

UPVD RECHERCHE

Hors-série de l'université de Perpignan #11 - Juillet 2018

DOSSIER SPÉCIAL

La Méditerranée
un terrain de recherches

UNIVERSITÉ
PERPIGNAN
VIA
DOMITIA



Sommaire



4 - 9

Actualités recherche

- ▶ La recherche de l'UPVD se dévoile en images
- ▶ Un programme de recherche avec l'US Navy
- ▶ Des docteurs de l'UPVD mis à l'honneur
- ▶ Les allocations doctorales Occitanie



10 - 33

Dossier spécial Méditerranée

La Méditerranée, un terrain de recherches



34

Les unités de recherche de l'UPVD

E d i t o



Henri GOT

Ancien président de l'université de Perpignan

Président du Conseil de Développement Durable de la Communauté Urbaine

Résumer la Méditerranée en quelques lignes est une gageure ! En effet, nulle part au monde, une zone aussi réduite (2,5 millions km², 5 fois la France et 1 % de la surface des mers) présente autant de diversité. La Méditerranée, mer au milieu des terres est constituée de deux bassins, chacun divisé en mers et golfes (mer Ionienne, Golfe de Syrte, mer Égée, mer Tyrrhénienne, mer Ligure). Elle est parsemée de plus de 160 îles, souvent volcaniques, entourée de chaînes de montagnes ; c'est l'héritage d'un passé géologique tumultueux qui en fait une zone à risques (séismes, tsunamis et volcans).

Elle est depuis très longtemps un carrefour des cultures, des civilisations et des religions : l'Égypte, la Crète, la Judée, la Grèce et ses colonies, la Phénicie et Carthage, Rome et son empire, Constantinople, les civilisations arabo-musulmanes et occidentales ; huit religions s'y côtoient. Elle est aussi un lieu d'échanges commerciaux et un point de passage stratégique, concentrant à elle seule 25 % du trafic maritime mondial et 30 % du trafic pétrolier !

Ce littoral est un point de forte densité de population : les 22 pays qui bordent la Méditerranée comptent 427 millions d'habitants (soit 7 % de la population mondiale) et 37 % d'entre eux vivent sur les littoraux, où la densité peut atteindre 100 habitants au km². Cette population croît régulièrement, surtout en milieu urbain, avec pour corollaire le développement de grandes agglomérations et d'activités génératrices de problèmes de pollution d'autant plus prégnants que c'est une mer fermée. Cette situation est aggravée par le fait qu'elle est la première destination mondiale touristique ; le bassin méditerranéen focalise à lui seul le tiers du tourisme mondial (plus de 364 millions de touristes aujourd'hui, vraisemblablement 637 millions en 2025...).

A la fois *hot spot* de la biodiversité et du changement climatique, il voit peser une forte menace sur la survie de certaines espèces et sur la disponibilité en eau.

La région méditerranéenne voit par ailleurs son unité rompue par des disparités socio-démographiques et économiques qui se traduisent en particulier par un écart important du niveau de vie entre les habitants du Sud et du Nord du bassin. Elle a été, de tous temps, région de migrations, mais cette question a aujourd'hui une résonance particulière : quelque 140 millions de réfugiés sont attendus à la moitié de ce siècle, en provenance d'un continent africain qui verra sa population doubler.

Berceau de notre civilisation, la Méditerranée présente une concentration de points communs, de richesses historiques, ethniques, culturelles, mais aussi de contrastes, d'oppositions, de conflits, sur une aire d'à peine cinq fois celle de la France.

Directeur de publication : Pr Fabrice Lorente, Président UPVD

Création / réalisation / diffusion : service communication et culture UPVD

Crédits photographiques : Adobe Stock, Philippe Vidot, Michaël Afonso, Juan Gomez, Joris Bertrand, E. Nebot, L. Zamora, mairie de Port-la-Nouvelle, Guillaume Iwankow, Shutterstock, Mireille Courrent, Kalen Emsley, Marc Dessenis, Denis Dainat

La recherche de l'UPVD se dévoile en images

Pour la 6^{ème} année consécutive*, les photos des laboratoires de l'université de Perpignan sont sélectionnées pour le Festival OFF de Perpignan.

Chaque année, ce sont 25 clichés, pris par les enseignants-chercheurs au cours de leurs missions, qui sont exposés au grand public en plein coeur de ville. De la région Occitanie à la Polynésie française en passant par l'Afrique de l'Ouest, l'Europe du Nord, l'Amérique du Sud et jusqu'à l'Antarctique, ils nous offrent une vision du monde tant rationnelle qu'émerveillée. Qu'ils soient biologistes, physiciens, mathématiciens, historiens ou littéraires, les enseignants-chercheurs sont amenés à porter un oeil nouveau sur la planète au cours de leurs recherches : un regard à la fois empreint de curiosité, de questionnements et de poésie qui les amène à s'interroger sur les liens entre l'Homme et son environnement. Profitez ci-dessous d'une petite sélection des différentes photos sélectionnées de 2013 à 2018.

*Exposition du Festival OFF 2018 visible du 1^{er} au 15 septembre 2018 à la librairie Cajélice, rue du Dr Pous - Perpignan



▲ Les raies léopard se regroupent régulièrement dans le chenal de Tiahura Moorea, Polynésie française, 2016 - photo réalisée par Lauric Thiault (laboratoire CRIOBE)



▲ L'artisanat et les matériaux locaux présentent un fort potentiel pour l'élaboration de matériaux de stockage innovants destinés aux procédés solaires, tout en offrant de nouveaux débouchés aux populations, Burkina Faso 2015 - photo réalisée par Xavier Py (laboratoire PROMES)



▲ Une femelle requin à pointes noires gravide, Tiahura Moorea, Polynésie française, 2016 - photo réalisée par Lauric Thiault (laboratoire CRIOBE)

▶ Le « printemps » des Samis : matin de Pâques devant l'église de Kautokeino, Norvège, 2015 - photo réalisée par Jean-Louis Olive (laboratoire CRESEM)



▲ Mission en terres australes et antarctiques françaises, 2015 - photo réalisée par Gilles Saragoni (laboratoire CEFREM)

▶ La couleur des prairies, écopoétique, Occitanie, 2017 - photo réalisée par Margot Lauwers (laboratoire CRESEM)



Un programme de recherche avec l'US Navy

L'Office for Naval Research (ONR, US Navy) finance très peu de projets de recherche avec des laboratoires français. Il vient pourtant de financer à hauteur de 200 000 \$ pour deux ans un programme scientifique en informatique au sein du Laboratoire de Mathématiques et Physique (LAMPS) de l'UPVD.

Contrairement à ce que l'on pourrait s'imaginer, les ordinateurs calculent mal ! Plus exactement, ils approximent les nombres qu'ils manipulent pour pouvoir les stocker dans leur mémoire. Ainsi, des nombres possédant une infinité de chiffres sont arrondis, π devient 3.141592, $1/3$ devient 0.333333, etc. Lors de très longs calculs, ces erreurs d'arrondi peuvent s'accumuler jusqu'à dénaturer totalement le résultat produit par la machine. Les langages de programmation actuels ne sont pas conçus pour prendre en compte ces phénomènes. Les programmes produisent donc des résultats sans indiquer la marge d'erreur bien présente qui les affecte. Le projet TYCOON a pour objectif d'ajouter de nouvelles fonctionnalités dans les langages de programmation existants afin de leur permettre de calculer plus précisément. Ainsi, il s'agit d'ajouter de nouvelles fonctionnalités dans ces langages et de permettre aux informaticiens, lorsqu'ils écrivent leurs programmes, d'indiquer la précision de leurs données et de connaître *a priori* la précision de leurs résultats.

Ce programme de recherche implique le LAMPS ainsi que la société Numalis spécialisée dans la sûreté des logiciels pour l'aéronautique et l'espace.

.....
 par **Matthieu Martel**,
Professeur UPVD
Laboratoire LAMPS

L'Office for Naval Research (ONR)

L'ONR est un bureau de recherche navale du département de la Marine des États-Unis. Il exécute et assure la promotion de programmes scientifiques et technologiques de l'US Navy et de l'US Marine Corps.



© photo Michael Afonso

Des docteurs de l'UPVD mis à l'honneur

Farid Belacel,

docteur de l'UPVD en droit,

distingué par le prix Guy Carcassonne



© photo Philippe VIDOT

Farid Belacel, docteur de l'UPVD et chargé d'enseignement vacataire à l'université de Perpignan, a soutenu sa thèse en novembre 2017 au sein du **laboratoire CDED**. Il était encadré par Mathieu Doat, professeur UPVD.

Le 27 juin dernier, en présence de Laurent Fabius, président du Conseil Constitutionnel et de Nicolas Molfessis, Secrétaire général du Club des Juristes, Farid Belacel s'est vu décerner le prix Guy Carcassonne pour son article #MeToo : « C'est en protégeant les droits des " cochons " que l'on préservera la liberté des femmes de les accuser ». Le mouvement #MeToo incitait les victimes de violences sexuelles ou sexistes à les dénoncer sur les réseaux sociaux.

Le Club des Juristes, le journal *Le Monde* et la revue *Pouvoirs* ont créé en 2013 un prix en hommage au professeur de droit public et constitutionnel, Guy Carcassonne. Il récompense l'auteur du meilleur article constitutionnel de 5 000 signes portant sur une question constitutionnelle, liée à l'actualité française ou étrangère. Cet article doit aider à faire comprendre au plus grand nombre les enjeux juridiques, politiques et sociaux posés par cette question constitutionnelle. Le lauréat reçoit la somme de 1 500 € et voit son article publié sur le site internet du Club des Juristes et dans le journal *Le Monde*.

Romain Jatiault,

docteur de l'UPVD en géologie,

reçoit le prix Jean Goguel



Romain Jatiault, docteur de l'UPVD, a soutenu sa thèse en novembre 2017 au sein du **laboratoire CEFREM**. Il s'agissait d'une thèse Cifre dirigée par Lies Loncke, maître de conférences UPVD, dans le cadre d'une collaboration CEFREM/Total.

