

# UPVD RECHERCHE

Hors-série de l'Université de Perpignan # 8 - Novembre 2016

## DOSSIER **Le stress**

Edito par Mme Elisabeth BORREDON,  
Déléguée Régionale à la Recherche et  
à la Technologie de la région Occitanie

UNIVERSITÉ  
PERPIGNAN  
VIA  
DOMITIA



# Sommaire



**4** **Table ronde :**  
Être entrepreneur et enseignant-chercheur



**8** **Actu recherche :**  
Expédition scientifique dans le Pacifique Sud



**12 - 41** **Dossier spécial :**  
Le stress



**42** **Les unités de recherche de l'UPVD**

## E d i t o



### Le potentiel recherche et innovation de la région Occitanie

**La région Occitanie bénéficie d'un important potentiel en recherche et en innovation.** Les chiffres parlent d'eux même (source STRATER) :

Avec 3,7% du PIB consacrés aux dépenses de R&D en 2012, elle est la 1<sup>ère</sup> région de France pour l'effort de R&D qu'elle soit publique ou privée. L'effort de R&D y est majoritairement le fait des entreprises, du secteur aérospatial mais aussi de la chimie-pharmacie. Celui des administrations publiques (1,5 % du PIB) est aussi le plus élevé des régions françaises. Le poids des deux pôles universitaires métropolitains (Montpellier et Toulouse), le dynamisme des autres sites d'enseignement supérieur dont celui de Perpignan et la présence de la plupart des organismes de recherche (CNRS, Inra, Inserm, IRD, BRGM, CEA, Cnes, Cirad, Inria, Irstea, Onera ...) expliquent ce positionnement.

Grâce aux 29000 chercheurs dont 13000 chercheurs publics, Occitanie se situe au 3<sup>ème</sup> rang national et au 15<sup>ème</sup> rang européen pour le nombre de ses publications scientifiques avec une très forte spécialisation en sciences de l'univers et en biologie appliquée-écologie, domaines pour lesquels elle occupe le 4<sup>ème</sup> rang européen. Son bon positionnement européen est également à souligner en chimie et en sciences de l'ingénieur (respectivement 8<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> rang). 50 bourses ERC (European Research Council) ont été obtenues entre 2009 et 2015.

Dans le cadre du programme des investissements d'avenir, les établissements de la région portent ou participent à 34 labex, 18 équipex, 14 projets d'infrastructures nationales de santé, 1 démonstrateur en biotechnologies blanches, 1 plateforme mutualisée industrielle, 12 projets biotechnologie-bioressources, 1 pôle de recherche hospitalo-universitaire en cancérologie, 3 cohortes dans le domaine de la santé, 4 actions en bio-informatique, 2 projets de nanotechnologies, 1 institut de

convergence, 3 actions espace, 3 projets de recherche en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection, 2 Sociétés d'Accélération et de Transfert de Technologie (SATT) et 1 Institut de Recherche Technologique (IRT). Les domaines de l'énergie, de l'environnement, de la biologie-santé, des biotechnologies, des sciences de l'univers, des nanotechnologies, du numérique, de l'agronomie, de la chimie, des mathématiques, de l'archéologie et des sciences humaines et sociales ont été ainsi renforcés.

L'Université de Perpignan Via Domitia (UPVD) avec 16 unités de recherche, 350 chercheurs et enseignants chercheurs, la participation à 6 labex, 1 IDEFI, 1 équipex contribue à la lisibilité et à l'attractivité internationale de la région notamment dans le domaine des énergies renouvelables. Le grand four solaire d'Odeillo et la centrale solaire Thémis à Targassonne font partie des sites de recherche emblématiques de cette université.

**La région bénéficie de réels atouts en matière d'innovation et de transfert de technologies** avec les nombreux dispositifs de transfert dont elle dispose : 10 instituts Carnot, 15 pôles de compétitivité, 18 structures de diffusion technologiques, 3 incubateurs, 11 clusters auxquels se rajoutent les outils du PIA : SATT et 1 IRT. Cela se traduit par une 3<sup>ème</sup> place à l'échelon national à la fois pour le nombre d'entreprises bénéficiaires du Crédit Impôt Recherche (CIR) et pour celui d'entreprises et de laboratoires de recherche bénéficiant de conventions CIFRE. En 2012, elle était respectivement au 3<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> rang pour le nombre de lauréats au concours de créations d'entreprises innovantes et de demandes de brevets déposés auprès de l'office européen des brevets.

A l'échelle européenne qui comporte 4 graduations (Innovation Leaders, Innovation Followers, Moderate Innovators et Modest Innovators), Occitanie se positionne parmi les régions : Innovation Followers.

**Ces performances sont aussi le fruit d'un soutien continu et conséquent de l'Etat**

### et des collectivités :

-72 M€/an (données 2012) de financement issu de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR)- 3<sup>ème</sup> rang national,  
- 520 M€ de dotations affectées dans le cadre du PIA sur les volets centres d'excellence, santé biotechnologie et valorisation,  
-163 M€ au titre du CPER 2015-2020 sur les volets immobilier de recherche, équipements scientifiques et soutien au transfert, tous financeurs confondus.

**Nous ne devons pas nous contenter de ce potentiel mais avoir pour cible d'être parmi les grandes régions françaises et européennes leaders pour l'intensité de la recherche et de l'innovation.**

Favoriser la création d'entreprises innovantes à l'initiative des chercheurs ou des étudiants doit être un de nos objectifs. Pour cela, les deux Pôles Etudiants pour l'Innovation, le Transfert et l'Entrepreneuriat (PEPITE) d'Occitanie contribuent à la diffusion de la culture à l'entrepreneuriat chez nos jeunes. Lancés en 2013 par le ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, ils donnent la possibilité aux étudiants et jeunes diplômés désireux d'entreprendre de passer à l'acte en bénéficiant pour certains du statut *étudiant entrepreneur*. La dernière remise des prix des lauréats du 3<sup>ème</sup> prix PEPITE : tremplin pour l'entrepreneuriat étudiant a été fructueuse pour notre région avec 4 lauréats dont un grand prix pour la société *Resilient Innovation*.

L'UPVD est déjà dans cette dynamique avec six start-up créées à partir des recherches réalisées au sein de ses laboratoires et la construction du futur hôtel d'incubation porté par la fondation de l'UPVD qui va renforcer le lien entre enseignants-chercheurs, étudiants et monde socio-économique.

Il reste à laisser pousser ses premières graines de la réussite sous le soleil catalan bien sûr...

**Mme Elisabeth Borredon**

**Déléguée régionale à la recherche et à la technologie de la région Occitanie**

# Table ronde :

## Être entrepreneur et enseignant-chercheur



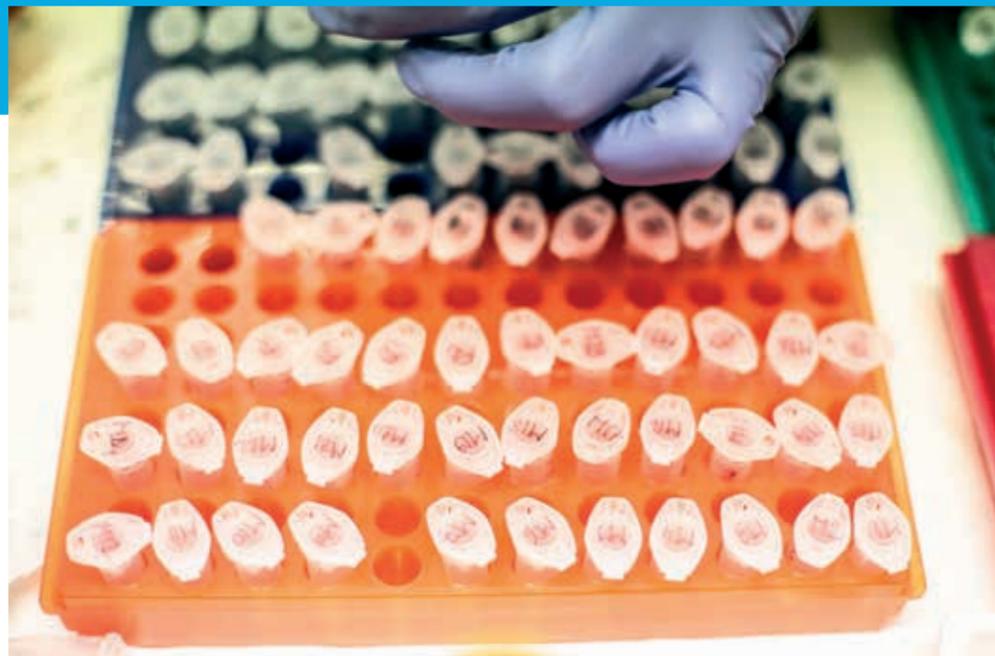
Cédric Bertrand est enseignant-chercheur de l'UPVD au sein du laboratoire CRIOBE. Il est fondateur associé d'AkiNaO avec Annabel Levert, présidente de la société (Docteur de l'UPVD, ancienne doctorante du CRIOBE) et Floriant Bellvert, ingénieur au CNRS. AkiNaO est spécialisée dans le domaine de la chimie des substances naturelles ou du biocontrôle.  
cedric.bertrand@univ-perp.fr



Jérôme Boissier est enseignant-chercheur de l'UPVD au sein du laboratoire IHPE. Il est porteur d'un projet de création d'entreprise (ParaDev), associé à Stéphanie Leroy-Boissier (Docteur en parasitologie et infirmière diplômée d'état) et Julien Portela (Docteur en parasitologie de l'UPVD, ancien doctorant de l'IHPE). Le domaine d'activité de son projet porte sur la synthèse de Bio-produits qui rentrent dans la composition des diagnostics médicaux pour dépister les maladies parasitaires humaines ou animales.  
boissier@univ-perp.fr



Laurie Di Giacomo est doctorante de l'UPVD au sein du laboratoire PROMES. Elle est porteur d'un projet de création d'entreprise (FAH 66), associé à son père. Le domaine d'activité de son projet porte sur les énergies renouvelables.  
laurie.digiacom@promes.cnrs.fr



© photo Steff Saint E.



© photo P. Egea

### Pourquoi vous êtes-vous lancé dans l'entrepreneuriat alors que vous êtes enseignant-chercheur ou doctorant ?



Très vite au cours de ma formation, j'ai ressenti le besoin de faire de la recherche appliquée et la création d'une société innovante en est la concrétisation. L'élément déclencheur a été un besoin sociétal de « recherche action » que nous avons identifié au sein de mon laboratoire afin de répondre à certains problèmes de la production agricole. Dans le secteur du biocontrôle ou des biopesticides, nous essayons de répondre aux demandes des utilisateurs en développant de véritables stratégies de recherche et/ou de nouveaux concepts produits.



Mon domaine d'activité est la biotechnologie. L'élément déclencheur pour la création d'une start-up a été l'identification d'un marché. Je me suis rendu compte que le milieu des entreprises pharmaceutiques était déconnecté de la biologie des parasites et des réalités de terrain, deux éléments indispensables pour améliorer les kits de détection des maladies parasitaires.



Avant même de débiter ma thèse je souhaitais m'orienter vers l'entrepreneuriat. Le doctorat me permet d'acquérir une autonomie dans le travail et une expérience dans l'intégration d'énergies renouvelables pour l'habitation intelligente de demain. Mon père travaillant dans le domaine du bâtiment, nous avons donc décidé de nous lancer ensemble dans l'aventure de la création d'entreprise afin de proposer une réponse plus large aux constructeurs, architectes ou propriétaires.

## Comment parvenez-vous à concilier toutes vos activités : enseignement, recherche, entrepreneuriat ?



Je bénéficie d'une " mise-à-disposition " de 20% de mon temps pris sur mon temps de recherche. Je suis donc aujourd'hui 50 % enseignant, 30% chercheur et 20 % entrepreneur. Je ne bénéficie d'aucune décharge d'enseignement dans le cadre de la convention de transfert de savoir-faire qui a été établi entre l'UPVD et AkiNaO.



Depuis décembre 2015, je passe beaucoup de temps pour développer ce projet. Il n'existe malheureusement aucun aménagement particulier pour la création d'entreprise. En théorie, la commission nationale de déontologie peut accorder 20% du temps " chercheur " pour la création de la société. Mais dans la pratique, le temps de l'entrepreneur s'ajoute au temps du chercheur. Quant à l'enseignement aucune décharge n'est prévue dans les textes.



La première année qui suit la création d'entreprise va permettre la mise en place et le développement du réseau pour la partie énergies renouvelables de la société. Cela me permet de poursuivre pleinement ma thèse et de me libérer uniquement pour de grosses réunions, des rendez-vous avec les architectes ou de brèves formations.

## A ce jour, quelle est votre plus grande motivation et votre principal frein ?



Ma plus grosse motivation est la liberté d'action que m'offre mon entreprise pour développer des sujets de recherche. Je peux être plus innovant dans mon entreprise que dans mes recherches universitaires, où très peu de financements sont proposés pour des sujets émergents et/ou risqués. Un frein serait la surcharge de travail et le manque de réactivité de certains partenaires publics ou privés.



