

UPVD RECHERCHE

Hors-série de l'Université de Perpignan # 7 - Mai 2016

DOSSIER : L'eau

**Edito par Mme Josiane Chevalier,
Préfète des Pyrénées-Orientales**



FOCUS :
**TARA
PACIFIC**

UNIVERSITÉ
PERPIGNAN
VIA
DOMITIA



Sommaire



EDITO par Mme Josiane Chevalier,
Préfète des Pyrénées-Orientales

pages 4-5



FOCUS :
Tara Pacific

pages 6 à 13



DOSSIER SPÉCIAL :
L'eau

pages 14 à 37



ACTUS RECHERCHE

pages 38 à 41



LES UNITÉS DE RECHERCHE de l'UPVD

pages 42-43

Directeur de publication : Fabrice Lorente, Président UPVD

Création / réalisation / diffusion : Service communication et culture UPVD

Impression : Encre Verte

Crédits photographiques : Tara-Expéditions, CNRS, NASA, Hubble Legacy Archive, F. Latreille, L. Thiault, M. Nagues, J.L Olive, X. Py, W. Ludwig, T. Vignaud, T. Leclerc, RB Andreo, E. Zbinder, A. Howard, B. Caton, R. Villaverde, W. Murphy, M. Savage, Image Base, Flickr



Etang de Canet, Pyrénées-Orientales

Edito

L'eau



L'eau, patrimoine commun, est aujourd'hui devenue un véritable enjeu dans tous les territoires. Source de vie, elle conditionne nos capacités de développement alors même qu'elle est soumise à de nombreuses pressions. L'exigence de qualité, de disponibilité, de continuité du service offert, la préservation des milieux aquatiques et la satisfaction des besoins de tous constituent de véritables défis que nous devons relever.

Dans le département des Pyrénées-Orientales, la ressource est abondante et nos paysages sont fortement marqués par les ouvrages parfois multi-séculaires, nécessaires à sa bonne gestion. C'est ainsi que les barrages ou les centaines de kilomètres de canaux font désormais partie de notre patrimoine.

Cependant, les besoins, en eau potable ou irrigation agricole, sont les plus importants au moment où cette ressource est la moins disponible. Dans un contexte de changement climatique, d'évolution des usages et des besoins, de multiplication des activités sportives et ludiques, la conciliation des usages tout en respectant les équilibres environnementaux est une des priorités dont a la charge l'État en concertation avec les collectivités et les principaux usagers.

Dans ce but, renforcer le partenariat entre l'État et l'université est désormais incontournable pour enrichir les connaissances et développer l'innovation, de manière pragmatique, en relation avec les acteurs économiques.

Je suis persuadée que les liens qui se tissent aujourd'hui entre l'Université de Perpignan Via Domitia et les services de l'État dans le département, se renforceront à l'avenir au bénéfice du développement de notre territoire, de la consolidation et du rayonnement de notre économie.

Mme Josiane CHEVALIER
Préfète des Pyrénées-Orientales

TARA PACIFIC

une expédition au cœur du corail

Le 28 mai 2016, le bateau scientifique **TARA** quittera le port de Lorient en Bretagne pour une expédition d'une durée de deux ans en Asie-Pacifique : **TARA PACIFIC**. Cette expédition permettra de réaliser une étude complète des récifs coralliens et de leur évolution face au changement climatique et aux perturbations induites par l'activité humaine.

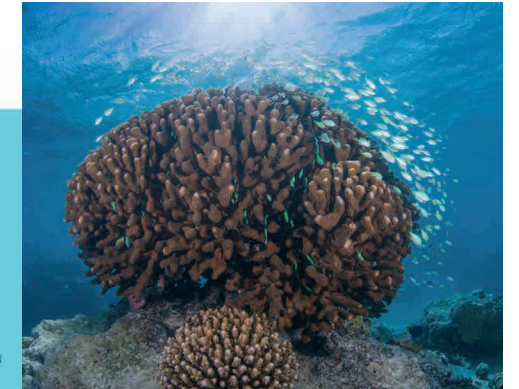
Le laboratoire **CRIOBE** (USR 3278 CNRS-EPHE-UPVD) est un élément majeur de cette aventure : Serge Planes, directeur du CRIOBE, en est le directeur scientifique et Emilie Boissin, chercheuse au CRIOBE la coordinatrice scientifique. En collaboration avec l'équipe de Tara Expéditions, ils déterminent le parcours avec les escales en fonction de l'intérêt scientifique et coordonnent l'organisation logistique des activités scientifiques à bord. Six autres chercheurs ainsi que deux ingénieurs du laboratoire participent également activement à l'expédition.



La route de TARA PACIFIC de 2016 à 2018

TARA PACIFIC en chiffres :

30 pays - 30 archipels - 70 escales - 100 000 km parcourus - 11 fuseaux horaires
200 zones de prélèvement - 40 000 échantillons récoltés en 2 ans
70 scientifiques de 8 pays différents - 14 laboratoires impliqués



« Tara Pacific tentera de dévoiler la biodiversité cachée d'un récif, à la fois génomique, génétique, virale et bactérienne, pour la comparer à celle de la masse d'eau qui l'entoure. Le but est de se faire une idée réelle de la diversité globale d'une colonie corallienne. »
Serge Planes

Les objectifs de l'expédition

Le 14 avril dernier s'est tenue la conférence de presse annonçant officiellement le lancement de la nouvelle expédition TARA PACIFIC. Etaient réunis Stéphanie Thiebault (directrice de l'INEE, CNRS), Thierry Coulhon (président de PSL), Etienne Bourgois et Romain Troublé (Président et directeur de la Fondation TARA Expéditions), Denis Allemand (directeur du Centre Scientifique de Monaco, co-directeur scientifique de l'expédition) et Serge Planes (directeur du CRILOBE, directeur scientifique de l'expédition).

Cette nouvelle expédition de la goélette TARA va permettre d'explorer les récifs coralliens à travers le Pacifique pendant deux années afin de mieux appréhender la biodiversité de l'holobionte corail (le corail et son microbiome : les zooxanthelles, les bactéries, les virus, les champignons, etc) et ses capacités d'adaptation aux changements globaux.

Une telle approche n'a jamais été réalisée jusqu'à ce jour sur une telle étendue géographique. De nombreuses recherches locales sur les récifs coral-

liens ont en effet déjà été réalisées. Le caractère unique et inédit de cette expédition consiste en son approche « transversale » offrant l'occasion d'établir un état des lieux sur une échelle spatiale qui n'avait encore jamais été appréhendée. Par une approche comparative et interdisciplinaire, les chercheurs tenteront d'appréhender le passé récent des premières colonisations coralliennes, d'observer l'évolution contemporaine des récifs traversés et d'en envisager le futur.

Les zones parcourues par Tara au cours de sa route à travers l'Océan Pacifique comprennent de très nombreuses îles récifales réparties sur d'immenses territoires. Si certaines de ces îles sont soumises à des perturbations directes et locales, la grande majorité est éloignée de toute source de pollution anthropique et permet de mesurer uniquement les perturbations résultantes de modifications naturelles de l'écosystème terrestre.

Les récifs coralliens représentent une source de revenus pour près de 550 millions de personnes Photo © Thomas Vignaud - CRILOBE - CNRS



Les récifs coralliens concentrent 25% de la faune et de la flore marines alors qu'ils couvrent entre 0,08% et 0,16% des surfaces marines Photo © Lauric Thiault - CRILOBE - CNRS

L'expédition Tara Pacific offre ainsi l'opportunité de dissocier les effets des perturbations locales (pollutions, urbanisation, sédimentation due à l'érosion) de l'incidence des changements globaux (réchauffement climatique global, acidification des océans) et de mesurer l'état de santé de populations coralliennes soumises à ces deux types de perturbations.

Le corail, un réservoir de vie aujourd'hui menacé

Les récifs coralliens réunissent près de 30% de la biodiversité marine alors qu'ils couvrent seulement entre 0,08% et 0,16% de la superficie des océans. Ils abritent environ un tiers de toutes les espèces marines connues à ce jour (près de 100 000 espèces). A l'image

des forêts tropicales primaires, ils sont un réservoir exceptionnel de biodiversité sur terre. Leur santé est donc cruciale pour la diversité des espèces qu'ils abritent mais aussi pour l'humain.

« 1 km² de récifs coralliens comptabilise autant de biodiversité que la totalité du territoire français métropolitain. » Serge Planes

Outre l'aspect biodiversité, les récifs coralliens constituent de véritables barrières côtières assurant la protection des habitants des côtes tropicales lors de tempêtes et de cyclones, ou encore des sources de revenus indispensables pour de nombreuses économies de pays en développement. Ils assurent la subsistance directe à plus de 500 millions de personnes dans le monde grâce à la pêche. Et leurs services écologiques vont bien au-delà : protection des côtes contre l'érosion, tourisme...

Etudier un tel écosystème à l'échelle de l'Océan Pacifique devient ainsi une priorité alors qu'une grande partie des récifs coralliens est menacée. Les récifs coralliens sont extrêmement sensibles

aux changements actuels de notre environnement, comme le réchauffement des eaux ou bien l'acidification des océans, qui s'ajoutent aux perturbations locales (pollution, sédimentation, aménagement des côtes, surpêche, trafic maritime, prolifération d'espèces invasives...). Les récifs coralliens font face à des régressions dramatiques à tel point que l'on évalue à près de 25% leur disparition au cours des 20 dernières années et à près de 50% ceux qui sont en situation critique à ce jour.



Photo © Lauric Thiault - CRIOBE - CNRS

Une mission scientifique

Directeur scientifique, Serge Planes a choisi de s'intéresser au gradient de biodiversité des récifs coralliens de l'Indo-Pacifique pour cette nouvelle expédition TARA. En effet, le nombre d'espèces augmente lorsqu'on va de l'est à l'ouest du Pacifique et cette mission va permettre de regarder l'évolution de l'holobionte corallien le long de ce transect.

Trois espèces de coraux ont été sélectionnées, deux coraux scléractiniaires (*Porites lobata* et *Pocillopora meandrina*) et un corail de feu (*Millepora platyphylla*). En parallèle, un poisson va également être prélevé, le chirurgien bagnard (*Acanthurus triostegus*), et de la même manière la composition de son microbiome va être déterminée (microbiome de la peau et microbiome du tube digestif).

Lors de la première année, entre le Panama et le Japon, en passant par l'île de Pâques, la Polynésie Française ou encore Wallis et Futuna, une vingtaine d'îles vont être visitées. 10 individus de chaque espèce vont être échantillonnés sur trois sites par île et des échantillons de l'eau environnante seront également prélevés. Au total sur les deux années, c'est plus de 40 000 échantillons qui seront récoltés. Ces échantillons seront ensuite analysés par diverses approches (métabarcoding, métatranscriptomique, métagénomique, métabolomique) et des biomarqueurs de stress seront également recherchés.

Un échantillonnage de cet ampleur et la multitude d'approches utilisées pour les analyses vont permettre d'obtenir une vision globale sans précédent du fonctionnement des récifs coralliens et de leur potentiel d'adaptation face aux changements globaux.

Après près de deux années de discussions scientifiques et de mise au point des différents protocoles avec tous les collaborateurs (Centre Scientifique de Monaco, Génoscope (CEA), KAUST, Université de Nice, Université de l'Oregon, etc...), tout le matériel scientifique est en train d'être mis en place à bord de la goélette pour un départ le 28 mai de Lorient. Le travail pourra ensuite commencer à partir du mois de juillet, une fois le canal de Panama franchi.

4 axes de recherche :

- L'état de santé des récifs face au changement climatique
- Les possibilités de résistance, d'adaptation et de résilience de ces environnements
- La biodiversité des récifs
- De la biologie des récifs à la santé humaine

Le CRIOBE et TARA PACIFIC



L'expédition TARA PACIFIC est une mission scientifique ambitieuse et de grande ampleur qui va permettre d'explorer les récifs coralliens et leur capacité d'adaptation au changement climatique.

Pendant les deux années de l'expédition, sous la direction scientifique de Serge Planes (directeur du CRIOBE), environ 70 scientifiques vont se relayer à bord pour collecter des échantillons de coraux, de poissons, de macrophytes, d'algues et d'eau ambiante dans plus d'une trentaine d'îles à travers le Pacifique.

Le but principal de la mission est de mieux comprendre l'holobionte corail (le corail et son microbiome: les zooxanthelles, les bactéries, les virus, les champignons etc) et ses capacités d'adaptation aux changements globaux.

Le CRIOBE jouera donc un rôle important dans cette nouvelle expédition TARA en assurant la direction et la coordination scientifiques pour cette aventure exceptionnelle.