Le 13 juin dernier, il a reçu le prix Jean Goguel pour la qualité et l'originalité de ses travaux sur *Les émanations naturelles d'hydrocarbures lourds depuis les sédiments vers l'hydro-atmosphère : approche intégrée multi-échelle dans le bassin profond du Bas Congo*.

Le Comité Français de Géologie de l'Ingénieur et de l'Environnement (CFGIE) a pour objet de promouvoir les études concernant directement ou indirectement la géologie de l'ingénieur et de l'environnement et d'en diffuser les résultats. Il décerne tous les deux ans le prix Jean Goguel ouvert à de jeunes professionnels ou chercheurs, après dépôt d'un résumé écrit puis de l'article correspondant et pour les lauréats retenus, d'un exposé oral devant un jury. Il est accompagné d'un prix de 2 000 € pour le lauréat.

Les allocations doctorales Occitanie

Résultats des appels à projet pour des cofinancements de thèses régionales, l'UPVD et le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER).

" La Région Occitanie/Pyrénées-Méditerranée soutient le développement du potentiel de recherche qui est un moteur de l'économie de l'innovation à l'échelle de la région. Dans le cadre de la Stratégie Régionale pour l'Emploi et la Croissance et plus particulièrement pour l'élaboration d'un de ses piliers, le Schéma Régional de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation (SRESRI), l'accompagnement des doctorants est un facteur indispensable au renouvellement de la recherche. " (ndlr Région Occitanie). La Région Occitanie cofinance ainsi des allocations doctorales qui sont complétées soit par un financement UPVD, soit par un financement européen (FEDER), soit par le CNRS. **Cela permet ainsi à à l'ensemble des unités de recherche de l'UPVD de bénéficier de bourses de thèse pour former de jeunes chercheurs* dans le cadre de sujets de recherche émergents.**

*le montant total du salaire d'un doctorant pour 3 ans est de 92 200 €



Appels à projets 2017-2020 : 15 allocations doctorales sélectionnées

20 projets déposés par les écoles doctorales de l'UPVD
 7 allocations cofinancées Région (80%) + UPVD (20%)
 1 allocation cofinancée Région (67%) + parc naturel marin du Golfe du Lion via UPVD (33%)
 5 allocations cofinancées Région (50%) + FEDER (50%)
 2 allocations cofinancées Région (70%) + CNRS (30%)



Appels à projets 2018-2021 : 18 allocations doctorales sélectionnées

21 projets déposés par les écoles doctorales de l'UPVD
 11 allocations cofinancées Région (80%) + UPVD (20%)
 4 allocations cofinancées Région (50%) + FEDER (50%)
 3 allocations cofinancées Région (70%) + CNRS (30%)



Les thématiques de recherche concernées

Bio-environnements
 Energies renouvelables
 Eco-matériaux
 Tourisme durable
 Droit de l'environnement
 Aménagement durable du territoire
 Calcul haute performance pour l'aéronautique et l'espace



Pour découvrir plus en détails tous les sujets de thèse retenus, rendez-vous sur le site internet de l'UPVD : www.univ-perp.fr rubrique recherche - programmes de recherche financés - région Occitanie



Deux exemples de thèse financées

Caractérisation de composés bioactifs issus de la diversité microalgale par métabolomique différentielle et déréplication assistée par mise en réseau moléculaire

Allocation doctorale 2017-2020

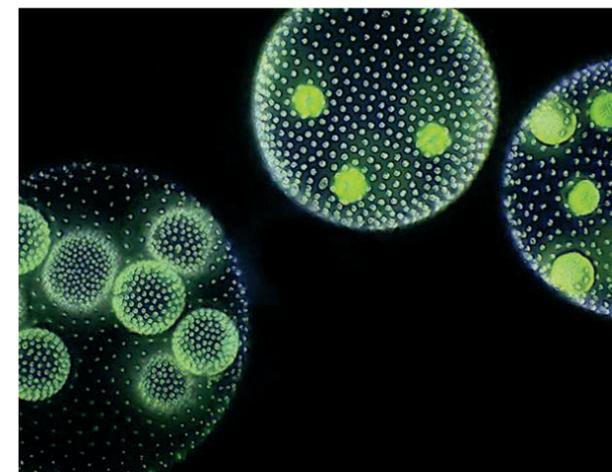
Financement : Région Occitanie 50% et FEDER 50%

Laboratoire : CRIOBE

Thèse co-encadrée par Isabelle Bonnard et Cédric Bertrand

Entreprises partenaires : Greensea et Akinao

Doctorant : Slimane Chaïb



Face aux préoccupations du grand public sur l'utilisation des pesticides de synthèse, la législation européenne a incité au développement de nouvelles stratégies afin d'évaluer et de limiter les impacts potentiels des différentes pratiques agricoles sur l'environnement. Ainsi, le développement de nouvelles pratiques dites « vertes » telles que l'utilisation de produits de biocontrôle est en plein essor. Dans ce contexte, la biomasse issue de la production de micro-algues peut être une alternative à mettre en avant. En effet, les micro-algues constituent, au sein des milieux marin et aquatique, une source variée de molécules originales actives sur une très large gamme de cibles biologiques et pouvant être revalorisées de diverses manières : bio-herbicide, bio-fongicide, bio-bactéricide, etc.

Cette thèse a pour but de développer un outil innovant adapté à l'analyse de la diversité chimique des micro-algues et à l'évaluation de leur potentiel comme agent de biocontrôle.

Génie épigénétique : contrôle parasitaire avec des "armes non conventionnelles"

Allocation doctorale 2017-2020

Financement : Région Occitanie 80% et UPVD 20%

Laboratoire : IHPE

Thèse co-encadrée par Christoph Grunau et Céline Cosseau

Doctorante : Nélia Luviano-Aparicio



Le réchauffement climatique a généré dans le nord du bassin méditerranéen des conditions favorables à l'élargissement et à la persistance de l'aire de répartition de certains hôtes vecteurs de maladies parasitaires. Parmi ces hôtes, certains mollusques d'eau douce sont les vecteurs de maladies parasitaires de l'Homme, comme la *Bilharziose* ou la *Fasciolose*.

L'objectif de ce travail de thèse est de mieux comprendre les capacités d'adaptation de ces mollusques aux environnements changeants avec pour but appliqué de trouver un moyen alternatif de contrôler les maladies dont ils sont vecteurs. De récents travaux montrent que les capacités d'adaptation des individus ne sont pas seulement le fruit de son patrimoine génétique, mais peuvent être aussi le résultat de l'information épigénétique. Cette information est sous l'influence de l'environnement, réversible et héritable. Ces travaux vont permettre de provoquer des dysfonctionnements de l'information épigénétique, en particulier la méthylation de l'ADN, spécifiquement chez les mollusques vecteurs de *Schistosoma sp* pour les empêcher de s'installer durablement dans la région Occitanie.

La Méditerranée par Aristide Maillol

DOSSIER SPÉCIAL

La Méditerranée un terrain de recherches

- 12** | Faut-il modifier la loi littoral pour faire face au phénomène d'érosion ? - CDED
- 14** | Les orchidées méditerranéennes - LGDP
- 16** | Risque de pandémie sur la grande nacre de Méditerranée, *Pinna nobilis* - CRIOBE
- 18** | A la rescousse de l'anguille européenne, une espèce en danger critique d'extinction - CEFREM
- 20** | Modélisation de l'investissement en capital sol et durabilité des systèmes de production agricole méditerranéens - LAMPS
- 22** | IncrémentTrail : le nouveau régime méditerranéen - LEPSA
- 24** | Perception et environnement - CRESEM
- 26** | L'ostréiculture méditerranéenne et le risque infectieux - IHPE
- 28** | Quand les universités privées investissent les marges urbaines et rurales du Liban - ART DEV
- 30** | Un projet novateur sur les premiers peuplements préhistoriques acheuléens en Méditerranée - HNHP
- 32** | L'énergie solaire pour traiter les eaux usées - PROMES avec BAE-LBBM

Faut-il modifier la loi littoral pour faire face au phénomène d'érosion ?

Le débat, aujourd'hui, porte sur la question de savoir s'il est opportun de créer un nouveau critère d'extension en continuité des villages et agglomérations.

.....
Laboratoire CDED
par Marcel SOUSSE
Professeur UPVD
Directeur du laboratoire CDED

Adoptée en 1986, à une époque où les risques liés au changement climatique ne constituaient pas une préoccupation pour les pouvoirs publics, la loi littoral apparaît aujourd'hui, pour certains, comme inadaptée aux problématiques actuelles.

Le débat, aujourd'hui, porte sur la question de savoir s'il est opportun de créer un nouveau critère d'extension en continuité des villages et agglomérations. Il tourne autour de cinq points principaux.

1. La dérogation au principe de continuité par une densification des constructions

Le principe de l'urbanisation en continuité dans les communes littorales permet de lutter contre l'urbanisation progressive des communes littorales, souvent qualifiée de « mitage » et se situe au cœur du dispositif de maîtrise de l'urbanisme littoral. L'objectif explicite de ce principe est de concentrer l'urbanisation autour des principaux bassins de vie. Les tenants de l'assouplissement du principe de continuité mettent en avant le paradoxe contenu dans la loi littoral, qui permet l'extension des villages mais pas la densification des hameaux.

Derrière la critique du principe de continuité, c'est en réalité une critique de la jurisprudence administrative qui est formulée. Celle-ci disposerait d'un pouvoir d'appréciation trop étendu, source d'incertitude et d'insécurité juridique. L'assouplissement du principe de continuité conduirait ainsi à revenir sur une jurisprudence qui s'est construite pendant près de trente ans. Une telle remise en cause est pour le moins délicate.

2. La réalisation d'annexes aux constructions existantes

Actuellement, le principe d'extension de

l'urbanisation en continuité conduit à interdire dans les zones d'urbanisation diffuse, toute construction, y compris un simple abri de jardin à usage local technique d'une superficie d'une quinzaine de mètres carrés (Cour administrative d'appel de Nantes, 28 octobre 2011, n° 10NT00838, Commune de Pont-l'Abbé). L'adoption, dans les communes littorales, du principe selon lequel l'urbanisation en continuité ne fait pas obstacle à la réalisation d'annexes

.....
" Les tenants de l'assouplissement du principe de continuité mettent en avant le paradoxe contenu dans la loi littoral, qui permet l'extension des villages mais pas la densification des hameaux " .

aux constructions existantes, est présentée comme un moyen d'aligner les espaces littoraux sur les territoires de montagne, où la construction de telles annexes est permise.