Ma principale motivation est l'idée de pouvoir créer un emploi, en particulier pour un ancien doctorant formé dans notre laboratoire, Julien Portela. Ensuite, c'est un défi personnel que de réaliser quelque chose de nouveau. Le plus gros frein est la complexité de la création d'entreprise et en particulier le fait de devoir naviguer dans une terminologie " barbare " pour un biologiste : chiffres d'affaires, bénéfices bruts d'exploitation, prévisionnels financiers... tout cela est bien éloigné de la formation initiale des trois associés !



Ce qui me motive aujourd'hui est le fait d'avoir un projet familial nous permettant de proposer des solutions liées aux énergies renouvelables que je pourrai défendre tant du point de vue scientifique que commercial.

## Quel est (a été) votre soutien de l'UPVD pour votre projet de création d'entreprise ?



L'UPVD a été essentielle à la création d'AkiNaO, elle a toujours été à nos côtés depuis l'idée de la création avec une aide à la réflexion et à la structuration du projet par la Direction de la Recherche et de la Valorisation. Son réseau de structures partenaires comme LRI, transfert LR ou la pépinière de Rivesaltes nous a été d'un grand secours jusqu'à aujourd'hui, puisqu'une partie de la société bénéficie toujours d'un contrat d'hébergement sur le campus. En effet, l'UPVD à travers le CRIOBE et Bio2mar nous propose l'accès à une plate-forme technologique nous permettant de louer les systèmes analytiques nécessaires à la réalisation de nos travaux de recherche.



J'ai reçu un soutien quasi-unanime à l'UPVD dès le départ du montage de projet. Au sein de mon laboratoire (IHPE), mes collègues et mon directeur d'unité m'ont beaucoup soutenu. Et depuis décembre 2015, je multiplie les interactions avec l'espace co-working entrepreneuriat et la Direction de la Recherche et de la Valorisation de l'UPVD qui, à chaque rencontre, m'aident à construire mon projet. C'est une aide indispensable à la création d'entreprise.



L'UPVD au travers de la DOSIP nous a permis de connaître les aides possibles à la création d'entreprise et nous a également proposé une réunion d'informations pour les étudiants entrepreneurs à l'espace co-working entrepreneuriat.

© photo Steff Saint E.



# Expédition océanographique

## 2 laboratoires de l'UPVD dans le Pacifique Sud

**A**u cours de l'été 2016, l'*Hakuho Maru*, un navire océanographique japonais de la JAMSTEC (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology) de 100 mètres de long, a mené une campagne scientifique de grande ampleur dans le Pacifique Sud. L'objectif de l'expédition : apporter des informations essentielles pour la localisation des zones de pontes des anguilles tropicales par la recherche des larves leptocéphales.

Des membres du laboratoire CEFREM (Centre de Formation et de Recherche sur les Environnements Méditerranéens, UMR 5110 UPVD-CNRS) et du laboratoire CRIOBE (Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement, USR 3278 UPVD-EPHE-CNRS) participaient à cette mission scientifique internationale.



Parti de Tokyo le 11 Juillet, l'*Hakuho Maru* a d'abord rallié la Nouvelle Calédonie faisant escale à Nouméa, puis Pago Pago, la capitale des Samoa américaines qu'il a accostée à la mi-août. Des chercheurs de deux laboratoires de l'université de Perpignan Via Domitia (laboratoires CEFREM et CRIOBE) ont alors embarqué sur le navire pour participer à la 3<sup>ème</sup> partie de la campagne (leg 3) comportant 24 jours de travail en mer non-stop dans une zone géographique pas encore véritablement explorée entre Pago Pago et Tahiti (Polynésie française). Au total il y avait à bord, 23 scientifiques venant de trois universités japonaises (Universités de Nihon, d'Hokkaido et de Tokyo) ; de deux instituts japonais (NPO Japan Fish Society et Marine Works Japan Ltd) ; d'une organisation internationale (la Communauté du Pacifique) ; et deux universités françaises (l'Université de la Rochelle et



l'Université de Perpignan Via Domitia).

Afin de déterminer la localisation des zones de pontes des anguilles du Pacifique Sud de nombreux prélèvements et tris de plancton ont été réalisés nuit et jour, pour rechercher la présence, puis identifier et dénombrer les précieuses larves leptocéphales (larves d'anguilles et d'espèces proches). Les fractions planctoniques restantes (crustacés, mollusques, larves de poissons, etc, voir photo ci-contre) ont été récoltées pour étudier

le réseau trophique dans lequel ces larves d'anguilles évoluent (qui mange qui ?). D'autre part, des prélèvements d'eau ont été effectués pour déterminer la présence éventuelle d'anguilles dans la zone d'étude. Pour cela une recherche d'e-DNA (ADN-environnemental) a été entreprise. Cette technique part du principe qu'il persiste dans l'eau des petits fragments laissés par les organismes

qui sont à proximité de la zone de prélèvement (peau, écailles, fèces, etc). Après filtration et amplification de l'ADN à l'aide d'amorces spécifiques, la présence d'anguilles peut être mise en évidence. Une telle mission sur la recherche d'anguilles dans cette zone à l'Est de 208°E n'avait pas eu lieu depuis la mission autour du monde d'un chercheur danois, J. Schmidt, en 1928. Les résultats de cette étude constitueront donc une avancée majeure sur la connaissance et la conservation de ces espèces.

Les résultats préliminaires montrent que parmi les 1 846 larves leptocéphales collectées dans le leg 3, seulement quatre pré-leptocéphales d'anguilles ont été collectées. Ces très jeunes stades, d'une taille inférieure à 7 mm, sont très certainement âgés de moins d'une semaine. Compte tenu de la taille et de l'importance de ces échantillons, les équipes japonaises ont préféré attendre le retour au Japon pour une caractérisation plus poussée. Bien qu'il soit encore prématuré pour tirer des conclusions, la collecte de ces échantillons au Nord des Marquises pourrait constituer une avancée considérable dans la détermination de la zone de ponte des anguilles de Polynésie.

■ Les trois espèces d'anguilles les plus exploitées dans le monde (européenne, américaine et japonaise) sont actuellement classées comme en danger ou sensibles par l'IUCN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature). ■



Tri des échantillons de plancton collecté à l'aide du filet

Même si ces travaux semblent très fondamentaux, ces résultats serviront pour les administrations locales lors de la mise en place de mesures de gestion et de protection de la ressource « anguille ». En effet, les trois espèces d'anguilles les plus exploitées dans le monde (européenne, américaine et japonaise) sont actuellement classées comme en danger ou sensibles par l'IUCN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature). Un déplacement du marché de l'anguilliculture (grossissement uniquement à l'heure actuelle) vers les Pays du Pacifique Sud est donc possible à court ou moyen terme. Bien connaître le cycle de vie est un préalable à la mise en place de mesures de gestion durables.

Prélèvements d'eau et sonde CTD



Larves leptocéphales



**Contacts :**

Elisabeth Faliex, Fabien Morat, Pierre Sasal, Gael Simon  
faliex@univ-perp.fr; fabien.morat@univ-perp.fr; pierre.sasal@criobe.pf; gsimon@univ-perp.fr

**Financements :**

Bonus Qualité Recherche UPVD, CRIOBE, CEFREM, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

**Crédits photos :**

F. Morat, B. Faliex, P. Sasal, G. Simon

# DOSSIER : Le stress

**14** Adaptation au stress des plantes cultivées.

**16** Effet transgénérationnel du pesticide diuron sur l'huître creuse *Crassostrea Gigas*.

**18** Contrôle de gestion et stress au travail : à la recherche d'une mise sous "tension" de l'organisation sans "tensions".

**20** Stress, induction génique et entraînement : le ménage à trois.

**22** Stress biotiques et abiotiques : quelles conséquences pour la biodiversité des écosystèmes aquatiques continentaux ?

**24** L'abus de faiblesse commis par la puissance publique en matière économique.

**26** La bataille du corail face à l'élévation de la température de l'eau de mer : survivre ou mourir ?

**28** Stresser la lumière - Contraindre la lumière à des échelles sub-longueur d'onde.

**30** La diversité du stress chez les populations paléolithiques.

**32** Le stress de l'informaticien : le non déterminisme.

**34** Le stress mécanique.

**36** L'aide à la pierre aide-t-elle (tous) les territoires ?

**38** Les herbicides : un stress pour les micro-organismes du sol ?

**40** Gérer le stress avec le numérique en éducation : une recherche - action en C2i.



Photo © Flickr

## Adaptation au stress des plantes cultivées

LGDP Olivier PANAUD  
panaud@univ-perp.fr

Depuis la fin du néolithique, l'homme dépend en grande majorité de l'agriculture pour son alimentation. Il y a 10 000 ans environ, il abandonnait ainsi un mode de vie de chasseur cueilleur pour celui d'agriculteur, sans doute moins aléatoire en terme de sécurité alimentaire. Cette révolution technique, sociale et culturelle a reposé sur la domestication de nombreuses espèces de plantes dans quelques foyers isolés, comme par exemple au Moyen-Orient pour le blé, l'avoine, l'orge et le seigle, en Amérique Centrale pour le maïs, en Amérique du Sud pour la tomate, la pomme de terre,

le haricot, en Asie du Sud-Est pour le riz et en Afrique de l'Ouest pour le sorgho, le riz, le mil. Ces origines indépendantes mais concomitantes dans des régions du globe éloignées les unes des autres et sans communication documentée constituent d'ailleurs l'une des énigmes de l'origine de nos sociétés modernes. En effet, à la même période et à des milliers de kilomètres de distance, les proto-agriculteurs ont choisi des plantes sauvages, les ont ramenées à la maison (au sens étymologique du terme domestication) et les ont transformées, par sélection, en formes cultivées adaptées à la production de nourriture. Dès

son origine, l'agriculture a donc reposé sur un processus de sélection intense qui a conduit à une perte de la diversité génétique présente initialement dans les populations sauvages. Néanmoins, les premières formes cultivées créées par l'homme ont dû être suffisamment diverses pour s'adapter à divers environnements. En effet, l'histoire des populations humaines au cours des derniers millénaires est constituée de migrations et colonisations multiples. A chaque fois, les peuples migrants ont assuré leur survie dans leurs nouvel environnement grâce aux plantes (et animaux) qu'ils ont emmenées avec

eux. Ce faisant, ils ont sélectionné des populations cultivées adaptées à de nouveaux sols, de nouveaux climats et tolérantes à de nouveaux pathogènes.

Depuis le milieu du XX<sup>ème</sup> siècle, soit quelque 10 000 ans après son invention, l'agriculture a connu une mutation profonde avec le développement de la génétique et de l'amélioration des plantes. En effet, à partir des cultivars traditionnels, les sélectionneurs ont développé des variétés dites améliorées, beaucoup plus performantes dans des conditions de culture optimales permises par le développement de l'agrochimie (on oublie souvent que c'est bien la combinaison de la génétique et de la chimie qui est à l'origine de cette « révolution verte »). D'un point de vue génétique, la création des variétés modernes résulte de la combinaison de facteurs génétiques agronomiquement favorables dans un nombre limité de génotypes. Ce processus s'est donc accompagné (et s'accompagne encore) d'une érosion importante de la diversité génétique des agrosystèmes.

Aujourd'hui, à cause du réchauffement climatique, l'agriculture doit faire face

à des changements environnementaux particulièrement rapides et de grande ampleur : moins de précipitations dans les zones arides, épisodes de pluies intenses plus fréquents dans les zones tropicales, salinisation des sols des régions côtières due à l'élévation du niveau de la mer, etc... Les variétés améliorées modernes, mal adaptées à ces conditions de culture sub-optimales, doivent être remplacées par des variétés plus tolérantes à ces stress multiples. Dans ce contexte, les variétés traditionnelles des plantes cultivées constituent un réservoir important de diversité adaptative qui pourrait s'avérer indispensable pour le développement de nos futurs agrosystèmes.

L'histoire du riz asiatique (*Oryza sativa*) est une très bonne illustration des scénarios évoqués ci-dessus : dès sa domestication il y a environ 10 000 ans au Nord et au Sud de la chaîne himalayenne, cette céréale s'est rapidement répandue dans tout le continent asiatique, comme l'atteste sa présence dans de nombreux sites archéologiques et les dizaines de milliers de variétés traditionnelles préservées et stockées aujourd'hui dans la banque de gènes

de l'espèce au Centre International de Recherche sur le Riz (IRRI) aux Philippines. Aujourd'hui, le riz est présent dans des agrosystèmes très variés, allant des grand méga-deltas irrigués de l'Asie du Sud et du Sud-Est, aux plateaux montagneux où l'on trouve des variétés pluviales. Certains riz, dits d'« eau profonde », cultivés dans des zones inondables, peuvent atteindre une hauteur de plusieurs mètres après de fortes crues. Ce réservoir énorme de diversité est encore loin d'avoir été exploité. Récemment, un programme financé par la banque mondiale a permis de générer des séquences génomiques de 3000 variétés (dont 900 cultivars traditionnels). Cette nouvelle ressource va permettre d'identifier des nouveaux facteurs génétiques pouvant renforcer la tolérance du riz aux stress environnementaux. En particulier, une nouvelle stratégie de génétique d'association (Genome Wide Association Study, GWAS), déjà utilisée avec succès chez l'homme pour l'identification de maladies génétiques, semble très prometteuse pour l'exploitation des nouvelles ressources génomiques du riz.