Contacts :

planes@univ-perp.fr
emilie.boissin@univ-perp.fr
elodie@taraexpeditions.org

Plus d'informations sur :

criobe.pf
www.taraexpeditions.org

@criobe_pf
@TaraExpeditions

www.facebook.com/tara.expeditions/



Serge Planes

Directeur de Recherche CNRS, spécialiste de la génétique des populations des poissons des récifs coralliens.
Directeur du CRIOBE et du labex CORAIL
Directeur scientifique de TARA PACIFIC



Emilie Boissin

Chercheuse post-doctorante
Coordinatrice scientifique de TARA PACIFIC
Elle va s'intéresser aux mécanismes d'assemblage des communautés le long du gradient de biodiversité Pacifique.



Bernard Banaigs

Chercheur INSERM, spécialiste de l'écologie chimique
Il est responsable de toute la partie métabolomique de TARA PACIFIC.



Valeriano Parravicini

Maître de conférences EPHE
Responsable du leg « Polynésie française - poissons »
Il va réaliser des comptages de poissons et estimer la couverture benthique.



Laetitia Hédouin

Chercheuse CNRS
Responsable du leg « Polynésie française - coraux »
Elle va déterminer les cycles de reproduction des coraux prélevés le long du transect et s'intéresser aux interactions algues corallines calcaires /coraux.



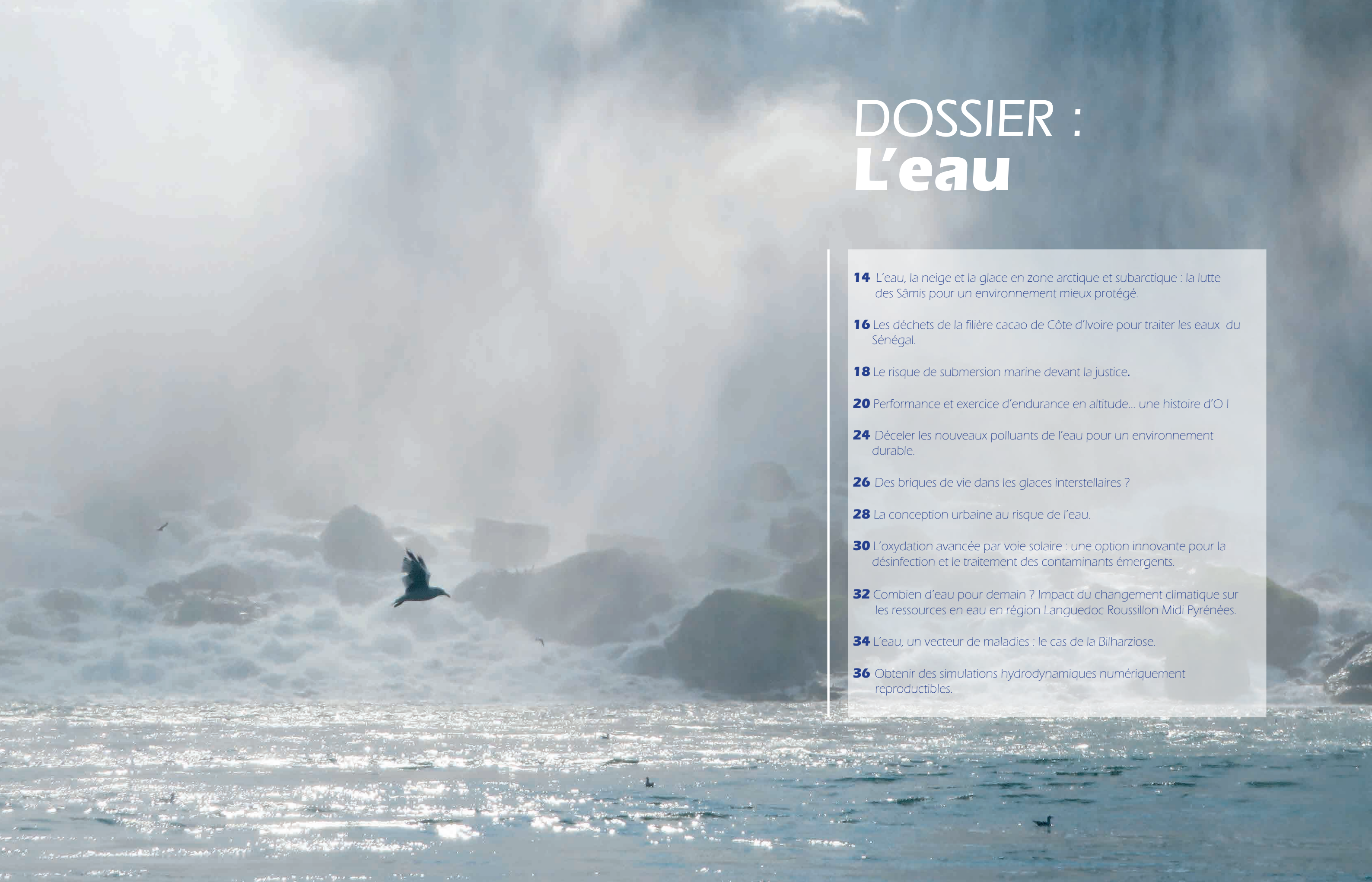
Maggy Nugues

Maître de conférences EPHE
Elle va s'intéresser aux interactions algues corallines calcaires /coraux.



David Lecchini

Maître de conférences EPHE
Responsable du leg « Japon »
En se concentrant sur la condition d'herbivorie, il va réaliser des comptages de poissons dans des sites acidifiés et non acidifiés.



DOSSIER : L'eau

- 14** L'eau, la neige et la glace en zone arctique et subarctique : la lutte des Sâmis pour un environnement mieux protégé.
- 16** Les déchets de la filière cacao de Côte d'Ivoire pour traiter les eaux du Sénégal.
- 18** Le risque de submersion marine devant la justice.
- 20** Performance et exercice d'endurance en altitude... une histoire d'O !
- 24** Déceler les nouveaux polluants de l'eau pour un environnement durable.
- 26** Des briques de vie dans les glaces interstellaires ?
- 28** La conception urbaine au risque de l'eau.
- 30** L'oxydation avancée par voie solaire : une option innovante pour la désinfection et le traitement des contaminants émergents.
- 32** Combien d'eau pour demain ? Impact du changement climatique sur les ressources en eau en région Languedoc Roussillon Midi Pyrénées.
- 34** L'eau, un vecteur de maladies : le cas de la Bilharziose.
- 36** Obtenir des simulations hydrodynamiques numériquement reproductibles.



Au centre Tara Zhaabowekwe Houska, avocate américaine native anishinaabe, et Sofia Jannok, Sâmie de Suède, chanteuse et artiste militante, Paris, le 13 décembre 2015 - Photo © Allan Lissner

L'eau, la neige et la glace en zone arctique et subarctique : la lutte des Sâmis pour un environnement mieux protégé

CRESEM - Jean-Louis OLIVE, jean-louis.olive@univ-perp.fr

Au nord de l'Europe, la zone arctique et subarctique abrite les populations natives de Fennoscandie, les Sâmes (ou Lapons, terme péjoratif). Ces communautés nomades partageaient autrefois un vaste espace, et se trouvent désormais réparties entre la Norvège, la Suède et la Finlande, ainsi qu'un isolat sur la péninsule de Kola (Russie, Oblast de Murmansk). Les trois premiers pays leur ont concédé la création d'un parlement autochtone, avec voix consultative dans les organes

politiques nationaux. Seule la Norvège a ratifié la Convention n° 169 de l'OIT qui garantit aux peuples autochtones des droits en matière d'autonomie.

Les Sâmi tirent leur subsistance de l'élevage des rennes, de la pêche au saumon et de la chasse (perdre des neiges). Ils ont donc compétence pour observer les effets significatifs et inquiétants du réchauffement climatique dans la région. L'air s'y réchauffe deux fois plus vite que dans le reste du monde, et l'on

enregistre une hausse de 1,5 °C, proche du seuil des 2°C qui mettent notre univers en danger, sachant que l'Arctique perd sa glace six fois plus vite dans les années 2000 qu'en 1990.

Sur le plateau et les reliefs (vidda et tundra), l'abondance inhabituelle des pluies et l'épaississement de la couche de glace terrestre crée un bouclier recouvrant les lichens dont se nourrissent les rennes. Sur les lacs (jávri), l'affinement des glaces, marines et terrestres,

rend de plus en plus dangereuses les pistes de transhumance suivies par les rennes. En témoigne le très beau film documentaire de Corto Fajal, qui a pu filmer une catastrophe écologique sans précédent¹. « *Le printemps arrive en avance, la neige fond plus tôt et la glace sur les lacs fond aussi beaucoup plus tôt qu'autrefois. Et puis la glace arrive plus tard en automne et la saison des eaux libres dure parfois jusqu'en décembre (...)* C'est un cataclysme qui change la nature. Parce que notre vie, elle est ici². »

A Kautokeino, dans le Finmark norvégien, j'ai rencontré des représentants du Conseil arctique et de l'association internationale des éleveurs de rennes : ces institutions sont reconnues et soutenues par l'ONU, pourtant leur action est encore bien insuffisante face aux agressions du climat et surtout aux politiques chaotiques des États qui concèdent trop de droits d'exploitation aux industriels et aux biopirates (dégradation, pollution, déshumanisation).

Des délégations Sâmies étaient présentes à Paris à la COP21, parmi

d'autres associations représentatives des peuples autochtones, qui comprenaient des personnalités. Pourtant, elles n'ont pas été entendues et ont même fait l'objet de contrôles policiers. Ces acteurs pacifiques avaient pourtant inventé une nouvelle forme de communication, en entonnant des « Joiks³ », chants destinés à être repris en chœur par les personnes présentes dans la rue. Plusieurs chanteuses Sâmies sont à l'origine de cette forme pacifique et poétique de revendication (Sara Marielle Gaup Beaska, Norvège, et Sofia Jannok, Suède), qui est aussi une évocation du patrimoine culturel et immatériel de ces peuples fragiles.

Nous pouvons et devons agir, sans nous contenter de considérer l'environnement comme « *ce qui nous entoure* », « *mais comme une zone d'interpénétration à l'intérieur de laquelle nos vies et celles des autres s'entremêlent en un ensemble homogène*. » (Ingold 2013 : 10) Pour l'anthropologue Tim Ingold, cette observation fait suite aux longs séjours qu'il a effectués sur le terrain parmi les Skolts d'Ánár, ou Inari (groupe Sâmi de Finlande nord-orientale)⁴. Comme

l'ont montré Elina Helander ou Nicolas Gunsley, le concept sâmie de l'environnement est holistique : il se rapporte à tous les éléments tels que les facteurs écologiques, culturels, sociaux et linguistiques. La modification ou l'altération d'un de ces composants entraîne la modification ou l'altération des autres composants. Leur savoir traditionnel suit le même précepte. Cette conception s'oppose tout à fait aux conceptions occidentales de l'environnement qui situent l'homme dans une position dominante par rapport aux autres éléments de son milieu et donc ne permettent pas de considérer les interactions entre les différents éléments dans leur totalité. C'est cette différence qui a généré un déséquilibre et une destruction de la société sâmie lors de son contact avec les sociétés occidentales⁵.

En résumé, il fait chaud en Laponie, et ce n'est pas bon signe pour l'ensemble de la planète ! Et nous devons nous approprier l'inquiétude légitime des Sâmis, peuple autochtone légitime qui ouvre une voie pour notre futur.

