



LYON 2019



Avec la participation de :



COMPARAISON DE LA BIOACCUMULATION DU CUIVRE CHEZ ENCHYTRAEUS ALBIDUS DANS LES COMPARTIMENTS SOL OU EAU

Du fait de leur temps de vie court et de leur place dans la biologie du sol en tant que mésofaune assurant de nombreuses fonctions écologiques, les enchytréides sont aujourd'hui utilisés comme bioindicateurs dans des tests de toxicité normalisés pour les sols. Cependant ces tests utilisent des traits de vie comme l'évitement, la mortalité ou la reproduction, alors que leur métabolisme et leurs propriétés de bioaccumulation des contaminants sont encore peu connus. Dans ce contexte, nous nous sommes intéressés à caractériser la capacité de bioaccumulation d'un contaminant ubiquiste, le cuivre, chez *Enchytraeus albidus* dans 2 compartiments différents : le sol et l'eau. L'objectif était double : i) décrire la cinétique de bioaccumulation du cuivre, et ii) élaborer des courbes dose/réponse pour mieux décrire sa toxicité sur la base d'une comparaison entre ces deux compartiments. Les expérimentations ont été faites en exposant *E. albidus* à du sol et de l'eau contaminés au cuivre à des concentrations sublétales (inférieures à 1mg/l dans l'eau et 400mg/kg dans le sol d'après Van Vliet et al. (2006) et Jörg et al. (1996)). La cinétique de bioaccumulation du cuivre a été étudiée pour 2 concentrations différentes, avec une exposition allant jusqu'à une durée de 14 jours dans l'eau et 21 jours dans le sol, et plusieurs temps de prélèvements (tous les jours pour le milieu eau et tous les 4 jours pour l'exposition en milieu sol). La courbe dose/réponse a été faite avec plusieurs concentrations différentes pour un seul temps de prélèvement, correspondant au temps où la courbe de cinétique de bioaccumulation atteignait un plateau. Les concentrations en cuivre bioaccumulé dans les enchytréides ont été obtenues après minéralisation d'une vingtaine d'enchytréides en milieu acide et mesures à l'aide d'un spectromètre d'absorption atomique, et les teneurs en cuivre disponible du milieu d'exposition ont également été analysées. Les données obtenues chez *E. albidus* dans le sol et l'eau ont été comparées, et les résultats sont discutés suivant le type de milieu, la comparaison permettant d'avoir accès à la notion d'exposition et de biodisponibilité. Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un projet visant à suivre l'efficacité dans le temps d'un filtre destiné à éliminer les charges polluantes des eaux pluviales rejetées en milieu naturel dans la zone du bois de Boulogne. Les eaux pluviales urbaines ainsi que les bassins drainant ayant souvent des concentrations en cuivre élevées (Thévenot et al. (2002)), les résultats obtenus visent à prédire l'impact que pourrait avoir une potentielle contamination du milieu.

Mots clés :

Enchytréides ; Cuivre ; Bioaccumulation ; Toxicité

Remerciements :

Ce stage a été effectué dans le cadre du projet LIFE17 ENV/FR/000398 - LIFE-ADSORB

Références :

Van Vliet P.C.J., Didden W.A.M, Van der Zee S.E.A.T.M. et Peijnenburg W.J.G.M. 2006. Accumulation of Heavy Metals by Enchytraeids and Earthworms in a Floodplain. *European Journal of Soil Biology* 42: S117-26.

Jörg W., Otto A., Koewius H. et Wunderlich F. 1996. Subtoxic Cadmium-Concentrations Reduce Copper-Toxicity in the Earthworm *Enchytraeus Buchholzi*. *Chemosphere* 32, n° 11 : 2205-10.

Vaufleury A. et Gimbert F. 2013. Chapitre 2 Bioaccumulation chez les invertébrés terrestres, Nématodes. In *Bioaccumulation, bioamplification des polluants dans la faune terrestre un outil pour la biosurveillance des écosystèmes*, 41-100. Les Ulis: EDP Sciences. 641 pages

Thévenot, Daniel R, et Michel Meybeck. « Métaux lourds: des bilans en mutation », 2002, 78

Auguste ATTENOT (1), Isabelle LAMY (1), Amélie TROUVÉ (1), Véronique Etiévant (1), Juliette FABURÉ (1)

(1) UMR ECOSYS, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78026 Versailles, France

Contact e-mail :

juliette.fabure@inra.fr

ETAT DES LIEUX DE LA CONTAMINATION DES POISSONS DU LEMAN

Depuis la décennie 1970-1980, la Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman (CIPEL) réalise périodiquement des campagnes d'analyse de micropolluants dans la chair de poissons, notamment des lotes (*Lota lota*). En 2018, 17 lotes et 28 gardons (*Rutilus rutilus*) ont ainsi été analysés, pour une large gamme de contaminants, notamment mercure (Hg), polychlorobiphényles (PCB), polybromodiphényl-éthers (PBDE), ainsi que 14 substances perfluoroalkylées et 12 retardateurs de flamme halogénés. Les mesures ont été interprétées en fonction des effets potentiels sur la faune piscivore, plutôt qu'en fonction de normes à visée sanitaire comme cela avait été le cas des campagnes précédentes. Le Léman apparaît peu contaminé en ce qui concerne les PBDE, les chloroalcanes à chaîne courte, les PCB indicateurs (congénères 28, 52, 101, 138, 153 et 180), et la plupart des retardateurs de flamme chlorés et bromés alternatifs aux PBDE. En revanche, les concentrations moyennes dépassent les critères d'évaluation respectifs pour le mercure et les PCB de type dioxine (PCB-DL). Pour le PFOS, les concentrations moyennes sont inférieures au critère d'évaluation, mais quelques individus le dépassent. Un retardateur de flamme alternatif, le DBDPE, a également été détecté de manière systématique.

Les concentrations de mercure et de PCB, qui ont fait l'objet d'un suivi de longue date notamment dans la chair de lotes, ont notablement baissé au fil des décennies, et semblent se stabiliser. Il est actuellement prématuré de statuer sur les tendances suivies par les PBDE et le PFOS dans le Léman. Des tendances comparables sont également observées dans d'autres lacs de la région comme le Lac Majeur, ou certains des Grands Lacs nord-américains, tandis que dans d'autres lacs ces dernières années ont vu les concentrations en mercure dans certaines espèces de poissons s'accroître à nouveau.

Le critère d'interprétation du mercure, qui est identique à la norme de qualité environnementale (NQE) retenue pour les eaux continentales dans l'Union Européenne, vise à protéger la faune piscivore des effets du méthyl-mercure [1]. Ce critère paraît cependant problématique dans la mesure où il est systématiquement dépassé, alors même que les efforts visant à limiter les rejets de cet élément semblent avoir atteint leur limite, comme le suggère la tendance à long terme. Dès lors le niveau moyen actuel pourrait représenter une sorte de « bruit de fond anthropique » difficile à dépasser [2].

Mots clés : gardon – lote – mercure - PCB – PBDE – PFOS – retardateur de flamme – tendance temporelle

Remerciements

Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman (CIPEL) – Agroscope Changins Bât. DC, Route de Dullier 50, Case Postale 1080 1260 NYON 1 (CH)

Références

1. Anonymous, *Environmental Quality Standards (EQS) Substance Data Sheet - Priority Substance n°21 Mercury and its Compounds*. 2015, European Commission: Brussels (B). p. 21.
2. Vignati, D.A.L., *et al.*, *Mercury environmental quality standard for biota in Europe: Opportunities and challenges*. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 2013. 9(1): p. 167-168.

Marc BABUT*(1), Benoit FERRARI (2), Philippe MARCHAND (3)

(1) Irstea, 5 rue de la Doua CS20244, 69625 VILLEURBANNE Cedex

(2) Centre Ecotox/Oekotoxzentrum, EPFL-ENAC-IIE-GE, Station 2 (GR B0 392), 1015 LAUSANNE (CH)

(3) LABERCA, Oniris, INRA, Université Bretagne-Loire, 101 Route de Gachet, 44307 NANTES

Contact e-mail : marc.babut@irstea.fr

INFLUENCE DE LA BIODÉGRADATION BACTÉRIENNE DES ANTIBIOTIQUES SUR LE DEVENIR DE CES SUBSTANCES ET LA DISPERSION DES ANTIBIORÉSISTANCES DANS LES AGROSYSTÈMES.

L'exposition environnementale des bactéries aux antibiotiques favorise la dispersion et le développement de capacités de résistance (antibiorésistance), engendrant un risque sanitaire majeur. Par ailleurs, il a récemment été mis en évidence dans des sols traités aux antibiotiques des bactéries capables d'utiliser ces substances pour leur croissance. La dégradation bactérienne des antibiotiques pourrait être un moyen de réduire la pression de sélection positive qu'ils exercent sur la dispersion des antibiorésistances. Dans ce contexte, ma thèse a pour but d'explorer les scénarii de dispersion des capacités de résistance et de dégradation des antibiotiques dans l'ensemble de l'agrosystème, depuis le milieu terrestre jusqu'au cours d'eau récepteur. La présente étude s'intéresse plus particulièrement à la fertilisation des sols par l'épandage d'effluents d'élevage, une voie connue de dispersion des antibiotiques et des antibiorésistances. Nous avons conçu une expérience en microcosmes dans laquelle quatre sols ont été traités ou non avec un antibiotique à usage vétérinaire de la classe des sulfamides (sulfaméthazine) et/ou une souche capable de le dégrader (*Microbacterium sp. C448*) et/ou de souches résistantes apportées par du lisier porcin dans lequel elles étaient naturellement présentes (8 traitements, n=5). A l'issue d'un mois d'incubation durant lequel la dégradation de l'antibiotique a été mesurée, nous avons évalué l'impact des traitements sur les communautés bactériennes résistantes et dégradantes via des mesures de potentiel génétique (qPCR) et de fonctionnalité (radiorespirométrie). Dans un second temps, j'orienterai mes études sur le compartiment aquatique avec un accent sur le continuum sol-eau-sédiment. J'adopterai un raisonnement et une démarche similaires afin de mieux comprendre le rôle de l'érosion dans la dispersion des capacités de résistance et de dégradation et d'évaluer leur impact sur le compartiment aquatique. Ainsi l'approche mécanistique adoptée pendant cette thèse permettra d'avoir une vision intégrée de la dispersion des antibiotiques et des capacités associées dans les agrosystèmes et aidera à appréhender les risques et bénéfices liés à la dispersion environnementale de souches dégradant les antibiotiques.

Mots clés : Agrosystème, antibiorésistance, dégradation des antibiotiques, dispersion environnementale, microcosmes, sulfamides

Remerciements

Ensemble des partenaires du projet ANTIBIOTOX (financement ANR, référence : ANR-17-CE34-0003) : Irstea Villeurbanne, INRA Dijon, ENOVEO, Agriculture and Agri-food Canada, Institut de Chimie de Clermont-Ferrand, LMGE de Clermont-Ferrand.

Références

- Topp E., Chapman R., Devers-Lamrani M., Hartmann A., Marti R., Martin-Laurent F., Sabourin L., Scott A. et Sumarah M. 2013. Accelerated Biodegradation of Veterinary Antibiotics in Agricultural Soil following Long-Term Exposure, and Isolation of a Sulfamethazine-degrading *Microbacterium sp.*
- Heuer H. et Smalla K. 2007. Manure and sulfadiazine synergistically increased bacterial antibiotic resistance in soil over at least two months.
- Martin-Laurent F., Topp E., Billet L., Batisson I., Malandain C., Besse-Hoggan P., Morin S., Artigas J., Bonnineau C., Kergoat L., Devers-Lamrani M. et Pesce S., 2019. Environmental risk assessment of antibiotics in agroecosystems: ecotoxicological effects on aquatic microbial communities and dissemination of antimicrobial resistances and antibiotic biodegradation potential along the soil-water continuum.

Loren BILLET* (1,2),
Nadine ROUARD (1),
Fabrice LAURENT-MARTIN (1),
Stéphane PESCE (2),
Marion DEVERS (1).

(1) INRA + 17 rue de Sully 21000
DIJON

(2) IRSTEA + 5 rue de la Doua 69100
VILLEURBANNE

Contact e-mail :
loren.billet@inra.fr

RÉSISTANCE AUX ANTIBIOTIQUES ET IMPACT ÉCOLOGIQUE CHEZ LES COMMUNAUTÉS MICROBIENNES BENTHIQUES EXPOSÉES A LA CONTAMINATION URBAINE

Les résidus médicamenteux sont peu éliminés par les stations de traitement des eaux usées (STEU) et se retrouvent dans les écosystèmes aquatiques provoquant une contamination chronique persistante des eaux de surface et des sédiments. Parmi ces résidus, les antibiotiques peuvent également s'accumuler dans le biote et ont été détectés à tous les niveaux du réseau trophique (Aubertheau et al. 2017). Dans l'environnement, la présence d'antibiotiques est en particulier susceptible d'altérer les fonctions et la structure des communautés microbiennes et plus spécifiquement d'exercer une pression de sélection sur les bactéries, avec un risque avéré de développement d'antibiorésistances.

Dans ce contexte, nous appliquons une approche multi-compartiments (eau de surface, périphyton, sédiment) et multi-sites incluant des écosystèmes lotique (rivière Arve) ou lacustre (lac Léman) afin de comparer la réponse des communautés microbiennes naturelles issues de sites présentant des expositions contrastées aux résidus de médicaments en provenance de STEU. Pour chaque site étudié, nous avons évalué le potentiel fonctionnel des communautés microbiennes du périphyton et des sédiments (photosynthèse, activités hétérotrophes extra-cellulaires) ainsi que leur tolérance à 2 antibiotiques (ciprofloxacine, sulfaméthazine) suivant une approche PICT et leur capacité à biodégrader les sulfonamides. Ces analyses biologiques seront complétées par l'étude du résistome et de la structure des communautés puis mises en relation avec les concentrations des résidus médicamenteux dans le périphyton, les sédiments et les eaux de surface. Les premiers résultats ont notamment mis en évidence dans le lac Léman une plus forte tolérance microbienne à la ciprofloxacine au site proche du rejet de STEU qu'au site plus protégé. Ces premiers résultats seront complétés et contribueront à une meilleure connaissance de la répartition des antibiotiques et des antibiorésistances dans les différents compartiments aquatiques ainsi qu'à une meilleure compréhension des liens entre structure du résistome et fonctions associées à ces résistances (tolérance ou biodégradation) chez les communautés microbiennes.

Mots clés : Écotoxicologie microbienne, biofilm, sédiment, PICT, biodégradation

Remerciements

Les auteurs remercient Bernard Motte, Christophe Rosy, Vincent Tardy, Jean-Christophe Hustache et Pascal Perney pour l'échantillonnage et Nadine Rouard pour les analyses de biodégradation. Le projet de recherche Antibiotools est financé par le Programme Environnement-Santé-Travail de l'Anses avec le soutien du ministère chargé de l'écologie (2017/3 ABR/22).