Une dérogation à cette règle ne semble pas déraisonnable dès lors que la taille des annexes reste limitée et qu'un changement d'affectation ne soit pas autorisé pour les biens à usage agricole.

3. Le comblement des dents creuses dans les hameaux existants

A l'heure actuelle, le principe de continuité s'oppose à cette forme d'urbanisation (CE, 9 novembre 2015, n° 372531, B. c/ commune de PORTO-VECCHIO), car le hameau est considéré comme étant situé dans une zone d'urbanisation diffuse éloignée des agglomérations et villages. Cette interprétation de l'article L. 121-8 du code de l'urbanisme est critiquée car la densification des

espaces bâtis est étrangère à l'objectif de la loi littoral consistant à lutter contre le mitage.

La question du comblement des dents creuses constitue le sujet qui recueille, aujourd'hui, la plus large adhésion. Pour autant, une telle réforme n'est admissible que si elle est strictement limitée au périmètre des hameaux existants.

4. L'implantation de bâtiments agricoles dans les communes littorales

Le principe de continuité est perçu comme un obstacle au développement de l'agriculture dans les communes littorales, car il interdit l'implantation de bâtiments agricoles de stockage de matériel ou de légumes. Il constituerait une contrainte pour les agriculteurs, qui doivent stocker leurs produits dans des endroits éloignés de leurs serres, et s'opposerait au développement de l'agriculture biologique. Le législateur est déjà intervenu en 1999 pour introduire dans le code de l'urbanisme (art. L. 121-10) une dérogation en matière agricole pour les constructions incompatibles avec le voisinage des zones habitées. La proposition consiste à étendre cette dérogation aux bâtiments agricoles compatibles avec le voisinage des zones habitées. Si une telle extension semble raisonnable, elle n'est pas sans risque, et pourrait encourager les changements de destination des bâtiments à usage agricole, et leur transformation en résidences secondaires.

On le voit, la question de l'adaptation de la loi littoral n'appelle pas une réponse simple, ni unique, mais au contraire des réponses nuancées qui doivent prendre en considération un équilibre entre les enjeux en présence et mesurer l'impact d'une modification des règles sur les territoires littoraux.

Les orchidées méditerranéennes, modèle de choix pour mettre en lumière les mécanismes à l'origine des radiations adaptatives : phénomènes d'accroissement intense et rapide de la biodiversité.

Les orchidées méditerranéennes apparaissent comme des espèces sentinelles pertinentes pour comprendre le devenir des espèces locales et régionales dans un contexte environnemental très changeant.

**Laboratoire LGDP
par Joris BERTRAND
Maître de conférences UPVD**

◀ Détail des fleurs d'*Ophrys insectifera* (Versols-Et-Lapeyre, Aveyron) dont les pétales ressemblent au corps et aux antennes d'un insecte (© photo Joris Bertrand).

Les contraintes exercées par l'environnement imposent à tous les organismes vivants de s'adapter afin d'assurer leur survie et leur reproduction. Lorsque ces contraintes environnementales sont fortes, cette adaptation peut donner lieu à un degré de spécialisation très élevé. Chez certains groupes de plantes ou d'animaux, une adaptation continue à des conditions environnementales très particulières permet d'ailleurs d'expliquer des phénomènes d'accroissement intense de la biodiversité sur des échelles de temps relativement courtes : les radiations adaptatives.

Une supercherie efficace

C'est ce qui s'est produit chez les orchidées méditerranéennes et plus particulièrement, chez les espèces mimétiques constituant le genre *Ophrys*. Ces plantes possèdent une stratégie atypique, voire inédite pour assurer leur cycle de vie. Leurs fleurs se sont adaptées pour ressembler à des femelles des espèces d'insectes qui les pollinisent. Le mimétisme est visuel mais aussi olfactif et tactile. La fleur émet un bouquet d'odeurs s'apparentant aux phéromones sexuelles des insectes, ses pétales tendent à ressembler aux antennes ou au corps de l'animal et elles en arborent parfois même la « pilosité ». La stratégie s'avère efficace au point que les insectes pollinisateurs mâles tentent littéralement de s'accoupler avec la fleur, *a priori* sans rien obtenir en retour, si ce n'est du pollen visqueux que l'individu dupé emportera bien malgré lui et qu'il ira disséminer sur d'autres fleurs d'orchidées de la même espèce. L'insecte assure ainsi la reproduction de la plante. Le succès de cette supercherie repose bien sûr sur un degré de spécialisation élevé et sans cesse plus performant de l'orchidée à son pollinisateur. Les fleurs fournissant les meilleurs leurres sont celles qui sont visitées en priorité. Avec le temps, ce processus favorise l'émergence d'une impressionnante diversité florale constituant autant d'espèces naissantes potentielles.

Chez les *Ophrys*, ce ne sont pas moins de 150 espèces qui se distribuent aujourd'hui sur tout le pourtour méditerranéen alors qu'elles auraient commencé à diverger les unes des autres à partir d'un ancêtre commun unique au cours des cinq derniers millions d'années.

Si ces plantes fascinent depuis bien longtemps déjà, aussi bien les botanistes amateurs que les scientifiques en premier lieu desquels les écologues et les biologistes de l'évolution, les mécanismes moléculaires sous-jacents demeurent mal connus. Ce sont ces mécanismes là que vont tenter de mieux décrypter des chercheurs et enseignants-chercheurs du Laboratoire Génome & Développement des Plantes (LGDP) de l'université de Perpignan. Pour ce faire, leur projet de recherche vise notamment à relever le défi de séquencer le génome de ces orchidées (dont la taille est tout de même trois fois supérieure à celle du génome humain). Rendue accessible par les toutes dernières avancées en matière de technologie de séquençage de l'ADN, cette étape apparaît comme cruciale pour aller plus loin dans la caractérisation du contenu du génome et élucider les bases moléculaires de cette extraordinaire diversité. En parallèle, des études en populations naturelles permettront de mieux appréhender quelles sont les régions génomiques impliquées dans l'adaptation ou permettant d'assurer l'intégrité (bien que toute relative) d'un isolement reproductif entre ces

espèces très proches. Le département des Pyrénées-Orientales, et plus généralement la région Occitanie constituent un haut lieu de biodiversité et d'endémisme pour ces orchidées. Plusieurs de ces espèces ne se trouvent en effet que très localement dans la région et présentent donc un intérêt patrimonial certain. C'est par exemple le cas de l'*Ophrys* de l'Aveyron (*Ophrys aveyronensis*) et l'*Ophrys* d'Aymonin (*Ophrys aymoninii*), toutes deux endémiques des Grands-Causse.

Une espèce sentinelle

Bien que ces travaux de recherche soient focalisés sur des aspects très fondamentaux, les applications plus concrètes ne manquent pas. Le degré de spécialisation de ces plantes implique des exigences écologiques très strictes qui les rendent particulièrement vulnérables face à la dégradation de leurs habitats naturels, le changement climatique ou encore le déclin généralisé des populations d'insectes pollinisateurs. En cela, ces orchidées méditerranéennes apparaissent comme des espèces sentinelles pertinentes pour comprendre le devenir des espèces locales et régionales dans un contexte environnemental très changeant.

Station d'*Ophrys scolopax* (Rivesaltes, Pyrénées-Orientales) : une des espèces d'*Ophrys* les plus colorées qu'il est possible de rencontrer dans la région (© photo Joris Bertrand)





Risque de pandémie sur

la grande nacre de Méditerranée

Pinna nobilis

.....
Laboratoire CRIOBE
 par **Serge PLANES**
Directeur de recherche CNRS
Directeur du laboratoire CRIOBE
 et **Claire PEYRAN**
Doctorante du CRIOBE

La grande nacre, *Pinna nobilis*, est une espèce endémique de la mer Méditerranée et l'un des plus grands bivalves au monde puisque les individus les plus gros peuvent atteindre plus d'un mètre de haut. Facilement observable sur les côtes méditerranéennes, elle vit dans les milieux peu

profonds, à demi-enfoncée dans le sable et elle est le plus souvent associée aux herbiers de posidonies. Il s'agit d'une espèce patrimoniale importante pour les écosystèmes. En effet, grâce à sa capacité à filtrer une grande quantité d'eau, elle contribue à maintenir une certaine clarté dans son environnement. Leur grande coquille constitue également un habitat à part entière, colonisé par une multitude d'organismes épibiontes.

Cette espèce a été exploitée par l'Homme depuis la nuit des temps, aussi bien pour la consommation que pour la fabrication de boutons à partir de sa nacre ou pour son byssus (structure filamenteuse qui permet à l'animal de se maintenir ancré dans le sédiment). Ce dernier, aussi appelé « soie

marine » était tissé pour réaliser de prestigieuses étoles aux reflets dorés. On raconte même que la Toison d'Or dérobée par Jason et les Argonautes, aurait, en réalité, été confectionnée à partir de byssus de grandes nacres. Bien qu'elle ne soit plus vraiment exploitée aujourd'hui, l'espèce subit encore beaucoup de pressions dues aux activités anthropiques qui entraînent la réduction de son habitat. Pour pallier le déclin de ses populations, *P. nobilis* est aujourd'hui sous protection totale. Il est donc interdit de ramasser la coquille, que l'animal soit vivant ou mort.