¹-Corto Fajal, Jon face aux vents, 2011, France-Suède, dvd 77 mn., ²- Qu'est ce que le changement climatique pour vous? / Jouni, pêcheur lapon, Emission C'est pas du vent, RFI, 01.05.2015 : <http://www.rfi.fr/emission/est-pas-vent/> en streaming sur Dailymotion, ³- Joik ou Juoiggos, chant de gorge traditionnel. FERNANDEZ-VEST M.M. Jocelyne, 1984, Le joik sans frontières. Chants et poésies du Pays des Sames, Paris : Selaf-ORSTOM, disque 33 t., cassette et livret, 25 p., ⁴- INGOLD Tim, 2013, Marcher avec les dragons. Paris, Editions Zones Sensibles, 379 p., ⁵- Nicolas Gunsley : « les Sâmes et leur environnement : conceptions et enjeux », Courrier de l'environnement de l'INRA, n°37, août 1999 : 71-76. <http://www7.inra.fr/lecourrier/assets/C37Gunsley.pdf>

Rivière Mallan à Kilpisjärvi, à la frontière entre la Norvège, la Suède et la Finlande, 31 octobre 2014 - Photo © Jean-Louis Olive IMG_0464_Saami_2014_Enontekiö-Kilpisjärvi

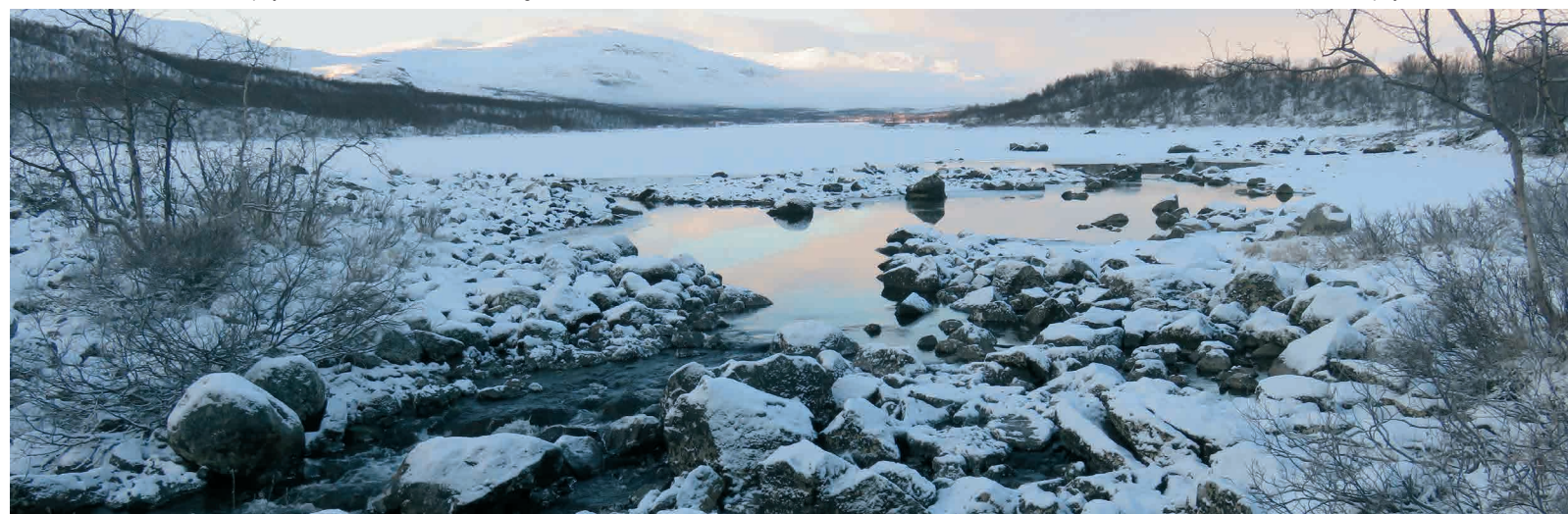




Figure 2 : exploitation de latérite au Burkina Faso - Photo © Xavier Py

Les déchets de la filière cacao de Côte d'Ivoire pour traiter les eaux du Sénégal

FAiD- Xavier PY, py@univ-perp.fr
en collaboration avec le CERMD

Dans l'eau, le fluor est présent sous forme d'ion fluorure (F-) lié à d'autres ions positifs (calcium, sodium, aluminium,...). Concernant les eaux souterraines comme c'est le cas au Sénégal, sa présence peut être d'origine naturelle et provenir de la dissolution de roches et dans d'autres cas elle

peut provenir de rejets industriels et concerne alors des eaux de surface.

Selon les directives de l'OMS, la teneur recommandée de cet ion dans l'eau destinée à la consommation humaine se situe entre 0.7 et 1.5 mg/L. A plus forte concentration, entre 0.5 et 0.9

mg/L, la présence du fluor dans l'eau est bénéfique et prévient la formation des caries dentaires. Par contre au delà, entre 0.9 et 1.2 mg/L, le surdosage des fluorures commence à induire des effets néfastes sur l'organisme et peut en particulier entraîner une fluorose dentaire manifestée par des taches sur

l'émail. A des teneurs encore plus élevées, de 3 à 6 mg/L, une fluorose du squelette peut provoquer des douleurs osseuses et articulaires accompagnées de déformations.

En Afrique de l'Ouest, le bassin arachidier du Sénégal est particulièrement exposé à cette problématique et de nombreuses études ont déjà été entreprises pour venir en aide aux populations. Les analyses récentes effectuées par notre collègue Saidou Nourou Diop de l'université Assane Seck de Ziguinchor à Dakar sur huit sites concernant 53 683 personnes mettent en évidence des teneurs de 2.17 jusqu'à 4.5 mg/L pour une moyenne de 3.2 mg/L. Ces valeurs sont nettement hors de la zone préconisée par l'OMS et clairement dans la zone induisant des impacts sur la santé des populations. Certaines de ces eaux sont par ailleurs saumâtres, ce qui diminue d'autant leur intérêt pour la consommation alimentaire et complexifie leur traitement pour l'élimination du fluor.

Des techniques d'élimination sont déjà disponibles mais certaines sont limitées aux eaux peu concentrées (précipitation à la chaux ou à la magnésie) quand d'autres présentent des problèmes de durée de vie trop faibles des matériaux actifs couplées à des difficultés de régénération (adsorption sur alumine). D'autres enfin s'avèrent souvent trop coûteuses et complexes pour des pays émergents et nécessitent des corrections simultanées de la minéralisation totale, c'est le cas de la filtration membranaire.

Le projet émergent porté par la FAiD consiste à concevoir des procédés robustes, peu coûteux et réalisables sur place avec des matériaux et compétences locales. Cette approche est ainsi globalement destinée à résoudre un problème sanitaire et environnemental de manière durable tout en créant



Figure 1 : cabosse de cacao de Côte d'Ivoire

simultanément des activités économiques pour une meilleure appropriation sociale des technologies. Il s'agit dans le cas présent de valoriser des déchets de biomasse disponibles en Afrique de l'Ouest couplés à d'autres ressources locales naturelles pour développer des techniques d'élimination du fluor par adsorption.

Au niveau du matériau, la technique proposée consiste à élaborer des super adsorbants carbonés par carbonisation et activation des cabosses de cacao (déchet biomasse abondant en Côte d'Ivoire illustré sur la figure 1). Pour rendre cet adsorbant plus actif vis-à-vis du fluor, l'idée est d'y déposer des oxydes métalliques issus de la latérite, roche rouge très abondante en Afrique de l'Ouest (illustrée sur la figure 2).

Au niveau du procédé, les étapes d'adsorption et de régénération seraient contrôlées de manière thermique. L'adsorption serait renforcée par refroidissement radiatif en appliquant la technologie déjà à l'étude pour refroidir les centrales électrosolaires (voir le

hors-série recherche UPVD n°4 - déc. 2014 - p. 18). La régénération serait effectuée à l'aide de la chaleur produite par des capteurs solaires. L'innovation principale du système réside dans le fait que les surfaces de refroidissement nocturne et de production de chaleur diurne sont les mêmes.

Une étude expérimentale préliminaire est engagée en mai 2016, associant le laboratoire PROMES, le laboratoire CERMD d'Orléans et l'université de Dakar. Au sein du laboratoire CERMD, le collaborateur de la FAiD est Benoît Cagnon, Docteur de l'UPVD, actuellement Maître de Conférence à l'IUT d'Orléans. Il a effectué sa thèse de doctorat à Perpignan sur l'élaboration de super adsorbants carbonés issus de divers déchets de biomasse et les valorise depuis à Orléans dans le domaine du traitement des eaux.

Les résultats préliminaires de cette première étude expérimentale vont permettre ensuite de soumettre le concept à des appels à projets pour un financement complet de l'étude.

Le risque de submersion marine devant la justice

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

Le passage de la tempête Xynthia, entre le 27 février et le 28 février 2010, sur les côtes françaises, a causé la mort de 53 personnes, dont 29 victimes sur la seule commune de La Faute-sur-Mer.

Xynthia, par son ampleur et celle des dégâts occasionnés, a fait évoluer le droit des risques naturels pour y introduire le risque de submersion marine. Ce risque a été pris en compte aussi bien dans l'expropriation, que dans l'acquisition amiable, ou les plans de prévention des risques naturels littoraux. Ces préoccupations ont été intégrées dans les documents d'urbanisme à l'occasion de la loi Grenelle II du 12

juillet 2010, adoptée la même année que la catastrophe.

Ce bilan très lourd est à l'origine d'actions en justice. Saisi par un grand nombre de victimes, le tribunal de grande instance des Sables d'Olonne a relevé que le caractère dévastateur de la tempête aurait été encore aggravé si elle s'était abattue sur la commune seulement vingt-quatre heures plus tard, avec un coefficient de marée qui aurait été non plus de 102 mais de 113.

Ce très long jugement, de 316 pages, analyse avec une grande précision les faits qui l'ont conduit à retenir des responsabilités, notamment celle du maire

de la commune de La Faute-sur-Mer et de l'une de ses adjointes (TGI des Sables d'Olonne, 12 décembre 2014, n°877/2014). La confirmation de la condamnation est requise par le parquet devant la cour d'appel de Poitiers (en délibéré jusqu'au 4 avril 2016).

Les peines infligées, 4 ans d'emprisonnement dont 2 fermes, sont lourdes : c'est la plus forte condamnation d'élus locaux à des peines d'emprisonnement ferme pour de telles fautes, sur le fondement de la mise en danger de la vie d'autrui (art. 223 c. pénal). Selon le Tribunal, les élus, qui avaient une connaissance avérée du risque naturel, n'ont pas pris les mesures de prévention qui auraient pu empêcher les pertes de vies humaines provoquées par la tempête.

Le manquement dans l'exercice des pouvoirs de police du maire

Il est d'abord reproché au maire d'avoir violé l'article L. 2212-2 du code général

des collectivités territoriales (CGCT), pour ne pas avoir informé la population des risques réels et sérieux d'inondation dont il avait été lui-même informé à plusieurs reprises.

Une autre disposition du CGCT n'a pas été respectée : l'article L. 2212-4, selon lequel « *en cas de danger grave ou imminent, tel que les accidents naturels prévus au 5° de l'article L. 2212-2, le maire prescrit l'exécution des mesures de sûreté exigées par les circonstances. Il informe d'urgence le représentant de l'Etat dans le département et lui fait connaître les mesures qu'il a prescrites* ».

En d'autres termes, le maire a manqué, tout d'abord, d'informer le propriétaire de la digue des risques d'inondation et de l'alerte météorologique, ensuite, de s'être assuré auprès de lui que la surveillance était effective, enfin, d'avoir lui-même organisé un dispositif particulier de surveillance de cette digue, alors qu'il avait reçu des alertes d'inondation le jour même et qu'il avait

connaissance de la vulnérabilité de l'ouvrage de protection.

Le droit à l'information sur les risques majeurs

Selon l'article L. 125-2 du code de l'environnement, les maires doivent élaborer un dossier d'information communal sur les risques majeurs (DICRIM) dans les communes couvertes par un plan de prévention des risques naturels (PPRNP). Les articles R. 563-11 et suivants du code de l'environnement imposent aux maires des communes dont le territoire comporte une ou plusieurs zones exposées au risque d'inondation de procéder à l'inventaire des repères de crue existant et, dans le cas où ces repères n'existent pas, de les faire apposer. De tels repères doivent correspondre aux crues historiques ou exceptionnelles ou encore aux submersions par la mer. Or, malgré les précédents d'inondation ayant touché la commune de La Faute-sur-Mer, aucun repère de

ce type n'avait été installé.

La politique d'urbanisation locale

Le Tribunal relève que le dernier plan de zonage de la commune avait évolué dans un sens favorable à une urbanisation du secteur le plus vulnérable, la zone rouge initiale étant devenue une zone « bleue », sans qu'une explication ne soit fournie.

La situation du camping municipal, implanté sans autorisation sur le domaine public maritime, est particulièrement significative. Un déféré avait été engagé par le préfet contre l'arrêté municipal autorisant une SCI à aménager un parc résidentiel de loisirs, malgré une mise en garde sur les risques d'inondation. Curieusement, le tribunal administratif de Nantes a rejeté le recours au motif qu'un risque d'inondation sérieux et certain ne pouvait être prouvé dans la zone considérée (jugement confirmé par CAA Nantes, 26 déc. 2003, n° 02NT00213).



La Faute-sur-Mer, février 2010





Photo 1 : coup de chaleur d'exercice et trouble cognitif lors de l'arrivée d'un marathon.

Performance et exercice d'endurance en altitude...une histoire d'O !