Références

Aubertheau et al. 2017. Impact of wastewater treatment plant discharge on the contamination of river biofilms by pharmaceuticals and antibiotic resistance. STOTEN

Chloé BONNINEAU*(1), Agnès BOUCHEZ (2), Anaïs CHARTON (1), Christophe DAGOT (3), Marion DEVERS (4), Jérôme Labanowski (5), Emilie LYAUTEY (1,2), Stéphane PESCE (1), Fabrice MARTIN-LAURENT (4), Leslie MONDAMERT (5)

(1) UR RiverLy, Irstea, centre de Lyon-Villeurbanne

(2) UMR CARRTEL, INRA – Université Savoie Mont Blanc

(3) UMR INSERM 1092, Université de Limoges

(4) UMR Agroécologie INRA, Centre de Dijon

(5) UMR 7285 IC2MP, Université de Poitiers

*chloe.bonnineau@irstea.fr

UTILISATION DE L'ULVA COMPRESSA LINNAEUS COMME BIOINDICATEUR DE POLLUTION MARINE PAR LES METAUX LOURDS DE LA REGION BATHIOUA - ORAN

Nour El Houda Yasmina
BOURAS*(1), Amel ALIOUA (1)

(1) Département du vivant et de l'environnement, Faculté des sciences de la nature et de la vie
Université des sciences et de la technologie d'Oran Mouhamed boudiaf USTO

Contact e-mail : bouras-rosa@outlook.fr

Un bioindicateur peut se définir comme une espèce ou un groupe d'espèces végétales ou animales dont la présence (ou a contrario leur absence), l'abondance, la biomasse ou autres caractéristiques biologiques renseigne sur l'état écologique du milieu, ou sur l'incidence de certaines pratiques humaines (Blandin, 1986 – Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques). Dans notre étude nous avons choisi les macrophytes comme bio indicateurs de pollution marine par les métaux lourds de la région de Bathioua – Oran, en effet la pression exercée par l'activité de l'homme notamment l'industrie pétrochimique sur cette région a été sujet d'une profonde inquiétude concernant la qualité de ses eaux dégradées à cause des rejets essentiellement chimiques, non ou mal traités, et l'état des espèces qui y vivent dont le cycle de vie a été nettement perturbé.

Durant notre période d'étude nous avons pu constater la présence dominante de *Ulva Compressa linnaeus* de la classe des Ulvophyceae qui s'installe habituellement sur des rocher dans les eaux riches en matières organiques.

Nos résultats ont démontré une augmentation alarmante de la teneur en métaux lourds durant les trois mois d'étude (décembre 2018, janvier et février 2019) observée au niveau des tissus de *Ulva Compressa linnaeus*, la concentration du Ni (7,01 µg/g –Fev) et du Zn (422,3 µg/g – Fev) dépassant nettement la valeur limite exigée par l'IAEA .

Nos résultats ont permis de conclure que cette région est marquée de manière détectable par une réelle pollution et doit impérativement faire l'objet d'études d'évaluation de risques permettant une meilleure gestion de l'environnement.

Mots clés : Pollution marine, bioindication , macroalgue , rejets chimiques , bioaccumulation .

Remerciements

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance aux personnes qui ont contribué a la réalisation de ce travail .

Références

- M Albakjaji , 2010 . La pollution de la mer Méditerranée, op.cit., p.2.
M. Roland Courteau, 2011 . La pollution de la Méditerranée : état et perspectives à l'horizon 2030
Belabed Borhan, 2010 . La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba « Sources de contamination des écosystèmes aquatiques ». thèse de doctorat, Dpt des Sciences de la Mer. Univ. Badji Mokhtar-Annaba 176 p.
Thi My Dung HUYNH , 2009 . Impacts des métaux lourds sur l'interaction plante/ ver de terre/ microflore tellurique, Sciences Eaux et Territoires : la Revue du IRSTEA, IRSTEA, 2010, p. 6 - p. 11 , thèse de doctorat , Ecole doctorale science de la vie et de la sante , Université Paris Est ,151p.
Bordjiba O., Bekhouche F., Hassaine A., Djenidi R. 2009. Impact de la Pollution Par Les Hydrocarbures Sur la Qualité des Eaux Usées Dans la Région de Skikda (Nord-Est Algérien). European Journal of Scientific Research. (26).
Maatallah R., Djebbar A.B. & Zaghdoudi R. 2008, Pollution chimique par les métaux lourds et les hydrocarbures dans les eaux côtières de la région de Skikda (Nord Est, Algérie). Séminaire international de l'interaction biologie environnement (SNIBE).. PAC (Programme d'Aménagement Côtier). 2005,"Zone côtière algéroise "Activité: Programme d'Actions Prioritaires.Protection des sites sensibles naturels marins du secteur Cap Djinet au Mont Chenoua. Impacts des activités anthropiques. Centre d'Activités Régionales. p94..
Ramade F., 2000. - Dictionnaire encyclopédique des polluants: les polluants de l'environnement à l'homme. Ed. International., Paris : 690 p.
Rodier J, 1996. L'analyse de l'eau. Eaux naturelles - Eaux résiduaires – Eaux de mer. 8ème édit. Dunod. 1383p.

INDICE SPATIALISE DE VULNERABILITE EN SANTE-ENVIRONNEMENT : APPLICATION EN HAUTS-DE-FRANCE

Le lien entre la qualité de l'environnement et la santé humaine est aujourd'hui admis mais reste difficile à caractériser. Le concept d'Inégalités Environnementales et Sociales de Santé (IESS) tend vers une approche globale des déterminants de santé, leur évolution dans le temps et dans l'espace. La diversité des facteurs impliqués et la multiplicité des interactions à considérer nécessitent de recourir à des approches multidimensionnelles spatialisées, qui sont plus qu'une superposition de données environnementales. Une des méthodes reconnues pour expliquer une problématique complexe repose sur la création d'indices composites regroupant des indicateurs retranscrivant les multifacettes d'un phénomène (European Commission, 2008).

Seuls 23 indices composites de vulnérabilité adaptés aux problématiques de santé-environnement sont décrits dans la littérature. Toutefois, ces indices sont liés aux spécificités de leur territoire et aucun ne semble adapté aux besoins des scientifiques et des pouvoirs publics français. Dans ce contexte, nous proposons un cadre méthodologique pour le développement d'un indice composite spatialisé qui a pour objectif de mettre en évidence les IESS et d'évaluer leur hétérogénéité spatiale sur le territoire français. Le premier challenge consiste à identifier, collecter et analyser les variables d'entrée. Les données de l'environnement sont issues de bases de données publiques et nécessitent un processus fiable de data-management. Le second challenge repose sur le développement d'un indice composite porteur d'une information fiable et facilement interprétable. Après une analyse bi-variée pour limiter les redondances entre les variables, une étape de normalisation est indispensable pour harmoniser l'expression des variables pouvant être produites dans des unités ou sur des échelles différentes. Une analyse en composantes principales (ACP) est ensuite menée pour pondérer de manière objective les variables. L'indice composite correspond à la somme pondérée par la proportion de variance expliquée des scores d'une composante.

La méthodologie proposée a été implémentée sur la Région Hauts-de-France. Pour caractériser la vulnérabilité à l'échelle des 3817 communes de la Région, 13 variables spatialisées en open data ont d'abord été analysées individuellement. Ensuite, 5 composantes principales avec un pourcentage de variance expliquée de 57,9 % ont été retenues et une rotation VARIMAX a été réalisée afin de maximiser la variance dans le nouveau plan factoriel permettant de calculer l'indice composite. La comparaison des indices fait ressortir (i) des territoires vulnérables à l'échelle des communes (Dunkerque, Roubaix, Lille) mais aussi (ii) des zones plus étendues comme l'ancien bassin minier du Nord-Pas de Calais. De larges territoires avec une faible vulnérabilité ont également été mis en évidence, comme le département de l'Oise. L'intégration de données ayant un impact positif sur les IESS permettra par la suite d'élaborer un indice composite de résilience en santé-environnement. L'interprétation conjointe de ces 2 indices contribuera à une caractérisation plus holistique des IESS ce qui pourrait concourir à une gestion plus intégrée des territoires.

Mots clés : Indice composite - Vulnérabilité - Open data - Analyse en Composantes Principales - Gestion du territoire

Remerciements

Les auteurs remercient la Région des Hauts-de-France ainsi que l'Agence Régionale de Santé Hauts-de-France pour leurs contributions au financement de cette étude.

Références

European Commission, Organisation for Economic Co-operation and Development, SourceOECD (2008) (Online service), editors. Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide. Paris: OECD

Delphine BROUSMICHE*(1), Florent OCCELLI (1), Michaël GENIN (2), Damien CUNY (1), Annabelle DERAM (1) et Caroline LANIER (1)

(1) Univ. Lille, CHU Lille, Institut Pasteur de Lille, EA 4483 IMPECS (IMPact of Environmental Chemicals on human health), F-59000 Lille, France

(2) Univ. Lille, EA 2694, Santé Publique épidémiologie et qualité des soins, Centre d'Etudes et Recherche en Informatique Médicale (CERIM), F-59000 Lille, France

Contact e-mail : delphine.brousmiche@univ-lille.fr

NIVEAU DE CONTAMINATION ET IMPACT DE L'ENVIRONNEMENT SUR LA MOULE *MYTILOPSIS LEUCOPHAEATA* EN EAU DOUCE ET DANS UN PORT DE PLAISANCE MESOHALIN

Alors que la Directive Stratégie pour le Milieu Marin vise à une bonne qualité écologique des écosystèmes côtiers d'ici 2020, les sédiments, l'eau et les organismes y demeurent largement contaminés. De plus, l'évaluation du risque environnemental se doit de considérer les interactions entre les facteurs du milieu et la sensibilité des biocénoses aux polluants.

La plupart des contaminants étant d'origine terrigène, il importe de considérer leur impact sur des espèces vivant naturellement (biosurveillance passive) ou disposées (biosurveillance active) le long d'un gradient de salinité. Les

travaux ont porté sur l'espèce introduite en Europe et euryhaline ^(1;2), *Mytilopsis leucophaeata*, au niveau d'un site d'eau douce (en amont) et d'un port de plaisance (à l'aval). Ces stations présentent un fort contraste du point de vue de la contamination. Ainsi, des analyses mensuelles des contaminants et en particulier de certains métaux ont été réalisées dans les chairs de bivalve pendant treize mois. En complément, des sédiments prélevés au début, après six mois et au treizième mois ont été analysés dans le but d'estimer les niveaux de contaminations métalliques. Du point de vue biologique, l'état physiologique des moules a été étudié à partir du suivi des taux de mortalité, des paramètres biométriques et du cycle reproducteur. Par ailleurs, la réponse au stress de *M. leucophaeata* a été évaluée par un suivi de biomarqueurs biochimiques en lien avec la régulation du stress oxydant et la détoxification (activités CAT et GST, niveaux de peroxydation lipidique).

Les principaux résultats de cette étude indiquent une bioaccumulation des éléments traces métalliques plus importante dans le site portuaire. Dans ce site, *M. leucophaeata* présente un état physiologique « moins bon » se traduisant, principalement, par des mortalités plus importantes et une croissance moindre. Par ailleurs, des différences inter-sites sont observées au niveau du cycle reproducteur et surtout des activités catalase. Ces travaux apportent des éléments de réponse quant à l'utilisation potentielle de *M. leucophaeata* comme espèce bioindicatrice dans les eaux de transition.

Mots clés : *Mytilopsis leucophaeata*, Contamination Métallique, Bioaccumulation, Salinité, Etat Physiologique, Stress Oxydant.

Remerciements

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'ANR (AAP Blanc International France-Canada) et du CRSNG au titre du programme de recherche IPOC (Interactions entre la POLLution et les Changements climatiques : développement d'une nouvelle stratégie de surveillance, ANR-12-ISV7-0004-01).

Nous remercions vivement l'Agence de l'Eau Seine-Normandie pour la réalisation des analyses de contaminants organiques dans le biote.

Références

1. Kennedy V.S., 2011a. The invasive dark false mussel *Mytilopsis leucophaeata* (Bivalvia: Dreissenidae): a literature review. *Aquat. Ecol.* 45, 163–183.
2. Verween A., Vincx M., Degrae, S., 2010. *Mytilopsis leucophaeata*: The brackish water equivalent of *Dreissena polymorpha*? A review, in: van der Velde, G., Rajagopal, S., bij de Vaate, A. (Eds.), *The Zebra Mussel in Europe*. Margraf, pp. 29–44.

Christelle CAPLAT* (1), Alexis SEGUIN (1), Jean-Marc LEBEL (1), Florence MENET-NEDELEC (2), Antoine SERPENTINI (1), Katherine COSTIL* (1)

(1) BOREA (Biologie des Organismes et des Ecosystèmes Aquatiques), UNIVERSITE DE CAEN NORMANDIE, Sorbonne Université, CNRS, IRD, UA, Esplanade de la Paix, 14032 CAEN Cedex 5. Normandie Université, Université de Caen Normandie

(2) LERN (Laboratoire Environnement Ressources de Normandie), IFREMER, Avenue du Gal de Gaulle, BP 32, 14520 Port-en-Bessin, France

Contact e-mail :

christelle.caplat@unicaen.fr

katherine.costil@unicaen.fr

RÉPONSES PHYSIOLOGIQUE ET PROTÉOMIQUE DU DINOFLAGELLÉ MARIN TOXIQUE INVASIF ALEXANDRIUM CATENELLA SOUMIS À UN STRESS POLYMÉTALLIQUE

Alexandrium catenella est un dinoflagellé marin invasif impliqué dans les phénomènes d'efflorescences massives toxiques (Harmful Algal Blooms ou HABs). Les HABs sont notamment observés dans des écosystèmes marins côtiers perturbés par les activités anthropiques, avec des fréquences, des distributions et des intensités croissantes. *A. catenella* produit des phycotoxines (saxitoxine et dérivés) responsables de graves intoxications, pouvant conduire jusqu'à la mort, chez l'être humain ayant consommé des fruits de mer contaminés (Paralytic Shellfish Poisoning ou PSP). Or, des efflorescences de ce dinoflagellé ont lieu dans des écosystèmes soumis à des contaminations par divers éléments traces métalliques (ETMs) (Étang de Thau : Eric Abadie, communication personnelle ; Rade de Toulon : Jean et al., 2006), ce qui suggère une certaine capacité de résistance et/ou d'adaptation d'*A. catenella* aux stress métalliques, laquelle a peu été étudiée (Jean et al., 2017 ; Jean et al., en préparation). Dans cette étude, la croissance, la morphométrie, les profils toxiques et les réponses protéomiques de cellules d'*A. catenella* exposées à un cocktail polymétallique (Cu, Pb, Zn, Cd) ont été analysés. L'approche protéomique permet de comprendre les mécanismes de résistance/d'adaptation développés par des organismes soumis à des stress environnementaux, grâce à des protéines de stress dont ils modifient l'expression au sein de voies métaboliques spécifiques. Cette étude vise donc à (i) identifier les protéines de stress dont l'expression est modifiée par *A. catenella* en réponse à une contamination polymétallique, (ii) analyser la contribution de ces protéines à des mécanismes cellulaires spécifiques pouvant expliquer le développement/maintien de ce dinoflagellé dans des écosystèmes contaminés par les ETMs, (iii) mettre en évidence des biomarqueurs protéomiques de résistance/d'adaptation d'*A. catenella* aux conditions de stress métalliques. Les résultats obtenus peuvent contribuer à comprendre la capacité de ce dinoflagellé à coloniser et à se maintenir dans des écosystèmes marins côtiers fortement anthropisés.