Cependant, la grande nacre fait de nouveau face à une crise majeure qui menace sa survie. En effet, depuis octobre 2016, de foudroyantes mortalités de masse sont



© photo G. Iwankow
 Deux grandes nacres saines ancrées à la lisière d'un herbier de posidonies

observées sur ses populations. Ainsi, la totalité des nacres des Iles Baléares a été décimée ainsi que la plupart de celles situées au sud de l'Espagne. A titre d'exemple, dans le parc national de Cabrera, sur une population initiale dépassant les 10 000 individus, on ne compte plus que quelques dizaines, voire moins. Le responsable ? Un protozoaire parasite du genre *Haplosporidium*, accidentellement introduit en Méditerranée par des eaux de ballasts et qui, depuis, ne cesse de se propager vers l'Est. Près de 70 % des grandes nacres ont déjà disparu dans la zone Sud du Cap de Creus. Les populations de Sicile, d'Italie et de Corse présentent également déjà des taux de mortalité inquiétants. Par le jeu des courants marins, les côtes françaises sont encore peu atteintes par le parasite mais sa propagation, ralentie par la faible température de l'eau durant l'hiver, pourrait s'accroître au cours de la période estivale à venir.

Un espoir subsiste cependant car, en Espagne, des populations lagunaires semblent persister et sont peu touchées par les mortalités, notamment au niveau de Mar Me-

nor dans la région de Murcie et à Alfacs en Catalogne. Il semblerait que l'isolation et peut-être la baisse de salinité dans les lagunes limitent la propagation du parasite. Le littoral d'Occitanie est donc une zone particulièrement intéressante pour étudier les populations de grandes nacres car il est constitué de près de 50 % de lagunes. De plus, depuis une dizaine d'années, des observations signalent des densités particulièrement importantes de grandes nacres dans ces lagunes mais également dans les ports. Ces nouvelles populations suscitent particulièrement l'intérêt car, outre le fait qu'elles causent d'importants problèmes de gestion dans les ports, elles pourraient peut-être permettre d'éviter une extinction locale de l'espèce.

Dans le cadre d'un programme commandité par la région Occitanie, le CRIOBE étudie la structure et la dynamique des populations de grandes nacres le long du littoral occitan.

En complément, il est également prévu une analyse de la connectivité entre les différentes populations. *P. nobilis* possède une phase de vie adulte sédentaire mais

produit des larves pélagiques qui vont se disperser au gré des courants avant de s'installer dans un milieu. Cette phase permet donc les échanges de larves et de patrimoine génétique entre les populations. Le degré de connectivité entre les différentes populations conditionne donc grandement leur persistance dans le temps et leur résilience en cas de perturbation locale. Aujourd'hui, de nouvelles approches basées sur des analyses de parenté grâce à l'utilisation de marqueurs génétiques très polymorphiques, permettent d'estimer les patrons de dispersion larvaire de façon très fiable. Des analyses génétiques, réalisées à partir de prélèvements non létaux de tissus, sont actuellement en cours afin d'estimer les liens entre les populations lagunaires, portuaires et celles prélevées dans les habitats naturels d'origine. Si des larves produites par les populations lagunaires sont exportées vers les populations en mer, les résultats de l'étude pourraient être utilisés afin d'adapter les stratégies de conservation et éviter la disparition locale de l'espèce.

© photo E. Nebot
 Grande nacre infectée par un parasite du genre *Haplosporidium*. L'animal est ramassé au fond de sa coquille et ne se ferme pas à l'approche du danger.





© photos L. Zamora

À la rescousse de l'anguille européenne, une espèce en danger critique d'extinction

Quatre organismes de recherche français, dont l'UPVD, se mobilisent dans le cadre d'un projet européen.

.....
Laboratoire CEFREM
 par **Elisabeth FALIEUX, Elsa AMILHAT**
Enseignants-chercheurs UPVD
Gaël SIMON
Assistant-ingénieur CNRS
 et **Grégory LAMBERT**
IRSTEA Bordeaux

L'anguille européenne, présente du Sud du Maroc au Nord de l'Islande et largement distribuée en Méditerranée, est menacée par le changement climatique, les barrages, la pollution, la surpêche et le braconnage. Ainsi, pour 100 civelles arrivant en Europe au début des années 1980, les scientifiques estiment que huit seulement arrivent sur nos côtes aujourd'hui.

Espèce emblématique dans le Sud-Ouest de l'Europe, et cruciale pour la pêche artisanale locale notamment dans les lagunes méditerranéennes, l'anguille européenne est aujourd'hui en danger critique d'extinction. C'est la raison pour laquelle l'université de Perpignan, l'Irstea Bordeaux, l'Inra Nouvelle-Aquitaine et l'AFB se mobilisent pour développer des outils pour la conservation,

Espèce emblématique dans le Sud-Ouest de l'Europe, et cruciale pour la pêche artisanale locale notamment dans les lagunes méditerranéennes, l'anguille européenne est aujourd'hui en danger critique d'extinction.

la restauration de la population des anguilles et de leur milieu dans le cadre du projet européen SUDOANG. Ce projet est piloté par l'AZTI, un institut de recherche du pays basque espagnol.

SUDOANG est financé par le Programme Interreg SUDOUE (Sud-Ouest de l'Europe) du Fonds Européen de Développement Régional (FEDER). Pour mieux appréhender les enjeux, ce projet réunit l'ensemble des acteurs impliqués dans la gestion de l'anguille en Espagne, en France et au Portugal : 10 centres de recherche, 27 partenaires associés parmi lesquels des gestionnaires locaux, régionaux et nationaux, des ONG et des organisations de pêcheurs professionnels telles que le Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins d'Occitanie. Malgré la mise en place en 2007 d'un règlement européen (CE 1100 / 2007) imposant à chaque état membre de prendre des mesures de conservation, l'espèce n'a montré aucun signe de récupération. L'absence de coordination à grande échelle est sans doute l'une des causes de ce relatif échec.

Les objectifs du projet sont :

- ▶ Fournir aux gestionnaires de la zone SUDOUE (Sud-Ouest de l'Europe) des outils communs basés sur les derniers résultats scientifiques pour les aider dans leurs prises de décision. Une application web interactive facile à utiliser sera créée. Elle permettra d'étudier facilement les différents indicateurs produits par le projet et d'explorer les effets de différents scénarios de gestion.
- ▶ Coordonner un réseau SUDOUE de suivi de l'anguille pour améliorer les connaissances sur l'écologie de l'espèce. Ce réseau est

composé de 10 bassins versants, deux du côté Méditerranée, dont la lagune de Bages-Sigean et le fleuve Ter, et huit du côté Atlantique (Nivelle, Oria, Nalón, Ulla, Miño, Mondego, Guadalquivir, Guadiaro).

▶ Explorer de nouvelles approches de gestion qui auront pour résultat la mise en place d'une plateforme de concertation pour une gestion de l'anguille efficace à l'échelle de la zone SUDOUE.

▶ Renforcer la coopération des acteurs concernés par l'anguille et son habitat dans la zone SUDOUE. Cette coopération permettra :

- d'améliorer le dialogue et la capitalisation des connaissances et expériences, conditions indispensables à la conservation de l'anguille et de ses habitats ;
- de préserver une exploitation de l'espèce à long terme pour le maintien des emplois, des modes de vie et des cultures liés à sa pêche ;
- de coordonner le travail des différentes polices impliquées dans la lutte contre le braconnage et le commerce illégal.

Les enseignants-chercheurs et chercheurs du laboratoire CEFREM sont mobilisés sur ce projet pour développer entre autres des systèmes de suivi des différents stades d'anguilles sur le site pilote de Bages-Sigean. Bages-Sigean fait partie des nombreuses lagunes du pourtour méditerranéen français où la pêche à l'anguille représente une ressource économique et culturelle importante. 17 pêcheurs professionnels y pratiquent actuellement une pêche traditionnelle. Les premiers résultats sont attendus courant 2019.



© photo Mairie Port la Nouvelle

Pour répondre aux impératifs de durabilité en agriculture, il est indispensable de renforcer les pratiques susceptibles d'atténuer les effets de l'empreinte écologique.

Modélisation de l'investissement en capital sol et durabilité des systèmes de production agricole méditerranéens



Laboratoire LAMPS
par Mohamed Ayman
AIT EL MEKKI
Doctorant UPVD
et Walter BRIEC
Professeur UPVD

La durabilité des systèmes de production agricole est essentielle d'un point de vue à la fois économique et environnemental. Sa question se pose avec d'autant plus d'acuité dans les régions présentant une grande sensibilité aux conditions climatiques avec des ressources relativement limitées en terres fertiles. C'est précisément le cas de tout le pourtour méditerranéen. Dans cette zone géographique, l'amélioration de la productivité est essentiellement basée sur l'intensification des pratiques agricoles faisant appel, notamment, à l'utilisation des engrais chimiques et des pesticides avec des conséquences néfastes sur l'environnement.

Pour répondre aux impératifs de durabilité en agriculture, il est donc indispensable

de renforcer les pratiques susceptibles d'atténuer les effets de l'empreinte écologique. Un des moyens envisageables est de préserver la ressource en sol par une meilleure endogénéisation des pratiques et une gestion respectueuse de l'environnement. L'idée est de pouvoir exploiter cette ressource en sol en visant le maintien, voire l'amélioration de sa fertilité. Cela suppose également d'assurer une production profitable sans avoir recours à des procédés susceptibles d'appauvrir la qualité des ressources. Il s'agit donc de considérer le sol comme un capital constitué d'attributs physiques, chimiques et biologiques permettant de jouer ses multiples rôles agronomiques dans les systèmes de production agricole durables (Briec, Chambers & Mekki, 2018). Laouina (2010) parle de la viabilité des systèmes d'exploitation et met l'accent sur une gestion intégrée des constituants

de ce système, dont le sol, en ayant pour objectif de lutter contre sa dégradation notamment en région méditerranéenne.

A partir de ces considérations, Briec, Chambers & Mekki (2018) considèrent que la gestion du capital sol peut être envisagée dans le cadre de l'investissement productif. En effet, toute dégradation du sol par des pratiques d'intensification écologiquement inappropriées a des effets néfastes sur les niveaux de profitabilité futurs. Inversement, le recours à un système de rotation des cultures respectant le référentiel technico-économique efficient des systèmes de production sera bénéfique aux producteurs. En conséquence, le capital sol correspond à un intrant intermédiaire pris en compte d'un point de vue dynamique. En même temps, à travers les rotations qui peuvent être adoptées dans le système

des cultures, le capital sol peut générer un stock en éléments physiques, chimiques et biologiques capable de substituer une partie des apports nécessaires à la production (*i.e.* travaux du sol, eau, fertilisants chimiques, produits de protection phytosanitaires, désherbants chimiques, *etc.*) avec des effets positifs sur la gestion des coûts.