Table d'huîtres creuses sur l'étang de Thau © photo : Maxime Lafont -IHPE

## Effet transgénérationnel du pesticide diuron sur l'huître creuse *Crassostrea gigas*

**IHPE** - Céline COSSEAU et Christoph GRUNAU, [celine.cosseau@univ-perp.fr](mailto:celine.cosseau@univ-perp.fr), [christoph.grunau@univ-perp.fr](mailto:christoph.grunau@univ-perp.fr)

- Financements : Agence Nationale de la Recherche : projet GIMEPEC (Génotoxicité, Immunotoxicité et Eprototoxicité des Pesticides chez *Crassostrea gigas*);

EC2CO : projet GENEPIH (Modification GÉNétique et EPIgénétique d'une exposition au diuron chez l'huître creuse); IFREMER

- Thèse: Rodolfo RONDON, école doctorale Gaia (UM), Effets de l'exposition parentale au diuron sur le méthylome et le transcriptome de l'huître creuse *Crassostrea gigas*

- Collaboration: Farida AKCHA, Laboratoire d'Écotoxicologie, Ifremer Nantes

De plus en plus d'études montrent que l'histoire de vie d'un individu peut influencer non seulement son phénotype (ensemble des caractères observables) mais aussi celui de sa descendance. On parle d'effets transgénérationnels (ou parentaux) lorsqu'un individu (génération F0) exposé à un stress présente une modification de son phénotype et transmet cette modification à sa descendance (génération

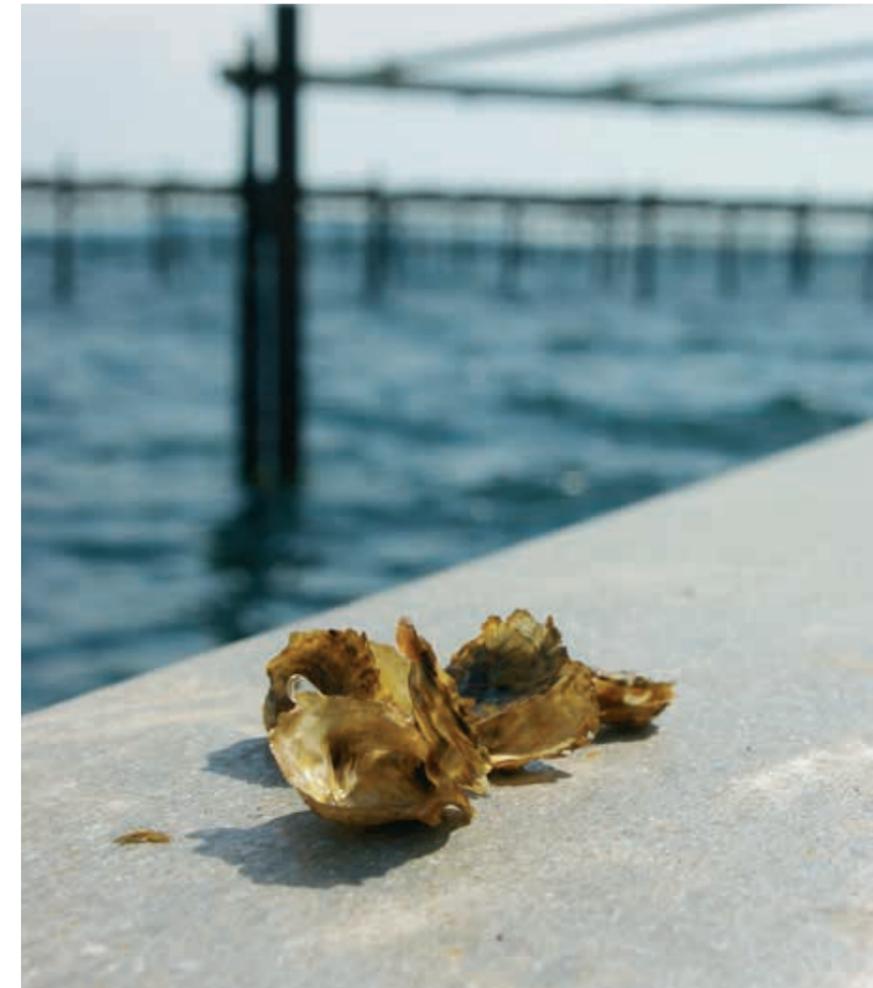
F1). Si cette modification du phénotype est transmissible aux générations suivantes (générations F2, F3 etc), on parle alors d'effets multigénérationnels. La capacité d'un individu à transmettre le phénotype induit par « son expérience de stress » de façon trans et/ou multigénérationnelle peut être avantageuse car elle peut permettre aux parents de transmettre à leur progéniture une capacité d'adaptation accrue à son envi-

ronnement. Toutefois, les phénotypes induits par des environnements stressants ne sont pas toujours adaptatifs. En effet, certains facteurs de stress comme la malnutrition, le tabac, la pollution, divers composés organiques, peuvent favoriser des maladies telles que le cancer, l'asthme, des allergies, des maladies cardiovasculaires, des désordres métaboliques ou encore l'infertilité. La transmission d'un caractère à la géné-

ration suivante passe par les cellules germinales à partir desquelles les gamètes puis l'embryon vont se former. Il est bien connu que ces cellules portent l'information génétique (l'ADN) mais on sait désormais qu'elles portent également une information épigénétique (information modifiant la manière dont la séquence codante de l'ADN est interprétée). Cette information épigénétique est fortement influencée par l'environnement et constitue un pilier de la transmission des effets du stress aux générations suivantes. Toutefois, si l'information génétique est transmise de façon fidèle, l'héritabilité de l'information épigénétique est limitée car il existe un « effacement » de cette information dans les étapes précoces de développement : on parle de « reprogrammation épigénétique ». Lors de cette reprogrammation, une partie de l'information environnementale est effacée, alors qu'une autre partie est épargnée et sera transmise à la génération suivante. Une question très actuelle est de savoir comment cette information épigénétique induite par l'environnement peut échapper à la re-programmation épigénétique et à quel point elle peut être héritable au fil des générations.

Notre étude a porté sur l'effet transgé-

nérationnel d'un pesticide sur l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Cette espèce d'intérêt économique subit depuis 2008 des épisodes de mortalités massives menaçant la filière ostréicole française. Les huîtres cultivées le long des côtes françaises sont sévèrement



Coquille d'huîtres après mortalité sur l'étang de Thau © photo : Caroline Montagnani -IHPE

touchées, avec des épisodes de mortalités entraînant plus de 85% de perte des huîtres juvéniles (âgées de moins de 1 an) dans certaines exploitations. Plusieurs facteurs environnementaux sont incriminés face au développement de la maladie dont les pollutions chimiques provenant des bassins versants et liées aux activités humaines.

Le diuron (NO-[3,4-dichlorophenyl]-N,N-diméthyl-urea) est un de ces polluants ; il s'agit d'un herbicide détecté en forte concentration sur les côtes françaises. Le diuron est considéré comme un polluant persistant pouvant être bio-accumulé et toxique pour les espèces cultivées en milieu côtier comme les huîtres. Des études précédentes ont permis de montrer que ce pesticide avait un effet transgénérationnel sur l'huître (effet génotoxique, modification du profil d'expression des gènes et retard de croissance). Nos travaux ont permis de montrer que ce polluant avait un impact sur l'information épigénétique de la descendance des individus exposés. Ces résultats peuvent expliquer comment une partie de l'information environnementale (stress chimique) a pu se transmettre de la génération ayant subi le stress à sa descendance. L'implication de l'épigénétique pour des effets trans et/ou multigénérationnels en santé humaine

ou sur des modèles végétaux est largement validée aujourd'hui. Notre étude, qui va permettre d'établir chez la descendance des marqueurs moléculaires d'un stress parental, reste toutefois pionnière car le concept est appliqué pour la première fois à une espèce aquatique d'intérêt économique.

# Contrôle de gestion et stress au travail : à la recherche d'une mise « sous tension » de l'organisation « sans tensions »

MRM - Fabienne VILLESEQUE -DUBUS, fabienne.villeseque@univ-perp.fr@univ-perp.fr

Le contrôle de gestion est défini, dans son acception classique, comme un processus de suivi de l'efficacité et de l'efficience appréhendées comme les bases d'une performance à laquelle toute entreprise prétendrait. Cette quête de la performance s'inscrit dans un contexte de globalisation des marchés et plus largement dans une société aujourd'hui hyper-financiarisée où l'entreprise se trouve hyper-instrumentée. Les entreprises sont alors conduites à démultiplier les systèmes de mesure de la performance et les indicateurs de performance (KPI- *Key Performance Indicators*), toujours plus nombreux, plus complexes, quasi omniprésents dans l'entreprise post-moderne et en réponse à des besoins et des injonctions multiples et paradoxales. C'est dans ce contexte que les chercheurs du laboratoire de recherche MRM groupe « Comptabilités et société - C&S - » étudient le rôle joué par les outils de gestion dans les organisations, et s'intéressent à leurs facteurs d'adoption, à leur appropriation par les acteurs, et aux effets produits par leur mise en œuvre. Ainsi les formes de cohésions mais également de pressions, tensions et stress liés aux différents

usages des outils font l'objet d'approfondissements.

## D'une mise « sous tension » de l'organisation...

Face à la financiarisation croissante de la société, les organisations tendraient à adopter des systèmes de suivi de performance en proie à une précision absolue et en réponse à un besoin de plus en plus présent, pressant et prégnant de rendre des comptes aux actionnaires mais également aux parties prenantes de l'entreprise dans une perspective de *responsabilité sociale de l'entreprise* notamment. Dans ce contexte les organisations développent alors de nouveaux outils de suivi des performances, visant à une « mise sous tension » de l'organisation. Or, les travaux de chercheurs en matière de contrôle de gestion et de pilotage des organisations menés depuis plus d'une cinquantaine d'années sur la question, montrent que loin de créer des environnements favorables à la performance et à la création de valeur, les systèmes de contrôle, s'ils ne sont pas appropriés et acceptés par les acteurs, peuvent être source de stress, de pressions et de tensions in-

ternes. Ces constats ont conduit à une évolution de la vision des systèmes de contrôle, fondée sur la participation des acteurs à la définition des objectifs, celle-ci étant vue comme un moyen de réduire les tensions et les comportements déviants. Des études conduites par des chercheurs de MRM groupe C&S ont mis en lumière ces effets pervers et dysfonctionnements dans des bureaucraties professionnelles (Etude de la pression budgétaire à l'hôpital - I. Georgescu et G. Naro ; Etude du cercle vicieux émotionnel dans les Caisses d'allocations familiales - A. Eggricks et A. Mazars-Chapelon).

## ... à une organisation « sans tensions » ?

De telles critiques ont donné lieu à l'émergence de nouveaux outils de pilotage davantage centrés sur la présence d'indicateurs non financiers (tableaux de bord opérationnels et prospectifs...) mais également à de nouveaux modes d'utilisation des outils, davantage flexibles et adaptables aux besoins organisationnels. Ces nouveaux modes d'utilisation sont alors liés à une vision davantage sociale et comportementale qu'instrumentale et tech-



Photo © Sanders Van Der Wel - Flickr

nique. Ainsi, les travaux conduits par Simons à Harvard dans les années 90 soulignent l'existence de plusieurs leviers de contrôle, dont l'usage « interactif » des systèmes de contrôle, vecteurs d'échanges, d'apprentissage, de débats autour des résultats et de la stratégie, suscitant l'émergence de nouvelles stratégies. Les systèmes de contrôle ne se trouvent plus alors réduits à un rôle de contrôle de l'efficacité et de l'efficience dans une approche *top-down*, mais se trouvent associés à des usages interactifs, suivant une approche *bottom-up*, à la recherche de compromis entre acteurs aux logiques différentes, et donc loin de toutes tensions.

Les travaux du groupe « Comptabilités et Société » approfondissent ces usages multiples dans une perspective cohésive, au-delà de toute tension et forme de pression. Tel est le cas de l'étude conduite par F. Villeseque-Dubus sur le processus d'interactions sociales associé au budget dans une entreprise industrielle des Pyrénées-Orientales, mais également par G. Naro et D. Travaillé sur les usages interactifs du Balanced Scorecard dans une entreprise régionale. La thèse de C. Baille, ATER à l'IAE de Perpignan (Co-direction de thèse A. Eggricks- F. Villeseque-Dubus), questionne également le pouvoir intégrateur et cohésif

d'un nouvel outil de gestion dans un groupe de concessionnaire automobile du département.

D'autres études menées au sein du groupe de recherche interrogent, au-delà, l'aspect « social » de la RSE. La question de la recherche d'un équilibre entre indicateurs nécessaires au suivi des activités dans une perspective de *reporting* RSE et aux comportements et bien-être des acteurs en interne est posée. Reste à savoir si le lien entre les deux relève de l'existence d'un « cercle vicieux » ou d'un « cercle vertueux » de la performance économique et sociale.