Mots clés *Alexandrium catenella*, biomarqueurs, phycotoxines, protéomique, stress métallique

Remerciements

Cette étude est soutenue et financée par le GdR "PHYCOTOX : des micro-algues aux risques pour l'Homme et l'écosystème".

Références :

- Jean N., Dumont E., Herzi F., Balliau T., Laabir M., Masseret E. et Mounier S. 2017. Modifications of the soluble proteome of a mediterranean strain of the invasive neurotoxic dinoflagellate *Alexandrium catenella* under metal stress conditions. *Aquatic toxicology*, 188, 80-91.
- Jean N., Bogé G., Jamet J.-L., Jamet D. 2006. Comparison of β -dimethylsulfoniopropionate (DMSP) levels in two mediterranean ecosystems with different trophic levels. *Marine Chemistry*, 101, 190-202.

Chérif CHETOUHI*(1), Estelle MASSERET (2), Thierry BALLIAU (3), Zouher AMZIL (4), Mohamed LAABIR (2), Natacha JEAN (1)

(1) MIO Equipe Microbiologie Environnementale et Biotechnologies, UM 110 CNRS/IRD Aix-Marseille Université, Université de Toulon, CS 60584, 83041 TOULON Cedex 9, France

(2) MARBEC UMR 9190 IRD-Ifremer-CNRS-Université de Montpellier, Place Eugène Bataillon, 34095 MONTPELLIER Cedex 5, France

(3) PAPPSO, Ferme du Moulon, 91190 GIF-SUR-YVETTE, France

(4) Laboratoire Phycotoxines, IFREMER - Centre de Nantes - Rue de l'île d'Yeu - B.P. 21105 - 44311 NANTES Cedex 3, France

Contact e-mail* :

cherif.chetouhi@univ-tln.fr

ETUDE DE L'IMPACT D'AGENTS DE CONTRASTE IODES SUR DEUX ORGANISMES AQUATIQUES MODELES PAR DES APPROCHES METABOLOMIQUES ET METALLOMIQUES (PROJET ACTIONS)

La contamination des milieux aquatiques par les produits pharmaceutiques n'est plus à démontrer. Parmi ces composés, les agents de contraste iodés (ACI) sont utilisés depuis les années cinquante en imagerie médicale pour augmenter artificiellement le contraste et ainsi mieux visualiser les organes, tissus, tumeurs,... . Ces composés sont présents ubiquitairement dans les eaux à des teneurs pouvant atteindre quelques µg/L voire mg/L. Bien que rapidement excrétés par l'organisme, les produits de contraste sont connus pour interférer avec la thyroïde, notamment par l'intermédiaire de l'iode qu'ils contiennent, et ainsi interagir avec les fonctions endocriniennes. De même, ces molécules peuvent induire des réactions immunitaires et inflammatoires ou encore une néphrotoxicité. Ainsi, une exposition en continu aux ACI pourrait provoquer des effets néfastes sur les organismes aquatiques, non seulement sur les poissons qui présentent un rôle prépondérant dans la structure et le fonctionnement des réseaux trophiques aquatiques, mais également sur les organismes filtreurs, dont le caractère filtreur en fait de bons bioaccumulateurs.

Le projet ACTIONS présenté ici propose d'évaluer, sur la base d'expositions à des teneurs environnementales, l'impact de 2 ACI d'osmolalité différente régulièrement détectés dans les eaux, l'acide diatrizoïque et l'iohexol, sur deux espèces modèles de nos rivières : un mollusque bivalve, *Dreissena polymorpha*, et un poisson Téléostéen, *Gasterosteus aculeatus*.

Après l'étude de la répartition et de la spéciation de l'iode dans les différentes parties des organismes par imagerie élémentaire, la détermination de la bioaccumulation de l'iode et ses potentielles interactions avec les biomolécules seront menées par une approche métallomique combinant spectrométrie de masse élémentaire (ICP-MS) et moléculaire (ESI-MS/MS). En parallèle, l'étude des effets des ACI sur le métabolisme des organismes sera réalisée par une approche métabolomique en LC-HRMS. Cette approche favorisera une vue d'ensemble des voies de métabolisation des molécules tout en proposant des marqueurs pertinents d'exposition aux ACI.

Mots clés : Métabolomique, métallomique, espèces sentinelles, LC-HRMS, HPLC-ICP-MS, bioimagerie LA-ICP MS, environnement

Remerciements

Ce projet est financé par le Programme Environnement-Santé-Travail de l'ANSES avec le soutien des Ministères chargés de l'écologie et du travail (2018/1/222)

Gaëlle DANIELE (1), Sandra MOUNICOU (2), Carine ARNAUDGUILHEM (2), Alain GEFARD (3), Odile DEDOURGE-GEFFARD (3), Anne BADO-NILLES (4), Jean-Marc PORCHER (4), Emmanuelle LEBEAU (1,3), Aurélie FILDIER (1), Christelle BONNEFOY (1), Emmanuelle VULLIET (1)

(1) ISA UMR5280 - CNRS/Univ Lyon
5 rue de la Doua 69100
VILLEURBANNE

(2) IPREM UMR5254 - UPPA/CNRS
Technopole Hélio parc
2 avenue du Président Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 09

(3) UMR-I 02 SEBIO BP1039 - 51687
Reims Cedex

(4) UMR-I 02 SEBIO BP2 60550

Verneuil en Halatte

Contact e-mail : gaelle.daniele@isa-lyon.fr

TOXMATE, STATION DE BIOSURVEILLANCE EN LIGNE DES EAUX DE REJETS PAR L'ANALYSE DU COMPORTEMENT LOCOMOTEUR D'INVERTEBRES AQUATIQUES OBTENUE PAR DES METHODES DE VIDEO-TRACKING

La ressource en eau, la biodiversité et la santé sont des préoccupations sociétales majeures. L'une des prérogatives pour les préserver est de limiter les rejets de contaminants dans l'environnement. C'est dans ce contexte que l'autosurveillance de la toxicité des rejets apparaît progressivement dans la législation. Pour répondre à ce besoin, des biotests normalisés sont disponibles, dont le plus couramment utilisé est basé sur l'impact des échantillons ponctuels sur la mobilité des daphnies (*Daphnia magna*). Ce type d'approche ne permet pas de comprendre la toxicité d'un rejet dont la qualité varie dans le temps. Afin de proposer une solution innovante, un partenariat entre ViewPoint et le laboratoire d'écotoxicologie de l'Irstea Lyon a été initié en 2014.

Alexandre DECAMPS*(1), Olivier GEFFARD (2), Hervé QUEAU (2), Adeline FRANCOIS (2), Laura GARNERO (2), Maxime DAUPHIN (1), Florian MOULIN (1), Arnaud CHAUMOT (2), Didier NEUZERET (1)

(1) ViewPoint Behavior Technology, 67 rue Corpenic, 01390 Civrieux

(2) IRSTEA, UR RiverLy, Laboratoire d'écotoxicologie, centre de Lyon-Villeurbanne, 5 rue de la Doua CS 20244, F-69625

Contact e-mail :
adecamps@viewpoint.fr

METHODOLOGIE UTILISEE

Le ToxMate est une station qui mesure sur site, en temps-réel et de façon autonome l'impact d'un flux d'eau de rejet "conditionné" (filtration, température et oxygène) sur le comportement locomoteur de trois espèces d'invertébrés aquatiques (16 individus par espèce) obtenu par des méthodes de vidéo-tracking. Les organismes vivants utilisés (Gammaridae, Lymnaeidae et Erpobdellidae) pour cette biosurveillance des eaux sont des espèces présentes dans les biocénoses aquatiques en Europe et appartiennent à différents groupes phylogénétiques afin d'obtenir une plus grande sensibilité aux micropolluants. Un ordinateur de bord connecté permet une acquisition, un traitement du signal en temps-réel et un envoi des données toutes les deux minutes sur un site internet, accessible pour un éventuel gestionnaire des eaux.

PRINCIPAUX RESULTATS : DEVELOPPEMENT ET RETOUR D'EXPERIENCE

Une phase en laboratoire a permis de développer une méthodologie d'évaluation en ligne de la qualité toxique d'une eau, en se basant sur l'analyse du comportement natatoire d'invertébrés aquatique tout en excluant les facteurs dits de confusion (variation naturelle en ions majeurs, macropolluant, bruit, etc.).

Le ToxMate a été validé par des mesures sur site durant 40 mois (un bassin de rétention d'eau de pluie et deux stations d'épuration). Ces suivis ont montré que la méthodologie développée est pertinente et mature pour évaluer en ligne, sans condition témoin et avec une autonomie de 30 jours, la toxicité d'une eau de rejet. En effet, un grand nombre d'épisode de dégradation de la qualité toxique due à la présence de micropolluants ont été détectés grâce à ce dispositif embarqué.

Mots clés : Invertébrés aquatiques, toxicité, station, temps-réel, autonome, micropolluant

Remerciements

La Région Auvergne Rhône Alpes et la BPI

Projet "FUI Smile : station de métrologie multiparamétrique pour la surveillance des eaux urbaines" Les Agences de l'Eau, AFB, le Ministère de l'écologie et Suez Eau France. Projet "MICROPOLIS Indicateurs" (Elimination des MICROPolluants à Sophia AntiPOLIS), de l'appel à Projet "Innovations et changements de pratiques : lutte contre les micropolluants des eaux urbaines".

ETUDE DE LA SENSIBILITE DES ENCHYTRAEUS ALBIDUS AU CUIVRE PAR LE DEVELOPPEMENT D'OUTILS BIOMARQUEURS DU STRESS ECOTOXIQUE

Bien qu'encore méconnue, l'utilisation des enchytréides dans le domaine de l'écotoxicologie devient au fil des années, plus commune. Ils sont de bons indicateurs du stress écotoxique du fait de leurs caractéristiques (répartition géographique, cycle de vie court, rôle dans la dégradation de matière organique). L'étude des effets de contaminants chimiques sur ces organismes fait l'objet d'un test normalisé (test de reproduction ISO). Néanmoins, on connaît encore peu les mécanismes d'action toxique impliqués et il existe un fort enjeu à développer des outils d'étude des effets à l'échelle cellulaire afin d'une part de permettre le diagnostic plus précoce des effets toxiques, et d'autre part d'identifier les seuils de réponses cellulaires entraînant des conséquences à l'échelle de l'individu. Dans cette étude, deux outils biomarqueurs de diagnostic ont été développés chez un enchytréide modèle (*Enchytraeus albidus*) : 1) un biomarqueur du stress oxydant, à savoir les lipides peroxydés (plus particulièrement les hydroperoxydes, produits primaires de la lipoperoxydation) et 2) l'allocation cellulaire de l'énergie (Cellular Energy Allocation ou CEA) qui comprend deux paramètres : l'énergie disponible c'est-à-dire la quantité de lipides, de protéines et de carbohydrates et l'énergie consommée. Afin de tester ces outils de diagnostic, les enchytréides *Enchytraeus albidus* ont été exposés à des concentrations croissantes en sulfate de cuivre dans un sol naturel dans des conditions d'exposition décrites dans la norme ISO 16387 : ainsi après 3 semaines, la survie des adultes est évaluée et les individus vivants sont collectés et stockés à -80°C jusqu'aux analyses ; puis après 3 semaines supplémentaires, la reproduction est évaluée par dénombrement des juvéniles après coloration au rose de Bengal. Sur les enchytréides adultes sont dosées : 1) au niveau cellulaire, la lipoperoxydation qui repose sur l'oxydation des ions ferreux en ions ferriques à pH acide, qui en présence de xylénol orange forment un complexe absorbant à 590 nm, et 2) au niveau des individus la CEA pour laquelle l'énergie consommée est calculée grâce au système ETS (Electron Transport System) par la réaction de l'INT (iodonitrotétrazolium chloride) avec le formazan formant un complexe absorbant à 490 nm. Les résultats sont discutés en recherchant un lien entre la réponse au niveau cellulaire et la réponse au niveau de l'individu en fonction de la concentration croissante en cuivre à partir des relations doses-réponses entre le cuivre et les biomarqueurs.

En perspective, il est prévu d'établir le lien entre l'exposition au cuivre et les réponses des biomarqueurs dans le cadre du projet via l'analyse de la bioaccumulation du cuivre chez les organismes exposés.

Mots clés : *Enchytraeus albidus*, biomarqueurs, lipoperoxydation, allocation cellulaire de l'énergie, métabolisme énergétique, cuivre.

Remerciements : Ce stage a été effectué dans le cadre du projet LIFE17ENV/FR/000398 - LIFE ADSORB.

Références

Monserat JM, Geracitano LA, Pinho GLL, Vinagre TM, Faleiros M, Alciati JC, et al. Determination of Lipid Peroxides in Invertebrates Tissues Using the Fe(III) Xylenol Orange Complex Formation. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 1 août 2003;45(2):177-83.

Howcroft CF, Amorim MJB, Gravato C, Guilhermino L, Soares AMVM. Effects of natural and chemical stressors on *Enchytraeus albidus*: Can oxidative stress parameters be used as fast screening tools for the assessment of different stress impacts in soils? *Environment International*. févr 2009;35(2):318-24.

Coen WMD, Janssen CR. The use of biomarkers in *Daphnia magna* toxicity testing. IV. Cellular Energy Allocation: a new methodology to assess the energy budget of toxicant-stressed *Daphnia* populations. :13.

Florence DELVAL (1), Laetitia PEDRONI (1), Sébastien Breuil (1), Nathalie CHEVIRON (1) (2), Isabelle LAMY (1) Juliette FABURE (1)

(1) UMR ECOSYS, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78026 Versailles, France

(2) BiochemEnv, Centre de Versailles-Grignon, Route de St-Cyr –RD10 bâtiment 6, 78026 Versailles, France

Contact e-mail :
juliette.fabure@inra.fr

DEVENIR DES CONTAMINANTS ÉMERGENTS : APPORTS DES APPROCHES NON CIBLÉES

La présence de micropolluants soulève un véritable problème d'ordre environnemental lié aux effets néfastes qu'ils peuvent induire sur les organismes exposés (e.g. perturbation endocrinienne, toxicité...). Ces contaminants sont d'autant plus préoccupants que la majorité d'entre eux ne sont pas identifiés. La stratégie actuellement appliquée pour la surveillance de la qualité chimique du milieu est basée sur des analyses chimiques, ciblées sur une liste de composés prédéfinis (e.g. 45 substances prioritaires dans la DCE). Confronté au nombre important de molécules chimiques mises sur le marché européen (plus de 110 000 composés) et considérant le fait que ce nombre est amplifié par leurs produits de transformation, cette sélection de composés ne représente que de manière partielle le risque écotoxicologique de toutes les molécules présentes dans l'environnement et par conséquent, sous-estime les risques environnementaux. Afin de déterminer de façon plus globale la contamination, il est intéressant d'employer de nouveaux outils de caractérisation. En cela, la spectrométrie de masse haute résolution (HRMS) offre de nouvelles perspectives analytiques en détectant l'ensemble des molécules présentes dans l'échantillon (composés connus, non recherchés, inconnus). Ainsi, la caractérisation de la contamination est effectuée de façon globale sans être basée sur une présélection de composés.