LEPSA - Fabienne DURAND, fdurand@univ-perp.fr

Relation intime et parfaitement organisée... ainsi pourrait-on caractériser la relation entre le stress hydrique et la physiologie du corps humain. Cette relation conditionne en partie la performance sportive d'endurance, tant au niveau de la mer, qu'en altitude.

« 30 jours sans manger, 3 jours sans boire, 3 minutes sans respirer », telle est la règle de notre organisme. Si les 30

jours sans manger peuvent, selon les individus, être une limite extensible, ce n'est pas le cas des 3 minutes sans respirer, ni le cas des 3 jours sans boire. L'eau, au même titre que l'oxygène de l'air, est donc un élément essentiel au fonctionnement de notre organisme. L'eau correspond en moyenne à 60% de notre poids de corps. Présente dans le sang 5 minutes après avoir été bue, elle se renouvelle en 7 semaines avec l'eau que nous buvons. Et il faut bien boire,

puisque par les urines, la respiration et la transpiration, nous perdons en moyenne 2 litres d'eau par jour. Cette eau a un rôle dans la composition des organes (organes du système digestif) et des articulations, mais aussi dans les réactions chimiques de l'organisme (synthèse énergétique), le transport des déchets et de l'oxygène via le sang et, enfin la thermorégulation.

Exercice en ambiance chaude et déshydratation

Bien évidemment, quand on pense au stress hydrique et à ses conséquences, le « chaud » est évoqué. Dans le contexte de la réalisation d'un exercice en ambiance chaude, le stress est important, notamment à cause des pertes d'eau. Dès 2% de perte de poids corporel (assimilé à de la perte d'eau), la notion de déshydratation est évoquée. Et à ce stade, le sportif ne possède déjà plus que 80% de son niveau de performance. Bien plus grave, la déshydratation, en diminuant le volume plasmatique et la sudation (il y a moins d'eau dans le corps) entraîne des problèmes de thermorégulation. Il devient alors impossible de maintenir notre température interne autour de 37°C et les conséquences de la surchauffe peuvent être fatales. Le coup de chaleur est une symptomatologie impressionnante, véritable urgence médicale, provoquant des troubles neurologiques en plus des troubles cardiovasculaires (photo1).

d'une entité clinique bien distincte. Les athlètes d'endurance sont particulière-



Photo 2 : Mesure de spirométrie chez un skieur de montagne au LEPSA.

ment touchés et le LEPSA a montré que 73% des skieurs de randonnée présentaient ce BIE, associé à des signes cliniques : diminution de la capacité d'expiration de l'air (par rapport au repos, mesurable par une spirométrie, photo 2), toux, oppression thoracique au cours de l'exercice. Heureusement, il existe des échauffements protecteurs permettant aux athlètes de se protéger de la survenue du BIE.

La déshydratation en altitude

L'altitude ne fait pas penser « au chaud », bien au contraire. Plus on monte en altitude et plus l'air est froid ...mais surtout sec. Ainsi pendant la réalisation d'exercice d'endurance en altitude, caractérisé par des niveaux élevés de ventilation pulmonaire, beaucoup d'air doit être réchauffé et humidifié. La conséquence immédiate est une déshydratation des voies aériennes qui est le point de départ de la bronchoconstriction induite à l'exercice (BIE). Souvent appelé asthme d'effort, il s'agit pourtant

hydrique et les mécanismes de régulation. Cependant, même les meilleurs athlètes peuvent défaillir. Kilian Jornet, le meilleur coureur de montagne au monde, se souvient toujours de sa première participation à la Western State, une course de légende dans les montagnes californiennes avec des températures ressenties proches de 45°C : déshydratation intense, crampes ne lui permettant pas de rester debout, perte de lucidité, urines foncées... En 2011, pour gagner cette compétition, Kilian s'est préparé en s'entraînant plusieurs semaines en ambiance chaude et en apprenant à mieux gérer son hydratation (photo 3).

Photo 3 : Kilian Jornet en lutte avec le stress hydrique



Réaliser un exercice en altitude favorise la déshydratation au-delà des voies aériennes. En montagne, il convient de « boire avant d'avoir soif », c'est la règle. Pas toujours simple à respecter, surtout quand on court... Lors d'une course de 45 km entre 1850 et 2500 mètres d'altitude, nous avons mesuré des pertes hydriques allant jusqu'à 4% de perte de poids corporel total. Plus intéressant, les élites présentent des pertes d'eau plus élevées sans aucun trouble cognitif associé. Ces athlètes ont d'ailleurs les meilleurs temps de course, en ayant aussi le moins d'apport hydrique pendant la course. Nous ne sommes donc pas tous égaux devant le stress

Déceler les nouveaux polluants de l'eau pour un environnement durable

Projet lauréat du programme Chercheur(se) d'Avenir 2015

BAE- Carole BLANCHARD, calas@univ-perp.fr

Financements : Projet « Capt'Avenir », Programme « Chercheur(se)s d'Avenir 2015 », région Languedoc Roussillon et fonds européens FEDER



© photo William Murphy

Avec l'accroissement mondial de la population, l'urbanisation grandissante, l'industrialisation, et l'intensification de l'agriculture, les usages de l'eau se sont multipliés. Ce développement s'est accompagné d'une inévitable augmentation des rejets impactant très fortement la qualité des eaux de surface et souterraines. Ainsi, au fil des ans, les taux de pollution des milieux aquatiques n'ont cessé de croître et de nouveaux types de polluants ont vu le jour.

La pollution de l'eau représente aujourd'hui un important enjeu stratégique, à la fois économique et sociétal. Les problématiques liées à la qualité des eaux traitées au niveau des stations d'épuration sont au cœur des préoccupations des instances européennes, nationales et régionales, tant au niveau de l'impact sur la santé humaine et les écosystèmes aquatiques qu'au niveau de la gestion et de l'utilisation raisonnée des ressources en eau.

D'un point de vue législatif, la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et ses directives filles ont confirmé l'enjeu majeur de réduire les pollutions toxiques en fixant les modalités de réduction progressive ou d'élimination des rejets de substances polluantes dites « substances prioritaires » et en imposant leur suivi régulier dans les cours d'eau. Au-delà de ces substances prioritaires mentionnées dans la législation européenne, d'autres composés chimiques sont aujourd'hui jugés préoccupants par la communauté scientifique, malgré des concentrations dans le milieu aquatique extrêmement faibles. Ces substances, qualifiées de polluants « émergents », sont essentiellement constituées de médicaments et de leurs résidus, de produits cosmétiques, ainsi que d'hormones stéroïdes. Réfractaires aux traitements classiques des stations d'épuration, ces composés rejoignent alors l'environnement via les réseaux des eaux usées. La contamination des eaux superficielles par les substances pharmaceutiques fait l'objet de nom-

breuses questions quant à l'évaluation et la gestion des risques sanitaires et environnementaux qui y sont associés.

Depuis quelques années, les recherches du laboratoire *Biocapteurs, Analyse, Environnement* (BAE) se sont orientées vers la mise au point et le développement de méthodes pour l'analyse de polluants émergents. Dans le cadre du projet « Capt'Avenir », les enseignants-chercheurs de BAE plus particulièrement sur la détection de trois composés appartenant à la liste de vigilance récemment établie par l'Union Européenne (décision d'exécution 2015/495). Cette liste, composée de substances susceptibles de présenter un risque significatif pour ou via l'environnement aquatique au niveau européen, fait apparaître pour la première fois des substances pharmaceutiques au niveau réglementaire. Il s'agit plus précisément d'un anti-inflammatoire non-stéroïdien, le diclofenac, et de deux hormones oestrogéniques, l'une naturelle, l'estradiol, l'autre syn-

thétique et constitutive des pilules contraceptives, l'éthinylestradiol. Les biocapteurs électrochimiques que nous développons au laboratoire sont des dispositifs analytiques constitués d'un élément biologique, nécessitant un appareillage simple, portable et permettant la mesure rapide, fiable et à faible coût de ces substances. Ce sont des outils d'analyse très attractifs mais dont le développement industriel se trouve souvent limité en raison de la stabilité du biorécepteur. Afin de lever ce verrou technologique, nos recherches actuelles se focalisent sur l'utilisation d'éléments synthétiques dits biomimétiques comme les aptamères ou encore les polymères à empreintes moléculaires (MIPs). Cette orientation relativement récente devrait apporter robustesse aux capteurs et se traduire dans les années à venir par l'émergence sur le marché de capteurs biomimétiques pour détecter ces polluants dans l'environnement aquatique.



Les nuages de Persée - Photo © B. Caton, A. Howard, E.Zbinden, RB Andreo

Des briques de vie dans les glaces interstellaires ?

LAMPS- Pierre GHESQUIERE, Pierre-Michel DEJARDIN, pierre.ghesquiere@univ-perp.fr
Soutenu par le PCMI et le GENCI

L'origine et la naissance de la vie ont depuis longtemps suscité grand nombre de questions. Parmi elles, celle de la formation des premières briques du vivant (acides aminés, bases azotées, sucres, e.g. les molécules essentielles au vivant) est fondamentale. Depuis la détection des premières molécules dans le milieu interstellaire, les astro-chimistes en étudient la formation, la destruction et leur impact sur l'évolution des objets de l'espace. Une question qui intéresse tout parti-

culièrement cette communauté est la compréhension des mécanismes physico-chimiques mis en jeu lors de la complexification de la matière dans l'espace depuis les molécules simples observées jusqu'aux composés prébiotiques.

Les astrophysiciens ont tout d'abord imaginé que les molécules réagissaient directement entre elles dans les nuages de gaz, mais ont rapidement réalisé que ces mécanismes, trop lents, ne pouvaient pas être à eux seuls à l'origine de

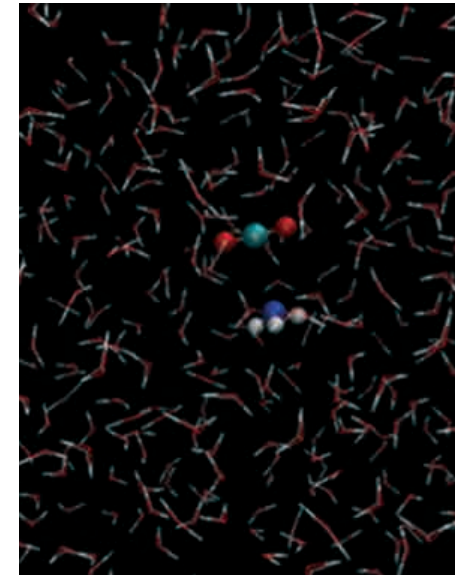
la variété moléculaire observée dans l'espace. Il faut donc que les diverses réactions aient lieu dans un milieu jouant le rôle de catalyseur.

Les nuages interstellaires sont riches en grains de poussière sur lesquels, lorsque le milieu est dense et froid (-260°C), les molécules de gaz vont venir se déposer. Ainsi, une couche moléculaire majoritairement composée d'eau est formée. Cette couche est nommée « glace interstellaire ». Dans cette

couche de glace vont ainsi être piégés différents composés qui vont pouvoir réagir en son sein et à sa surface. Ainsi, le réseau d'eau, en plus de permettre de réunir les molécules, va faciliter les réactions chimiques. Toutefois, ces réactions vont être grandement freinées par la mobilité des molécules, qui, pour se rencontrer, doivent diffuser, les unes vers les autres, à la surface et dans le volume des glaces.

Les études menées au LAMPS ont pour but d'estimer si les échelles de temps du milieu interstellaire (100 000 ans) suffisent à produire les molécules nécessaires à la formation de la vie. Pour ce faire, une série d'expériences a été effectuée au laboratoire de Physique des Interactions Ioniques et Moléculaires (PIIM) de l'université d'Aix-Marseille sur la réaction chimique entre le CO₂ et le NH₃, deux composés présents en quantité importante dans ces glaces. Ces expériences ont permis de recréer des analogues de glaces interstellaires contenant ces deux molécules, afin d'étudier l'influence de la température et de leurs concentrations sur leur réactivité ou leur diffusion. En collaboration avec le PIIM, nous construisons

un modèle afin d'analyser les résultats de ces expériences et en extraire les

Glace amorphe contenant une molécule d'ammoniac NH₃ et une de dioxyde de carbone CO₂ dans de l'eau

coefficients de transport (coefficient de diffusion, vitesse de piégeage, vitesse de réaction). Par ailleurs, en support de ces expériences, différentes méthodes de la chimie théorique sont employées afin de simuler les phénomènes étudiés. En premier lieu, une bonne re-

présentation de la glace, représentée ci-dessous, a pu être simulée par dynamique moléculaire.