Photo © Marcus Hellner de Suède - médaille d'or 4x10 km relais ski cross-country hommes, février 2010 - Flickr

# Stress, induction génique et entraînement : le ménage à trois

**LEPSA** - Anthony MJ SANCHEZ, [anthony.sanchez@univ-perp.fr](mailto:anthony.sanchez@univ-perp.fr)  
Financements : Institut National du Sport, de l'Expertise et de la Performance, INSEP

L'exercice induit un stress transitoire au sein des cellules en activité (1) et de nombreux travaux se sont attachés à essayer de limiter ce stress en vue d'accélérer le processus de récupéra-

tion pour espérer augmenter la charge d'entraînement du sportif. L'intérêt de lutter contre un stress exacerbé peut s'avérer parfois utile dans certaines situations physiopathologiques comme

le surentraînement, ou reste à être déterminé lors d'expositions à certaines conditions environnementales comme l'altitude. Cependant, les travaux mettent désormais en exergue que lut-

ter contre ce stress ne représente pas la meilleure stratégie pour bénéficier des adaptations cellulaires liées à l'entraînement dans des situations plus conventionnelles.

Une des voies les plus caractérisées à ce jour est le stress oxydatif qui est causé par une sollicitation importante des mitochondries, les usines à énergie cellulaires. Lors d'un effort intense, des molécules d'O<sub>2</sub> captent des électrons s'étant échappés de la chaîne respiratoire pour former des radicaux libres (ROS)\*. Lorsqu'ils sont produits en excès, les ROS peuvent être à l'origine d'un stress oxydant. Un stress oxydant excessif peut entraîner des dommages

cellulaires et donc altérer le fonctionnement global de nos cellules. D'un point de vue pratique, les ROS en excès semblent être à l'origine d'une limitation de la performance dans les épreuves extrêmes comme celles d'ultra endurance. Cependant, contrairement au stress oxydant observé dans une telle situation, la production de ROS générée en réponse à l'entraînement est transitoire et finement contrôlée : elle augmente à l'effort, possède un rôle dans la génération de la force musculaire, puis retourne progressivement à un niveau basal en période de récupération. Il apparaît désormais que les ROS sont aussi responsables de l'activation de gènes impliqués dans les processus en relation avec les adaptations du muscle à l'entraînement. Ils activent par exemple certains facteurs de transcriptions nécessaires à la biogenèse de nouvelles mitochondries après un exercice d'endurance, comme PGC-1alpha (2) et de nombreux autres acteurs cellulaires majeurs.

L'organisme est capable de lutter contre les ROS grâce à son système antioxydant « endogène »\*\*. Notre alimentation est aussi une source d'antioxydants « exogènes ». Les dernières études sont toutes en accord pour affirmer qu'un certain taux de ROS est nécessaire aux adaptations de nos tissus à l'entraînement et que les conséquences de leur inhibition forcée peuvent être délétères. Dans ce contexte, des travaux ont montré qu'une supplémentation\*\*\* en certains antioxydants (notamment vitamines A, C et E) prise dans le cadre d'un programme d'entraînement, pouvait limiter les réponses adaptatives de l'organisme. Ainsi, ces antioxydants, pris en trop grande quantité, peuvent brider les bienfaits de l'entraînement sur la sensibilité à l'insuline, la régulation de la tension artérielle ainsi que la modulation de nombreux facteurs impliqués dans les gains de performance

(3-4). Des travaux récents ont également montré qu'une supplémentation en vitamine C et E (respectivement 1g/j et 235mg/j) interférait avec les réponses moléculaires liées à l'hypertrophie et limitait la prise de force musculaire suite à un entraînement de 10 semaines (5). Un stress cellulaire transitoire est donc nécessaire aux adaptations à l'entraînement et chercher à le bloquer peut limiter la progression de l'athlète.

## Perspectives

De nombreuses perspectives se dessinent dans le cadre des thématiques du LEPSA. L'hypoxie conduisant à une modification du métabolisme aérobie et à une augmentation de la production de radicaux libres, il est à déterminer si ce stress est précurseur d'inductions géniques bénéfiques aux adaptations à l'altitude ou s'il est au contraire délétère. Dans le même ordre d'idée, les méthodes de cryothérapie (traitement par le froid) ont récemment été discréditées pour les mêmes raisons que les antioxydants. Un de nos projets actuels est de déterminer si une méthode opposée (traitement par le chaud) permettrait de potentialiser les adaptations cellulaires liées à l'entraînement.

\* Les ROS les plus connues sont l'anion superoxyde et le peroxyde d'hydrogène, appelé plus communément eau oxygénée (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

\*\* Ce dernier est composé d'enzymes comme par exemple la superoxyde dismutase, ainsi que d'autres molécules non enzymatiques.

\*\*\* Doses " supraphysiologiques "

## Références :

- (1) Sanchez AMJ (2016) J Physiol 594(18):5053-4.
- (2) Irrcher I (2008) Am J of Physiol - Cell Physiol 296(1):C116-23.
- (3) Ristow M (2009) J Physiol 106(21):8665-70.
- (4) Paulsen G (2014a) J Physiol 592(8):1887-901.
- (5) Paulsen G (2014b) J Physiol 592(24):5391-408.

# Stress biotiques et abiotiques : quelles conséquences pour la biodiversité des écosystèmes aquatiques continentaux ?

**CEFREM** - Olivier VERNEAU et Laurent HERITIER, verneau@univ-perp.fr  
Financements : région Occitanie, Veolia, CNRS



**L**es écosystèmes aquatiques continentaux, tels que les fleuves, lacs et marais sont des biotopes qui, de par leur fonctionnement et la richesse des habitats qu'ils procurent, abritent une biodiversité exceptionnelle tant végétale qu'animale (voir photo ci-dessous). Des représentants de tous les grands groupes taxinomiques de vertébrés y sont en effet rencontrés de manière permanente ou temporaire, que ce soit chez les poissons, les amphibiens, les

reptiles, les oiseaux et les mammifères. L'intensité des activités anthropiques est malheureusement telle aujourd'hui que ces environnements naturels subissent une crise mondiale sans précédent. Ils seraient même beaucoup plus impactés que les écosystèmes terrestres ou marins. La destruction et la dégradation des habitats naturels, la surexploitation des ressources naturelles, les maladies émergentes, le commerce des nouveaux animaux de compagnie et les invasions biolo-

giques sont en effet autant de facteurs qui menacent ces habitats naturels et, par conséquent, la diversité biologique qu'ils renferment.

En raison d'activités agricoles intensives relevant essentiellement de la fruiticulture et de la viticulture, l'usage d'herbicides et de pesticides dans la plaine du Roussillon demeure une pratique ordinaire, même si cette dernière est de plus en plus contrôlée. Le Roundup® par exemple, composé à propriétés herbicides commercialisé par la société américaine Monsanto, est sans nul doute l'un des produits les plus utilisés par notre agriculture. Après utilisation, on retrouve le composé actif, à savoir le glyphosate, et son produit de dégradation, l'AMPA, dans les environnements naturels. Ces derniers constituent dès lors l'une des principales sources de pollution à l'origine de la dégradation de la qualité des eaux continentales. Une seconde source de pollution, non moins importante, serait la conséquence d'introductions plus ou moins récentes d'espèces exotiques dans nos rivières. En Roussillon, plusieurs es-

pèces sont aujourd'hui considérées comme envahissantes car présentant un impact négatif sur la biodiversité locale. Parmi celles-ci, on peut citer le ragondin *Myocastor coypus*, l'écrevisse de Louisiane *Procambarus clarkii* ou bien encore la tortue de Floride à tempes rouges *Trachemys scripta elegans*, cette dernière espèce étant listée parmi les 100 espèces invasives les plus néfastes au monde.

Afin d'évaluer l'impact des changements environnementaux sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques continentaux en Roussillon, nous avons choisi l'émyde lépreuse *Mauremys leprosa*, tortue aquatique et endémique des zones humides du sud de la France, comme modèle d'étude (voir photo ci-dessus). Ce choix a été dicté par plusieurs raisons. Cette espèce mérite une attention toute particulière de par son statut de conservation, elle a été classée comme espèce vulnérable par l'Union Internationale de la Conservation de la Nature, mais aussi d'espèce emblématique et patrimoniale des zones humides. Elle peut rentrer en compétition pour l'ha-

bitat et la ressource avec l'espèce introduite *T.s. elegans*. Elle semble beaucoup plus résistante à des modifications de milieux que les amphibiens, espèces sentinelles des zones humides. Elle est présente dans la majorité des cours d'eaux de notre département, certaines populations abritant même jusqu'à plusieurs centaines d'individus. Son suivi *in situ* est enfin relativement simple, les individus capturés et marqués dans leur milieu naturel peuvent être en effet recapturés très rapidement. Pour toutes ces raisons, *M. leprosa* a constitué un modèle d'étude privilégié pour étudier l'impact des modifications de milieu sur l'évolution de la biodiversité.

Nos travaux ont consisté, dans un premier temps, à déterminer la diversité parasitaire chez l'espèce native et à comparer celle-ci à celle de l'espèce introduite. Nous montrons que la tortue de Floride à tempes rouges serait non seulement une source de transmission de ses propres pathogènes vers l'émyde lépreuse dans les écosystèmes aquatiques continentaux, mais aussi un vecteur ou taxi pour d'autres espèces

de parasites naturellement présentes chez des tortues américaines, comme la tortue peinte *Chrysemys picta*, mais quant à elles absentes de nos propres milieux naturels. Dans un second temps, nos travaux ont consisté à mesurer la réponse biologique des tortues indigènes face à un stress abiotique, à savoir face à des concentrations anormalement élevées en glyphosate et AMPA. A partir de mesures d'activités enzymatiques et d'expression génique de deux marqueurs impliqués dans des processus de détoxification, nous montrons que les milieux les plus dégradés constitueraient des habitats beaucoup plus stressants pour ces animaux semi-aquatiques. Contre toute attente, les pesticides et herbicides à l'origine d'un stress physiologique chez les tortues, ne proviendraient pas directement du lessivage des sols après leur épandage sur les cultures, mais des eaux retraitées pas les stations d'épuration. *In fine*, l'émyde lépreuse serait donc un excellent modèle pour suivre l'évolution de la biodiversité face à des pressions environnementales de plus en plus marquées.





Photo © Sebastiaan Ter Burg - Flickr

# L'abus de faiblesse commis par la puissance publique en matière économique

CDED - Marcel SOUSSE, marcel.sousse@univ-perp.fr

Le thème abordé, de l'abus de faiblesse par la puissance publique, peut, a priori, surprendre, voire choquer. En effet, le rôle de l'administration en matière économique est d'abord de protéger. L'administration réglemente, oriente et protège le marché et ses opérateurs économiques. Elle dispose de

prérogatives pour contrôler l'accès du marché, pour réglementer son fonctionnement, et en garantir le caractère concurrentiel.

Précisément, les pouvoirs dont dispose la puissance publique placent, par nature, celle-ci dans une situation

d'abuser de la faiblesse des opérateurs économiques. La relation entre la puissance publique et les opérateurs économiques n'étant pas une relation d'égalité, l'abus commis par la puissance publique du fait de sa situation particulière peut être considéré comme un abus de faiblesse. Il va donc

de soi que des garanties doivent être apportées afin d'éviter les dérives.

Les personnes publiques jouent un rôle ambigu en matière économique, puisqu'elles peuvent être elles-mêmes opérateurs fournisseurs de biens et de services sur le marché. Ainsi, l'utilisation de prérogatives de puissance publique de manière abusive constitue un risque qui doit être pris en considération. C'est pourquoi, le contrôle s'est renforcé ces dernières années. Il est le fait, aujourd'hui, non seulement des autorités nationales et des juridictions nationales, mais aussi des autorités de l'Union :

la Commission européenne, gardienne des traités, et le juge de l'Union.

Si la puissance publique exerce une mission de protection du caractère concurrentiel du marché, elle peut, elle-même, jouer un rôle d'opérateur sur le marché concurrentiel. A ce titre, les décisions des autorités publiques sont soumises au contrôle des pratiques anticoncurrentielles (art. L. 410-1 c. com.). Le juge administratif est habilité à saisir l'Autorité de la concurrence pour avis sur les pratiques anticoncurrentielles en liaison avec des actes administratifs (art. L. 462-3 du code de commerce).

Le traitement de la puissance publique n'a rien de particulier dans ce domaine, puisque le droit de la concurrence est indifférent au statut de l'opérateur. Ainsi, il s'applique aussi bien aux sociétés du secteur public, qu'aux régies ou aux services de l'Etat non personnalisés.

Il n'en reste pas moins que le juge administratif, en qualité de juge du droit de l'Union européenne, s'est progressivement saisi de la compétence pour contrôler les actes administratifs au regard des règles de concurrence. Pour ce faire, il s'affranchit des sources privatistes du droit de la concurrence pour sanctionner les actes administratifs, en faisant référence au principe de libre concurrence.

Aujourd'hui, l'ensemble des actes administratifs sont contrôlés au regard du droit de la concurrence. Les actes administratifs sont censurés dès lors qu'ils valident une pratique anticoncurrentielle. Même les mesures de police sont concernées par ce contrôle.

## *L'abus de la puissance publique en qualité d'opérateur sur le marché*

En qualité d'opérateur sur le marché, la puissance publique peut abuser de sa position, d'une part, en utilisant son statut particulier, et d'autre part, par l'usage qu'elle fait de la situation de monopole et des droits exclusifs dont elle bénéficie.