Des analyses non ciblées ont été effectuées sur des échantillons extraits sur phase solide d'eaux brutes et traitées de station de traitement des eaux usées urbaines (STEU). Plusieurs milliers de signaux analytiques ont été détectés dans les échantillons. Un travail de retraitement permet de relier des signaux communs à une même et unique entité. La comparaison des résultats obtenus dans l'extrait d'eau brute et traitée permet de constater que le traitement dégrade 83% des entités entrantes en STEU. Cependant, 70% des entités sortantes sont détectés uniquement dans les eaux traitées. Ce résultat suggère que le processus de traitement peut être à l'origine de produits de transformation. Une fois déversés dans le milieu, les composés présents dans l'effluent de STEU peuvent subir à nouveau des phénomènes de dégradation. Ainsi, des expériences menées en laboratoire, ont été également réalisées afin de mimer les processus de biodégradation en milieu estuarien. Les échantillons initiaux (t0) et ceux obtenus après 21 jours d'incubation (t21) ont ensuite été analysés par HRMS. Globalement, après 21 jours d'incubation plus de 939 entités ont été éliminées alors que 794 sont nouvellement détectées. Près de 526 entités sont présentes dans les deux temps d'incubation et sont donc considérés comme persistantes.

Pour identifier les entités dégradées, persistantes ou nouvellement générées, une stratégie d'identification a été élaborée. Plusieurs molécules ont ainsi pu être identifiées ou suspectées dans les différents échantillons, comme la O-desméthylvenlafaxine ou la 5-hydroxypropafénone, produits de transformation de médicaments détectés dans l'effluent de STEU. L'analyse non ciblée ouvre ainsi de nouveaux champs d'investigation en permettant d'identifier des micropolluants non recherchés ou inconnus ou en suspectant leurs produits de transformation potentiels.

Mots clés : Station de traitement des eaux usées, spectrométrie de masse haute résolution, biodégradation, contaminants émergents.

Remerciements

Cette étude a été conduite avec les supports financiers du groupement d'intérêt public Seine Aval dans le cadre du projet CRAPPSE, de l'Agence Française pour la Biodiversité dans le cadre du projet REGARD et de l'Agence Nationale de la Recherche dans le cadre du Programme Investissements d'Avenir au sein des Laboratoires d'Excellence COTE (ANR-10-LABX-45).

Marie-Hélène DEVIER* (1),
Caroline GARDIA-PAREGE (1),
Laura FUSTER (1), Emmanuel
GENESTE (1), Hélène BUDZINSKI (1)

(1) Université de Bordeaux, UMR
EPOC 5805 CNRS, LPTC, Talence,
France
Contact e-mail : helene.budzinski@u-
bordeaux.fr

EFFET DE (XÉNO)-ŒSTROGÈNES SUR LE DÉVELOPPEMENT DU SQUELETTE CHEZ LE LOUP MEDITERRANÉEN *DICENTRARCHUS LABRAX*.

D'origine naturelle ou synthétique, les composés œstrogéniques sont des contaminants environnementaux fréquemment retrouvés dans les milieux aquatiques et capables d'interagir avec le système endocrinien à des concentrations très faibles de l'ordre du ng/L ou du µg/L. Outre leur implication déjà bien documentée dans la reproduction, les (xéno)-œstrogènes peuvent affecter toute une variété de fonctions physiologiques importantes incluant le développement du squelette et l'homéostasie minérale (Hall et al., 2001 ; Pinto et al., 2014). Mais les effets des composés œstrogéniques sur les processus d'ossification chez les téléostéens sont encore largement méconnus. Le projet Skel'Estro vise à mieux comprendre comment ces composés jouent sur le processus de squelettogenèse à des stades précoces en utilisant le loup méditerranéen (*Dicentrarchus labrax*) comme modèle.

Pour cela, les effets d'un œstrogène naturel (le 17-beta œstradiol, E2) et d'un xéno-œstrogène (le bisphénol A, BPA) ont été testés expérimentalement en exposant des larves à deux concentrations d'E2 et BPA (respectivement 0,4 et 40 ng/L et 1,6 et 160 µg/L). Une comparaison des caractéristiques morphologiques des larves (croissance, anomalie de développement) a été effectuée en lien avec leur niveau d'ossification au cours du développement précoce (entre 12 et 24 jours post-éclosion). Une approche mécanistique basée sur la mesure de l'expression de gènes impliqués dans l'ossification et dans la signalisation moléculaire des œstrogènes a également été menée pour étudier le mode d'action du E2 et du BPA. Les premiers résultats obtenus ont permis d'identifier les stades de développement à partir desquels le squelette cartilagineux commence à s'ossifier (i.e. entre 10 et 12 jours post-éclosion à 16°C) ainsi que les gènes impliqués dans l'ossification à ces stades précoces. Ce travail a également permis d'identifier certains gènes clés de l'ossification du squelette dont l'expression est régulée par les œstrogènes. Les résultats préliminaires obtenus au niveau morphologique indiquent que la croissance et la minéralisation du squelette sont significativement affectées par le E2 et le BPA, avec des effets plus marqués aux plus faibles concentrations testées. Cette étude devrait permettre d'améliorer la compréhension des effets des (xéno)-œstrogènes sur l'ossification et aussi, de déterminer si les concentrations d'exposition environnementales sont à risque pour les stades de vie précoces.

Mots clés : Œstrogènes, développement larvaire, minéralisation, squelette, *Dicentrarchus labrax*, 17-beta œstradiol, bisphénol A

Remerciements

Cette étude est financée par le labex CeMEB (Centre Méditerranéen Environnement et Biodiversité). Les auteurs remercient la ferme aquacole "Les poissons du Soleil" pour la fourniture des larves de *D. labrax*.

Références

- Hall JM, Couse JF, Korach KS (2001). The multifaceted mechanisms of estradiol and estrogen receptor signaling. *J Biol Chem* 276:36869-36872.
- Hawkins MB, Thornton JW, Crews D, Skipper JK, Dotte A, Thomas P (2000). Identification of a third distinct estrogen receptor and reclassification of estrogen receptors in teleosts. *Proc Natl Acad Sci* 97:10751-10756.
- Pinto PIS, Estevao MD, Power DM (2014). Effects of estrogens and estrogenic disrupting compounds on fish mineralized tissues. *Mar Drugs* 12:4474-4494.

Eric POTIER (1,3), Camille MARTINAND-MARI (2), Eric GASSET (3), Gilbert DUTTO (3), Stéphane LALLEMENT (3), Mélanie DEBIAIS-THIBAUD (2), Emilie FARCY (1)

(1) MARBEC, Université Montpellier, Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier

(2) ISEM, Université Montpellier, Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier

(3) MARBEC, Ifremer, Station de Palavas - Chemin de Maguelone, 34250 Palavas les Flots

Contact e-mail :

Emilie.Farcy@umontpellier.fr

COMMENT LA COMPOSANTE MICROBIENNE DU SOL RESISTE-T-ELLE AUX METAUX LOURDS? CONTRIBUTION DES MICRO-EUCARYOTES

Les sols pollués aux métaux lourds sont colonisés par des microorganismes capables de survivre à de telles conditions en déployant différentes stratégies de résistance. Nos connaissances des mécanismes de résistance reposent bien souvent sur des études menées sur un nombre limité d'espèces modèles, bien loin de représenter la diversité microbienne d'un sol, en particulier la fraction des microorganismes non cultivables ou encore mal connus à ce jour. Dans ce contexte, nous avons utilisé une approche de méta-génomique environnementale, la méta-transcriptomique fonctionnelle, visant à identifier la diversité des gènes de résistance aux métaux lourds réellement exprimés par les microorganismes eucaryotes présents dans des sols pollués. Pour ce faire, les ARN messagers poly-adenylés directement extraits d'échantillons de sols pollués aux métaux lourds (provenant de Belgique et de France) ont été employés pour la construction de banques d'ADNc environnementaux (Lehembre et al., 2013 ; Yadav et al., 2014). Ces banques d'ADNc environnementaux ont été criblées pour la restauration de fonction de mutants sensibles au cadmium chez la levure *Saccharomyces cerevisiae*. De nombreux clones de levure présentant une capacité de survie sur un milieu synthétique complété avec une concentration létale de Cd, de par une sur-expression d'un ADNc environnemental donné, ont ainsi été identifiés. L'isolement, le séquençage et la caractérisation de ces ADNc environnementaux ont permis d'identifier 4 catégories de gènes de résistance : i) des gènes déjà reconnus comme impliqués dans la résistance aux métaux lourds selon des mécanismes clairement identifiés; ii) des gènes connus par ailleurs comme répondant à des stress divers comme les stress métalliques ou autres; iii) des gènes identifiés comme appartenant à des fonctions connues mais jamais révélées comme impliquées dans des mécanismes de résistance aux métaux lourds et enfin, iv) de nouveaux gènes sans aucun homologue dans les bases de données. La caractérisation de quelques-uns de ces gènes sera présentée.

Mots clés : Résistance aux métaux lourds, cadmium, méta-transcriptomique fonctionnelle

Remerciements

Agence National de la Recherche-ANR, Programme blanc EUMETATOX, UMR LEM Université Lyon 1/ UMR laM Université de Nancy 1 / Université de Hasselt -Belgique/ Université de Parme -Italie
Centre National de Séquençage-Génomoscope, appel à projet 2006-2007, Université Lyon 1/ Pôle Rhône-Alpes de BioInformatique/UMR laM, Université de Nancy ; Fédération de Recherche BIOENVIS-Bio-Environnement, Santé, Université Lyon 1, Appel A Proposition incitatif 2012 ; CEFIPRA/IFCPAR (Centre Franco-Indien pour le Promotion de la Recherche Avancée/Indo-French Centre for the Promotion of Advanced Research), Projet 4709-B, Université Lyon 1 et Université Thapar à Patiala -Inde ; Coopération et Mobilités Internationales Rhône-Alpes -CMIRA, projet EXPLORADOC (3 mois de mobilité en Espagne)

Références

Lehembre F, Doillon D, David E, Perrotto S, Baude J, Foulon J, Harfouche L, Vallon L, Poulain J, Da Silva C, Wincker P, Oger-Desfeux C, Richaud P, Colpaert V, Chalot M, Fraissinet-Tachet L, Blaudez D et Marmeisse R 2013. Soil metatranscriptomics for mining eukaryotic heavy metal resistance genes. *Environmental Microbiology*. doi:10.1111/1462-2920.12143
Yadav RK, Barbi F, Ziller A, Luis P, Marmeisse R, Reddy MS et Fraissinet-Tachet L 2014 Construction of sized eukaryotic cDNA libraries using low input of total environmental metatranscriptomic RNA. *BMC Biotechnology*. DOI: 10.1186/1472-6750-14-80

Rajiv YADAV (1), M. Sudhakara REDDY (2), Laurent VALLON (1), Delphine MELAYAH (1), Roland MARMEISSE (1), Michel CHALOT (3), Damien BLAUDEZ (3), Laurence FRAISSINET-TACHET (1)

(1) UNIVERSITE DE LYON, UMR CNRS 5557 INRA 1418, Laboratoire d'Ecologie Microbienne, F-69622 Lyon, FRANCE

(2) THAPAR INSTITUTE OF ENGINEERING & TECHNOLOGY, Patiala, Punjab 147004, INDE

(3) UNIVERSITE DE LORRAINE, UMR CNRS 7360, Laboratoire

Interdisciplinaire des Environnements Continentaux, BP 70239, 54506

Vandœuvre-lès-Nancy, France

Contact e-mail :

delphine.melayah@univ-lyon1.fr

EXPERIMENTATIONS EX-SITU ET IN-SITU POUR EVALUER LES PERFORMANCES EPURATOIRES SUR LA TOXICITE DES EFFLUENTS DE LA STATION DE TRAITEMENT DE SOPHIA-ANTIPOLIS ET CARACTERISER SON IMPACT TOXIQUE SUR LE MILIEU RECEPTEUR.

Dans le cadre de la protection de la qualité des milieux aquatiques, il est nécessaire de caractériser les sources de toxicité et leurs impacts biologiques. En zone urbaine, l'évaluation de l'écotoxicité en lien avec les effluents de stations d'épuration est ainsi une préoccupation majeure. Dans ce contexte, une approche singulière couplant la caractérisation de la toxicité des effluents et l'évaluation de l'état écotoxicologique du milieu récepteur par un panel de biotests a été testée sur la station d'épuration de Sophia-Antipolis (06). L'usine de traitement située dans le technopôle de Sophia-Antipolis, est alimentée par des effluents complexes (urbains, hospitaliers, ICPE...), et est équipée depuis 2012 d'une filière de traitements complémentaires constituée d'un procédé d'ozonation pour l'élimination des micropolluants suivi de d'une dénitrification par biofiltration. Le milieu récepteur de l'usine de traitements est un petit cours d'eau karstique : la Bouillide.

L'approche multi-biotests testée a été réalisée sur une espèce de crustacé sentinelle des milieux aquatiques, *Gammarus fossarum*, au cours de 3 campagnes de septembre 2015 à mars 2016. La neurotoxicité (AChE), les mesures d'inhibition alimentaire, de fécondité, et de déroulement du cycle de mue (perturbation endocrine) ont été mesurés à différentes étapes du traitement et dans le milieu récepteur. Pour évaluer les performances épuratoires des traitements sur la toxicité des effluents, différents niveaux de dilutions d'effluent (0, 11, 33 et 100%) ont été testés en conditions de température, d'oxygène et de photopériode contrôlées dans un laboratoire itinérant installé sur le site d'étude, et alimenté en continu par les effluents. Cette approche ex situ, réaliste de la complexité des effluents a permis d'intégrer leur variabilité temporelle sur le temps d'exposition (campagne de 3 semaines). Une approche de suivi en ligne par videotracking du comportement locomoteur à l'aide d'un dispositif dédié (ToxMate®) a permis d'affiner notre compréhension de la dynamique temporelle de la toxicité de l'effluent. La qualité du milieu récepteur a quant à elle été évaluée par une exposition in-situ (biomonitoring actif) qui a consisté à engager pendant une période d'exposition contrôlée, des individus issus d'une population "contrôle" directement dans le milieu récepteur en 4 points (amont, aval du rejet, et amont, aval du confluent de la Bouillide, la Brague).