En étudiant comment les molécules se déplacent au sein de ces glaces, il est possible d'extraire leur vitesse de diffusion, qui peut être comparée aux données expérimentales. Ceci nous permet de montrer qu'aux températures du milieu interstellaire, le mouvement du réseau d'eau dans la glace permet aux molécules de CO₂ et NH₃ de parcourir l'ensemble de la couche de glace en quelques jours, ce qui montre que le mélange est suffisant pour que la réaction ait lieu. De plus, des calculs ab initio (DFT) ont permis d'étudier les différents produits de la réaction. Ces études ont pu montrer que la réaction produisait majoritairement le carbamate d'ammonium, précurseur de l'acide carbamique. Dans le contexte général de l'exobiologie, la formation de ce dernier composé, surnommé « le plus petit acide aminé », est d'un intérêt majeur dans la recherche des molécules prébiotiques. Si la vie est sans doute née dans l'eau, ses premières briques pourraient naturellement s'être formées dans les glaces.

Nuage moléculaire dans la nébuleuse d'Orion Photo © R. Villaverde, Hubble Legacy Archive, NASA





L'île aux oiseaux - Bassin d'Arcachon

La conception urbaine au risque de l'eau

ART-DEV - Sylvain RODE, sylvain.ode@univ-perp.fr

Comment construire en zone inondable en intégrant pleinement le risque inondation dans les projets d'aménagement urbain ? Quelques années après la tempête Xynthia qui avait mis en lumière un certain laxisme dans le contrôle de l'urbanisation en zone inondable et une absence totale d'adaptation de l'architecture au risque d'inondation, la question est plus que jamais d'actualité. Si l'Etat interdit les constructions dans les zones les plus exposées du territoire national (via les Plans de Prévention du Risque inondation), il souhaite également inciter à une meilleure intégration de ce risque dans les projets d'aménagement déve-

loppés dans les zones inondables qui demeurent constructibles (parce qu'exposées à un aléa faible ou modéré).

Le projet de recherche PRÉCIEU¹ s'attache à comprendre les projets d'aménagement en zone inondable à la lumière des changements ayant eu lieu dans les façons de faire la ville et les métiers du projet urbain. A travers l'analyse des processus de conception de projets d'aménagement en zone inondable dans trois villes moyennes, Le Havre, Angers et Narbonne, le projet de recherche interroge la prise en compte du risque inondation par les différents professionnels du pro-

jet urbain. Ces professionnels parviennent-ils à intégrer le risque dès la phase de conception par le biais d'un urbanisme résilient innovant, et ainsi à développer une urbanité avec l'eau ?

A l'échelle du bâtiment et de l'îlot, la réponse classique à la problématique de la construction en zone inondable s'incarne dans un urbanisme de surélévation. Cela peut passer soit par des remblais, soit par des bâtiments sur pilotis et/ou sur parkings semi-enterrés, l'objectif étant de mettre les planchers d'habitation à des côtes altimétriques supérieures aux Plus Hautes Eaux Connues.

A l'échelle du quartier, l'enjeu est de concevoir la forme urbaine en fonction de l'inondation afin de permettre la circulation temporaire de l'eau sans faire obstacle aux écoulements et en provoquant le moins de dommages possibles aux biens et aux personnes. Le quartier Matra à Romorantin est ainsi pensé par son concepteur comme « un affluent temporaire de la rivière ». C'est tout le travail de composition urbaine qui doit s'effectuer en fonction du paramètre qu'est le risque d'inondation. Le quartier Les berges de la Robine à Narbonne est ainsi conçu autour de « transparences hydrauliques » destinées à permettre l'écoulement des eaux de crue dans le quartier. Le travail des architectes élaborant le parti d'aménagement d'un quartier en zone inondable doit donc nécessairement se faire en intégrant les apports de la modélisation hydraulique, qui acquiert dès lors un caractère décisif dans le processus de conception urbaine.

Pourtant les solutions développées dans le cadre de l'urbanisme résilient ne vont pas sans poser un certain nombre

ment, en effet, réussir à construire des espaces urbains agréables et pratiques à vivre pour leurs habitants en dehors des épisodes de crues lorsque les principes hydrauliques retenus comme gage de la constructibilité en zone inondable s'imposent et se transforment parfois en redoutables contraintes urbanistiques ?

Dans le cadre du projet Thiers Boisnet à Angers, tous les rez-de-chaussée d'immeubles donnant sur rue ont été dotés d'une galerie couverte en forme de trottoir surélevé, et dédiés à des halls d'entrée, des services et des commerces. Mais cette succession de rampes, d'escaliers et de coursives aboutit à un dispositif confus en termes d'organisation de l'espace public et ces rez-de-chaussée surélevés sont très difficiles à approprier car ils n'ont pas de rapport direct à la rue, donc peu de valeur commerciale pour les commerçants.



Gruissan Plage

de problèmes en matière de fonctionnement urbain de ces quartiers. Les cas étudiés mettent en exergue les difficultés que peuvent éprouver les métiers de l'urbanisme pour créer de la ville et de l'urbanité lorsqu'ils sont confrontés à ce primat des choix hydrauliques. Com-

(parcs ou aires de jeux lorsque ces espaces sont hors d'eau soit l'essentiel du temps). Pour cela, les architectes proposent un nouveau parti d'aménagement organisé autour de transparences hydrauliques moins nombreuses mais plus larges que celles initialement

calibrées par les hydrauliciens. La conception urbaine en zone inondable nécessite donc un travail de coopération étroite entre spécialistes de la composition urbaine et spécialistes de la



Canal de la Robine - Narbonne

modélisation hydraulique afin que les solutions mises en oeuvre pour adapter la forme urbaine à l'inondation soient efficaces d'un point de vue hydraulique mais aussi d'un point de vue urbanistique.

Or, si l'urbanisme résilient s'appuie sur des solutions techniques éprouvées en termes de mise hors d'eau et donc en sécurité des personnes et des biens, l'urbanité avec l'eau reste encore largement à inventer, tant l'articulation des enjeux hydrauliques et des enjeux urbanistiques soulève de multiples défis dans la conception des projets d'aménagement urbain en zone inondable. La présence sensible de l'eau, trop souvent occultée par les choix techniques d'aménagement, gagnerait à être affirmée, notamment à travers une écriture architecturale et paysagère qui permette de raconter l'histoire de l'eau sur le territoire urbanisé.

¹ PRogramme d'Etude sur la Contrainte d'Inondation dans les projets urbains en Espaces Inondables, coordination scientifique : Sylvain Rode (Université de Perpignan) et Mathilde Gralepois (Université de Tours), financement Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (Appel à propositions de recherche «Risques, Décision, Territoires»).

L'oxydation avancée par voie solaire : une option innovante pour la désinfection et le traitement des contaminants émergents

PROMES- Vincent GOETZ, goetz@univ-perp.fr et Gaël PLANTARD, gael.plantard@univ-perp.fr



© photo Matthew Savage

L'eau comme l'énergie sont les deux matières premières indispensables au développement de la communauté humaine. Si l'eau est synonyme de vie, elle peut être également un vecteur de maladie. Aujourd'hui encore chaque année, plus de 2 millions de personnes meurent dans le monde à cause de maladies liées à l'absence ou à la mauvaise qualité de l'eau. La part des maladies imputables à l'eau est estimée à 10% dans le monde. Plus d'un tiers de l'humanité n'a pas accès à un assainissement de base et près de 1 milliard de personnes n'ont pas accès à une source améliorée d'eau potable.

La nécessité de mettre en place des traitements pour « contrôler » la qualité de l'eau naturelle est apparue très rapidement comme une évidence. Des textes en ancien Sanskrit font état de la nécessité de purifier de l'eau impure en la chauffant grâce au feu,

au rayon du soleil et même en la filtrant sur du sable ! Mais si les références à la notion de filtration existent depuis plusieurs millénaires, le lien direct entre qualité de l'eau et santé n'est clairement établi que depuis le XIX^{ème} siècle et n'a fait que se renforcer depuis. La relation entre la propagation du choléra avec le vecteur eau démontrée par le Dr. John

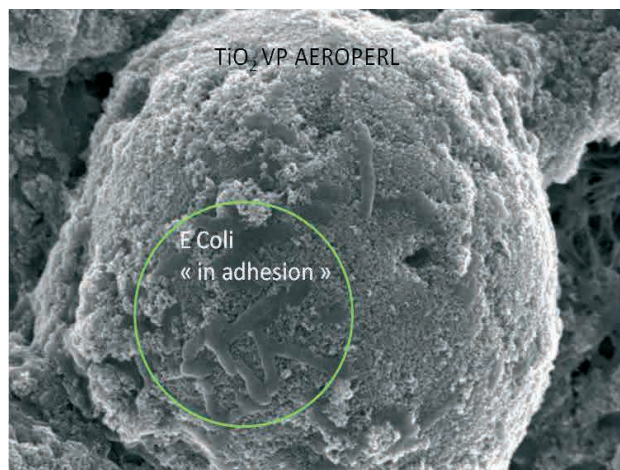


Illustration au MEB du phénomène d'adhésion d'Escherichia coli à la surface d'une particule de catalyseur, étape préalable à une attaque radicalaire efficace

Snow en 1855 est emblématique de cette progression dans la connaissance et la prise de conscience de la nécessité de développer des traitements. A la fin du XIX^{ème} la coagulation, floculation sédimentation et filtration sont mises en place pour les approvisionnements en eau des grandes municipalités. La chloration pour la désinfection apparaît en Europe au début du XX^{ème} siècle et permet l'éradication de nombreuses maladies potentiellement mortelles et véhiculées par l'eau telles que la typhoïde.

C'est à partir des années 1960-1970, en lien avec la progression des systèmes d'analyse tels que la chromatographie et la spectrométrie de masse que les contaminants chimiques d'origine anthropique commencent à être détectés. Le nombre de contaminants organiques répertoriés dans le CAS (Chemical Abstract Service de

l'American Chemical Society) est considérable et ne cesse de s'accroître. Il comprend des molécules issues des industries chimiques, pharmaceutiques, les produits de soins, les perturbateurs endocriniens... regroupées sous l'appellation de contaminants émergents. De nouveaux traitements sont alors nécessaires. L'adsorption sur charbon actif apporte des solutions. Les techniques membranaires qui apparaissent dans les laboratoires dès le milieu des années 1960 connaissent un essor considérable et s'avèrent très efficaces pour séparer les contaminants émergents des eaux.

Plus récemment les procédés d'oxydation avancée (AOPs) font leur apparition. L'ozonation est aujourd'hui communément présente dans de très nombreuses installations de traitement de l'eau. L'avantage sanitaire d'un ajout de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) au processus d'ozonation pour la production d'eau potable est actuellement

étudié tout comme l'activation sous UV de ce même H₂O₂ pour accélérer le processus de production des agents oxydants que sont les radicaux hydroxyles OH°. Les procédés photo-catalytiques regroupent : la photo-catalyse¹ en milieu homogène qui associe l'ion ferreux Fe²⁺ comme catalyseur activé par rayonnement avec le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) ou le persulfate (S₂O₈) comme précurseur pour la production d'agent oxydant (OH° ou SO₄°); la photo-catalyse² en milieu hétérogène qui présente l'avantage de supprimer toute présence de réactif avec le dioxyde de titane (TiO₂) comme catalyseur assurant sous rayonnement la production de radicaux.

Aujourd'hui « confinés » aux études de laboratoire, leur dissémination dans les filières de traitement de l'eau ne pourra se réaliser que lorsque leurs verrous respectifs seront levés grâce aux recherches fondamentales qu'il convient encore de mener. Néanmoins ces procédés sont tout particulière-

ment intéressants. Ils permettent dans leur principe d'envisager un traitement d'oxydation à coût énergétique quasiment nul grâce à la photo-activation du catalyseur par utilisation directe du rayonnement solaire, mais aussi d'assurer simultanément une opération de désinfection et de minéralisation de la très grande majorité des contaminants organiques émergents aujourd'hui détectés dans les eaux de surface et souterraines. C'est au travers de la mise en place d'opération de démonstration sur site qu'il sera *in fine* possible de démontrer ou d'infirmer le potentiel de ces procédés innovants offrant l'opportunité unique de pouvoir développer un traitement d'oxydation avancée par voie solaire.

1 Kacem M., Goetz V. Plantard G., Wery N.; Modeling heterogeneous photocatalytic inactivation of E.coli using suspended and immobilized TiO₂ reactors. AIChE Journal, 2015, 61 (8), 2532-2542.

2 Blanco J., Malato S., Solar detoxification, UNESCO Publishing Paris 2003.

Combien d’eau pour demain ?