La tentation est grande pour les opérateurs publics d'utiliser leur activité d'intérêt général pour financer les activités concurrentielles et rendre leur prix plus attractif que les opérateurs concurrents. C'est pourquoi, les avantages statutaires des opérateurs publics sont souvent dénoncés comme moyens de favoriser des pratiques anticoncurrentielles.

La séparation des activités d'intérêt général et des prestations offertes sur le marché concurrentiel a été préconisée par le Conseil de la concurrence, en écho au droit de l'Union, instituant une obligation de transparence. La stricte compensation des charges de service public, suivant les critères posés par la jurisprudence Altmark, apparaît égale-

ment comme un moyen de limiter les abus de la puissance publique.

## *L'abus de la puissance publique en qualité de régulateur sur le marché*

### ➤ *Réglementation des prix*

La réglementation des prix, et notamment leur fixation à un niveau bas, peut être à l'origine d'une perturbation importante du marché, et constituer ce faisant un abus de position dominante, si elle a pour effet d'interdire à un concurrent de s'y maintenir.

Le droit de l'Union européenne peut s'opposer aux réglementations restrictives de la concurrence par les prix, dans la mesure où elles entravent la libre circulation des marchandises par leurs effets (réglementation du prix du gaz et de l'électricité).

### ➤ *Prix abusivement bas*

Le droit de la concurrence interdit la pratique des prix anormalement bas dans le but d'éliminer la concurrence.

Dès lors que l'opérateur public bénéficie de ressources sans rapport avec le volume de son activité, il peut être tenté de fixer un tarif très bas pour s'octroyer des parts de marché sur des marchés annexes.

### ➤ *Aides publiques*

La puissance publique en France s'attache, traditionnellement, à soutenir le marché par des aides publiques, tendant à orienter le comportement des acteurs économiques, à préserver le tissu économique en s'intéressant aux entreprises en difficulté, améliorer la compétitivité ou financer une mission de service public.

Ces aides seront encadrées dans la mesure où elles sont susceptibles d'affecter la concurrence, en incitant les opérateurs publics à adopter un comportement anticoncurrentiel.



Figure 1 : Colonie blanchie d'*Acropora Hyacinthus* observée en mai 2016, Moorea, Polynésie française © Photo L. Hédouin

## La bataille du corail face à l'élévation de la température de l'eau de mer : survivre ou mourir ?

**CRIOBE**- Laetitia HEDOUIN, laetitia.hedouin@criobe.pf  
Financements : Labex CORAIL « ARCOS », MOM « AQUA-CORAL »

Les changements que subit la planète depuis plusieurs années ont des conséquences désastreuses sur de nombreux écosystèmes. Et ceci est particulièrement vrai pour les récifs coralliens. Les récifs coralliens sont de véritables oasis de vie au milieu des océans, avec une richesse souvent comparée aux forêts équatoriales. Les récifs coralliens assurent des services écosystémiques clés pour les populations locales comme la protection des côtes, le tourisme, la pêche et plus de 500 millions de personnes dépendent directement des récifs coralliens. Néanmoins

les changements globaux que subit la planète avec une augmentation sans précédent des rejets de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère entraîne un réchauffement climatique et une augmentation de la température de l'eau de mer aux effets pervers sur les récifs coralliens. En effet, dans les récifs coralliens il existe un élément fondamental, à la base de la biodiversité marine, qui crée un habitat en 3 dimensions à des milliers d'autres espèces : le corail. Les coraux scléractinaires sont des organismes fascinants, animaux capables de construire un squelette calcaire mais aussi de vivre

en symbiose avec une algue appelée la zooxanthelle, qui lui apporte plus de 95% de son énergie au travers de la photosynthèse.

Néanmoins cette relation symbiotique est fragile et lorsque les conditions environnementales changent en terme d'intensité, de fréquence ou de durée, alors on observe la rupture de cette symbiose. Un des cas les plus connus de la fragilité de cette symbiose corail-zooxanthelle est observé lors des épisodes de réchauffement de la température de l'eau de mer, et l'épisode

El Niño de 2016 en est un parfait exemple. Des températures de l'eau de mer anormalement élevées par rapport aux températures moyennes ont été observées et des signes de blanchissement corallien ont été observés à travers le monde (figure 2). Le blanchissement est une réponse du corail au stress de température, caractérisée par l'expulsion des zooxanthelles du corail, laissant des tissus translucides, dépourvus de zooxanthelles, reposés sur le squelette blanc calcaire des coraux (figure 1). Les coraux blanchis ne sont pas morts, mais ils ont perdu les algues (zooxanthelles) indispensables à leur survie de part l'énergie qu'elles apportent au travers de la photosynthèse. Les coraux blanchis peuvent survivre plusieurs jours selon l'intensité du stress, mais si le stress perdure, de nombreux meurent. Suite à l'épisode de blanchissement massif observé en 1998, 16% des coraux sont morts à travers le monde. Aujourd'hui nous ne connaissons pas encore de manière définitivement les effets de l'épisode El Niño de 2016, mais il apparaît clairement que certaines zones géographiques ont été plus touchées que d'autres. A l'échelle de la Polynésie française, une étude conduite sur l'île de Moorea a montré un taux de blanchissement entre 10-30% et une mortalité de moins de 10%. Les coraux de l'île de Moorea ont donc bien résisté aux conditions stressantes observées durant la saison chaude et on espérait qu'il en serait de même pour les autres îles de la Polynésie française. Or la récente expédition Tara Pacific conduite dans 6 îles de l'archipel des Tuamotus a révélé une forte mortalité (jusqu'à plus de 50%) sur certaines îles éloignées, comme Tahanea ou Katiu. De plus, si le blanchissement corallien est un phénomène visuel qui alerte les scientifiques, mais aussi le grand public et les politiques, il existe de nombreux



Figure 2 : détail des effets de l'augmentation de la température de l'eau de mer sur les polypes d'une colonie corallienne, d'un état normal à stressé (blanchi). © Photo L. Hédouin

effets insidieux de l'élévation de la température que l'on ne peut percevoir à l'œil nu. Les coraux ont un cycle de vie benthopélagique et les jeunes stades de vie coraux (gamètes, larves ou encore recrues) sont également fortement altérés par l'augmentation de la température de l'eau de mer. Par exemple, une augmentation de la température de l'eau de mer entraîne tout d'abord une diminution du taux de fécondation des gamètes, mais surtout une augmentation du nombre d'embryons déformés. Ces jeunes stades de vie pélagiques

constituent une étape essentielle dans le cycle de vie des coraux, permettant d'apporter sur le récif de nouveaux individus génétiquement différents. L'élévation de la température a donc comme conséquence de réduire le nombre de jeunes larves potentielles pouvant se métamorphoser et participer au renouvellement des communautés.

Aujourd'hui face au constat des effets désastreux de l'augmentation de la température de l'eau de mer sur la santé des coraux, tant au stade adulte (blanchissement) qu'au niveau des jeunes stades de vie, il est urgent de pouvoir développer de nouvelles solutions pour essayer d'atténuer les effets des changements climatiques et de s'adapter. Dans ce contexte, des travaux sont menés au CRILOBE au travers d'un partenariat avec les Hôtels Intercontinentals (Bourse Cifre de Mr Puisay) et des financements du labex CORAIL (e.g. « ARCOS ») ou du Ministère de l'Outre-Mer (« AQUA-CORAL ») pour essayer d'aider les coraux à mieux faire aux changements climatiques. Pour cela différentes approches sont envisagées, la première étant basée sur l'acclimatation des jeunes stades de vie au stress de température, et la deuxième sur la sélection de meilleurs géniteurs, en élevant dans des pépinières coralliennes, les coraux les plus résistants aux stress et en réalisant des croisements lors de la reproduction sexuée entre individus résistants. Ces travaux sont actuellement en cours, mais constituent un espoir pour le futur, améliorer les capacités de résistances des coraux face aux changements climatiques est aujourd'hui critique pour améliorer les techniques de restauration utilisées jusqu'à présent et ainsi participer à l'atténuation des effets des changements climatiques sur les récifs coralliens.

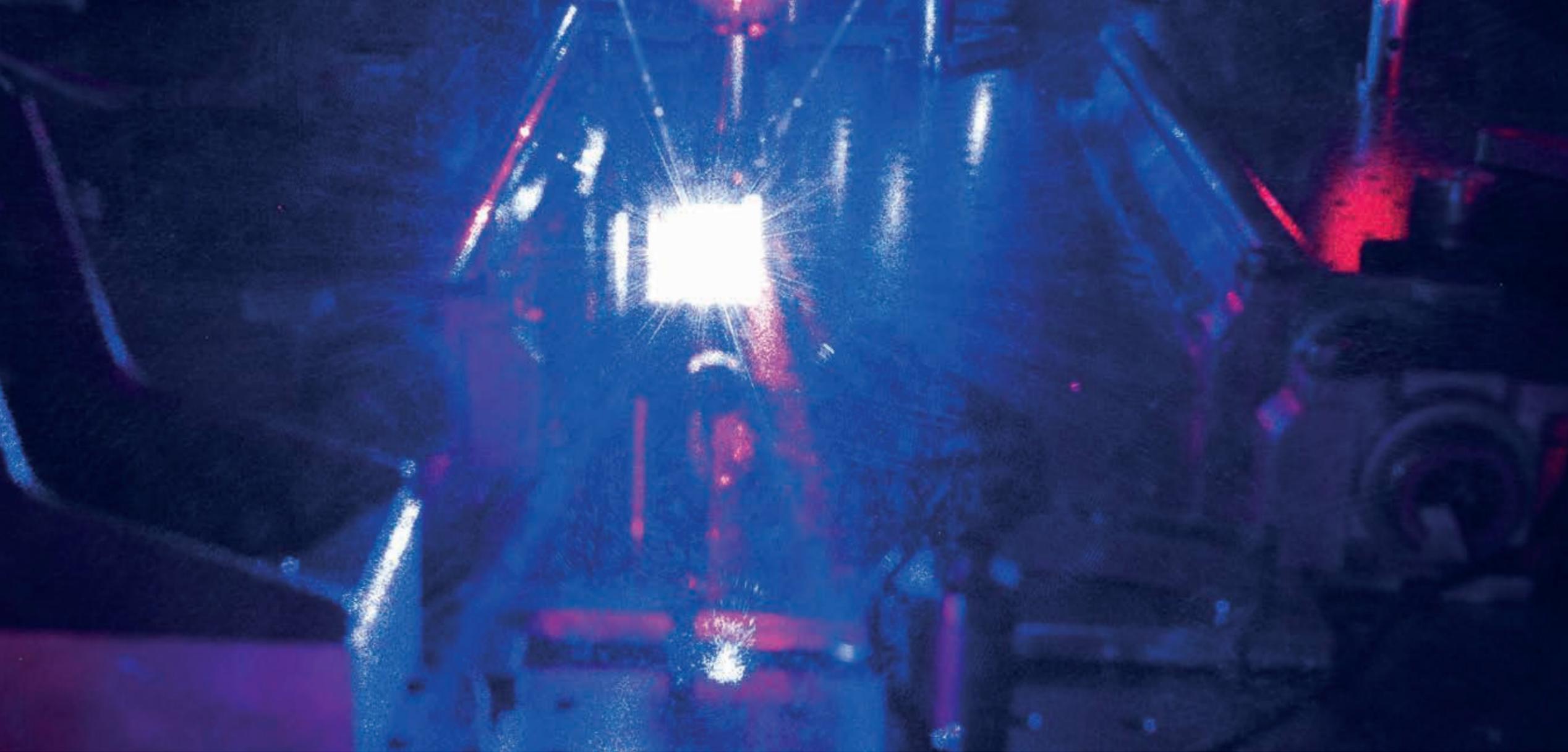


Photo © P. Egea et E. Nadal PROMES-CNRS

# Stresser la lumière

## Contraindre la lumière à des échelles sub-longueur d'onde

**PROMES** - François VERNAY et Hamid KACHKACHI, francois.vernay@univ-perp.fr  
Financements : CNRS PEPS Défi InPhyNiTi 2016 Interfaces physiques Numérique et Théorique

Voilà donc plus de vingt ans que nous assistons à l'émergence des nanosciences et nanotechnologies. Celles-ci reposent sur le fait que les propriétés physiques des matériaux, à l'échelle macroscopique, sont bien souvent considérablement modifiées dès lors que nous considérons des parti-

cules dont les longueurs typiques sont de quelques milliardièmes de mètre (soit quelques nanomètres). Grâce aux progrès réalisés en synthèse de matériaux à ces échelles, dites nanométriques, les chimistes parviennent donc à contrôler certaines propriétés de la matière.

Qu'en est-il de la lumière : est-il possible d'en faire autant et de contrôler la lumière sur des dimensions de quelques dizaines de nanomètres ? Ce contrôle suscite un intérêt croissant ces dernières années car les applications qu'il recouvre sont variées, tant en biochimie qu'en conversion de l'énergie.

