actuels et futurs des stress environnementaux sur les espèces, les communautés et les habitats récifaux ? Quelles sont les actions de gestion à mettre en œuvre pour maintenir l'intégrité de l'écosystème corallien et les services écosystémiques associés ? Quelles sont les usages et représentations associées aux écosystèmes marins côtiers ? Voilà posées quelques-unes des questions fortes qui interpellent aujourd'hui la communauté scientifique concernée notamment par les récifs coralliens. Les réponses ne sont pas simples compte tenu du nombre, de la diversité, et de la complexité des facteurs impliqués et de leur variabilité d'une région à l'autre.

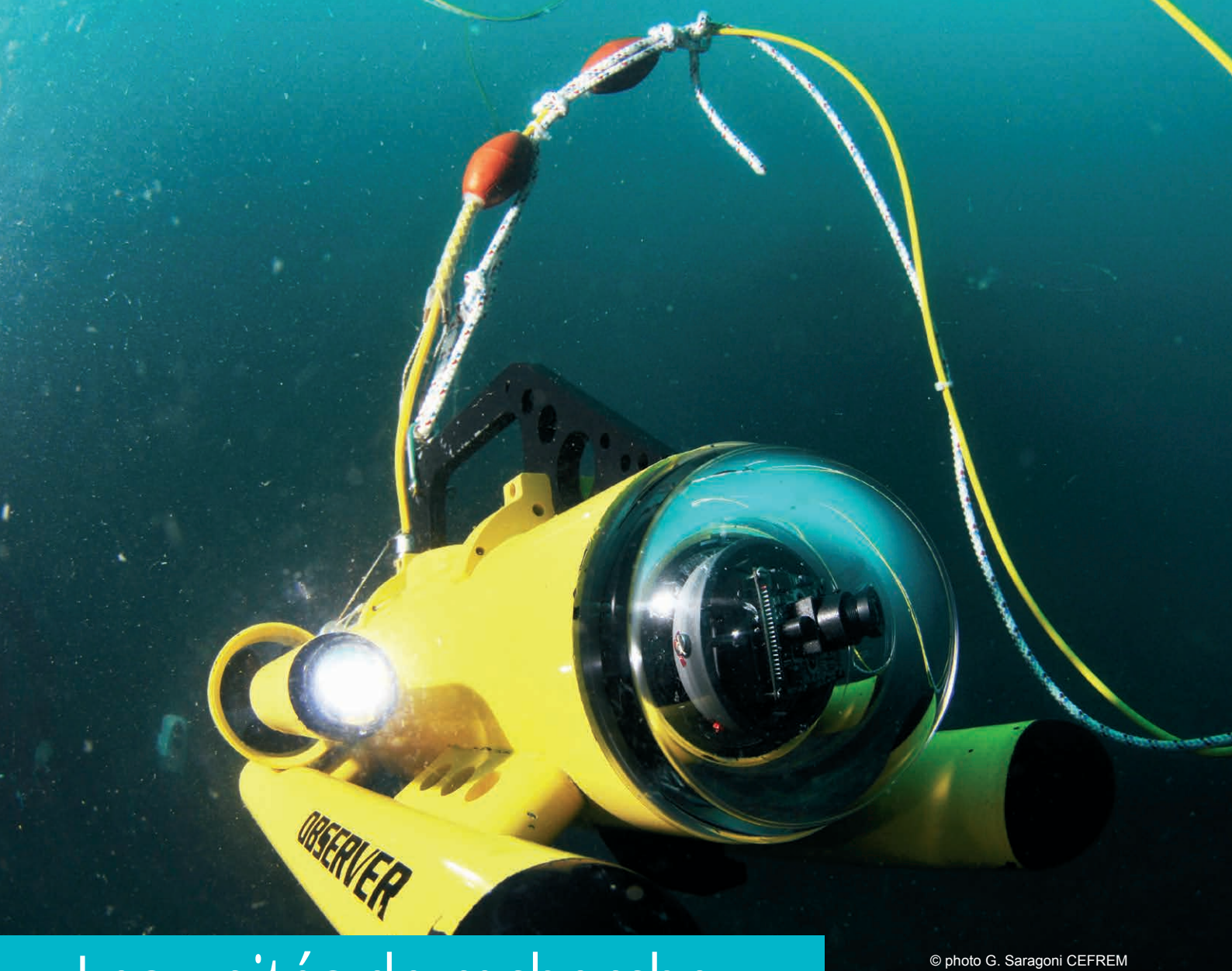
Dans ce contexte, l'UMR 9220 ENTROPIE (associant l'IRD - Institut de Recherche pour le Développement, le CNRS et l'Université de la Réunion) développe des programmes de recherche sur le fonctionnement des écosystèmes marins et insulaires tropicaux et sur leur évolution face aux forçages naturels et anthropiques. Une partie des recherches porte sur l'étude des processus évolutifs qui génèrent

l'extraordinaire biodiversité marine tropicale de la région Indo-Pacifique et sur les risques auxquels cette diversité est exposée, afin de **proposer des stratégies de conservation, de valorisation et de gestion durable**. L'homme et ses structures sociales dans les écosystèmes sont également étudiés avec la quantification des usages que ces sociétés font des ressources marines tropicales et la caractérisation des liens qu'elles ont avec les écosystèmes côtiers.

Ces recherches sont développées dans des chantiers principaux (Nouvelle-Calédonie, La Réunion, Indonésie, Madagascar) où des chercheurs de l'unité sont affectés, ainsi que dans d'autres régions et pays (Polynésie française, Wallis et Futuna, Fiji, Grande Barrière australienne, Papouasie Nouvelle-Guinée, Guadeloupe, Iles Eparses, Mayotte, Maldives) sous forme de missions. Une partie de l'unité de recherche est actuellement en accueil à l'Université de Perpignan, où elle interagit notamment avec le laboratoire CRIOBE dans le cadre du LABEX Corail.