L'objectif de ce travail est de modéliser la relation entre la durabilité des systèmes de production agricole et les mesures appropriées de l'investissement dans le capital sol à travers les rotations des cultures. L'approche se base sur une représentation dynamique de la technologie de production multi-produits, combinant les quantités produites des cultures et le capital sol tout en respectant les restrictions théoriques, d'une part, et les exigences de la technologie de production durable, d'autre part. Cela signifie qu'outre la conformité

des relations entre les *outputs* des systèmes de rotation pratiqués et les quantités d'intrants utilisés dans les processus de production, cette modélisation prend en compte les aspects écologiques et environnementaux (dégradation de la fertilité des sols, pollution de la nappe phréatique, impact sur les populations des insectes auxiliaires, *etc.*) qui déterminent la frontière de production durable des exploitations agricoles. Elle intègre une procédure de mesure de l'efficacité et de la performance des exploitations agricoles. Ce modèle est ensuite appliqué à un échantillon d'exploitations agricoles marocaines, typiques de l'environnement méditerranéen pour lequel ces questions sont cruciales (Laouina, 2010).

Bibliographie :

W. Briec, R. G. Chambers and Mekki, (2018), *Modeling sustainable agricultural production systems* (Document de travail).
A. Laouina, (2010), *Le développement agricole durable et la conservation des ressources naturelles au Maroc*, Page 11-20.



IncrémentTrail :

le nouveau régime méditerranéen

Laboratoire LEPSA
par **Grégory DOUCENDE,**
Maître de conférences UPVD
et **Anthony MJ SANCHEZ,**
Maître de conférences UPVD

Le *trail running* est une discipline sportive de course en montagne englobant un large spectre de courses entre 10 et 100 km avec différents dénivelés possibles. Cette discipline connaît aujourd'hui un essor important notamment en région méditerranéenne de par sa proximité avec les massifs pyrénéens. Les travaux scientifiques visant à mieux comprendre les ressources physiologiques et mécaniques dans une situation de *trail running* émergent également. En pratique, l'entraînement du *trai-*

ler reste cependant souvent « anarchique » et des travaux sont nécessaires pour élaborer des intensités de travail et optimiser l'entraînement.

L'organisme est capable de s'adapter face aux contraintes qui lui sont imposées et pour optimiser les gains de performance, il est nécessaire d'établir des charges d'entraînement adéquates et individuelles. Deux paramètres majeurs à l'entraînement sont la consommation maximale en oxygène (VO_2max) que l'organisme peut

Le *trail running* est une discipline sportive de course en montagne englobant un large spectre de courses entre 10 et 100 km avec différents dénivelés possibles. Cette discipline connaît aujourd'hui un essor important notamment en région méditerranéenne de par sa proximité avec les massifs pyrénéens.

atteindre et sa capacité à maintenir une fraction élevée de cette VO_2max lors d'un effort. Un travail en cours a pour objectif de valider l'atteinte de critères de maximalité lors d'un test spécifique au *trail running* afin de pouvoir établir des intensités de travail rapportées à leurs critères maximaux. Ce test nommé l'« IncrémentTrail » (1), a pour objectif de mesurer une VO_2max spécifique à l'activité afin de pouvoir calculer des intensités de travail par la suite. Il s'agit de commencer à courir sur un tapis roulant motorisé à 500 m.h⁻¹, puis d'augmenter la vitesse de course progressivement (100 m.h⁻¹ toutes les minutes) avec une pente positive constante de 25 %, ce qui potentialise certes le régime de contraction musculaire « concentrique », plutôt coûteux en énergie, mais se rapproche plus de la réalité de terrain pour un coureur de *trail*. La vitesse était ainsi augmentée jusqu'à épuisement et donc jusqu'à l'atteinte d'une « vitesse maximale ascensionnelle ». La question qui se pose est alors la suivante : ce test est-il réellement « maximal » ? Cette étape étant nécessaire en vue d'établir des charges de travail optimisées.

Afin de répondre à cette question, les athlètes ont réalisé un second test connu de la littérature pour permettre l'atteinte de VO_2max . Il s'agissait d'un test supra-maximal réalisé à 105 % de la vitesse correspondant à la VO_2max obtenue lors du test précédent. Il était donc question de comparer plusieurs paramètres entre les deux tests : les VO_2max nécessairement, mais aussi la ventilation maximale, la fréquence cardiaque maximale, un paramètre subjectif qui est le ressenti de la « maximalité de l'effort » par l'athlète, et les taux de lactates sanguins produits par la dégradation des sucres dans le muscle.

Les analyses statistiques ont permis de mettre en évidence que les valeurs des paramètres mesurés étaient strictement identiques entre les deux tests. Ce qui permet d'affirmer que l'IncrémentTrail est bien un test de puissance aérobie maximal permettant d'atteindre l'épuisement. Au cours de ce test et grâce au caractère progressif démontré à l'aide d'outils statistiques, il est possible de déterminer ce qu'on appelle les « seuils ventilatoires ». Ces seuils corres-

pondent à une cassure dans l'évolution du débit ventilatoire et sont caractérisés par une augmentation brutale du débit ventilatoire. Des zones de travail peuvent ainsi se dessiner afin de calibrer des intensités d'entraînement sous-maximales, ce qui représente un point clé de cette étude en matière d'application chez l'athlète.

Perspectives

Plusieurs perspectives d'études peuvent être proposées en termes d'optimisation de la performance en *trail running*. Des travaux destinés à évaluer l'impact du type de chaussures sur les variations du coût énergétique selon le dénivelé (positif et négatif) sont par exemple nécessaires afin d'optimiser l'entraînement, potentialiser la performance des coureurs et les régimes de contraction musculaires (concentrique VS excentrique ayant un fort impact sur le coût). Des perspectives liées aux impacts des pratiques de montagne, mais à des vitesses plus faibles, sont également à dessiner dans le domaine de la santé.

Financement

UPVD - Salomon - Matsport

Références

- (1) Doucende G et al. *Biomechanical adaptation of preferred transition speed during an incremental test in a gradient slope*. *Comput Methods Biomech Biomed Engin.* 2017;20(sup1):69-70. doi:10.1080/10255842.2017.1382865
- (2) Sanchez AMJ et al. *Occurrence of a VO_2 slow component during intermittent exercises performed at VO_{2peak}* . *Science & Sports.* 2018;33(1):e9-e17.



Comment perçoit-on le monde naturel qui nous entoure, puisqu'il est à la fois réalité physique et intégration conceptuelle, représentation mentale ?

Perception et environnement

Laboratoire CRESEM
par Jean-Louis OLIVE
et Nathalie SOLOMON
Professeurs UPVD

Le Centre de Recherches sur les Sociétés et Environnements en Méditerranées (CRESEM) aborde nombre de problématiques qui touchent les pays et sociétés du pourtour méditerranéen, au travers d'une multitude de corpus. Les contacts culturels, en particulier dans le domaine linguistique (apprentissage des langues, insertion culturelle), sont étudiés à la fois par les linguistes et les sociolinguistes, mais aussi à travers le prisme de l'histoire du droit et de la francophonie. La littérature de ces espaces, très riche et variée, est abordée à la fois dans sa dimension poétique et dans le rapport que l'auteur et ses lecteurs entretiennent avec leur environnement. Les patrimoines matériels et immatériels sont observés à travers soit des institutions spécialisées (musée, mémorial, paysages), avec une réflexion sur les processus de médiation développés, essentiels pour assurer la préservation de l'ensemble de ces biens, soit par la recherche fondamentale sur des patrimoines en péril ou méconnus. Enfin, les enjeux de développement durable sont également au cœur des réflexions tout comme la valorisation historique de nos territoires et l'étude des sociétés qui y vivent.

Dans cette perspective, le colloque organisé du 21 au 23 novembre 2018, « Dispositifs de perception et environnements : mondes humains et non-humains », par les enseignants-chercheurs du CRESEM permettra de confronter les réflexions de scientifiques issus de disciplines différentes, autour des notions conjointes de « perceptions et environnements ». Comment perçoit-on le monde naturel qui nous entoure, puisqu'il est à la fois réalité physique et intégration conceptuelle, représentation mentale ? On interrogera aussi la perception non-humaine de l'environnement : celle des animaux, des plantes... Ces questions touchent autant les sciences (du cerveau,

de la biologie, du climat...) que les arts (représentations figurées ou littéraires), la réflexion critique sur nos moyens de perception et d'analyse (sémiotique, philosophie...), l'histoire de ces questionnements, et le rôle de la société dans l'évolution de ces questionnements.

La perception de l'environnement a en effet une histoire et une géographie, mais si on doit tenir compte de ces préalables, il ne faut pas oublier que la notion de perception est à élaborer et à adapter en fonction de la nature de l'objet qu'elle se propose d'étudier. Les apports récents de l'anthropologie, du côté des sciences humaines, et de l'éthologie animale et végétale, du côté des sciences expérimentales, sont en train de bouleverser de fond en comble notre

“ On interrogera la perception non-humaine de l'environnement : celle des animaux, des plantes... Ces questions touchent autant les sciences (du cerveau, de la biologie, du climat...) que les arts (représentations figurées ou littéraires), la réflexion critique sur nos moyens de perception et d'analyse (sémiotique, philosophie...), l'histoire de ces questionnements, et le rôle de la société dans l'évolution de ces questionnements. ”

vision du monde et, partant, nos rapports avec les myriades d'êtres avec lesquels nous partageons nos corps, nos milieux et notre planète. Il nous semble que ces apports appellent à une reconsidération épistémologique profonde qui touche à tous les domaines de l'enquête scientifique. Car si la biologie et la physique de la perception (humaine et non-humaine) relèvent bien évidemment de la science des labo-

ratoires, il ne faut pas oublier la part de culture qui informe tout message sensoriel. L'étude des cultures humaines, animales et végétales mobilise des méthodes et des concepts qui proviennent essentiellement des sciences humaines et sociales.