Profitant du savoir-faire acquis dans la synthèse de matériaux aux très petites échelles, et des connaissances que les physiciens ont développées concernant l'interaction lumière-matière, de nombreuses équipes de recherche tentent d'utiliser des nanostructures métalliques, ou des assemblées de nanoparticules, pour contrôler finement la lumière. L'intérêt pour l'utilisation de ces dernières réside dans le fait que lorsqu'un métal est soumis à une excitation lumineuse appropriée (de bonne fréquence), des oscillations collectives des électrons de conduction du métal peuvent être observées. Ces oscillations sont appelées plasmons et décrivent une excitation du gaz d'électrons d'un métal lorsque celui-ci interagit avec des particules de lumière, les photons. En faisant une analogie avec un jeu de

construction, le plasmon peut donc être vu comme la brique élémentaire de l'interaction lumière-matière, celle-là même qui nous permettra de bâtir un dispositif permettant de contrôler la lumière à l'échelle nanométrique.

Pour autant, ce contrôle demeure limité : cela reste un véritable défi pour les chercheurs que d'utiliser pleinement le potentiel des plasmons afin de développer la prochaine génération de cellules photovoltaïques. Dans ce contexte, il serait souhaitable de bénéficier de parties du spectre solaire sous-exploitées, ou de réaliser un contrôle spatial de la lumière. Mais, avant de pouvoir se tourner vers les applications, il est impératif de bien appréhender la physique fondamentale qui sous-tend ces phénomènes. De fait, si les propriétés

individuelles du plasmon, à l'échelle d'une nanoparticule isolée, sont bien comprises, ce n'est que récemment que les propriétés collectives sont étudiées dans des assemblées de nano-objets. Pour reprendre l'analogie du jeu de construction, nous comprenons les propriétés physiques d'une seule brique, mais nous n'avons pas encore la technique précise pour les assembler et former un édifice cohérent. L'enjeu est donc de comprendre le mécanisme et le rôle des interactions entre plasmons pour pouvoir tirer partie des effets collectifs.

Considérons un réseau composé de nano-objets en métal. Lorsque des photons viennent exciter la structure, des plasmons sont créés. Pris individuellement, chaque plasmon associé à un de ces nano-objets peut être calculé : dans le cas de géométries simples, à basse énergie, un plasmon correspond à la création d'un dipôle électrique centré sur le nano-objet. À l'échelle du réseau, l'interaction entre les plasmons créés sur chaque objet se traduit ainsi par une interaction entre dipôles. La forme particulière des interactions dipolaires fait que la géométrie du réseau est prépondérante : en agissant sur celle-ci, il est possible de contraindre l'orientation des dipôles.

Il reste à montrer que la contrainte sur l'orientation relative des plasmons au sein du réseau induit une contrainte sur la lumière diffusée par la structure, offrant ainsi un contrôle de la lumière et notamment de la position de points chauds, régions de l'espace où le champ électromagnétique est exalté. Nous voyons donc que ces nanostructures peuvent jouer un rôle essentiel pour concentrer et guider la lumière sur de très petites échelles. Cela permet d'augmenter l'absorption de l'énergie solaire et d'optimiser sa conversion par des dispositifs photovoltaïques.



Vue de la Caune de l'Arago à Tautavel

# La diversité du stress chez les populations paléolithiques

**HNHP** - Sophie GREGOIRE, Tony CHEVALIER et Gaël BECAM  
sophie.gregoire@univ-perp.fr ; tony.chevalier@cerptautavel.com ; gael.becam@cerptautavel.com

Tout au long de la période paléolithique (-3, 3 M années à -10 000 ans B.P), les conditions de vie, les contraintes environnementales et les interactions hommes /milieux varient au fil des fluctuations climatiques, des déplacements des biocénoses, des contextes culturels et des innovations techniques.

Ces contraintes et interactions sont les principales sources de stress physiologique chez les hommes du Paléolithique qui y réagissent différemment

suivant leurs spécificités génétiques et leurs capacités cognitives et adaptatives.

Les études menées par l'équipe HNHP montrent que les hommes au cours de l'évolution ont été confrontés à de nombreuses sources de stress, en partie différentes du monde actuel.

En Europe, les plus anciens témoi-

gnages de la présence humaine (1, 8 Ma à **Dmanissi** en Géorgie, 1, 4 Ma à **Barranco León** en Espagne, 1 Ma au **Vallonnet** en France) attestent de la grande mobilité de ces petits groupes d'hominidés sortis d'Afrique. Ces Hommes proches des *Homo erectus*, dont les modalités de subsistance sont essentiellement le charognage, disposent de vastes territoires au sein desquels ils sont confrontés à plusieurs sources de stress pouvant être mises en

relation avec une mortalité survenant entre 20 et 40 ans chez l'adulte :

- la vie en milieu hostile (climat rigoureux, proximité de nombreux prédateurs),
- la compétition pour l'accès aux ressources avec d'autres prédateurs et charognards,
- les carences alimentaires,
- les agressions pathogènes.

La chasse aux alentours de 500 000 ans, dont les premières pratiques sont attestées à la **Caune de l'Arago** à Tautavel, va changer la vie quotidienne des Hommes (*Homo heidelbergensis*) en leur permettant un accès plus régulier à la nourriture mais aussi en faisant émerger de nouvelles sources de stress. Les objectifs de performances, les stratégies de piégeage, de traque ou autre chasse à l'affût demandant rigueur, planification et combativité.

Puis c'est la domestication du feu aux alentours de 400 000 ans, attestée à **Terra Amata** à Nice, qui va permettre aux hommes de se libérer de certaines contraintes environnementales et d'établir une nouvelle relation avec la nature. L'usage du feu conduira au recul des pathologies liées à la consommation de la viande crue et à l'amélioration de la qualité de vie quotidienne avec chaleur et lumière entraînant la conquête de nouveaux territoires, l'accès à plus de ressources, garantissant accroissement démographique et meilleure survie de l'espèce.

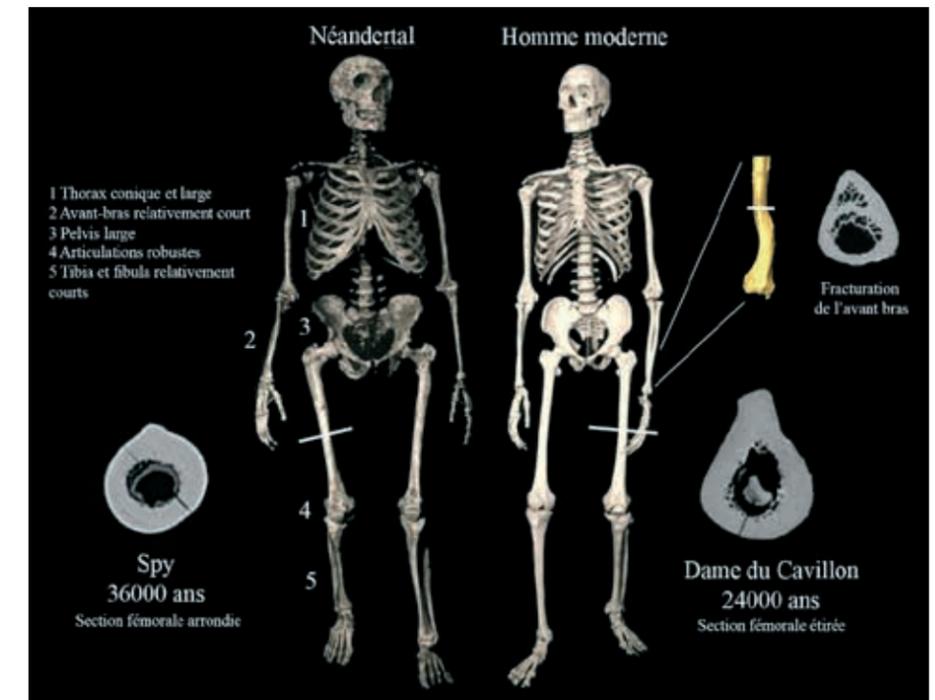
Cette rupture de l'équilibre naturel entre l'Homme et son milieu, ajouté à des changements climatiques de plus en plus abrupts et rapides et aux effets de la pression démographique et d'une socialisation grandissante, vont entraîner de nouveaux facteurs de stress comme une plus grande compétition territoriale entre groupes humains pour l'accès aux ressources et les rivalités qui en découlent.

## Le stress observé sur le squelette de Néandertal

Les phases de stress physiologique chez l'Homme s'enregistrent notamment dans la croissance de l'émail des dents. Bien qu'elles ne soient pas les seules causes, elles sont souvent relatives à des carences nutritionnelles. Chez Néandertal, des travaux récents, nécessitant des images des structures dentaires à très haute résolution (GB), montrent la présence d'hypoplasies, témoins d'épisodes de stress plus ou moins longs. Utilisant ces techniques ( $\mu$ CT-scan), une étude des carences en vitamine D à partir des dents Néandertaliennes de **l'Hortus** (Hérault) et du **Portel-Ouest** (Ariège) vient d'être initiée en collaboration avec l'Université de Lille et l'Université McMaster au Canada.

La réponse adaptative humaine résultant d'un stress climatique suivrait les

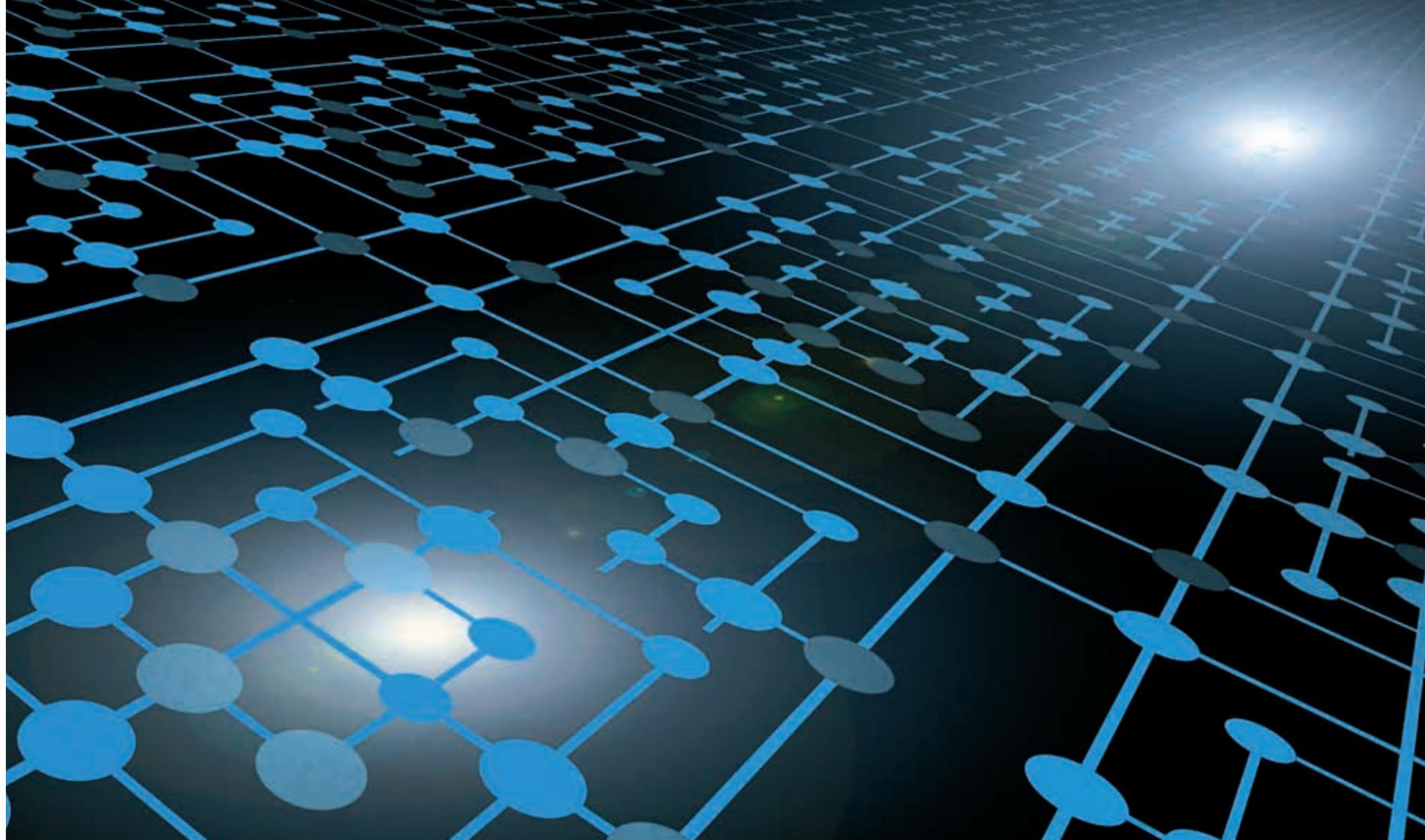
lois de Allen et Bergman et expliquerait en partie les différences de robustesse et de proportions corporelles observées entre les néandertaliens (adaptés aux froids) et les hommes modernes anciens (voir figure). Toutefois, la nutrition et l'état de santé pourraient expliquer à eux seuls de significatives modifications des proportions corporelles. Quant à la robustesse, elle peut également être issue d'une adaptation à une activité physique intense. La mesure biomécanique de cette robustesse à l'aide de la structure interne des os et l'analyse de la forme de ses sections offrent des informations complémentaires résultant de la capacité de l'os à se modeler en fonction du stress mécanique : ces deux populations anciennes seraient extrêmement mobiles mais les néandertaliens se différencieraient par des déplacements sur de moins vastes territoires, résultats également obtenus par la circulation des matières premières lithiques (SG).