Les coraux, principaux bâtisseurs des récifs et qui sont à la base de l'extraordinaire biodiversité des écosystèmes coralliens, sont très sensibles aux changements des conditions environnementales. Par conséquent, leur état de santé est surveillé attentivement. © photo : IRD Entropie





© photo G. Saragoni CEFREM

Les unités de recherche

Art-Dev : Acteurs, Ressources et Territoires dans le Développement, UMR 5281 CNRS-UPVD-UPVM-CIRAD-UM
Géographie : dynamiques des territoires, aménagement durable, urbains et ruraux, développement local dans les pays du Nord et du Sud.

BAE-LBBM : Biocapteurs Analyses, Environnement, équipe projet de l'USR 3579 CNRS-UPMC
Environnements : étude des impacts anthropiques sur la qualité de l'eau, biocapteurs et nouveaux outils analytiques.

CDED : Centre du Droit Economique et du Développement, EA UPVD 4216
Droit : droit privé (droit de la consommation et de la concurrence) et droit public (amélioration de la gouvernance administrative et scientifique).

CEFREM : Centre de Formation et de Recherche sur les Environnements Méditerranéens, UMR 5110 CNRS- UPVD
Géosystèmes et écosystèmes aquatiques : fonctionnement et évolution du continuum terre-mer sous l'effet du changement global.

CORHIS : Communication, Ressources Humaines et Intervention, EA UPVM-UPVD
Sociologie : communication, transformation et intervention sociale.

CRESEM : Centre de Recherches Historiques sur les Sociétés et Environnements en *Méditerranées*, EA 7397 UPVD
Histoire, histoire des arts, littérature, sociologie, droit comparé : histoire, arts et patrimoines des sociétés méditerranéennes.

CRIOBE : Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement, USR 3278 EPHE-UPVD-CNRS
Récifs coralliens : étude de l'origine et du maintien de la biodiversité, de l'écologie chimique, de la chimie de l'environnement, de la caractérisation et des activités biologiques de nouveaux métabolites ainsi que du fonctionnement de l'écosystème. Implanté à Perpignan et à Moorea en Polynésie française.

DALI LIRMM : Digits, Architectures et Logiciels Informatiques, UMR 9220 IRD-CNRS-UR
Informatique : amélioration de la qualité numérique et de la haute performance des calculs.

ENTROPIE : Ecologie marine tropicale des océans Pacifique et Indien, équipe projet de l'UMR 5506 CNRS-UM
Récifs coralliens : écologie marine tropicale Indo-Pacifique. Fonctionnement des écosystèmes marins et insulaires tropicaux et leur évolution face aux forçages naturels et anthropiques à différentes échelles, spatiales et temporelles. Etude des processus évolutifs de la biodiversité marine tropicale de la région Indo-Pacifique. Implanté à Perpignan, Nouvelle Calédonie, Réunion, Indonésie et Madagascar.

FAiD : Fédération d'Aide pour le Développement, FED 4264 UPVD-IRD
Aide au Développement : structure transversale à l'UPVD.

HNHP : Histoire Naturelle de l'Homme Préhistorique, UMR 7194 CNRS-MNHN-UPVD
Préhistoire : dynamiques des 1^{ers} peuplements humains, comportements des Néandertaliens et des Hommes anatomiquement modernes replacés dans leur contexte paléoécologique, paysages, archives sédimentaires, matériaux. Fouilles entre autres à la Caune de l'Arago : l'Homme de Tautavel -560 000 ans.

IHPE : Interactions, Hôtes, Pathogènes, Environnements, UMR 5244 CNRS-UPVD-IFREMER-UM
Biologie et écologie : écologie et évolution des systèmes hôte-parasite.

IMAgES-EspaceDev : Institut de Modélisation et Analyses en Géo-Environnement et Santé, équipe projet de l'UMR 228 IRD-UM-UAG
Environnements : acidification des océans, méthodes de modélisation.

LAMPS : Laboratoire de Mathématiques et Physique, EA UPVD 4217
Mathématiques et Physique : modélisation, analyse et simulations numériques avec applications à la mécanique, la chimie-physique et aux sciences de l'ingénieur.

LEPSA : Laboratoire Européen Performance, Santé, Altitude, EA UPVD 4640
Physiologie et physiopathologie : analyse des déterminants physiologiques et environnementaux de l'optimisation de la performance, ainsi que leurs conséquences sur la santé physique et mentale des sportifs. Situé à proximité du Centre National d'Entraînement en Altitude à Font-Romeu.

LGDP : Laboratoire Génome et Développement des Plantes, UMR 5096 CNRS-UPVD
Biologie : étude de l'organisation du génome des plantes et la régulation des gènes, plus particulièrement leur rôle dans le développement des plantes et leur adaptation aux stress biotique et abiotique.

MRM : Montpellier Research in Management, EA 4557 UM-UPVM-UPVD-MBS
Economie et management : la production, la performance managériale, le tourisme.

PROMES : Laboratoire Procédés, Matériaux et Energie Solaire, UPR 8521 CNRS - convention UPVD
Energie solaire : solaire à concentration, matériaux et conditions extrêmes, conversion, stockage et transport de l'énergie. Implanté à Perpignan (Tecnosud), Odeillo (grand four solaire), Targassonne (Thémis, centrale solaire).



Université de Perpignan Via Domitia
52 avenue Paul Alduy
66 860 Perpignan Cedex 9
33 (0)4 68 66 20 00
www.univ-perp.fr