Impact du changement climatique sur les ressources en eau en région Languedoc Roussillon Midi Pyrénées

CEFREM - Wolfgang LUDWIG, ludwig@univ-perp.fr, avec F. LESPINAS, S. HEUSSNER, M. SADAQUI et F. BOURRIN
Financements (CNRS) : ZA Orme et SNO MOOSE



Siphon alimentant le canal d’irrigation de Bohère au-dessus de l’abbaye St Michel de Cuxa (Prades, 66), Photo © Wolfgang Ludwig

Comment définir la ressource en eau ?

La ressource en eau superficielle, donc renouvelable, est définie comme la différence entre les précipitations (pluies, neige) et l’évaporation. On parle d’« eau bleue ». Le débit moyen des fleuves est considéré, dans ce contexte, comme un bon indicateur de cette ressource. La partie méditerranéenne de la région Languedoc Roussillon Midi Pyrénées est traversée par six fleuves côtiers : le Tech, la Têt, l’Agly, l’Aude, l’Orb et l’Hérault. Rapportées aux nombres d’habitants qui y vivent, les ressources en eau y varient entre 1400 (Têt) et 6800 (Hérault) m³ par habitant et par année. La valeur de 1000 m³ est généralement considérée comme un seuil critique en-dessous duquel Homme et environnement subissent des conditions dites de « stress hydrique ».

Quel est l’évolution de la ressource dans notre région ?

La majorité des modèles climatiques

prédisent qu’en région méditerranéenne, le réchauffement de la planète sera accompagné par une diminution des précipitations. Une réduction significative de la ressource en eau est donc à craindre. Selon les chercheurs au CEFREM qui se sont penchés sur ce risque, il semblerait que cette réduction ait été entamée depuis quelques décennies déjà. L’eau des fleuves côtiers



Vanne d’irrigation abandonnée (canal de Bohère), Photo © Wolfgang Ludwig

de la région Languedoc Roussillon Midi Pyrénées est non seulement une ressource primordiale pour l’agriculture et le tourisme, mais également, par les sédiments et les nutriments qu’elle transporte, un facteur déterminant dans le contrôle de la dynamique du littoral et de la productivité biologique en mer. Modifier le fonctionnement hydrologique des fleuves côtiers peut ainsi avoir des conséquences directes sur le fonctionnement de la zone côtière.

L’évolution hydro-climatique récente de la région a pu être reconstituée sur la base des archives climatiques et hydrologiques, en considérant plus de 120 stations météorologiques et 15 stations hydrologiques. L’étude du CEFREM a porté sur les années 1965-2004, période pour laquelle la disponibilité des données est bonne et qui couvre le début de l’augmentation récente du réchauffement global. Cette étude a montré que la température moyenne de l’air a augmenté d’environ 1,5°C sur cette période. L’augmentation s’est majoritairement produite en début de printemps (mars) et en

fin d’été (août), avec des hausses mensuelles de plus de 3°C en moyenne. Les précipitations, très variables, n’ont pas suivi de tendance marquée en dehors d’une légère baisse en hiver dans les bassins en amont de l’Hérault. Les débits des fleuves, par contre, ont significativement baissé. Sur l’ensemble des six fleuves côtiers, la ressource en eau a globalement diminué de 20 % environ. Cette situation, déjà préoccupante, s’est même aggravée. Si, jusqu’à 2004, seul un tiers des fleuves était en baisse, la totalité l’est lorsque l’on prolonge la période d’observation jusqu’à 2012.

Changement climatique ou changement anthropique ?

L’irrigation, les barrages et d’autres usages peuvent modifier les débits des fleuves. Se pose ainsi la question de savoir si ces effets « anthropiques » directs peuvent être responsables des changements détectés. Elle est d’autant plus légitime lorsqu’on sait que l’occupation des sols est en mutation permanente depuis la deuxième moitié du siècle dernier. Avec la déprise agricole, la forêt a regagné du terrain et pourrait avoir influencé les bilans

hydrologiques. Mais ce ne sont pas ces bassins en « transition » qui montrent, pour l’heure, les plus fortes baisses de la ressource en eau. Les bassins les plus vulnérables en effet sont les bassins de haute montagne pour lesquels la diminution de l’enneigement est le facteur dominant. Les bassins de plaine de l’Hérault et de l’Orb constituent un autre groupe vulnérable. Dans la situation actuelle, les facteurs climatiques semblent donc surpasser les facteurs anthropiques dans les changements détectés.

Quel scénario pour les années à venir ?

Afin de produire des scénarios sur l’évolution future, les chercheurs du CEFREM ont fait appel à la modélisation. Une telle approche nécessite le couplage de modèles hydrologiques, calibrés sur le contexte local, avec des modèles de circulation atmosphérique à grande échelle. Les résultats montrent que la ressource diminuera encore et pourrait même atteindre le seuil critique. Mais les incertitudes demeurent grandes, principalement en raison de la limitation des modèles à

produire des calculs à haute résolution spatiale, pourtant nécessaires à une reproduction fidèle de la complexité du pourtour méditerranéen. Même si les chiffres actuels sont à prendre avec précaution, il est fort probable que la diminution de la ressource continuera. Tous les modèles climatiques s’accordent sur le fait que l’accentuation de la sécheresse estivale - telle que le CEFREM a pu le constater sur la période passée - représente précisément la trajectoire climatique de notre région dans les années à venir.

Références :

Lespinas, F., Ludwig, W., and Heussner, S. (2009) Impacts of recent climate change on the hydrology of coastal Mediterranean rivers in southern France: case of the Languedoc-Roussillon area (Gulf of Lions). Climatic Change, DOI 10.1007/s10584-009-9668-1.

Lespinas, F., Ludwig, W., and Heussner, S. (2014) Hydrological and climatic uncertainties associated with modeling the impact of climate change on water resources of small Mediterranean coastal rivers. Journal of Hydrology 511 (2014) 403-422.

Sadaoui, M., Ludwig, W., Bourrin, F. and Raimbault, P. (2016) Controls, budgets and variability of riverine sediment fluxes to the Gulf of Lions (NW Mediterranean Sea). Journal of Hydrology, in press.



L'eau, un vecteur de maladies : le cas de la Bilharziose

IHPE - Benjamin GOURBAL, benjamin.gourbal@univ-perp.fr
Financement : ANR INVIMORY, n°: ANR-13-JSV7-0009-01

Nous buvons 80% de nos maladies énonçait Louis Pasteur à la fin du 19^{ème} siècle. Si cet état de fait a été grandement amélioré dans les pays dits industrialisés, cela reste une préoccupation majeure des pays en voie de développement. En effet, l'eau non potable insuffisamment filtrée ou traitée et les maladies liées à l'eau sont à l'origine d'une mortalité très élevée des populations humaines au niveau mondial par le fait que cette eau peut contenir des organismes pathogènes comme des bactéries, des virus ou encore des parasites. Aujourd'hui encore, les maladies liées à l'eau ou maladies hydriques sont responsables de 5 millions de décès par an. Différentes sources de contaminations liées à l'eau peuvent être rencontrées. En premier lieu l'eau de boisson

non potable peut entraîner l'apparition de maladies souvent mortelles comme le choléra, la poliomyélite, les amibiases, la typhoïde, ou encore la dysen-

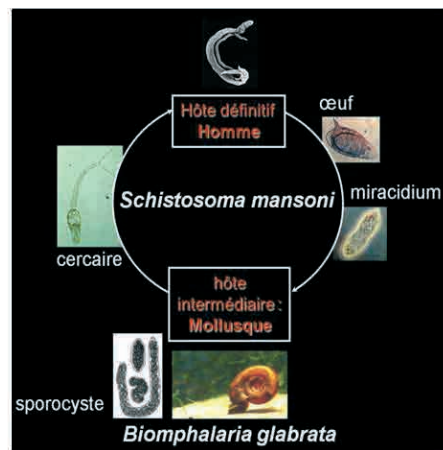


Figure 1: Cycle de vie du parasite *Schistosoma mansoni*

terie. En second lieu l'eau douce (lacs, étangs, rivières) peut être une source d'agents ou de vecteurs de maladies. Le plus connu est très certainement le moustique et autres insectes qui se reproduisent dans les eaux stagnantes et transmettent des maladies comme la fièvre jaune, la dengue, la maladie du sommeil, la filariose (onchocercose) ou encore la malaria ou paludisme. Cette dernière provoque à elle seule, chaque année, plus de 1 million de décès principalement en Afrique sub-saharienne.

La Bilharziose une pathologie humaine à transmission aquatique.

L'eau peut être enfin, à la fois le milieu de vie de vecteurs mais également source de contaminations par la pro-

pagation de stades parasites libérés par ce même vecteur. Ceci est en particulier le cas de la Schistosomiase ou Bilharziose. La Bilharziose est une maladie parasitaire due à un ver hémaphophage, le schistosome. Les Schistosomes sont responsables de l'infection de près de 200 millions de personnes et d'environ 200 000 morts annuellement. Cette maladie est présente dans 75 pays dont la France pour laquelle une émergence récente de la maladie a été mise en évidence dans le Sud de la Corse.

Ce ver parasite présente un cycle de vie complexe passant d'un hôte définitif, l'homme, à un hôte intermédiaire, un mollusque gastéropode d'eau douce. La transmission se produit quand les gens souffrant de schistosomiase contaminent les sources d'eau douce avec leurs excréments. Ces excréments contiennent des œufs pondus par les stades adultes du schistosome. Ces parasites vivent dans les vaisseaux sanguins, dans lesquels les femelles pondent leurs œufs. Certains des œufs sont piégés dans les tissus de l'organisme, provoquant l'aspect chronique de la maladie et entraînant des lésions évolutives des organes conduisant à la mort. Une autre partie des œufs sort de l'organisme par les matières fécales ou l'urine et le cycle de vie parasite se poursuit en milieu aquatique. De ces œufs, émerge alors une larve nageante le miracidium qui va infecter activement le mollusque. Le miracidium traverse le tégument du mollusque et une fois implanté dans ses tissus va subir une multiplication asexuée intense conduisant à la production de milliers de cercaires (second stade parasite nageant) (voir figure 1 ci-contre). Les cercaires sortent alors du mollusque et nagent à la recherche d'un hôte définitif humain. L'infection se produit lorsque les cercaires, libérées par le gastéropode, pénètrent activement à travers la peau d'une personne lorsqu'elle est

en contact avec une eau infestée. Dans l'organisme, les larves se développent, passent dans le système circulatoire et une fois le stade adulte atteint, peuvent à nouveau s'accoupler et produire des œufs ; le cycle est bouclé ...

Cet éclairage sur le fonctionnement du cycle de vie du Schistosome permet de comprendre que de simples mesures d'hygiène permettraient de limiter ou

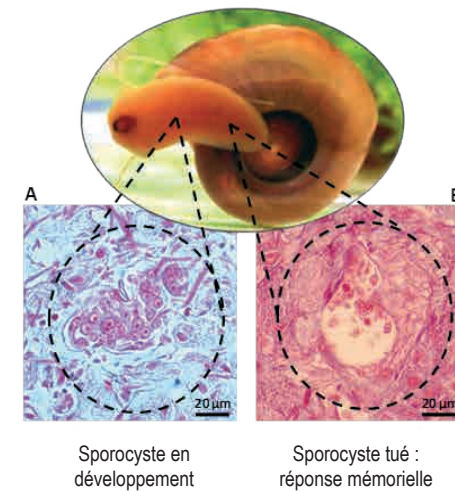


Figure 2. Interactions immunobiologiques entre *Schistosoma mansoni* et *Biomphalaria glabrata*. A. Sporocyste en développement dans les tissus du mollusque après une première rencontre. B. Sporocyste en cours d'élimination par la mise en place d'une réponse immunitaire mémoire lors d'une seconde rencontre.

éviter la plus grande part de la mortalité liée à ce pathogène. L'accès à une eau potable saine et de qualité et le développement des réseaux d'assainissement demeurent ainsi le grand défi à venir pour les populations victimes des maladies hydriques. Toutefois, ceci reste un objectif quasi impossible à atteindre à courts ou moyens termes pour la majorité des pays d'endémie. Il est donc urgent de développer des approches complémentaires ou alternatives afin de proposer de nouveaux moyens de lutte et de contrôle de la maladie sur le terrain.

Une nouvelle approche des interactions mollusques/Schistosomes

C'est dans ce contexte que s'inscrivent les recherches que nous menons sur l'interaction entre le parasite *Schistosoma mansoni* et son hôte intermédiaire le mollusque gastéropode *Biomphalaria glabrata*. En effet nous cherchons à caractériser plus particulièrement les interactions immunobiologiques entre ces deux protagonistes et nous avons pu mettre en évidence récemment un processus immunitaire mémoriel inné chez le mollusque. Suite à une première rencontre avec le schistosome le mollusque devient totalement résistant à une seconde infestation (figure 2). Il développe une réponse qui le protège alors contre toutes nouvelles rencontres avec le parasite. Actuellement nous cherchons à percer à jour les processus moléculaires qui sous-tendent cette réponse immunitaire particulière. Une meilleure compréhension de ces processus immunitaires pourrait constituer une première étape dans la découverte de nouvelles voies de recherche permettant une lutte efficace et intégrée contre cette maladie parasitaire humaine de premier plan qu'est la Bilharziose.