Témoins squelettiques du stress climatique et comportemental. L'adaptation climatique de 1 à 5. Les sections CT-scan témoignent des modifications osseuses dues à l'activité physique (fémur) et au trauma (radius). Les images CT-scan sont issues des travaux développés sur les néandertaliens et la Dame du Cavillon au sein de l'équipe HNHP (TC).

# Le stress de l'informaticien : le non déterminisme

**DALI-LIRMM** - Bernard GOOSSENS  
goossens@univ-perp.fr



© photo Pixabay

L'interruption est une invention des constructeurs d'ordinateurs qui a contribué à accélérer les calculs en permettant de mener plusieurs tâches de front. Le processeur partage son temps équitablement entre toutes les tâches qui lui sont confiées. Grâce aux interruptions, l'écran de notre portable évolue en temps réel dans plusieurs de ses parties : par exemple une montre dont l'aiguille des secondes tourne et en même temps, le retour d'une caméra de surveillance.

Pour accélérer un calcul, on peut augmenter la vitesse du processeur mais il y a une limite physique. On peut aussi répartir le calcul sur plusieurs processeurs. L'accélération obtenue dépend de la méthode de calcul. Un ensemble strictement ordonné d'étapes

ne peut pas être accéléré de cette façon. En revanche, un ensemble partiellement ordonné permet de mener de front les étapes indépendantes. Par exemple, pour calculer une somme de nombres, on peut les accumuler ou bien les sommer par paires. Dans la première méthode, chaque cumul dépend du précédent alors que dans la seconde, les sommes de paires sont indépendantes.

Les processeurs se composent de plusieurs unités de calculs : les coeurs. Les programmes sont divisés en tâches que les coeurs se partagent grâce aux interruptions. Cela introduit du non déterminisme dans le calcul. Un calcul est déterministe si appliqué plusieurs fois à la même donnée, il fournit toujours le même résultat. Sur un seul proces-

seur, le calcul enchaîne les étapes dans un ordre strict, ce qui garantit le déterminisme. Sur plusieurs coeurs, l'ordre des étapes dépend de phénomènes extérieurs au calcul qui viennent s'entrelacer. Quand l'ordre n'est pas le même d'une exécution à la suivante, le déterminisme n'est plus garanti et le résultat peut changer.

Imaginons deux opérations bancaires sur un compte. Chaque opération est une consultation, un calcul du nouveau solde et son écriture. La première opération est interrompue juste après la consultation, par exemple pour mettre à jour une horloge de l'ordinateur. La seconde opération s'effectue entre-temps. Quand la première opération est reprise, l'état déjà lu du compte est inexact puisque la lecture a été faite

avant la seconde opération. Pour éviter cela, il aurait fallu forcer l'ordonnement des deux opérations. Elles ne doivent pas pouvoir se mélanger, ce qui est obtenu par un verrou. Chaque opération ferme le verrou, fait son travail, puis ouvre le verrou. Si une opération trouve le verrou fermé, elle attend.

En pratique l'informaticien écrit un programme censé produire un certain résultat. Il le teste sur quelques exemples simples qu'il peut calculer à la main. Il obtient le bon résultat, et répète avec succès dix fois l'expérience. A la onzième, le résultat n'est plus celui attendu. Le programmeur est chanceux : il vient de déceler un comportement non déterministe. Les étapes dépendantes se sont succédées dix fois correctement par le jeu des verrous. Les étapes in-

dépendantes ont été réparties sur les coeurs et effectuées dans un ordre choisi par l'ordinateur. Ce n'est pas le matériel qui est soudain devenu défectueux. C'est l'ordonnement différent des opérations qui a conduit à l'erreur. L'informaticien doit revoir ses verrous.

La machine permet le déroulement du programme. Quand malicieusement elle choisit un bon ordonnancement, le "bug" n'apparaît pas. La découverte de l'erreur est alors difficile : d'une exécution à une autre, la machine change de comportement et parfois de réponse ...

La difficulté de gestion des verrous croît avec leur nombre. Le matériel effectue chacune de ses tâches dans l'ordre de ses étapes mais les entrelace de façon aléatoire. Avec deux tâches, il y

a autant d'ordres que d'entrelacements des étapes de la première tâche avec celles de la seconde. Et ce nombre augmente exponentiellement.

C'est clair : le non déterminisme est un cauchemar pour l'informaticien, son stress suprême. Il est probable que des applications qui donnent toute satisfaction aujourd'hui fassent apparaître des défaillances quand le nombre de coeurs donc d'ordonnements effectifs augmentera.

L'équipe Dali étudie un nouveau processeur à beaucoup de coeurs (supérieur au millier). Le processeur répartit le travail en se basant sur les dépendances logiques du programme. Grâce à cela, le matériel ne peut plus produire du non déterminisme. L'informaticien pourra bientôt déstresser.



# Le stress mécanique

**LAMPS** - David DANAN et Assalé ADJE, david.danan@univ-perp.fr, assale.adje@univ-perp.fr

- Financements : Projet européen de recherche Marie Curie FP 7 People No. 295118, Contact - Nonlinear Inclusions, Hemivariational Inequalities with Applications to Contact Mechanics.

- Partenaires : l'Université Jagellone de Cracovie (Pologne), l'Université de Iowa City (Etats Unis), Oakland University (Etats Unis), l'Université de Zhejiang (Chine) et Guangxi University of Nationalities (Chine).

Le stress mécanique (ou contrainte mécanique pour éviter tout anglicisme) est un champ d'étude de la mécanique pour analyser la résistance d'un matériau face à des sollicitations extérieures. La résistance, au sens mécanique, s'entend comme la capacité du matériau à se déformer et à produire des contraintes internes pour conserver sa structure. Un des thèmes

de recherche du LAMPS est l'étude de la configuration de la déformée d'un corps ainsi que l'état des contraintes dans celui-ci. Afin d'illustrer cette démarche, prenons un exemple du génie civil : le passage d'un train sur un pont. Il y a deux aspects à prendre en compte : d'une part, le pont ne doit pas s'écrouler à vide et d'autre part, il doit résister au passage du train.

## Contraintes et déformations

L'application de forces extérieures sur un corps induit des contraintes, les forces qu'exercent les points du corps les uns sur les autres, et des déformations, à savoir les déplacements des points du corps. Le lien entre ces grandeurs peut être décrit via un modèle appelé loi de comportement. Ici, des

phénomènes physiques sont décrits sous la forme d'un système d'équations aux dérivées partielles (EDP) associé aux conditions aux limites voire aux conditions initiales.

Un modèle souvent cité dans la littérature est celui de Hooke dans lequel, les contraintes et les déformations sont proportionnelles. Ce rapport, caractérisant la rigidité du matériau qui constitue le corps, est appelé module de Young. Sa détermination s'effectue au moyen d'essais expérimentaux dans lesquels on impose une déformation sur une éprouvette composée du matériau et on en mesure la contrainte. Néanmoins, ce modèle ne prend pas en compte les contraintes environnementales comme, par exemple, la température extérieure ou l'usure. Par ailleurs, ce modèle a également un domaine de validité. En effet, dans un essai de charge-décharge, l'éprouvette

va se déformer puis regagner sa forme d'origine ; cela correspond au domaine élastique et au contexte d'application du modèle de Hooke. En revanche si la limite d'élasticité est dépassée, et que la contrainte est trop importante, l'éprouvette entre alors dans son domaine plastique, ce qui peut mener à la rupture. Pour certains matériaux dit hyperélastiques, comme le caoutchouc, la relation entre la contrainte et les déformations est plus complexe car non linéaire [4]. Une des thématiques du LAMPS vise à étudier des méthodes de conservation de l'énergie pour des problèmes d'impacts hyperélastiques [3].

## Analyse mathématique et modélisation numérique

Une fois le modèle mathématique établi sous la forme d'EDP, l'étape suivante consiste à procéder à son analyse variationnelle dans le but de garantir l'existence et l'unicité de la solution variationnelle ainsi que d'établir des résultats de convergence [5]. Etant donné qu'une description exhaustive d'une solution d'une équation aux dérivées partielles n'est en général pas disponible, il est nécessaire d'avoir recours à une approximation numérique du modèle mathématique et d'en donner une solution approchée définie sur un nombre fini de points. Le modèle numérique revient alors à effectuer des calculs par ordinateur afin de reproduire un phénomène physique décrit par un modèle mathématique. L'expérimentation numérique a pour avantage de présenter un coût d'exploitation très faible sans aucune dangerosité contrairement aux expérimentations réelles. En mécanique, la méthode d'approximation la plus populaire est la méthode des éléments finis. La qualité des solutions obtenues via ce type de méthode dépend de la finesse de la discrétisation du domaine étudié (maillage) défini par le nombre de points de discrétisation. Puis, l'analyse numérique permettra

l'obtention de propriétés théoriques de convergence du schéma numérique utilisé. Enfin, une fois la solution numérique obtenue via des techniques de résolution, il s'agira de confronter ces résultats numériques à la réalité physique et d'affiner en conséquence aussi bien le modèle mathématique que l'approximation numérique.

Toutes les étapes constitutives du calcul scientifique, de la modélisation à la simulation numérique, sont abordées en détail au sein de LAMPS [1]-[4]. D'autres sujets de recherche sont explorés actuellement pour pallier les défauts du modèle numérique. En effet, des problématiques propres à la programmation, comme l'utilisation de nombres flottants à la place des nombres réels, sont en cours d'étude.

## Références :

[1] Thèse de doctorat : D. Danan, Modélisation, analyse et simulation numérique de quelques problèmes de contact, UPVD, juillet 2016.

[2] S. Abide, M. Barboteu & D. Danan, Analysis of two active set type methods to solve uni-lateral contact problem, Journal of Applied Mathematics and Computation doi :10.1016/j.amc.2016.03.012.

[3] M. Barboteu, D. Danan & M. Sofonea, A Hyperelastic Dynamic Frictional Contact Model with Energy-Consistent Properties, Springer International Publishing Switzerland 2015 W. Han et al. (eds.), Advances in Variational and Hemivariational Inequalities with Applications, Advances in Mechanics and Mathematics 33, 249-275.

[4] W. Han & M. Sofonea, Quasistatic Contact Problems in Viscoelasticity and Viscoplasticity, Studies in Advanced Mathematics 30, American Mathematical Society—International Press, 2002.

[5] M. Migorski, A. Ochal & M. Sofonea, Nonlinear Inclusions and Hemivariational Inequalities, Models and Analysis of Contact Problems, Advances in Mechanics and Mathematics 26, Springer, New York, 2013.

# L'aide à la pierre aide-t-elle (tous) les territoires ?

**ART DEV** - Aurélie DELAGE, aurelie.delage@univ-perp.fr  
Financement : Bonus Qualité Recherche UPVD

« Payez moins d'impôts, investissez dans la pierre ! »  
« La pierre, un investissement sûr ! »

Les publicités vantant les bénéfices de la défiscalisation immobilière fleurissent régulièrement dans les magazines, au gré des différents dispositifs du nom des ministres les ayant mis en place : Robien, Scellier, Duflot, et aujourd'hui Pinel. Bénéfice *a priori* pour l'acheteur, grâce à un abattement fiscal sur les revenus locatifs pendant plusieurs années, mais aussi pour le promoteur qui dispose d'un argument de vente supplémentaire pour les appartements neufs.

Passée l'euphorie immobilière de la fin des années 2000, il semble néanmoins que ces dispositifs aient produit des effets négatifs voire pervers : propriétaires floués ne trouvant pas de locataires (perdant ainsi le bénéfice fiscal), marchés immobiliers locaux déstabilisés. Pourtant, ils restent plébiscités par de nombreux élus locaux, y compris dans les territoires où le marché immobilier est moins tendu<sup>1</sup>.

Dans quelle mesure ces aides à la pierre ouvrent-elle une fenêtre d'opportunité temporaire – voire court-termiste – dans ces territoires peu attractifs, au

risque de ne pas répondre aux besoins réels du territoire confronté à des difficultés socio-économiques ? C'est ce que cherche à comprendre cette étude s'inscrivant dans des travaux en cours au sein de l'UMR Art-Dev sur le déclin territorial et les reconfigurations des espaces urbains pris dans des logiques métropolitaines et de financiarisation de la production immobilière. Un BQR 2016, portant sur la déconstruction de la notion de territoire « détendu » ou « hors marché », a permis de financer une recherche exploratoire, notamment à Saint-Etienne.

## Le dilemme des territoires en déclin

Le cas de Saint-Etienne révèle les options contradictoires qui s'offrent aux territoires souffrant d'un manque d'attractivité économique et résidentielle : sur-mesure territorial, ou solutions standards, éprouvées et répondant aux canons des logiques financières ?

Dans cette ville qui a perdu un quart de sa population en quarante ans (étalement urbain, désindustrialisation), certains secteurs présentent des valeurs immobilières extrêmement basses, ce qui les assimile à du logement social *de fait*.