L'approche a montré que l'écotoxicité caractérisée dans l'effluent secondaire, est diminuée par la succession des traitements complémentaires, mais qu'une part de toxicité persiste en sortie du rejet, et que des dégradations de la qualité de quelques heures et peu fréquentes peuvent être caractérisées. Les résultats des expositions in situ dans le milieu récepteur ont montré un fort impact du rejet en aval proche, qui se trouve dilué au niveau de la confluence aval avec la Brague. Une variabilité temporelle de l'impact a pu également être mise en évidence.

Mots clés : *Gammarus fossarum*, écotoxicité, station d'épuration, exposition ex-situ, exposition in situ

Remerciements

Les Agences de l'Eau, AFB, le Ministère de l'écologie et Suez Eau France Projet "MICROPOLIS Indicateurs" (Elimination des MICROPolluants à Sophia AntiPOLIS), de l'appel à Projet "Innovations et changements de pratiques : lutte contre les micropolluants des eaux urbaines".

Références

FRANCOIS A., BADO-NILLES A, JUBEAUX G., GEFFARD O., Evaluation de l'écotoxicité des eaux usées de la station de traitements de Sophia Antipolis et de leurs impacts sur la qualité du milieu récepteur. 2018.

Adeline FRANCOIS*(1), R. RECOURA-MASSAQUANT (2), A. DECAMPS (3), Nicolas DELORME (1), Hervé QUEAU (1), Patrice NOURY (1), Guillaume JUBEAUX (2), Arnaud CHAUMOT (1), Olivier GEFFARD (1)

(1) IRSTEA, UR RiverLy, Laboratoire d'écotoxicologie, centre de Lyon-Villeurbanne, 5 rue de la Doua CS 20244, F-69625 (2)

(2) BIOMAE, Za en beauvoir, 320 rue de la Outarde, 01 500 Château-Gaillard + adresse CP VILLE

(3) ViewPoint Behavior Technology, 67 rue Corpenic, 01390 Civrieux

(4) SUEZ Groupe, 38, rue du Président Wilson, 78 230 Le Pecq

Contact e-mail

Adeline.francois@irstea.fr

UTILISATION DES MOLLUSQUES BIVALVES EN TANT QUE SENTINELLES BIOLOGIQUES POUR LA SURVEILLANCE DE LA CONTAMINATION DES COURS D'EAU PAR LES POLLUANTS ORGANIQUES PERSISTANTS: EXEMPLE DE DIX ANNEES DE SUIVI DU RHONE.

Jean-François FRUGET (1), Thierry MEUNIER (2), Michel CENTOFANTI (1) & Laurent BONNAMICH (2)

(1) ARALEP, Campus LyonTech-La Doua, 66 Bld Niels Bohr, CS 52132, 69603 Villeurbanne Cedex
(2) TREDI, allée des Pins, CS 30572 01155 Lagnieu cedex
contact mail: fruget@aralep.com

En raison de leur caractère filtreur, de leur sédentarité et de leur pouvoir accumulateur, les Mollusques Bivalves sont de bons intégrateurs, largement utilisés en tant que sentinelles biologiques. Un suivi annuel des teneurs en PCB du Rhône en amont de Lyon à partir des concentrations observées dans la corbicule (*Corbicula fluminea*), Mollusque Bivalve abondamment présent dans le fleuve, est réalisé depuis 2008. Deux stratégies ont été utilisées dans ce cadre : d'une part la récolte directe d'individus in situ, d'autre part la mise en contamination d'individus sains par « caging ».

D'un point de vue méthodologique, cette étude confirme l'intérêt des corbicules en tant que sentinelles biologiques en milieu fluvial, capables de traduire les contributions récurrentes ou accidentelles en polluants organiques persistants (POP) tels que les PCB, dioxines et furannes, ainsi que la biodisponibilité de ces composés en milieu aquatique.

Comme la majorité des cours d'eau, après plusieurs dizaines d'années d'utilisation et de contamination large de ces substances, le Haut-Rhône n'est pas indemne d'une contamination résiduelle par les PCB et les composés associés : ainsi son bruit de fond est significativement supérieur au bruit de fond anthropique mesuré sur un cours d'eau de référence a priori seulement influencé par les niveaux de retombées atmosphériques globales, tant pour les dioxines, que pour les PCB DL et les PCBi. Au fil de la chronique décennale, les teneurs en PCB dans les corbicules du Rhône diminuent régulièrement, que ce soit en termes de PCB indicateurs (ou totaux) qu'en termes de toxicité induite par ces PCB. Les niveaux d'imprégnation observés, tant en aval d'un rejet industriel surveillé et contrôlé que des apports de l'agglomération lyonnaise, sont aujourd'hui proches du bruit de fond du Rhône depuis la frontière Suisse.

Enfin, du fait que l'on se situe à des niveaux équivalents au bruit de fond anthropique du fleuve, cette étude montre également la part importante liée à l'hydrologie annuelle dans le transfert de ces composés (transport de matières en suspension, dépôt de sédiments,...) ainsi que la difficulté d'utilisation du « caging » en grand fleuve.

Mots clés : POPs, Rhône River, Corbicula, PCBs, biological indicator

IMPACTS ECOTOXICOLOGIQUES D'AGENTS CONSERVATEURS DE PRODUITS COSMETIQUES DANS UN MODELE DE POISSON ZEBRE

Les parabènes ont été largement utilisés comme conservateurs et agents antimicrobiens dans la plupart des produits de soins corporels. De par leur présence ubiquiste dans les eaux de surface à travers le monde, et leur effet potentiellement négatif en tant que perturbateurs endocriniens sur les écosystèmes aquatiques, ces molécules sont un sujet de préoccupation majeure [1]. Suite à la publication de Darbre *et al.* en 2004 [2], qui établit un lien potentiel entre parabènes et cancer du sein, la sensibilisation croissante des consommateurs a poussé l'industrie cosmétique à chercher des alternatives aux parabènes en développant des produits "sans parabène" ou "biologiques" et à utiliser des substances de remplacement dans leurs formulations, procédés et emballages [3]. Parmi les questions clefs non résolues, se trouvent l'identification des produits qui doivent être substitués, et leur remplacement par d'autres substances potentiellement toxiques. Les objectifs de notre étude étaient de (i) déterminer quels produits chimiques remplacent les parabènes et (ii) d'évaluer la toxicité de ces substituants sur le développement et le comportement de larves de poissons zèbres (*Danio rerio*).

Les conservateurs les plus fréquemment utilisés ont été identifiés par une étude bibliographique. Les larves de poisson zèbre ont été exposées à des concentrations environnementales de ces substituants, seuls ou en combinaison. Leur impact sur le développement, la survie des larves et la mobilité a été évalué et comparé jusqu'à 7 jours post fécondation (7dpf) par un test de réponse tactile (touch response assay) et un test de stress lumière-obscurité avec une Zebrabox® (ViewPoint).

L'étude bibliographique a révélé que i) le phénoxyéthanol (PE), la méthylisothiazolinone (MIT) et la chlorphénésine (CPN) sont les substituants du méthyl parabène (MEP) les plus fréquents dans les cosmétiques "sans parabène", ii) leur présence a suscité peu d'attention dans les milieux récepteurs et iii) les substituants pourraient avoir des effets dangereux sur les organismes aquatiques. Nous avons évalué et comparé l'impact de ces substituants sur le développement et la survie des larves, et montré que l'exposition des larves aux composés pris individuellement avait peu d'impact sur leur mobilité, contrairement à certains cocktails (MIT+PE, MIT+CPN, MEP+PE, MEP+MIT, MIT+CPN+PE), qui, à fortes concentrations, induisent tous une hypolocomotion des larves ou une akinésie. De plus, l'exposition des larves à ces mélanges induit des anomalies diverses et des malformations, avec des conséquences importantes sur leurs déplacements. Aux concentrations environnementales, le test de stress lumière-obscurité a montré que l'exposition des larves aux composés seuls affecte de façon significative leur comportement, mais peu en mélange, révélant le caractère imprévisible des mélanges.

L'utilisation des larves de poissons zèbres est un outil prometteur et robuste comme moyen d'évaluation toxicologique de la présence des parabènes et de leurs substituants dans l'environnement. Ce modèle permettrait notamment d'obtenir des données sur les effets cocktails qui sont, à ce jour, peu étudiés dans les conditions environnementales.

Mots clés : Substituant des parabènes, micropolluant émergent, poisson zèbre, écotoxicité, produit de soin corporel, effet cocktail

Remerciements

Cette étude s'intègre au projet COSMETEAU, financé dans le cadre de l'appel à projet "Micropolluants : innovation et changements de pratiques" lancé en 2013 par le Ministère de l'Environnement, l'Agence Française de la Biodiversité, et l'Agence de l'Eau Seine-Normandie.

Références

- 1-Haman C, Dauchy X, Rosin C, Munoz J-F. 2015. Occurrence, fate and behavior of parabens in aquatic environments: A review. *Water Research* 68, 1-11.
- 2-Darbre PD, Aljarrah A, Miller WR, Coldham NG, Sauer MJ, Pope GS. 2004 Concentrations of parabens in human breast tumours. *Journal of Applied Toxicology* 24, 5-13.

Laure GARRIGUE-ANTAR, Adèle BRESSY, Yaël GUTTMANN, Melissa SAICHI, Clément LEROYER, Régis MOILLERON, Christophe MORIN

LEESU, UMR MA-102, ENPC, UPEC, AgroParisTech, 61 avenue du Général de Gaulle, 94010 Créteil Cedex, France
Contact e-mail : laure.garrigue-antar@u-pec.fr

APPROCHE ECOTOXICOLOGIQUE DE L'EFFICACITE DU TRAITEMENT D'EAUX DE VOIRIE PAR DES OUVRAGES DE DEPOLLUTION PAR UN MODELE DE LARVE DE POISSON ZEBRE

Fidji SANDRE, Kelsey FLANAGAN, Yaël GUTTMANN, Matthieu RABATE, Régis MOILLERON, Marie-Christine GROMAIRE, Laure GARRIGUE-ANTAR, Christophe MORIN

LEESU, UMR MA-102, ENPC, UPEC, AgroParisTech, 61 avenue du Général de Gaulle, 94010 Créteil Cedex, France
Contact e-mail : laure.garrigue-antar@u-pec.fr

Dans les milieux fortement urbanisés, de nombreux micropolluants, issus du trafic routier ou des retombées atmosphériques (trafic aérien, industries...), se déposent sur les surfaces urbaines [1]. Les eaux de ruissellement de parking et de voiries peuvent alors être d'importants vecteurs de ces micropolluants vers le milieu aquatique [2]. Dans le but de maîtriser à la source ces flux polluants véhiculés par ces eaux,

réduire la pollution engendrée et les risques que représentent ces cocktails de polluants pour les organismes aquatiques, des solutions innovantes ont été mises en œuvre. Il s'agit d'ouvrages végétalisés de collecte, de filtration et infiltration des eaux pluviales. Dans le cadre du projet ROULEPUR, des dispositifs de fossés filtrants et infiltrants ont été testés. Ils sont situés sur la route départementale RD212 à Compans (77), qui est caractérisée par un fort trafic et un contexte industriel et aéroportuaire

Les objectifs de notre étude sont (i) d'évaluer le potentiel écotoxicologique des échantillons d'eau collectés avant et après dispositif sur le développement et le comportement de larves de poisson zèbre (*Danio rerio*) et (ii) de déterminer l'efficacité du dispositif.

Des échantillons d'eaux de ruissellement brutes, d'eaux filtrées au travers du massif filtrant de noue et d'eaux de ruissellement de surface sortant d'accotements végétalisés ont été collectés au cours de trois événements pluvieux. Les larves de poisson zèbre ont été exposées aux échantillons non dilués, dont l'impact sur le développement, la survie a été évalué et comparé jusqu'à 7 jours post fécondation (7dpf). L'exposition aux échantillons a été réalisée de façon chronique (depuis 1dpf) ou aiguë (depuis 5dpf). Leurs effets sur le comportement ont été analysés par un test de stress lumière-obscurité à 6dpf [3] avec une Zebrabox® (ViewPoint).

Nos résultats montrent une variabilité entre les campagnes de prélèvement, des différences entre les échantillons au sein d'une même campagne, et entre exposition chronique et aiguë pour un même échantillon. Les dispositifs pourraient contribuer à réduire la charge toxique au niveau développemental, mais pas comportemental. Ces résultats préliminaires montrent que l'analyse morphologique est un bon complément à l'analyse comportementale pour l'évaluation de la charge toxique. La précision des observations est accrue en exposition aiguë démontrant tout le potentiel de ce test, appliqué pour la première fois sur des échantillons « réels ».

Mots clés : Poisson-zèbre, eaux de ruissellement de voirie, impact écotoxicologique, effet cocktail

Remerciements

Cette étude s'intègre au projet ROULEPUR, financé dans le cadre de l'appel à projet "Micropolluants : innovation et changements de pratiques" lancé en 2013 par le Ministère de l'Environnement, l'Agence Française de la Biodiversité, et l'Agence de l'Eau Seine-Normandie.

Références

- 1-Markiewicz A., Björklund K., Eriksson E., Kalmykova Y., Strömvall AM., Siopi A. 2017. Emissions of organic pollutants from traffic and roads: Priority pollutants selection and substance flow analysis. *Science of the Total Environment* 580 1162–1174
- 2-Wu L., Jiang Y., Zhang L., Chen L., Zhang H., 2014. Toxicity of urban highway runoff in Shanghai to Zebrafish (*Danio rerio*) embryos and luminous bacteria (*Vibrio qinghaiensis*.Q67). *Environ Sci Pollut Res* 21:2663–2676
- 3-Peng X., Lin J., Zhu Y., Liu X., Zhang Y., Ji Y., Yang X., Zhang Y., Guo N., et Li Q. 2016. Anxiety-related behavioral responses of pentylenetetrazole-treated zebrafish larvae to light-dark transitions. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior* 145, 55–65.