Références :

Pinaud S., Portela J., Duval D., Nowacki F.C., Olive M.A., Allienne J.F., Galinier R., Dheilly N.M., Kieffer-Jaquinod S., Mitta G., Theron A., & Gourbal B. 2016. A Shift from Cellular to Humoral Responses Contributes to Innate Immune Memory in the Vector Snail *Biomphalaria glabrata*. PLoS Pathogens, 12(1):e1005361.

Portela J., Duval D., Rognon A., Galinier R., Boissier J., Coustau C., Mitta G., Theron A. & Gourbal B. 2013. Evidence for specific genotype-dependent immune priming in the Lophotrochozoan *Biomphalaria glabrata* snail. *Journal of Innate Immunity*, 5(3):261-76.



Obtenir des simulations hydrodynamiques numériquement reproductibles

DALI - LIRMM Rafife NHEILI, rafife.nheili@univ-perp.fr - Philippe LANGLOIS, langlois@univ-perp.fr
Financements : Erasmus Peace 2, EDF R&D (Chatou)

La simulation numérique de phénomènes hydrodynamiques : enjeux et principes

Les barrages et les centrales exploitées en bord de mer ou de rivières, interagissent avec l'environnement aquatique, qu'il faut protéger, et dont il faut se protéger. Ainsi l'hydrodynamique est stratégique pour EDF R&D qui, depuis plus de 20 ans, développe Telemac-Mascaret : un logiciel (libre) de simulation numérique de phénomènes hydrodynamiques. Ses 300 000 lignes de Fortran 90 résolvent, par la méthode des éléments finis, les équations de Saint-Venant qui décrivent les

écoulements à surface libre en eaux peu profondes. Ces simulations calculent principalement la hauteur d'eau et sa vitesse en chaque point d'un maillage du domaine d'étude : une vallée, une côte, un bassin, ... Les phénomènes de taille réelle génèrent des volumes de simulation très importants qui sont rendus possibles grâce au *calcul parallèle*. Il permet de traiter simultanément ces calculs en les distribuant entre plusieurs processeurs pour ainsi effectuer le plus grand nombre d'opérations en un temps le plus réduit possible. En pratique, le maillage du domaine est décomposé et distribué entre autant d'unités de calcul que nécessaire.

Deux types de points apparaissent alors : ceux, internes, traités indépendamment par chaque processeur, et les points d'interfaces situés sur les frontières des sous-domaines et pour lesquels les processeurs doivent communiquer entre eux. Ses simulations, complexes et de grandes tailles, ont par exemple permis d'éviter récemment une dépense de 12 millions d'euros pour l'étude de l'impact d'un ouvrage d'art en situation de crue¹.

L'arithmétique des nombres à virgule flottante et ses propriétés

Ces calculs sont réalisés avec des

nombres à virgule flottante que nous allons maintenant présenter. Ils permettent d'exprimer les réels sous la forme $x=m.b^{exp}$, où m est la mantisse, b la base et exp l'exposant. Ainsi par exemple π peut s'écrire, approximativement en base 10 et avec 6 chiffres de mantisse, comme 3,14159 ou 314,159 $\cdot 10^{-2}$ ou tout autre combinaison qui déplace la virgule en mettant à jour l'exposant. Une telle écriture ne représente exactement qu'un nombre fini de réels : pour les autres se pose le problème de leur approximation, de leur *arrondi*. Sur les ordinateurs, ces nombres flottants respectent depuis 1985 la norme IEEE-754 qui réalise un compromis entre codage puissant et calculs efficaces. Elle définit par exemple deux précisions, sur 32 et 64 bits, qui sont couramment utilisées en informatique.

A cause de l'arrondi, leurs opérations arithmétiques ne sont pas exactes. En général, le résultat d'un calcul informatique est différent de son résultat mathématique : si, en théorie $a+b=c$, on obtient en pratique $a+b=c+e$ où e est l'erreur (petite) d'arrondi de l'addition de a et b . Parfois, si ces deux opérandes sont trop différents (en ordre de grandeur, c'est-à-dire en exposant), alors la plus petite valeur sera absorbée par la plus grande et aura disparue du calcul. A cause de ces imperfections, l'associativité des opérations mathématiques n'est plus valide en arithmétique flottante : $(a+b)+c \neq a+(b+c)$. Et ceci est inévitable même sur l'ordinateur le plus puissant du monde.

Qu'est-ce que la reproductibilité numérique ?

Un logiciel calcule de façon *reproductible* quand tous les bits de ses résultats sont identiques pour plusieurs exécutions successives, et ce même pour un nombre de processeurs qui varie. En parallèle, les ordres de calcul sont indéterminés et, à cause de la perte de

l'associativité de l'addition flottante, les résultats peuvent être différents entre les exécutions séquentielle (sur 1 seul processeur) et parallèle (sur plusieurs processeurs), et entre les parallèles elles-mêmes. Les points blancs de la figure 1 sont les résultats qui diffèrent dans la simulation de l'impact de la chute d'une goutte d'eau, calculée avec Telemac-Mascaret sur un ou deux processeurs, et ce pour deux instants arbitraires. Le nombre de valeurs différentes entre exécutions séquentielle et parallèle, ici sur deux processeurs, augmente au point que presque plus aucun résultat ne coïncide en ses deux simulations a priori identiques.

Des simulations numériques maintenant reproductibles ... mais toujours approximatives !

Les travaux de DALI-LIRMM ont montré que ces différences sont dues aux erreurs d'arrondis des calculs qui impliquent les points d'interface. Nous avons rétabli la reproductibilité numé-

rique au sein du logiciel Telemac-Mascaret pour des premiers cas simples, comme celui de la chute de la goutte d'eau ou l'impact sur la baie de Nice, de la houle de sillage générée par les navires grande vitesse qui relient la Corse au continent. Plusieurs méthodes ont été introduites dont une, très efficace, qui augmente la précision uniquement pour les calculs défaillants.

La confiance en ces simulations rendues numériquement reproductibles est clairement renforcée. Il a fallu cependant convaincre les ingénieurs que les calculs séquentiels utilisés comme *la* référence depuis 20 ans n'étaient pas complètement exacts : en effet, les simulations reproductibles diffèrent des résultats séquentiels du logiciel d'origine. Pourtant, bien que plus précises et reproductibles, ces nouvelles simulations restent ... approximatives !

¹ Jean-Michel Hervouet. Hydrodynamics of free surface flows. Modelling with the finite element method. John Wiley & Sons, 2007.

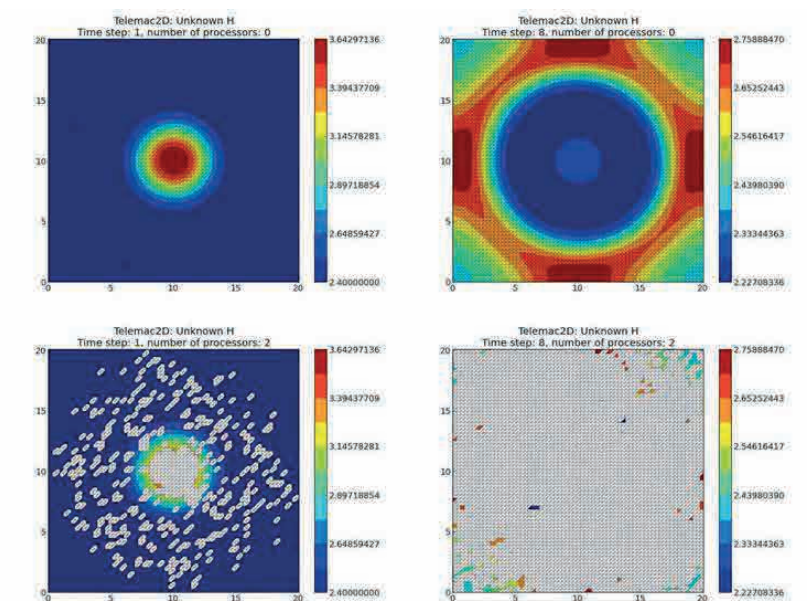


Figure 1 : simulation avec Telemac-Mascaret de l'impact de la chute d'une goutte d'eau sur la surface d'un bassin carré. Les points blancs sont des hauteurs d'eau non-reproductibles entre les exécutions séquentielles (haut) et parallèles avec 2 unités de calcul (bas), à impact+0.2 seconde (gauche) et impact+1.6 seconde (droite).

VALORISATION

Collaboration BAE - société CEMOI

COCOTa

Jean-Louis MARTY, Gaëlle CATANANTE, jlmarty@univ-perp.fr

Financement : Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt

Appel à projets: Recherche appliquée dans les industries agroalimentaires (IAA)
« Qualité sanitaire de la production primaire et des produits alimentaires ». Projet COCOTa
ARPE Region LRMP Aide a la recherche en partenariat avec les entreprises

Thèses : Diana BUENO (soutenance le 14 mai 2016), Atul SHARMA (soutenance prévue en 2017)

Les mycotoxines issues du métabolisme secondaire de moisissures, se présentent comme des contaminants naturels dans de nombreuses denrées d'origine végétale, ainsi que les aliments manufacturés contenant ces matières premières. Elles sont au cœur d'un problème grave de qualité et sécurité alimentaires, éminemment d'actualité, car elles sont potentiellement toxiques pour l'homme et les animaux. Il est donc indispensable de concevoir

des moyens de contrôle et de suivi. A cet effet, il faut pouvoir tester, de manière simple et rapide, les produits avant transformation, ce qui nécessite la préparation d'un grand nombre d'échantillons et d'analyses demandant des instrumentations complexes et du personnel qualifié. La détection des mycotoxines reste donc un défi majeur de santé publique. Et il est impératif de mettre au point une méthode simple et sensible pour le relever.

Le laboratoire BAE (Biocapteurs Analyse Environnement) de l'Université de Perpignan Via Domitia et le groupe CEMOI se sont associés au travers du programme COCOTa pour la mise au point d'une méthode de terrain pour la détection de l'ochratoxine A (OTA). L'OTA que l'on peut trouver dans les fèves de cacao est une des mycotoxines les plus toxiques. L'ochratoxine A est une mycotoxine cancérigène et responsable de néphrotoxicité chez les humains. Elle contamine les individus dès la vie intra-utérine. Il n'existe aucun moyen, à ce jour, pour l'éliminer des matières premières. Le projet s'inscrit dans la thématique, développé par le groupe CEMOI, de la qualité et de la sécurité alimentaires des fèves de cacao pouvant être contaminées par l'OTA. Il existe différentes techniques d'analyse de l'ochratoxine A. Ces dernières sont souvent sophistiquées, coûteuses et demandent un personnel qualifié. De plus, elles ne sont pas utilisables sur

le terrain. Le laboratoire BAE, spécialiste en bio analyse a apporté ses compétences pour développer deux types d'appareils pour doser l'ochratoxine A.

Le premier appareil est un capteur basé sur la mesure de la fluorescence naturelle de l'OTA. L'originalité de la méthode est basée sur l'analyse de l'image de la fluorescence émise alors que les méthodes classiques sont basées sur la quantification de la radiation émise. Autre innovation, cet appareil a été développé en utilisant une caméra CCD d'un « smart phone » et une source lumineuse d'un coût très bas (LED). L'image est traitée à l'aide d'un logiciel développé au sein du laboratoire. Cette méthode permet de détecter des concentrations inférieures à 2 ppb. Un appareil a été développé au laboratoire et un prototype opérationnel a été fabriqué pour des futures analyses sur le terrain.

Le deuxième appareil est un biocapteur. Ce type d'appareil est bien connu du grand public. Il est utilisé notamment par les diabétiques pour le dosage du glucose. Un biocapteur associe l'utilisation d'un élément biologique (enzyme, anticorps...) à une méthode de détection optique ou électrique. Le laboratoire BAE a sélectionné un nouveau type d'élément biologique : l'aptamère. Les aptamères sont des monobrins d'ADN. Ils ont l'avantage d'être très stables et facilement modifiables par voie chimique.

L'innovation est d'avoir mis au point un

système de détection autonome à réponse directe sans addition d'un réactif. Pour cette deuxième méthode, nous sommes en train de développer un prototype de terrain (figure 1).