Nous employons l'expression « dispositifs de perception » afin de souligner le fait que la perception n'est jamais entièrement « naturelle » ; elle est toujours médiatisée par des images-souvenirs, des représentations culturelles, des catégorisations conceptuelles et linguistiques. « Dispositifs » met l'accent sur la part d'artifice dans la nature, car l'artifice n'est nullement le propre de l'Homme. Et même le verbe, ce dispositif de perception hyperpuissant, est moins humain qu'on ne le dit, tout comme les animaux et les plantes sont moins silencieux qu'on ne le croit. La bio-sémiotique est l'avenir de la linguistique.

Parmi les dispositifs, il y a ceux dont la raison d'être est précisément d'interroger et de renouveler la perception que nous avons des choses : les arts. Lorsque Francis Ponge mobilise les ressources de la langue française pour recréer un galet ou une crevette, il apporte à la chose un corrélat verbal qui en affine et subvertit notre perception antérieure.

Enfin, si nous mettons un « s » à « environnement », c'est pour tordre le cou à la vieille métaphysique universaliste qui nie la pluralité des mondes, la multiplicité irréductible des milieux et la variabilité infinie du « multivers ».

L'espace méditerranéen est justement un lieu méridien où se développent des modes de vies, des pensées, des formes transversales, et où se déploient nos perspectives pluridisciplinaires de recherche, c'est un laboratoire vivant où peuvent précisément s'observer ces « multivers ».

Dans la région Occitanie et tout autour du bassin méditerranéen, la culture des huîtres est directement affectée par l'urbanisation et les activités humaines, intenses en zone côtière, qui dégradent la qualité des eaux.

L'ostréiculture méditerranéenne et le risque infectieux

Dynamique aquatique des pathogènes d'huîtres dans la lagune de Thau

Laboratoire IHPE
par Delphine DESTOUMIEUX-
GARZON
Chercheur CNRS
Jean-Luc ROLLAND
Chercheur Ifremer
et Carmen LOPEZ-JOVEN
post-doctorante IFREMER

Les mollusques sont des espèces endémiques des écosystèmes marins côtiers et leur exploitation représente depuis l'antiquité une ressource économique et alimentaire importante pour les sociétés humaines qui se concentrent en zones côtières. Par leur biologie, ces organismes filtreurs ont la capacité d'accumuler microbes et toxines. Ainsi leur vie dépend-elle directement de la qualité microbiologique et toxicologique des eaux dans lesquelles ils vivent. L'exploitation des ressources

conchylicoles est ainsi soumise à de nombreuses menaces. Dans la région Occitanie et tout autour du bassin méditerranéen, elle est directement affectée par l'urbanisation et les activités humaines, intenses en zone côtière, qui dégradent la qualité des eaux. Y contribuent notamment les peintures *antifouling* des bateaux dans les ports de plaisance et de commerce, et les eaux de ruissellement porteuses de micro-organismes, nutriments, fertilisants et pesticides issus du bassin versant, qui vont modifier les dynamiques écologiques dans les écosystèmes marins exploités pour

l'élevage des mollusques. Des phénomènes d'eutrophisation induisent ainsi régulièrement des mortalités chez ces espèces. Mais les principales menaces qui planent sur la conchyliculture méditerranéenne sont liées à des phénomènes écologiques de grandes ampleurs. Ainsi, des efflorescences d'algues toxiques conduisent régulièrement à des interdictions de vente de mollusques. A cela s'ajoutent des surmortalités massives d'huîtres juvéniles dont l'origine infectieuse est aujourd'hui avérée, et qui induisent des pertes massives dans les élevages.

A ce jour, les pathogènes qui ont pu être associés à cette maladie saisonnière sont un virus *Herpès* nommé OsHV-1 μ Var et des bactéries, nommées vibrions, appartenant aux espèces *Vibrio tasmaniensis* et *Vibrio crassostreae*. De manière surprenante, alors que les vibrions représentent une menace majeure pour l'aquaculture dans le monde entier, les facteurs environnementaux qui déterminent la dynamique de ces agents pathogènes dans les zones ostréicoles touchées n'ont été que peu étudiés. On ignore notamment les réservoirs environnementaux des populations de vibrions pathogènes pour les huîtres, les

facteurs environnementaux favorisant leur transmission aux huîtres et l'influence de l'ostréiculture sur la persistance de ces pathogènes.

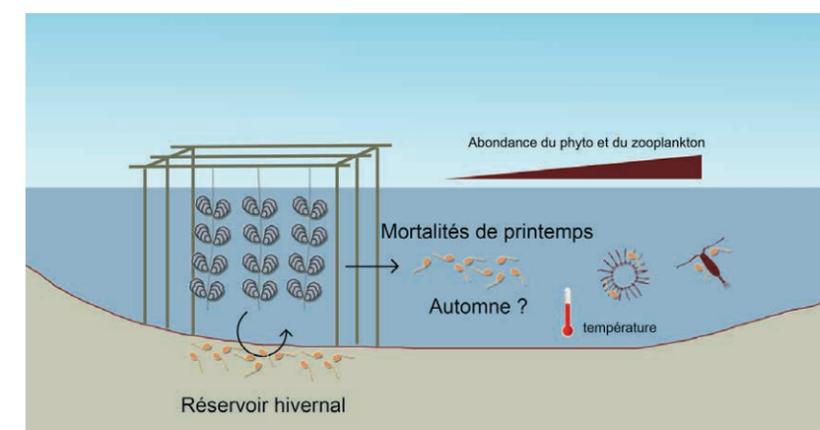
.....
" L'étang de Thau est un écosystème marin méditerranéen support d'une forte activité ostréicole : 20 % de sa surface totale est dédiée à la culture de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Il est soumis à une récurrence importante d'efflorescences algales toxiques (*Alexandrium catenella*) et depuis dix ans, à des surmortalités massives d'huîtres juvéniles au printemps et en automne lorsque la température de l'eau de mer se situe entre 16 et 24°C. "

.....

Pour répondre à ces questions, un suivi a été effectué sur deux ans (2013-2014) des vibrions potentiellement pathogènes pour l'huître *C. gigas* dans l'eau et le sédiment de la lagune de Thau à l'intérieur et à l'extérieur des fermes ostréicoles. Pour mettre en évidence les relations potentielles avec

les principales espèces planctoniques ainsi qu'avec les paramètres environnementaux de la colonne d'eau, un suivi mensuel des espèces de phyto, micro et meso-zooplankton de la température et de la salinité de l'eau a été effectué.

Les résultats montrent d'une part que les pathogènes des espèces *V. crassostreae* et *V. tasmaniensis* suivent des dynamiques environnementales complexes et distinctes influencées respectivement par la température et la composition du plancton. D'autre part, ils révèlent un fort enrichissement en pathogènes dans le sédiment sous les tables ostréicoles en hiver. Ceci suggère que les sédiments des parcs ostréicoles constituent un réservoir hivernal pour les vibrions pathogènes d'huîtres pouvant participer à la persistance de ces pathogènes dans la lagune de Thau. Par l'importance économique et écologique qu'il y a à identifier les facteurs contrôlant la dynamique environnementale des vibrions pathogènes des huîtres, les principales conclusions de ce travail demandent aujourd'hui à être renforcées par un suivi à l'échelle de l'ensemble de la lagune de Thau en tenant compte de l'hydrodynamique de cet écosystème.



Dynamique des vibrions pathogènes d'huîtres dans la lagune de Thau

Financement
IFREMER Ecosphère Continentale et Côtière program (EC2CO) (Intervibrio project 2013-2014), Union européenne (Vivaldi, grant number 678589)



Quand les universités privées investissent les marges urbaines et rurales du Liban

Beyrouth

Laboratoire ART-DEV
par Kevin MARY
Maître de conférences UPVD

Un projet de recherche a été initié pour comprendre et analyser les dynamiques propres à cette nouvelle vague d'universités privées qui constituent aujourd'hui l'essentiel de l'offre d'enseignement supérieur au Liban.

Le Liban compte aujourd'hui une quarantaine d'universités réparties sur un territoire de la taille de la Corse. Une telle densité de l'offre d'enseignement supérieur sur un territoire de cette taille est assez exceptionnelle mais s'explique à la fois par l'ancienneté de la présence d'universités et sa position géographique stratégique. En effet, le Liban est le premier pays arabe à avoir connu un enseignement supérieur moderne (Kabbanji, 2012), grâce à la présence relativement ancienne - dès le 19^{ème} siècle - des missions religieuses chrétiennes œuvrant dans le domaine de l'éducation. Le Liban se situe en outre à un carrefour entre l'Europe et l'Afrique d'une

part et la péninsule arabique d'autre part. Cette position géographique permet à ce pays d'attirer des étudiants étrangers et, par l'assise régionale de ses universités parmi les plus anciennes du Proche-Orient, d'être un espace de formation pour une main-d'œuvre qualifiée qui cherchera à s'employer dans les pays du Golfe. Si la carte des universités libanaises a relativement peu évolué entre le 19^{ème} siècle et la fin du 20^{ème} siècle¹, la donne a été changée par l'arrivée de plusieurs dizaines d'universités privées, dans le contexte de la politique néolibérale des gouvernements successifs dirigés par Rafiq Hariri depuis 1992.

Un projet de recherche a été initié entre le laboratoire ART-DEV et une équipe de l'IRD de l'université Paris Descartes² pour comprendre et analyser les dynamiques propres à cette nouvelle vague d'universités privées qui constituent aujourd'hui l'essentiel de l'offre d'enseignement supérieur au Liban. Une première cartographie de l'offre universitaire a été produite suite à un financement UPVD en 2017, qui a permis un premier terrain de recherche et dont il est possible de tirer plusieurs enseignements qui constituent autant de pistes de réflexion dans le cadre de ce projet de recherche.

Cette carte permet de se rendre compte de

la densité de l'implantation d'universités sur le territoire libanais. Si l'offre d'enseignement supérieur apparaît logiquement plus importante dans et autour des centres urbains du pays, la carte montre cependant qu'elle se déplace et se relocalise également vers les marges urbaines et rurales du Liban.