EFFETS DE CONTAMINANTS AGRICOLES SUR LES RÉTINOÏDES ET LE DÉVELOPPEMENT DE DEUX ARTHROPODES : L'ABEILLE DOMESTIQUE (*APIS MELLIFERA*) ET LE GAMMARE (*GAMMARUS FOSSARUM*)

L'utilisation massive de produits phytosanitaires soulève d'importantes préoccupations pour la santé d'espèces non cibles. En vue de maintenir la qualité de l'environnement et d'assurer la protection des organismes terrestres et aquatiques, il est essentiel d'effectuer une biosurveillance efficace, c'est à dire un suivi de l'état de santé de ces organismes. Le développement et l'utilisation d'outils de diagnostic, comme les biomarqueurs, permettent de détecter de façon précoce des désordres chez des organismes avant qu'ils ne se répercutent aux niveaux supérieurs, telle la population. La vitamine A et ses analogues (rétinoïdes) sont connus pour être impliqués dans des processus physiologiques cruciaux chez les chordés et plus récemment chez les arthropodes^{1,2}. En raison de la fine régulation de leurs niveaux et de la modulation par certains produits phytosanitaires, ils ont été proposés et utilisés comme biomarqueurs d'effets chez les poissons, oiseaux, amphibiens et mammifères dans plusieurs contextes de contamination³. Chez l'abeille domestique, une exposition à des pesticides tels que le glyphosate, l'atrazine ou certains néonicotinoïdes altère les niveaux de rétinol^{4,5}. À l'heure actuelle, peu d'études ont été dédiées aux rôles des rétinol chez les arthropodes, une voie de recherche prometteuse. Ce projet doctoral portera sur le rôle des rétinol chez deux arthropodes, un insecte *Apis mellifera* et un crustacé *Gammarus fossarum*. Dans un premier temps, il est prévu d'établir les profils des rétinol à différents moments du développement ou de la reproduction en mesurant les rétinol grâce à une méthode mise au point en chromatographie liquide haute performance couplée à une détection en UV. Dans un deuxième temps, les impacts d'un excès ou d'une déficience en acide rétinol ainsi que les effets de deux produits phytosanitaires (méthoprene et glyphosate) sur les niveaux de rétinol et le développement seront évalués afin de proposer le système de la vitamine A comme biomarqueur d'intérêt chez ces espèces.

Mots clés : Rétinoïdes, acide rétinol, embryo/morphogénèse, biosurveillance

Remerciements

Irstea Centre Lyon-Villeurbanne, Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies (FRQNT), UQAM - Faculté des sciences et Service de Relations Internationales de l'Université du Québec à Montréal, Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG)

Références

1. Nakamura, A. *et al.* Effects of retinoids and juvenoids on moult and on phenoloxidase activity in the blood-sucking insect *Rhodnius prolixus*. *Acta Trop.* **103**, 222–30 (2007).
2. Némec, V., Kodrik, D., Matolin, S. & Laufert, H. Juvenile hormone-like effects of retinoic acid in insect metamorphosis, embryogenesis and reproduction. *J. Insect Physiol.* **39**, 1083–1093 (1993).
3. Boily, M., Marjolaine, B. & Spear, P. A. Rétinoïdes : Biomarqueurs et base moléculaire d'effets de substances toxiques. in *Écotoxicologie Moléculaire : Principes fondamentaux et perspectives de développements* 197–256 (Presses de l'Université du Québec, 2004).
4. Hedrei-Helmer, S., Kerbaol, A., Aras, P., Jumarie, C. & Boily, M. Effects of realistic doses of atrazine, metolachlor, and glyphosate on lipid peroxidation and diet-derived antioxidants in caged honey bees (*Apis mellifera*). *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* **22**, 8010–8021 (2015).
5. Gauthier, M., Aras, P., Paquin, J. & Boily, M. Chronic exposure to imidacloprid or thiamethoxam neonicotinoid causes oxidative damages and alters carotenoid-retinoid levels in caged honey bees (*Apis mellifera*). *Sci. Rep.* **8**, 1–11 (2018).

Maxime GAUTHIER*(1,2)
Jeanne GARRIC (1)
Catherine JUMARIE (2)
Gaëlle DANIELE (3)
Emmanuelle VULLIET (3)
Monique BOILY (2)
Olivier GEFFARD (1)

(1) UR RiverLy, Irstea Centre Lyon-Villeurbanne, 5 Rue de la Doua 69100 Villeurbanne, France

(2) Groupe de recherche TOXEN, Université du Québec à Montréal, H2X 1Y4, Montréal (Qc), Canada

(3) ISA UMR5280 - CNRS/Univ Lyon 5 rue de la Doua 69100 Villeurbanne, France

Contact e-mail :

maxime.gauthier@irstea.fr

EVALUATION DE L'EFFET DES METAUX TRACES METALLIQUES SUR UNE ESPECE PHYTOPLANCTONIQUE ALEXANDRIUM CATENELLA DANS LE CANAL DE BIZERTE

De nombreux polluants, tels que les métaux traces causent des effets néfastes sur les microorganismes marins, plus particulièrement le phytoplancton potentiellement toxique. Cette contamination métallique est concrétisée à travers une dégradation de l'écosystème, une menace pour les services associés comme la pêche et l'aquaculture, et également un risque pour la santé de l'homme (Herzi et al. 2013 ; Srarfi et al. 2010). L'évaluation du degré de pollution et de ses répercussions sur la communauté phytoplanctonique du canal de Bizerte est devenue un défi majeur. Les principaux buts de ce travail étaient d'estimer l'effet d'une contamination métallique de cet écosystème principalement par le Pb et Cd, et de déduire leurs conséquences sur une espèce phytoplanctonique *Alexandrium catenella*.

Le protocole expérimental consiste à réaliser des échantillonnages in situ dans le canal de Bizerte, effectuer les analyses des éléments traces métalliques par spectrométrie d'absorption atomique et évaluer les données grâce à un logiciel de traitement. Les résultats ont montré qu'en présence de fortes teneurs en Pb et Cd, la croissance spécifique d'*A. catenella* a été fortement perturbée. Cette perturbation a été illustrée par une forte exsudation de la matière organique dissoute et également par une mortalité cellulaire. Cette matière organique dissoute exsudée pourrait jouer un rôle de chélatant responsable de diminuer la biodisponibilité des métaux, et par conséquent réduire leur toxicité vis-à-vis des cellules.

Mots clés : Polluants, phytoplancton, toxicité, éléments traces métalliques.

Remerciements

Je tiens à remercier les techniciens et les préparateurs de leurs aides dans l'accomplissement de ce travail.

Références

Srarfi, F., Tagourti, M. A., Tlig, S., Slim Shimi, N., 2010. Influence de la séparation granulométrique sur la composition des sédiments en métaux lourds de la lagune de Bizerte (Tunisie). Communication Science & technologie. N° 8. 95-103.
Herzi, F. Jean N, H. Zhao, S. Mounier, H. Hadj Mabrouk, A. Sakka Hlaili., 2013. Copper and cadmium effects on growth and extracellular exudation of the marine toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella*: 3D fluorescence spectroscopy approach. Chemosphere. 93 : 1230 -1239.

Faouzi HERZI*(1,2)

(1) Université de Toulon, PROTEE, EA
3819, 83 957 La Garde, France

(2) Université de Carthage, Faculté des
Sciences de Bizerte, Jarzouna 7021
Bizerte Tunisie.

Contact e-mail :
herzi_faouzi@yahoo.fr

BIODISPONIBILITÉ ET IMPACT DES ÉLÉMENTS TRACES MÉTALLIQUES SUR LE PHYTOPLANCTON DANS LA LAGUNE DE BIZERTE

Faouzi HERZI*(1)

(1) Université de Carthage, Faculté des
Sciences de Bizerte, Jarzouna 7021
Bizerte Tunisie.
Contact e-mail :
herzi_faouzi@yahoo.fr

Les polluants chimiques constituent une menace pour les écosystèmes aquatiques, notamment les lagunes méditerranéennes, qui sont des environnements très productifs et présentent une grande diversité biologique. Tel est le cas de la lagune de Bizerte, en Tunisie septentrionale, qui supporte une forte production aquacole (140 t an⁻¹) et conchylicole (120 t an⁻¹). Cet écosystème est devenu un réceptacle privilégié pour plusieurs polluants tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les polychlorures de biphényle, les organochlorés, les hydrocarbures aliphatiques, les pesticides et les éléments traces métalliques (ETMs), (Yoshiba et al., 2004; Srarfi et al., 2010; Barhoumi et al., 2014). Cette contamination chimique a entraîné une altération de l'environnement lagunaire et une menace pour les services associés (pêche, aquaculture) et pose également un risque pour la santé humaine. La mesure du niveau de contamination et l'évaluation de ses conséquences dans ce milieu sont devenues une préoccupation majeure. Les principaux objectifs du travail étaient d'évaluer l'état de contamination de la lagune de Bizerte par des polluants, principalement des ETMs (Zn, Cu, Pb et Cd) et de déduire leurs effets sur la physiologie et l'exsudation de la matière organique dissoute par le phytoplancton.

Afin de réaliser ce travail, des prélèvements in situ ont été effectués pour déterminer les paramètres biotiques et abiotiques de cet écosystème. Les analyses de la matière organique (dissoute, particulaire et fluorescente) ont été effectuées grâce à l'analyseur de carbone organique total Shimadzu TOC-5000A et au spectrophotomètre de fluorescence Hitachi F-4500, respectivement. Les ETMs ont été déterminés par spectrométrie d'absorption atomique. Les résultats montrent qu'en présence de fortes concentrations en métaux, la biomasse phytoplanctonique a été fortement perturbée. Cette perturbation a été démontrée par des faibles taux de croissance, une forte mortalité et également par l'exsudation de la matière organique dissoute (MOD) par le phytoplancton. Cette MOD exsudée pourrait jouer un rôle de chélatant responsable de diminuer la biodisponibilité des métaux, et par conséquent leur toxicité vis-à-vis des cellules. En outre, il a été montré que les cocktails de contaminants (métaux et pesticides) pourraient inhiber les effets néfastes sur les espèces phytoplanctoniques.

Mots clés : Phytoplancton, pesticides, exsudation, toxicité, contaminants

Remerciements

Je tiens à remercier les techniciens et les préparateurs de leurs aides dans l'accomplissement de ce travail.

Références

- Barhoumi B, LeMenach K, Devier MH, Ben Ameer W, Etcheber H, Budzinski H, Cachot J, Driss MR (2014) Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments from the Bizerte Lagoon, Tunisia: levels, sources, and toxicological significance. *Environm. Monit. Assess.* 186, 2653-2669.
- Srarfi, F., Tagourti, M. A., Tlig, S., Slim Shimi, N., 2010. Influence de la séparation granulométrique sur la composition des sédiments en métaux lourds de la lagune de Bizerte (Tunisie). *Communication Science & technologie.* N° 8. 95-103.
- Yoshiba, M., Hamdi, H., Abdul Nasser, I., Jedidi, N., 2004. Contamination of potentially toxic elements (PTEs) in Bizerte lagoon bottom sediments, surface sediment and sediment repository. *Research Programme (RPP-SEPMCL). Study on environmental pollution of Bizerte Lagoon. Final Report: 31-54.*

RISQUES D'EXPOSITION AUX METAUX LOURDS (PLOMB, CADMIUM, MERCURE) VIA LA CONSOMMATION DES POISSONS DE LA CITE LACUSTRE DE GANVIE AU BENIN

La pollution des écosystèmes aquatiques est marquée par la présence de contaminants dans le milieu et les poissons toujours consommés par les populations. Au cours de cette étude, le degré de contamination de la cité lacustre de Ganvié par Pb, Cd et Hg a été recherché puis le risque d'exposition lié à ces métaux lourds via la consommation des poissons a été évalué. Les échantillons d'eau et de poissons ont été prélevés à cet effet et analysés par Spectrophotomètre d'Absorption Atomique (Pb et Cd) et par Spectrophotomètre d'Absorption Moléculaire (Hg). L'évaluation du risque d'exposition est faite chez des adultes et des enfants par le calcul des DJE en croisant les niveaux moyens de contamination des poissons en Eléments Traces Métalliques avec les niveaux de consommation alimentaire de ces denrées. Les résultats des analyses ont révélé des teneurs en Pb, en Cd dépassant pour la plupart les limites admises. Ces valeurs en mg/kg (poissons) et en mg/L (eau) sont en moyenne : Pb (0,56±0,23) et Cd (0,03±0,02) (eau) ; Pb (26,85±12,30) et Cd (2,01±1,18) (poissons). Quant au mercure, toutes les teneurs sont en dessous des limites admises : l'eau (0,176±0,05 µg/L) et des poissons (0,026±0,002 mg/kg). L'évaluation des risques d'exposition au Pb et au Cd à travers la consommation des poissons a donné des Quotients de Danger QD > 1 aussi bien chez les adultes que chez les enfants. Les valeurs de la Dose Journalière d'Exposition (DJE) obtenues par calcul pour les enfants, sans l'exposition générale sont de 111,2 et de 7,4 µg/kg/jour respectivement pour le Pb et le Cd contre 34,2 et 2,3 µg/kg/jour chez les adultes comparées aux limites autorisées par l'OMS qui sont respectivement de 3,6 µg/kg/jour et de 1µg/kg/jour. Il ressort de cette étude que le mercure présente moins de risque sanitaire mais par contre la population de Ganvié notamment les enfants sont exposés à un risque d'intoxication à travers la consommation des poissons contaminés au plomb et au cadmium.

**Armelle Sabine Yélignan
HOUNKPATIN*(1), Michel BOKO (2)
Roch Christian JOHNSON (3)**

(1) UNIVERSITE D'ABOMEY CALAVI
01BP1463 COTONOU

(2) UNIVERSITE D'ABOMEY CALAVI
01BP1463 COTONOU

(3) UNIVERSITE D'ABOMEY CALAVI
01BP1463 COTONOU

Contact e-mail :
harmelle2007@yahoo.fr

Mots clés : Plomb cadmium mercure risque d'exposition quotient de danger dose journalière d'exposition

Remerciements

Homages Spéciaux au Professeur Michel BOKO, Président de la Commission Permanente Climat et Environnement de l'Académie Nationale des Sciences et Arts du Bénin (ANSALB), au Dr Roch Christian JOHNSON (MC), Directeur du Laboratoire d'Hygiène-Assainissement, d'Ecotoxicologie de l'Environnement et Santé (HECOTES) de l'Université d'Abomey Calavi pour leurs divers apports scientifiques.

Références

HOUNKPATIN A.S., EDORH A. P., SEZONLIN M. et GUEDENON P. 2012. Pollution of aquatic ecosystems by heavy metals at Ganvié's lacustrine city (Benin).
RICOUX C. et GASZTOWTT B. 2005. Evaluation des risques sanitaires liés à l'exposition de forts consommateurs produits de la pêche de rivière contaminés par des toxiques de l'environnement

EVALUATION DES EFFETS SUBLÉTAUX D'HERBICIDES PAR UNE APPROCHE MULTI-BIOMARQUEURS CHEZ UN AMPHIPODE NON CIBLE, *GAMMARUS FOSSARUM*

Les milieux aquatiques constituent des réceptacles finaux pour divers contaminants incluant des pesticides largement épandus sur les sols cultivés. Ces produits phytosanitaires peuvent alors exercer une pression diffuse et toxique sur les organismes d'eau douce. Ainsi, la caractérisation de l'écotoxicité des pesticides à de faibles concentrations sur les populations aquatiques est un enjeu majeur dans l'évaluation des risques pour l'environnement. Une approche couplée de biomarqueurs biochimiques et comportementaux offre des perspectives intéressantes pour identifier des réponses précoces à un stress chimique à différents niveaux de complexité biologique (de la cellule à la population) [1,2]. Cependant, peu d'études concernent les herbicides, contrairement aux insecticides ou fongicides.