BAE a résolu la mise au point des méthodes d'analyse mais s'est heurté à un problème important qui est l'extraction de l'OTA des fèves de cacao. En effet, il était impossible d'appliquer la méthode utilisée au laboratoire. Toutefois, une méthode d'extraction n'utilisant aucun produit chimique toxique a été conçue, ce qui permet une extraction correcte de l'OTA.

En conclusion, le laboratoire BAE a su répondre aux attentes de la société CEMOI, en mettant au point deux prototypes analytiques et une méthode simple et non toxique pour l'extraction de l'OTA. Ce projet met en avant les capacités du laboratoire BAE à répondre de manière adaptée à une demande industrielle. L'objectif est de développer des nouveaux appareils pour les autres mycotoxines. Des résultats prometteurs ont été récemment obtenus sur la mise au point d'une méthode optique pour la détection des aflatoxines B₁ et M₁.

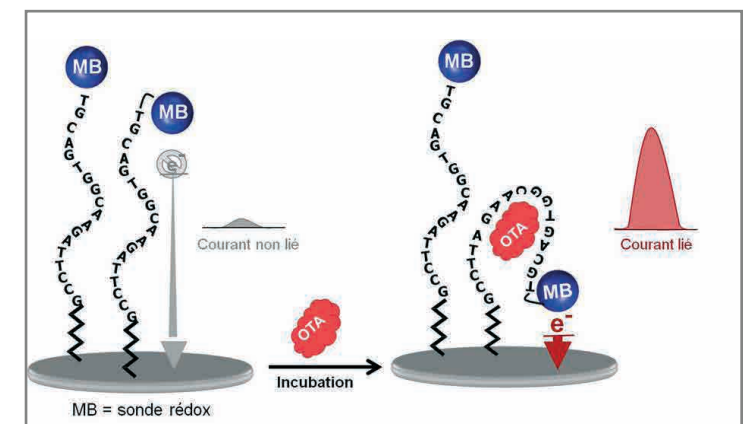
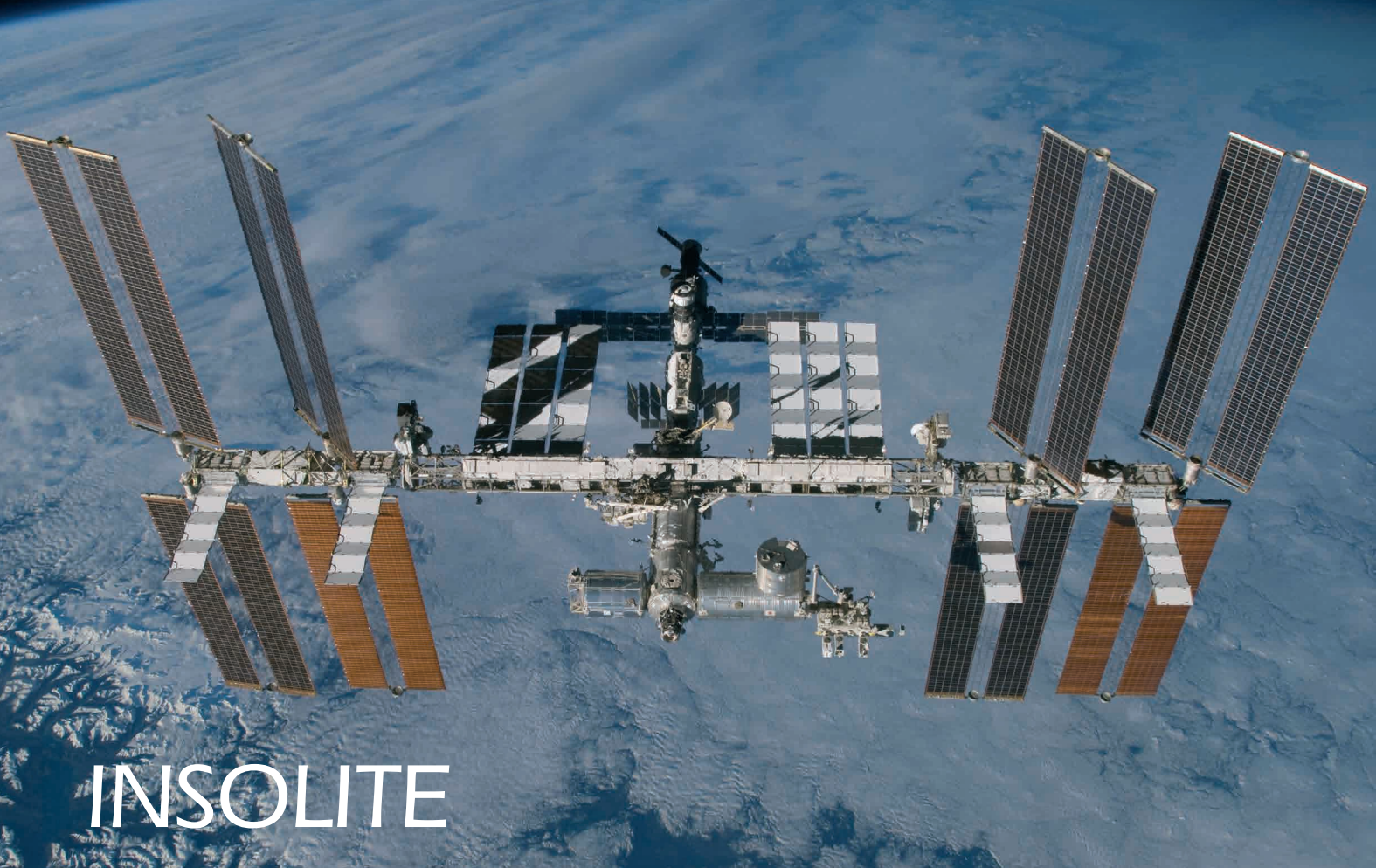


Figure 1 : principe de mesure du biocapteur pour l'OTA



INSOLITE

Agriculture dans l'espace: une source de nourriture et d'oxygène pour l'exploration spatiale

LGDP- Julio SAEZ-VASQUEZ,
saez@univ-perp.fr

Financement : NASA, ESA, CNRS et UPVD
© Photos de la NASA fournies par le Dr. F. Javier Medina

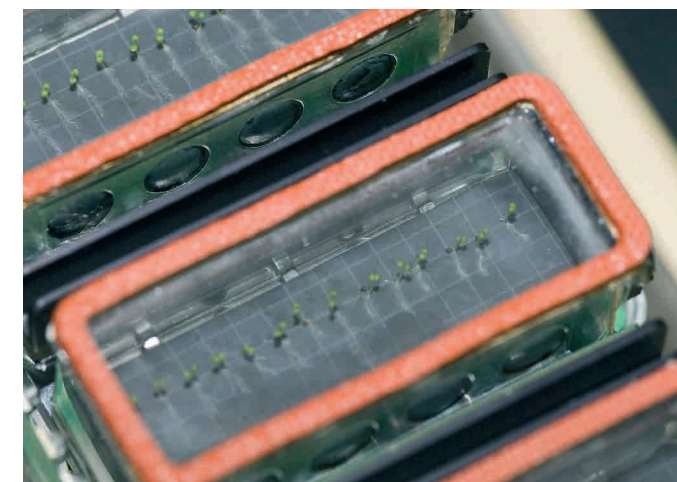
L'une des préoccupations majeures pour explorer l'espace lointain est la disponibilité d'un système de support de vie capable de fournir nourriture et oxygène. Les plantes sont capables de produire des composants hautement énergétiques et de l'oxygène grâce à la photosynthèse, et sont donc parmi les meilleurs candidats pour jouer un rôle majeur dans les systèmes de support de vie. Ceux-ci deviennent essentiels puisque la NASA (National Aeronautics and Space Administration), l'ESA (European Space Agency) et d'autres agences spatiales envisagent l'exploration et la colonisation de la lune et de la planète Mars comme prochaines étapes de leurs programmes spatiaux. Dans ce contexte, la culture de plantes dans l'espace nécessite que nous ayons une meilleure compréhension de leur biologie dans un environnement sans gravité ou en apesanteur.

SG-2 : Un projet collaboratif international

Dès 2010, l'équipe de recherche dirigée par le Dr. J. Sáez-Vásquez au LGDP a été invitée par le Dr. Francisco Javier Medina (Espagne) et John Z. Kiss (USA) à participer au programme Seedling Growth-2 (SG-2), compte tenu de son expertise dans la biologie du nucléole, une des structures vitales de la cellule chez les plantes et chez les animaux.

L'objectif de ce programme est d'étudier l'impact de l'apesanteur et de vols dans l'espace sur la croissance et le développement des plantes. Le programme SG-2, implique des laboratoires du CSIC en Espagne, de l'Université Miami U. aux Etats Unis et des Universités Pierre et Marie Curie et UPVD en France (http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/830.html).

Le projet SG-2, est actuellement soutenu par les agences NASA et l'ESA, ce qui a déjà permis l'envoi de matériel végétal (graines), la mise en place des dispositifs d'expérimentation (EMCS, European Modular Cultivation System) et la manipulation par les astronautes d'échantillons dans la station internationale spatiale (ISS). Des graines de plantes du LGDP de Perpignan ont été sélectionnées et envoyées à l'ISS avec succès dans la mission Dragon SpX-4 qui a eu lieu en septembre 2014. En mai 2015, les plantes germées et maintenues dans l'ISS ont fait leur retour sur terre et sont actuellement analysées au LGDP à Perpignan. L'équipe de Julio Sáez-Vásquez cherche à déterminer l'impact de l'apesanteur sur l'expression des gènes de ces plantes et sur les diverses fonctions cellulaires liées au nucléole. Ces études moléculaires d'expression génique seront également comparées aux analyses protéiques, cytologiques et physiologiques réalisées en parallèle par les autres partenaires impliqués dans ce projet SG-2.



Plantules d'*Arabidopsis thaliana* dans l'EMCS



Module Dragon couplé à l'ISS et patch utilisé par les astronautes pendant la mission SG2

Analyse des plantes au LGDP

Le concept de croissance cellulaire, de développement et/ou d'adaptation aux conditions environnementales implique essentiellement la régulation de l'expression de milliers de gènes codants pour des protéines et/ou d'ARNs (structuraux et/ou régulateurs) possédant des fonctions cellulaires nécessaires à tous les organismes vivants et/ou plus spécifiques aux plantes.

Au LGDP, nous effectuons l'analyse des plantes dites sauvages et/ou mutantes qui ne sont plus capables de produire les protéines NUC1 et NUC2 toutes deux impliquées dans l'organisation fonctionnelle du nucléole et dans des mécanismes de régulation des gènes (UPVD # 13, 2014). L'analyse comparative de l'expression génique de ces plantes provenant de l'ISS va permettre d'identifier les gènes dont l'expression est modifiée (activée ou réprimée) en conditions d'apesanteur ou gravité simulée. Ainsi, l'expression génique sera déterminée par des techniques dites de « séquençage de seconde génération » (next-generation sequencing) ou « séquençage à haut débit » (high-throughput sequencing), qui permettent la caractérisation d'un très grand nombre d'ARNs. Cette analyse est financée par l'UPVD. L'identification de ces gènes, associée aux travaux de laboratoires partenaires, est essentielle pour mieux comprendre les mécanismes moléculaires d'adaptation mis en jeu par les plantes pour s'adapter aux conditions de vie dans l'espace.

Ainsi l'analyse de ces plantes va permettre d'impliquer le LGDP via l'UPVD à des programmes de recherche spatiale, qui sont évidemment rares et revêtent un caractère exceptionnel, et d'apporter de nouvelles connaissances nécessaires pour la conquête et à la colonisation de l'espace lointain.

Durut N, Sáez-Vásquez J. Nucleolin: dual roles in rDNA chromatin transcription. *Gene*. 2015 Feb 1;556(1):7-12. Review.
Durut N, et al., A duplicated NUCLEOLIN gene with antagonistic activity is required for chromatin organization of silent 45S rDNA in *Arabidopsis*. *Plant Cell*. 2014 Mar;26(3):1330-44.



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 : Biocapteurs Analyses, Environnement, équipe projet
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 Environnemnts 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-UM2
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^{ers} peuplements humains, comportements des Néandertaliens et des Hommes anatomiquement modernes replacés dans leur contexte paléoécologique, paysages, archives sédimentaires, matériaux. Fouilles entre autres à la Caune de l'Arago : l'Homme de Tautavel -560 000 ans.

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

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

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

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

LGDP : Laboratoire Génome et Développement des Plantes, UMR 5096 CNRS-UPVD
Biologie : 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



© F. Latreille - Tara expeditions - Tara Oceans