Les universités « historiques » libanaises mentionnées plus loin se situent toutes à Beyrouth ou dans sa périphérie. Avant les années 2000, seule l'université publique (UL) possédait des antennes réparties sur l'ensemble du territoire. Au début des années 2000, les nouvelles universités privées vont suivre cette logique - dans une stratégie de captation de nouvelles populations étudiantes - et vont commencer

à ouvrir des antennes dans différentes régions plus rurales du pays. À titre d'exemple, la *Lebanese International University* (LIU) créée en 2001 et où sont inscrits plus de 20 000 étudiants, a développé 9 antennes au Liban, dont certaines dans les espaces ruraux du nord, de l'est ou encore du sud du pays. La *Modern University of Business and Sciences* (MUBS) créée en 2000, quant à elle, a ouvert différentes antennes dans la région au sud de Beyrouth, où réside une part importante de la population Druze du Liban.

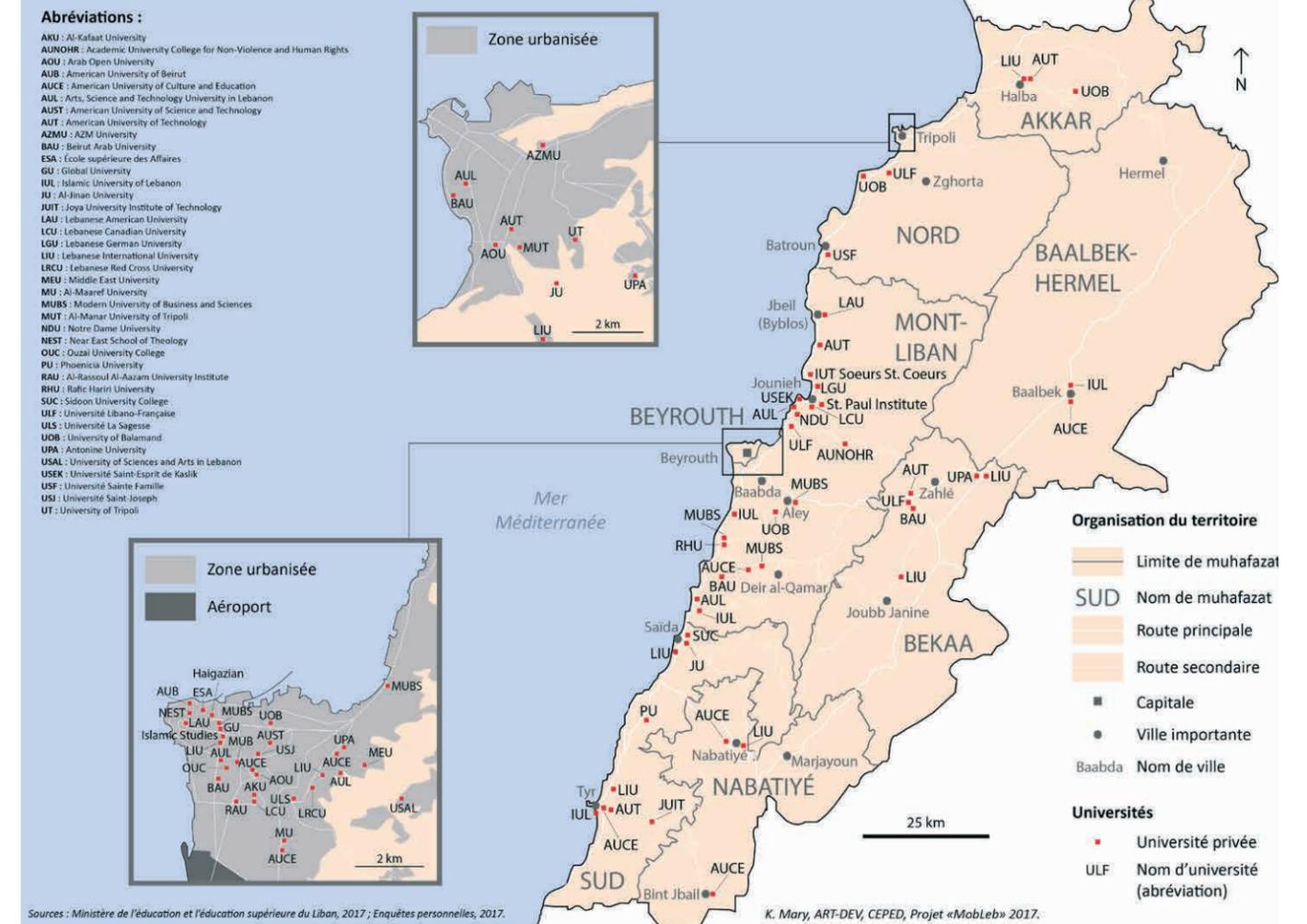
Une seconde logique se dessine dans les espaces urbains et en particulier à Beyrouth où les nouvelles universités se développent dans le sud de l'agglomération,

à proximité de l'aéroport international de la ville. Cette implantation se réalise ainsi dans les marges de la capitale libanaise au cœur des quartiers où résident les populations chiïtes, historiquement marginalisées.

1 Elles sont alors au nombre de 6 et se greffent à l'équilibre socio-confessionnel du pays : l'Université américaine de Beyrouth (AUB) et l'Université Saint-Joseph (USJ) sont les deux plus anciennes et liées aux missions chrétiennes. En 1951, l'Université libanaise (UL), seule université publique, est créée. À partir des années 1960, deux nouvelles universités sont créées : l'Université arabe de Beyrouth qui constitue un contre-poids « islamique » à la domination de l'AUB et l'USJ et l'Université Saint Esprit (USEK) qui marque l'entrée des moines maronites libanais dans le monde universitaire. Enfin, l'Université Notre-Dame (NDU) est autorisée en 1987 et relève de la congrégation des frères maristes.

2 Intitulé « MobLeb » : Mobilités académiques et nouvelles dynamiques de l'enseignement supérieur au Liban.

Les universités privées au Liban (2017)

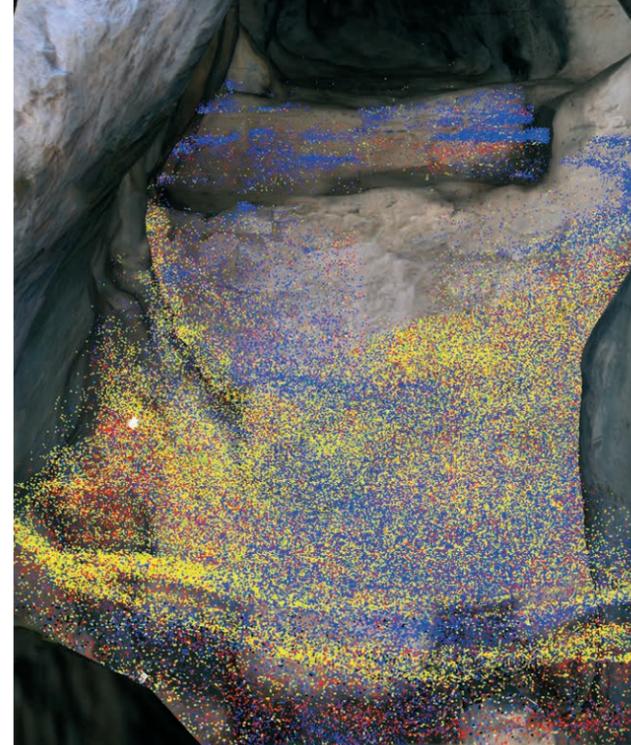




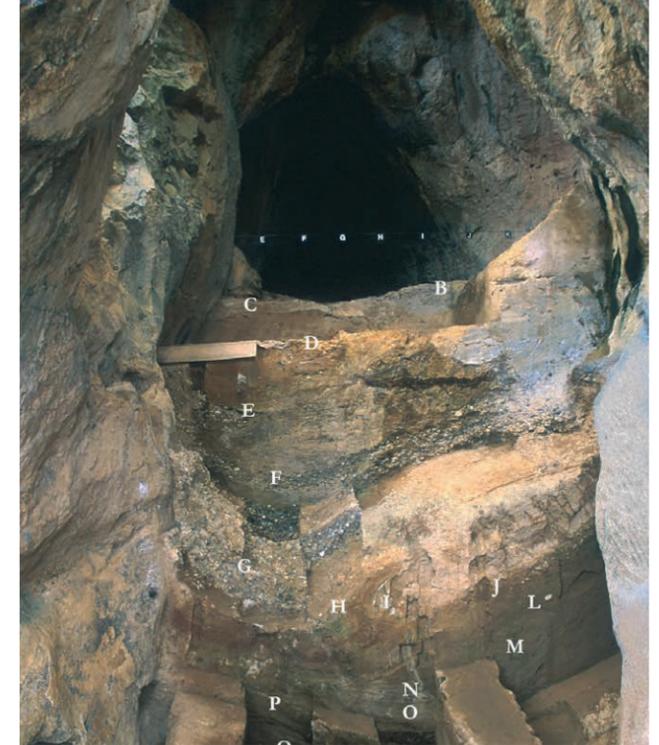
A l'heure où démarre la 54^{ème} année de fouilles à la Caune de l'Arago, les données sont toujours enregistrées selon le même modèle. Toutes ces données représentent une masse d'informations pluridisciplinaires de type BIG DATA.



Scan 3D de la surface de l'unité archéostratigraphique G (© photo D. Dainat CERP)



Localisation des 400 000 objets archéologiques coordonnés dans le modèle 3D de la Caune de l'Arago



Le remplissage archéologique de la Caune de l'Arago (© photo D. Dainat CERP)

Un projet novateur sur les premiers peuplements préhistoriques acheuléens en Méditerranée

Laboratoire HNHP
par Sophie GRÉGOIRE
Maître de conférences UPVD

Il y a environ 550 000 ans à Tautavel, un groupe de chasseurs venant du nord, s'installe dans la Caune de l'Arago pour quelques semaines. Ils préparent une chasse. À cette époque, la région est couverte par une steppe où règne un climat particulièrement froid. C'est l'automne. Les rennes se préparent à migrer. Le jour où les rennes traversent le Verdoube, ils tuent quarante têtes. Dans la journée, ils dépècent

et montent les quartiers de renne dans la grotte pour préparer la viande à la conservation, la soustraire aux prédateurs et s'en repaître. Après que la viande ait séché, ils repartent rejoindre leur clan...