Cette étude a pour objectif d'évaluer les effets sublétaux d'herbicides à l'aide d'une approche multi-biomarqueurs chez *Gammarus fossarum*, amphipode largement distribué dans les cours d'eau d'Europe. Dans des écosystèmes miniaturisés, les gammares ont été exposés 72h à 12 herbicides présentant des caractéristiques contrastées (quinmerac, mésotrione, bentazone, isoproturon, chlortoluron, métazachlore, chloridazone, diflufenican, flufenacet, aclonifene, prosulfocarb, S/R-metolachlor) à une concentration environnementalement réaliste (10 µg/L). Ces pesticides ont été choisis en raison de leur récurrence dans les cours d'eau du bassin de la Seine et dans une zone humide recevant des eaux de drainage/ruissellement agricoles (Rampillon, 77). Les métabolites n'ont pas été considérés dans l'étude. Les effets sublétaux ont été évalués au niveau comportemental (locomotion, taux d'accouplement, respiration) et cellulaire (enzymes impliquées dans la croissance, la mue, la digestion et de défense contre le stress oxydatif). Puis les variations multi-métriques ont fait l'objet d'analyses multi-variées et ont été résumées à l'aide d'indices intégrant les différentes réponses biologiques pour évaluer l'impact global des pesticides sur la santé des gammares.

Au niveau comportemental, les résultats montrent que tous les herbicides testés perturbent la locomotion traduisant une stratégie d'évitement. Cinq d'entre eux stimulent l'activité respiratoire. Seuls les herbicides de la famille des urées substituées (isoproturon et chlortoluron) affectent le taux d'accouplement. Au niveau biochimique, des effets stimulateurs ou inhibiteurs induits par les herbicides ont été identifiés sur les différentes fonctions biologiques et voie métaboliques suivies. En particulier, la réponse de la peroxydase est significativement corrélée au caractère lipophile (logKow) des herbicides ($R^2 > 0.64$), en raison de leur bioaccumulation probable. Selon les indices intégrés, S/R-metolachlor, la bentazone et l'isoproturon sont les molécules ayant les plus forts potentiels toxiques.

Par la suite, ces indices seront confrontés aux concentrations létales (CL50) définies chez l'espèce et d'autres espèces aquatiques, et aux teneurs de pesticides bioaccumulées afin d'évaluer la pertinence prédictive des réponses comportementales et biochimiques en tant qu'alarmes précoces de toxicité. Pour conclure, ces travaux mettent en évidence des altérations biologiques chez les gammares intervenant à des niveaux d'exposition environnementalement réalistes. Les effets sublétaux tels qu'identifiés par cette approche multi-niveaux pourraient conduire à des perturbations dans la dynamique des populations sur le long terme.

Mots clés : Crustacé d'eau douce ; Réponse intégrée ; Traits de vie ; Comportement ; Enzymes ; Phytosanitaires

Références

- Lebrun J.D., Uher E., Fechner L.C. 2017. Behavioural and biochemical responses to metals tested alone or in mixture (Cd-Cu-Ni-Pb-Zn) in *G. fossarum*: From a multi-biomarker approach to modelling metal mixture toxicity. *Aq Tox* 193:160-167.
- Demirci Ö., K. Güven, D. Asma, S. Öğüt, P. Uğurlu. 2018. Effects of endosulfan, thiamethoxam, and indoxacarb in combination with atrazine on multi-biomarkers in *Gammarus kischineffensis*. *Ecotox Envir Safety* 147:749-758.

Sabry EL KOUCH (1)
Julien TOURNEBIZE (1,2)
Jérémy D. LEBRUN* (1,2)

(1) IRSTEA, UR HYCAR – Artemhys,
CS10030, Antony cedex
(2) FIRE, FR-3020, 75005 Paris

Contact e-mail :
jeremie.lebrun@irstea.fr

EVALUATION DES PERFORMANCES EPURATOIRES DE ZONES DE REJETS VEGETALISEES A L'AIDE DE L'INDICE OMEGA- 3 DE MACROPHYTES

Les effluents provenant des stations de traitement des eaux usées contiennent des substances chimiques qui ne sont pas éliminées (herbicides, pharmaceutiques, hormones...) et sont ainsi considérés comme une source de pollution pour l'écosystème aquatique. Les Zones de Rejets Végétalisées (ZRV), implantées entre la station d'épuration et le milieu récepteur, contribuent à limiter l'impact des rejets de ces effluents dans le milieu naturel.

Pour évaluer les performances épuratoires de ces procédés et leurs risques environnementaux, les méthodes couramment utilisées reposent principalement sur des analyses physico-chimiques. Cependant, la grande variété de contaminants que l'on peut rencontrer et leurs concentrations variables dans le temps (parfois en dessous de la limite de détection des équipements) constituent une limite à l'utilisation de tels outils. De plus, ces méthodes ne fournissent aucune information sur l'impact toxique des eaux traitées sur l'écosystème du milieu récepteur. Par conséquent, des outils de biosurveillance permettant d'avoir une réponse globale de l'impact toxique des eaux traitées sur l'écosystème doivent être utilisés en complément des méthodes physico-chimiques.

Dans ce contexte, l'Indice Oméga-3, un bioindicateur normalisé évaluant l'impact des contaminants sur la santé des végétaux, a été testé en tant que bioindicateur pour évaluer les performances épuratoires de ZRV et, par conséquent, l'amélioration de la qualité de l'eau. Cet outil biologique a été mis en œuvre sur les sites expérimentaux des projets MARGUERITTES et BIOTRYTIS situés dans les banlieues de Nîmes et de Bordeaux. Ces projets visaient à étudier le fonctionnement et l'efficacité d'élimination des principaux polluants et micropolluants de ZRV de différentes configurations (ZRV de type "bassin", "prairie" et "fossé" construites avec le sol en place et de type "autres" construites avec des matériaux rapportés adsorbants). Pour évaluer les performances épuratoires de ces ZRV, les mesures de l'Indice Oméga-3 ont été réalisées à partir d'échantillons de sols et/ou de macrophytes prélevés dans chaque ZRV à différents endroits localisés de l'amont vers l'aval.

Tous les résultats obtenus ont montré qu'il existait une corrélation positive entre la santé des plantes et l'amélioration de la qualité de l'eau entre l'amont et l'aval déterminée par les paramètres biochimiques classiques (DBO5, DCO, MES...) et par l'analyse de certains micropolluants. L'indice Oméga-3 semble donc être un bon outil biologique pouvant aider à mieux évaluer les performances de traitement des ZRV et les effets complexes des polluants présents en mélange et à de très faibles concentrations dans ces types de procédés. La norme ISO de cet outil développé pour évaluer la qualité des sols va être publiée très prochainement (ISO 21479) et pourrait être étendue à l'évaluation de la qualité de l'eau.

Mots clés

Zones de rejets végétalisées ; Bioindicateurs ; Macrophytes ; Ecosystème ; Qualité de l'eau ; Mélanges complexe de contaminants ; Outils d'aide à la décision

Remerciements

Ce travail a reçu un soutien financier de l'Agence Française pour la Biodiversité, l'Agence de l'eau Adour-Garonne et de Bordeaux Métropole.

Références

ISO 21479 -Qualité du sol - Détermination des effets des polluants sur la flore du sol - Composition en acides gras foliaires des plantes utilisées pour évaluer la qualité du sol.

M. LE GUEDARD*(1), J.J. BESSOULE (2),
M. COQUERY (3), L. DHERRET (3),
C. MIEGE (3), H. BUDZINSKI (4),
K. LE MENACH (4), C. BOUTIN (5),
N. FORQUET (5), S. PAPIAS (5),
R. CLEMENT (5), J.M. CHOUBERT (5)

(1) LEB Aquitaine Transfert-ADERA,
Villenave d'Ornon, France

(2) CNRS, UMR5200 LBM, Université
de Bordeaux, Villenave d'Ornon,
France

(3) IRSTEA, UR RiverLy, Villeurbanne
Cedex, France

(4) CNRS, UMR 5805 EPOC, Université
de Bordeaux, Talence, France

(5) IRSTEA, UR REVERSAAL,
Villeurbanne Cedex, France

Contact e-mail : marina.le-
guedard@u-bordeaux.fr

HIERARCHISATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX DE SOLS CONTAMINES PAR DES ELEMENTS METALLIQUES AVEC L'ESCARGOT : DE LA BIODISPONIBILITE ENVIRONNEMENTALE A LA BIODISPONIBILITE TOXICOLOGIQUE

Maxime LOUZON (1), Quentin DEVALLOIR (1), Frédéric GIMBERT (1), Benjamin PAUGET (2), Nadia CRINI (1), Caroline AMIOT (1), Dominique RIEFFEL (1), Annette de VAUFLEURY* (1)

(1) UMR 6249 UFC/CNRS Laboratoire Chrono-Environnement USC INRA, 25030 Besançon Cedex

(2) TESORA, 94110 Arcueil

Contact e-mail :

annette.devaufleury@univ-fcomte.fr

Les contaminations des sols par les éléments métalliques peuvent avoir des effets toxiques sur les individus, causant notamment des inhibitions de la maturité sexuelle, l'altération des capacités reproductives des individus, voir l'effondrement des populations et l'altération de la structure des communautés (Sparling, 2016). Pour hiérarchiser les risques environnementaux des sols contaminés et par conséquent prioriser la gestion en fonction du risque, divers outils existent comme l'indice de somme des excès de transfert (SET) et l'indice d'évaluation des risques environnementaux des éléments transférés (ERITME) avec l'escargot Petit Gris (de Vaufleury, 2015; Pauget et de Vaufleury, 2015; Louzon et al., In Prep). Ces indices permettent d'intégrer l'ensemble des transferts et les risques écotoxicologiques associés. Cependant, on ne dispose pas de données de toxicité spécifiques pour proposer des classes de risques associant ces indices à des effets physiologiques chez l'escargot. Ainsi, l'objectif des travaux présentés est de proposer des bornes pour interpréter les valeurs calculées de ces indices. Pour cela, des escargots subadultes ont été exposés durant 28 jours à 38 sols français diversement contaminés en As, Cd, Hg, Pb, Sb, Sn, Tl et Zn. Les contaminants accumulés ont été mesurés en ICP/MS et un suivi des traits de vie a été effectué (maturité sexuelle, croissance). Les indices SET et ERITME ont été calculés pour chaque sol sur la base des contaminants transférés (biodisponibilité environnementale) et les valeurs ont été confrontées avec les mesures sur les traits de vie (biodisponibilité toxicologique) par des arbres de régression univariés pour distinguer trois classes d'effets (pas de risque, zone d'incertitude, risque avéré). Ces trois classes de SET et d'ERITME ont été validées avec une cinétique de la maturité sexuelle des escargots ajustée sur un modèle logistique. Cette étude démontre l'intérêt d'étudier les traits de vie des bioindicateurs pour l'ERE des sites et sols contaminés, en complément de l'utilisation d'outils intégratifs tels que l'évaluation de la somme des excès de transfert.

Mots clés : Biodisponibilité, Bioindicateurs, Escargots, Maturité sexuelle

Remerciements

Les auteurs remercient l'ADEME qui soutient le programme de recherche COMBINE (contrat n°1572CO310).

Références

- de Vaufleury A. 2015. Landsnail for ecotoxicological assessment of chemicals and soil contamination. In Armon, R.H., Hänninen O. (Ed.), Environmental Indicators. Springer, Dordrecht, 345-391.
- Louzon M., Pauget B., Gimbert F., Rieffel D., Amiot C., Crini N. et de Vaufleury A. Cantareus aspersus for ranking contaminated soils by metallic elements, PAH and PCB with an ex situ methodology based on threshold guide values. In prep.
- MEEM 2017. Méthodologie Nationale de Gestion des Sites et Sols Pollués. Direction générale de la prévention des risques. Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, Paris.
- Pauget B. et de Vaufleury A. 2015. The SET and ERITME indices: Integrative tools for the management of polluted sites. Ecological Indicators 53, 206-210.
- Sparling, D.W., 2016. Ecotoxicology essentials. Environmental contaminants and their biological effects on animals and plants. Academic Press, pp. 500.

DEVELOPMENT OF A TARGETED MS-METHOD FOR MYTILUS METABOLISM QUANTIFICATION

JR MALACHIN*(1), T. DUMAS (1),
G. RAMIREZ (1), F. COURANT (1),
E. GOMEZ (1)

(1) UMR Hydrosociences, 15 Av.
Charles Flahault, 34093
Montpellier
Contact e-mail :
jr.malachin@gmail.com

Nowadays, many pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) are consumed by a growing population. Human and veterinary therapeutic uses account for the release of pharmaceuticals, as parent compounds or metabolites, into wastewater via urine and feces. Despite the treatment carried out by the treatment plants, a fraction of these compounds is regularly released into the environment. They can then cause damage to non-target organisms. Carbamazepine is an antiepileptic drug, detected in wastewaters, effluents from treatment plants, groundwaters, rivers and marine waters (Hernando, 2006) and known to induce oxidative stress (Tsiaka, 2013) in exposed organisms. Effects on reproduction or development have also been described for aquatic organisms such as *Daphnia magna* (Oropesa, 2016) or *Dario rerio* (Qiang, 2016) but not yet for mussels. In order to study the impact of pharmaceuticals on *Mytilus galloprovincialis*, the use of metabolomics provide a formidable tool as it allows to study early disruption at the molecular scale which may be highlighted at low environmental concentration. Moreover, the modulation of metabolites following a chemical exposure may inform on the biological functions likely to be affected. However, metabolomics is usually a differential approach. The main goal is to compare different conditions (exposed or not exposed) in a non-targeted way to highlight metabolites that are modulated in response to the stress. Such approach does not provide absolute quantification of metabolites. However, these concentrations may be useful. Consequently, the purpose of this project is the establishment of a method for precise quantification of metabolites playing a preponderant role in different biological functions of an organism. LC-HRMS analysis of mussel digestive glands of *Mytilus* allowed us to draw up a list of metabolites present within these tissues. A panel of these metabolites of interest have been chosen. LC-HRMS method will be optimized and adapted, in order to achieve a good monitoring of these metabolites. Then, creation of a database, and analysis by LC-HRMS and MSMS will allow the quantification of these metabolites. Subsequently, this method will be applied on the study of the molecular effects of carbamazepine on *Mytilus*.

Key words: Non-targeted metabolomics, LC-HRMS, drugs, *Mytilus galloprovincialis*

References

- Hernando, M. D., Mezcuca, M., Fernández-Alba, A. R., & Barceló, D. (2006). Environmental risk assessment of pharmaceutical residues in wastewater effluents, surface waters and sediments. *Talanta*, 69(2), 334-342.
- Kimbrough, K. L., Lauenstein, G. G., Christensen, J. D., & Apeti, D. A. (2008). An assessment of two decades of contaminant monitoring in the Nation's Coastal Zone.
- Oropesa, A. L., Floro, A. M., & Palma, P. (2016). Assessment of the effects of the carbamazepine on the endogenous endocrine system of *Daphnia magna*. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(17), 17311-17321.
- Qiang, L., Cheng, J., Yi, J., Rotchell, J. M., Zhu, X., & Zhou, J. (2016). Environmental concentration of carbamazepine accelerates fish embryonic development and disturbs larvae behavior. *Ecotoxicology*, 25(7), 1426-1437.
- Tsiaka, P., Tsarpali, V., Ntaikou, I., Kostopoulou, M. N., Lyberatos, G., & Dailianis, S. (2013). Carbamazepine-mediated pro-oxidant effects on the unicellular marine algal species *Dunaliella tertiolecta* and the hemocytes of mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Ecotoxicology*, 22(8), 1208-1220.