Malgré la forte vacance résidentielle, les

acteurs locaux souhaitent des constructions nouvelles – dont les prix de vente ou de location seront nécessairement supérieurs aux prix du marché local – pour donner l'image d'un territoire dynamique, et offrir des logements susceptibles d'attirer de nouveaux ménages, de préférence solvables. Mais face à ce marché atone, certains promoteurs refusent de prendre des opérations dans la ville, de peur de ne pas vendre les logements et de ne pas rentrer dans leurs frais.

Jusqu'à-là, les dispositifs d'aide à la pierre jouaient néanmoins un rôle incitatif et compensatoire. Mais depuis 2013, Saint-Étienne ne fait plus partie des secteurs défiscalisables. Ce déclassement a été vécu de façon dramatique par les élus, qui ont engagé, en vain, une action auprès de l'Etat pour être de nouveau éligible à ces aides.

## Changer les lunettes de l'action publique ?

Les premiers résultats de cette recherche pointent une certaine inadaptation des politiques publiques en matière de logement : pensées dans les services centraux, à partir d'indicateurs synthétiques, elles peinent à trouver leur pertinence dans toute la diversité des situations des territoires.



Déformée par un tropisme pour les territoires « tendus » et une approche financière, la vision de l'Etat semble manquer de raisonnement territorial nuancé et élude les problèmes spécifiques aux zones détendues, notamment l'obsolescence du parc.

Le cas stéphanois montre des tentatives de programmes immobiliers plus originaux, susceptibles d'attirer promoteurs et investisseurs en centre-ville, tels les Urban Castors, dans une ZAC éligible à la TVA à taux réduit. A l'instar des Castors d'après-guerre, ce programme donne la possibilité aux propriétaires

de faire les travaux de finition eux-mêmes dans des logements livrés bruts par une coopérative urbaine. L'Etablissement Public d'Aménagement, acteur majeur de l'aménagement stéphanois depuis 2007, cherche quant à lui à nouer des partenariats nouveaux avec les promoteurs sur des opérations de petite taille, adaptées à la faible capacité d'absorption en logements neufs du marché stéphanois, mais rentables.

Ce revirement dans les modes de faire, plus modestes, moins tournés vers les opérations de grande ampleur signées par des « starchitectes », coexiste tou-

jours avec l'attrait pour des dispositifs inadaptés. Cela souligne la difficulté pour les territoires d'assumer une position singulière, voire marginale des circuits immobiliers classiques. Au-delà de la catégorisation un peu simpliste en marché « détendu », d'autres dynamiques sont perceptibles, à condition d'adopter la bonne échelle d'observation et d'action.

<sup>1</sup> - Reposant sur plusieurs facteurs, la « tension » du marché se manifeste principalement par un déséquilibre entre l'offre et la demande. Un marché « tendu » n'offrira pas assez de logements, un marché « détendu » en offrira trop.



© photo Flickr

# Les herbicides : un stress pour les micro-organismes du sol ?

**BAE - LBBM** Christophe CALVAYRAC, Lise BARTHELMEBS, Sana ROMDHANE  
christophe.calvayrac@univ-perp.fr  
Financements : ANR TRICETOX, Bonus Qualité Recherche UPVD

Le sol constitue un système biologique dynamique qui joue un rôle prépondérant dans le maintien des grands cycles biogéochimiques. Près de 80 à 90% des réactions enzymatiques ou biologiques y sont réalisées par les microorganismes, ces derniers soutenant de nombreuses fonctions qui contribuent à la régulation et à l'entretien des services écosystémiques. Lorsqu'une communauté microbienne subit un stress lié à une perturbation

anthropique, une modification potentielle de sa structure, de sa fonction et/ou de sa diversité est observée. Les systèmes microbiens peuvent alors développer trois types de réponse :

1- la résilience ou capacité du système biologique à retrouver son état initial une fois la perturbation achevée.

2- la résistance ou capacité du système à maintenir sa composition et ses fonc-

tions malgré la présence de la perturbation.

3- la redondance fonctionnelle ou capacité d'un taxon microbien à occuper les mêmes fonctions qu'un autre groupe microbien dans un écosystème afin de maintenir la stabilité de la fonction malgré la présence soutenue du stress.

Les herbicides sont conçus pour contrôler le développement de plantes adven-

tices dans les cultures. Néanmoins, en raison de leur mode d'action, certains peuvent affecter des organismes non-cibles tels que les microorganismes du sol. Ces interactions entre produits phytosanitaires et microorganismes peuvent générer un stress et modifier de façon significative la fonction écosystémique du sol. La biodégradation, processus de transformation microbien de molécules d'origine naturelle ou anthropique, participe également à cette fonction écosystémique. Ce mécanisme contribue à limiter la persistance de polluants organiques tels que certains herbicides et à réduire le risque de transfert de ces molécules vers d'autres compartiments de l'environnement. La réglementation actuelle concernant l'homologation des produits phytopharmaceutiques n'exige pas d'évaluation de l'impact des herbicides sur la diversité microbienne des sols. Étant donné l'importance du sujet, le cadre réglementaire sera très vraisemblablement amené à évoluer dans les prochaines années.

Dans ce contexte, l'équipe BAE-LBBM coordonne le projet ANR TRICETOX qui se propose d'établir une évaluation holistique de l'impact environnemental des herbicides  $\beta$ -tricétones. Cette famille chimique a été retenue comme modèle d'étude en raison de son utilisation prépondérante dans les itinéraires techniques maïsicoles depuis l'interdiction de l'atrazine en 2003. Notre laboratoire étudie l'impact écotoxicologique de ces herbicides sur la diversité et l'activité bactérienne du sol ainsi que les mécanismes d'adaptation en lien avec la biodégradation. Plusieurs matières actives sont étudiées telles que la sulcotrione, composé de synthèse et la leptospermone, molécule d'origine naturelle. Un des objectifs consiste à déterminer si l'utilisation d'herbicides d'origine naturelle peut être une alternative agro-environnementale tenable dans la gestion de la protection des cultures. L'équipe travaille en parallèle sur l'isolement et la caractérisation génétique de souches bactériennes dégradant les herbicides tricétones et

leurs métabolites.

Ce projet de recherche TRICETOX fédère six équipes au niveau national et international (BAE-LBBM et CRIOBE, UPVD; INRA Dijon, UMR AgroÉcologie; LMGE et l'ICCF, Université Blaise Pascal; Colorado State University, USA). Il a donné lieu à deux thèses de doctorat UPVD (Émilie ROCABOY-FAYET, 2014 ; Sana ROMDHANE, 2016) et à la publication d'articles<sup>1,2</sup>. L'équipe BAE-LBBM bénéficie également d'un soutien de l'UPVD via un financement Bonus Qualité Recherche.

## Références :

[1]: Romdhane S, Devers-Lamrani M, Barthelmebs L, Calvayrac C, Bertrand C., Cooper JF, Dayan F, Martin-Laurent F. 2016. Ecotoxicological Impact of the Bioherbicide Leptospermone on the Microbial Community of two Arable Soils, *Frontiers in Microbiology*. 24;7:775.

[2]: Romdhane S, Devers-Lamrani M, Martin-Laurent F, Calvayrac C, Rocaboy-Faquet E, Riboul D, Cooper JF, Barthelmebs L. 2015. Isolation and characterization of *Bradyrhizobium* sp. SR1 degrading two  $\beta$ -triketone herbicides. *Environ Sci Pollut Res Int*. 23 :4138-4148.



© photo <http://cedelocha.wixsite.com/monsite/blank-1>

## Gérer le stress avec le numérique en éducation : une recherche-action en C2i.

**CRESEM-** Thierry GOBERT,  
thierry.gobert@univ-perp.fr

Le stress est un ensemble de réponses adaptatives des êtres vivants aux sollicitations de l'environnement<sup>1</sup>. L'Académie des Sciences a proposé de lui substituer *agression*<sup>2</sup> car les écosystèmes sont des sources de tension. Cette connotation négative est restée dans l'usage. Le stress apparaît chez une personne dont les ressources et les stratégies de gestion personnelles sont dépassées par les exigences qui lui sont

posées<sup>3</sup> ou en réaction à l'obligation de fournir un investissement dont l'ampleur n'est pas souhaitée.

Le numérique est un écosystème<sup>4</sup> érigé avec des objets et des services animés par du code informatique et les réseaux qui les relient entre eux. La simplicité apparente de l'usage technologique recouvre des techniques<sup>5</sup> et des modèles économiques complexes. Les TIC ont

ainsi révélé des fractures sociales liées à l'accès aux données<sup>6</sup> et leur utilisation<sup>7</sup>. Elles se déclinent notamment en urgence communicationnelle<sup>8</sup>, disparités dans l'alphabétisation numérique et l'acquisition des compétences<sup>9</sup>.

Un moyen de réguler le stress consiste à accepter un degré raisonnable de biais d'optimisme<sup>10</sup> comme les illusions de contrôle et de compétence.

L'illusion de contrôle<sup>11</sup> est la projection de capacités décisionnelles sur un événement qui n'offre pas de prise. Un joueur lance ainsi doucement les dés pour obtenir un chiffre faible. Elle régule les effets négatifs du stress<sup>12</sup> en offrant la possibilité de se défendre contre la pression du moment en réalisant des actes sans conséquences ou en reportant l'ajustement d'un comportement. L'expression de la volonté est possible même si c'est au conditionnel : « je pourrais partir plus tard si... ». Avec le numérique, l'illusion de contrôle se manifeste par une occupation inutile, la procrastination, la délégation de son travail à un groupe ou un outil.

L'illusion de compétence<sup>13</sup> a été étudiée dans des milieux financiers où les prédictions d'experts s'avèrent rarement justes. Les gens donnent foi à une proposition absurde si elle est soutenue par la communauté. Avec le numérique, cette illusion se manifeste dans la croyance que les logiciels sont devenus si simples que les posséder équivaut à

les maîtriser. Il n'y aurait plus qu'à apprendre<sup>14</sup> à les employer; ce qui rejoint le complexe de Rank Xerox où l'étudiant semble croire qu'il a assimilé le contenu du document qu'il a photocopié<sup>15</sup>.

Au cours de l'année universitaire 2015-2016, ces éléments ont été testés auprès d'une population d'apprenants de master 1 à l'IAE de Perpignan. La méthodologie de recherche-action, adaptée au terrain empirique édu-

catif<sup>16</sup>, a été conduite auprès de deux groupes de C2i organisé par le service Platinium de l'UPVD. Les apprenants devaient réaliser un site internet sans recourir à des contenus préexistants, sinon quelques ressources libres. Cette étude qualitative, en éducation, est ancrée en Sciences de l'Information et de la Communication dont la posture critique<sup>17</sup> vient ombrer un travail originel de psychosociologie.

Les résultats montrent que des biais d'optimisme accompagnent la motivation forte des apprenants. Ils n'ont pas conscience de manifester des illusions mais les repèrent dès qu'elles leur sont signalées. Les *verbatim* sont explicites : « on a tout le temps jusqu'à la fin du semestre ». Il « y aura toujours une ressource libre » qu'il « suffit de citer pour faire ce qu'on veut » même si « ce site qui était si bien » a disparu. Les illusions de contrôle et de compétence cohabitent. La procrastination s'appuie sur une finalisation en devenir. Avec un outil « simple » et des contenus en ligne,

« cela ira vite » et sera « possible ». En attendant, on « cherche des idées sur internet ». Pour autant, tous les travaux ont été rendus dans les délais.

Par ailleurs, l'étude a révélé un clivage des médias. Les étudiants devaient réaliser des contenus nouveaux mais n'ont créé que les textes. Les images ont toutes été copiées sur internet. L'illusion d'incompétence<sup>18</sup> graphique est si forte que personne n'a pris de photos. Un soutien pédagogique a été inséré dans la séquence de recherche-action. Les apprenants, d'abord invités à reproduire avec leurs téléphones mobiles les clichés copiés, ont découvert une autonomie et illustré leurs projets.

L'éducation se saisit des opportunités du numérique. Comme tout environnement, il engendre un stress qui semble partiellement régulé par des illusions de contrôle<sup>19</sup> et de compétence<sup>20</sup>. La limite de l'étude tient à la méthode qualitative qui n'est pas généralisable. Elle a toutefois permis de catégoriser les manifestations des biais d'optimisme et valorisé le soutien pédagogique en C2i qui concourt à résorber le fossé qui sépare la possession de l'usage<sup>21</sup>.

### Références :

- 1 R Selye, 1936
- 2 TLF, cit. Sciences, 1959
- 3 OMS, Arck et al., 2001
- 4 Maurer, Huberman, 1999
- 5 Ellul, 1996
- 6 Wolton, 2003
- 7 Brotcorne, Valenduc, 2008
- 8 Carayol, 2011
- 9 Hirtt, 2009
- 10 Milhabet et al., 2002
- 11 Langer, 1975
- 12 Moser, 1992
- 13 Kahneman, 2012
- 14 Gobert, 2003
- 15 Lapèlerie, 1997
- 16 Perriault, 1989
- 17 Meyer, 2006
- 18 Bouffard et al, 2006
- 19 Moser, 1992
- 20 Gobert, 2016
- 21 Auverlot & all, 2011



© photo Steff Saint E

## 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* : Etude 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.

**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<sup>ers</sup> 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* : Etude 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  
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](http://www.univ-perp.fr)**