Ce scénario est sans doute l'une des hypothèses que les chercheurs en préhistoire peuvent proposer pour expliquer une scène archéologique mise au jour dans la Caune de l'Arago à Tautavel dans le niveau L.

Le projet

Il y a 50 ans, un peu avant la naissance de l'informatique, Henry de Lumley et ses collaborateurs, mettaient au point une méthode d'enregistrement des données de fouille. Conçue de façon visionnaire, elle allait permettre aux futures générations de chercheurs en préhistoire de faire parler les sols archéologiques comme s'ils les fouillaient à leur tour (modèles 3D) et d'utiliser l'intelligence artificielle pour reconstituer le passé. A l'heure où démarre la 54^{ème} année de fouilles à la Caune de l'Arago, les données sont toujours enregistrées selon le même modèle. Toutes ces données représentent une masse d'informations pluridisciplinaires de type BIG DATA.

La difficulté pour les archéologues, à gérer et à croiser des données pluridisciplinaires, hétérogènes, parcellaires, disponibles en quantités diverses et pour une partie d'entre elles ayant un caractère hypothétique, a motivé la création d'une plateforme numérique de recherche mettant en relation IA¹ et environnements virtuels immersifs².

Prédire le Passé

En cours de création, la plateforme SCHOPPER³ sert déjà à l'évaluation et à la validation d'hypothèses sur les comportements paléolithiques à la Caune de l'Arago, « laboratoire » idéal pour mettre au point ce système novateur. Elle fonctionne avec plusieurs algorithmes de *Machine Learning*, adaptés aux types de données traitées et aux prédictions réalisées. Les apprentissages s'effectuent à partir de référentiels actuels pour les prédictions et les modélisations des paléoenvironnements et sur des modèles archéologiques, ethnologiques ou des « Dire d'experts » lorsque ces derniers font défauts, pour les prédictions et les modélisations des comportements.

Les types d'activités réalisées dans le site, la durée et la fréquence d'occupation de chaque niveau d'habitat, la taille des groupes humains, leur degré de mobilité, leur organisation sociale... sont les questions qui sont en cours de test. Des résultats commencent à être obtenus par apprentissage et questionnement successifs et itératifs et grâce à la visualisation vir-

tuelle des hypothèses et à l'interaction du chercheur avec le système pour modifier et faire évoluer des paramètres et analyser les variations produites.

L'analyse des interactions chercheurs/mondes virtuels *via* des dispositifs immersifs, ainsi que la numérisation de connaissances préhistoriques et leur exécution sous la forme de simulation comportementale en réalité virtuelle sont également un enjeu de ce projet de recherche multidisciplinaire poursuivi par le laboratoire CEROS⁴ de l'Université de Nanterre, membre du consortium.

Financement

Le projet SCHOPPER, piloté par l'UMR HNHP, est financé par l'ANR (ANR-16-C8-0007)

1 Ce volet est géré par l'un des membres du consortium du projet : la start-up CRAFT AI., Microsoft AI Factory, Station F 75013 Paris

2 Ce volet est géré par l'un des membres du consortium du projet : la start-up Immersion Tools, 30 avenue des Châtelets 22959 Trégueux

3 Acronyme de « Simulation des Comportements des Hommes Préhistoriques dans leurs Paléo-Environnements pour la Recherche ». Sans le S, le chopper est également le nom du premier outil de l'humanité.

4 Centre d'études et de recherches sur les organisations et les stratégies, UMR 8533, Université Paris Nanterre

De nombreuses études révèlent la présence de composés pharmaceutiques dans les effluents de stations d'épuration qui sont récalcitrants aux procédés biologiques de dépollution. L'idée directrice est d'utiliser l'énergie solaire comme moteur de traitement.

L'énergie solaire pour traiter les eaux usées

© photo Danielle Delle-Donne

Laboratoire PROMES
par Gaël PLANTARD
Professeur UPVD,
avec Carole BLANCHARD
Professeur UPVD
Unité de recherche BAE-LBBM

La gestion des pollutions est aujourd'hui une thématique stratégique, à la fois économique et sociétale et surtout environnementale forte qui doit répondre aux enjeux de prévention et de protection des milieux naturels, en particulier de l'eau. Même si la directive cadre sur l'Eau impose aux pays européens le suivi de substances qualifiées de « polluantes prioritaires », de nombreuses campagnes de mesure menées par l'INERIS et l'ONEMA ont mis en exergue une pollution diffuse mais persistante des

eaux superficielles par des composés appelés polluants émergents. Ces polluants se retrouvent à l'état de traces (ng/L à µg/L) en sortie des stations d'épuration car ils sont résistants aux procédés biologiques classiques (boues activées) de traitement des eaux usées. Parmi ces micropolluants, les résidus médicamenteux ont fait l'objet d'un intérêt croissant durant les deux dernières décennies. De nombreuses études révèlent la présence de composés pharmaceutiques dans les effluents de stations d'épuration, comme la carbamazépine, particulièrement récalcitrante aux procé-

dés biologiques, ou comme l'ibuprofène, plus facilement dégradable mais présent en forte concentration dans les eaux usées. Actuellement, une vigilance accrue vis-à-vis des polluants émergents, en particulier les produits pharmaceutiques et résidus médicamenteux est recommandée. Il est donc primordial d'anticiper la mise à jour de la liste des polluants prioritaires de la DCE en développant des outils de détection et de dépollution adaptés à ces nouveaux polluants.

Le projet européen Innovec'EAU (SOE1/P1/F0173) a pour ambition de réaliser une étude transterritoriale concertée sur les rejets issus d'établissements pour seniors sur l'espace SUDOE¹ en collaboration avec les organismes nationaux spécialisés

dans l'accueil des personnes âgées tel que le SYNERPA² en France, L'Onada en Espagne et Santa Casa da Misericordia de Lisboa au Portugal, pour un traitement des polluants à la source avant dilution dans le réseau urbain. Il s'agit de développer un pilote innovant, durable et de faible coût, couplant un procédé biologique (BAM³) et un procédé d'oxydation solaire (POS) afin de permettre l'élimination des micropolluants pharmaceutiques émergents contenus dans les eaux usées. Pour cela, contrairement aux études précédentes, l'objectif du procédé d'oxydation n'est pas une minéralisation totale des micropolluants organiques persistants issus du BAM mais une transformation de ces micropolluants en molécules biodégradables. Ainsi, l'effluent issu du procédé d'oxydation pourra être renvoyé dans le BAM pour assurer la biodégradation des sous-produits formés. Ces procédés de traitement seront équipés d'outils analytiques performants permettant notamment d'évaluer l'efficacité du procédé photocatalytique de décontamination des eaux par le suivi des composés cibles (diclofénac, carbamazépine, ibuprofène, paracétamol, etc.) Parmi ces nouveaux outils, PROMES propose d'utiliser des biocapteurs en collaboration avec l'unité de recherche BAE-LBBM, dont les principaux atouts sont leur simplicité d'utilisation, leur portabilité, ainsi que leur capacité à donner une information en temps réel.

La thèse, financée par la Région Occitanie (50%) et l'Europe (50%), intitulée « *Composites Intégrés dans un Photo-REacteur Solaire (CIPRES) pour le traitement d'effluents d'établissement spécialisés* » s'inscrit dans cette thématique. Les travaux de recherche se focalisent sur l'association de manière

intime d'un support carboné, capable de stocker de grandes quantités de molécules et d'un matériau photosensible capable de produire des radicaux. Ces matériaux visent à répondre aux intermittences de la ressource solaire en proposant de stocker les polluants sur un matériau poreux lors des phases nocturnes ou de très faible ensoleillement afin de pouvoir les éliminer par photo-oxydation lors des phases d'irradiations. En effet, l'idée directrice consiste en la gestion locale des polluants contenus dans les effluents en utilisant l'énergie solaire comme moteur de ce traitement. Dans le but de lever ce verrou, la première étape du projet est la mise en œuvre de composites associant un photocatalyseur capable d'utiliser le rayonnement solaire pour produire des radicaux libres (molécules très réactives capables de dégrader les polluants) et un matériau adsorbant permettant le stockage des polluants lors des phases nocturnes par exemple. La deuxième étape repose sur la mesure des performances de ces composites intégrés dans un photoréacteur fonctionnant en conditions d'alimentation et d'irradiation contrôlées (une molécule sous irradiation modulée par panneau de LED). Cette étape permettra de proposer une modélisation du couplage des propriétés fonctionnelles des deux matériaux choisis (adsorption/dégradation photocatalytique). La troisième étape est la validation du concept en conditions d'alimentation et d'irradiations réelles c'est-à-dire le traitement d'effluents réels sous irradiations. Ces analyses visent à prédire les capacités de traitement des futures installations solaires.

1 SUDOE : Sud Ouest Européen

2 SYNERPA : Syndicat National des Etablissements et résidences privés pour personnes âgées.

3 BAM : Bioréacteur à membrane



Les unités de recherche

Art-Dev : Acteurs, Ressources et Territoires dans le Développement, UMR 5281 CNRS-UPVD-UPVM-CIRAD-UM
Géographie : dynamiques des territoires urbains et ruraux, aménagement durable, 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, équipe projet de l'UMR 5506 CNRS-UM
Informatique : amélioration de la qualité numérique et de la haute performance des calculs.

ENTROPIE : Ecologie marine tropicale des océans Pacifique et Indien, UMR 9220 IRD-CNRS-UR
Récifs coralliens : écologie marine tropicale Indo-Pacifique. Fonctionnement des écosystèmes marins et insulaires tropicaux, 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 pour le 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 paléocologique, 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.

MRRM : 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
PERPIGNAN
VIA
DOMITIA

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