CONTAMINATION AUX PCB CHEZ LES SALMONIDES DU LAC DU BOURGET : FACTEURS IMPACTANT LA VARIABILITE DE CONTAMINATION SAISONNIERE, INTER-ESPECE ET INTER-INDIVIDUELLE

Thibault MASSET*, Christine PIOT,
Emmanuel NAFFRECHOUX

Laboratoire de Chimie Moléculaire
et Environnement, 73370 Le Bourget
du Lac

Contact e-mail :
thibault.masset@univ-smb.fr

Le lac du Bourget est un lac périalpin d'une longueur de 18 km et d'une largeur maximale de 3,4 km. Avec une surface de 44,5 km² et une profondeur moyenne de 80 m, il représente la plus grande réserve d'eau douce de France avec un volume de 3,6 milliard de m³ d'eau. Bien qu'étant en cours de réoligotrophisation, le lac subit depuis les années 1960 une pollution majeure aux Polychlorobiphényles (PCB) d'origine industrielle. L'impact de cette pollution sur le biote est important avec de fortes concentrations de PCB mesurées dans la chair de deux espèces de salmonidés (Masset et al.) : le Corégone et l'Omble Chevalier. Ainsi, depuis 2008, un arrêté préfectoral interdit la commercialisation de l'Omble Chevalier en raison de taux de PCB supérieurs à la norme (i.e. 125 ng7PCB_i.g_{PF}⁻¹), impactant par conséquent l'économie de la pêche locale. Les mécanismes de bioaccumulation de PCB pour les espèces piscicoles dans les lacs périalpins demeurent relativement peu étudiés. Les conditions environnementales de ce type d'écosystème (sources de carbone, température, concentrations en contaminants organiques) peuvent varier annuellement et présenter une saisonnalité. Ces variations sont susceptibles d'impacter les mécanismes de bioaccumulation des PCB chez les poissons (i) en modifiant les paramètres régissant le mécanisme de bioconcentration et (ii) en modifiant le comportement trophique des poissons, leur régime alimentaire et par conséquent le phénomène de bioamplification des PCB. Cette étude vise à déterminer les facteurs environnementaux, physiologiques, trophiques pouvant impacter la contamination aux PCB du Corégone et de l'Omble Chevalier. Les chairs de Corégones (n = 70) et d'Omble Chevalier (n = 29) ont été analysées et ont permis de déterminer la teneur en lipide, la composition en isotopes $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ et la concentration en PCB de chaque individu. Parallèlement, la taille et l'âge ont été mesurés et le lieu et la date de pêche collectés pour chaque individu. La variabilité de contamination inter-espèce sera présentée et s'appuiera sur les différences physiologiques et trophiques des deux espèces. La saisonnalité et la spatialisation de la contamination intra-espèce sera également décrite et mise en relation avec les teneurs en lipides et changements de mode de prédation. Enfin, une attention particulière sera portée sur les facteurs impactant la variabilité du niveau de contamination inter-individus. Les perspectives sur l'évolution future de la contamination aux PCB des salmonidés du lac du Bourget seront présentées. De plus, des recommandations seront émises concernant la prise en compte des facteurs influençant les niveaux de contamination dans les protocoles d'échantillonnage et de suivi des espèces piscicoles.

Mots clés

Bioaccumulation ; salmonidés ; lac périalpins ; PCB

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Valérie Hamelet (INRA, UMR CARTELE, Thonon) pour la lecture des écailles d'Ombles, Sébastien Cachera (CISALB, Chambéry) pour la collecte des poissons ainsi que les pêcheurs professionnels du lac du Bourget.

Références

Masset T., Frossard V., Perga M.E., Cottin N., Piot C., Cachera S. and Naffrechoux E. Trophic position and individual feeding habits as drivers of differential PCB bioaccumulation in fish populations. *Just accepted manuscript, Sci. Tot. Env*, 2019

PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES : EVALUATION DES RISQUES POUR L'ENVIRONNEMENT

La mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques peut être envisagée notamment si aucun effet inacceptable n'est attendu sur l'environnement et les espèces non-cibles. Une évaluation des risques dont les principes obéissent à des règles régies par le règlement (CE) N°1107/2009 est conduite. Cette évaluation des risques pour l'environnement et les espèces non-cibles est ainsi réalisée selon un référentiel comprenant, en plus dudit règlement, plus d'une cinquantaine de lignes directrices de tests (i.e. OCDE) et une vingtaine de documents guide lesquels établissent la méthodologie à suivre pour conduire l'évaluation. Elle s'effectue en trois étapes :

- 1) l'évaluation des dangers pour les organismes de l'environnement (écotoxicité)
- 2) l'évaluation des expositions des organismes de l'environnement (concentrations prévisibles dans l'environnement)
- 3) l'évaluation des risques (risque = danger X exposition)

Pour évaluer la toxicité vis-à-vis des organismes et déterminer les paramètres décrivant le devenir et comportement dans l'environnement des substances actives et métabolites, il est nécessaire de recourir à des essais. Ceux-ci sont en premier lieu des tests de laboratoire réalisés selon des protocoles standardisés sur des espèces modèles (ex. truite arc-en-ciel...) ou des milieux type (ex. sol ISO...). Les valeurs de toxicité intégrant des facteurs de sécurité permettant de prendre en compte les différences de sensibilité entre organismes d'une même espèce et entre organismes d'espèces différentes doivent être inférieures aux valeurs d'exposition attendue pour que le risque soit considéré acceptable au sens de la réglementation. L'évaluation de risque est réalisée en considérant une approche par étape, de la plus simple (i.e. laboratoire) à la plus complexe (i.e. mésocosme). Ainsi, lorsqu'un risque inacceptable est identifié sur la base des essais en laboratoire, des essais complémentaires peuvent être réalisées en conditions naturelles ou semi-naturelles. Ces tests sont généralement réalisés dans des conditions plus représentatives au vu de celles envisagées pour lors de l'utilisation du produit. L'évaluation des risques peut également se baser sur des études de suivis de terrain en conditions réelles (monitoring). Les évaluations du risque sont réalisées sur la base de méthodologies harmonisées au niveau européen qui sont fréquemment actualisées avec l'état de l'art.

Mots clés

Ecotoxicologie, environnement, évaluation du risque, produits phytopharmaceutiques

Vanessa MAZEROLLES*(1),

(1) ANSES, 14 rue Pierre et Marie -
94701 Maisons-Alfort Cedex

(2) ORGANISME

Contact e-mail :

vanessa.mazerolles@anses.fr

CONTAMINATION CUPRIQUE DES SOLS VITICOLES EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE OU CONVENTIONNELLE.

Depuis la découverte de la bouillie bordelaise en 1882, l'utilisation prolongée du cuivre en tant que fongicide a entraîné son accumulation dans les sols viticoles. Le cuivre étant le seul fongicide utilisable en agriculture biologique, son usage reste important. Néanmoins, le passage du cuivre en solution sous forme libre peut entraîner de potentiels problèmes de phytotoxicité du cuivre sur la vigne. Ces mécanismes restent à ce jour mal connus. Pour cela nous avons cherché à mieux caractériser la disponibilité du cuivre dans des sols en agriculture biologique ou conventionnelle, pour des usages viticoles plus ou moins anciens. Nous avons prélevé les horizons superficiels (0-15 cm) de sols sur une centaine de parcelles actuellement en viticulture dans la région bordelaise, sur des appellations différentes, afin d'obtenir des sols de caractéristiques pédologiques variables. Nous avons ainsi analysé la teneur totale en cuivre et estimé la disponibilité grâce d'une part à des capteurs passifs (DGT) ou d'autre part grâce à l'analyse, dans la solution du sol extraite par bougies microporeuses, de la teneur en cuivre total ou en cuivre libre (Cu²⁺) obtenue par ISE.

Les teneurs totales, mesurées après une extraction à l'eau régale, fluctuent autour d'une médiane de 70 mg/kg, avec un maximum de 380 mg/kg. Nous avons observé une forte variabilité de concentration, qui peut se retrouver entre des parcelles différentes d'un même domaine. Cette variation a été reliée à l'historique d'usage de ces parcelles, grâce à l'analyse d'image de photographies aériennes anciennes. Ainsi, à partir de la durée d'usage viticole du sol, il est possible d'estimer sa concentration totale en cuivre. Cette analyse, déjà réalisée sur un jeu de données plus restreint, a été confirmée sur ce jeu de sols complémentaires.

La concentration en cuivre disponible du sol est fortement variable d'une parcelle à l'autre et dépend non seulement de la concentration totale en cuivre mais aussi des teneurs en carbone total et en particules fines du sol. Ainsi, les concentrations DGT fluctuent de 2 µg/L à 315 µg/L avec une médiane de 27 µg/L. Les concentrations totales mesurées dans la solution du sol varient de 0.1 à 7.5 µM avec une médiane de 2 µM. Ces valeurs sont à comparer avec les EC₅₀ obtenues pour la croissance racinaire de la vigne (3.9 µM Cu ; Juang et al. 2012) ou du blé dur (7.7 µM Cu ; Michaud et al. 2008). Cependant, ces valeurs sont à nuancer en fonction de la spéciation du cuivre en solution, la forme phytodisponible étant majoritairement le Cu²⁺.

Les valeurs obtenues dans notre jeu de donnée montrent qu'il est possible que la concentration de cuivre en solution puisse être la cause de phytotoxicité sur les organismes. La compréhension des facteurs impliqués dans les transferts sol-solution permettra à terme de pouvoir réguler le passage en solution du cuivre sous forme libre et donc de pouvoir prévenir les problèmes de toxicité cuprique en jouant par exemple sur les pratiques agricoles.

Mots clés : Cuivre, disponibilité, ion libre, DGT.

Remerciements : Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet PhytoCOTE avec le soutien financier de l'ANR dans le cadre du programme investissement d'avenir au sein du Laboratoire d'Excellence COTE (ANR-10-labx-45), de la Région Nouvelle-Aquitaine et de l'Union européenne (projet CPER A2E).

Références

Juang KW, Lee YI, Lai HY, Wang CH, Chen BC (2012) Copper accumulation, translocation, and toxic effects in grapevine cuttings. *Environmental Science and Pollution Research* 19: 1315–1322.
Michaud AM, Chappellaz C, Hinsinger P (2008) Copper phytotoxicity affects root elongation and iron nutrition in durum wheat (*Triticum turgidum durum L.*). *Plant Soil* 310: 151-165.

Frédéric OUEDRAOGO*(1),
Manon PIERDET (1,2), Jean-Yves
CORNU (1), Kevin ROCCO (1),
Sylvie BUSSIÈRE (1), Cecile
CORIOU (1), Hélène BUDZINSKI (2)
Edith PARLANTI (2), Laurence
DENAIX (1)

(1) UMR ISPA, INRA, Centre Bordeaux
Nouvelle Aquitaine, 33140 Villenave
d'Ornon

(2) LPTC, UMR EPOC, CNRS-Université
de Bordeaux, 33400 Talence.

Contact e-mail :
laurence.denaix@inra.fr

EVOLUTION DES TRANSFERTS SOLS- SOLUTION DE PESTICIDES ORGANIQUES ET INORGANIQUES DANS DES SOLS VITICOLES PENDANT UNE ANNEE DE CULTURE

La viticulture est l'une des cultures les plus consommatrices de pesticides en France. Ces apports réguliers peuvent entraîner une contamination des écosystèmes à long terme et impacter la faune et la flore. Dans le but d'améliorer nos connaissances sur le devenir des

pesticides et leur impact, il est important d'étudier les différents processus qui contribuent à la rétention et aux transferts de ces pesticides dans les sols. Un état des lieux du niveau de contamination de surface des sols de surface a donc été réalisé sur 53 parcelles comportant une diversité pédologique importante. Une contamination cuprique a été mise en évidence sur le site expérimental (jusqu'à 197 mg/kg de sol sec), fortement corrélée à l'âge viticole de la parcelle. L'évaluation des stocks de cuivre dans les 45 premiers centimètres et le calcul de l'apport théorique par année, permet de constater le fort impact de l'usage ancien de la bouillie bordelaise sur les taux retrouvés actuellement dans les sols. Concernant les pesticides organiques, 205 molécules préalablement choisies en lien avec les pratiques des viticulteurs du site expérimental, mais aussi représentatives d'anciens usages ou d'autres usages, ont été recherchées, avec des limites de quantification de l'ordre du microgramme par kilogramme. 64 molécules ont été quantifiées (31 fongicides, 19 insecticides et 14 herbicides), et les pourcentages de persistance de chaque molécule ont été calculés en relation avec les calendriers d'épandage des viticulteurs. Il est ainsi possible de constater une plus forte persistance de certaines d'entre elles dans des sols riches en certaines phases réactives du sol (matière organique, argile...) ainsi que la rémanence de molécules historiques. Ces résultats laissent donc penser que le devenir des pesticides n'est pas homogène mais varie selon les différents types de sol, mais également selon la nature même des différents contaminants, variables qui vont affecter les transferts sol-solution.

A partir des résultats du screening global de surface, 4 parcelles ont été sélectionnées pour le suivi des échanges sol-solution pendant une année de culture. Une liste réduite de pesticides a également été générée sur la base du screening spatial (90 composés organiques). Le suivi a été effectué à l'aide de bougies poreuses en acier inoxydable et d'échantillonneurs passifs de type DGT (diffusive gradient in thin films) pour le cuivre. Les premiers résultats montrent une variabilité très importante de la concentration des contaminants en solution au cours du temps, avec une concentration en cuivre atteignant 1,4 mg/L, et un facteur de variation pouvant aller jusqu'à 15 entre la concentration la plus faible et la plus forte, retrouvée pour une même parcelle. Concernant les pesticides organiques, 49 molécules ont pu être quantifiées sur les 90 recherchées. 3 fongicides (dimétomorphe, métalaxyl et béalaxyl) et 1 métabolite d'herbicide historique rémanent (hydroxy-terbutylazine) ont été retrouvés dans 100% des échantillons. La concentration maximale peut atteindre 5µg/L dans le cas du dimétomorphe. Pour une même molécule, un facteur de variation allant jusqu'à 500 peut être observé entre les concentrations les plus faibles et les plus fortes dans une même parcelle. Ces variations sont indépendantes des périodes d'épandages mais semblent fortement influencées par les conditions météorologiques et les caractéristiques pédologiques des différents sols. De nombreuses molécules filles, issues de molécules mères interdites depuis plus de 15 ans, restent parmi les plus fréquemment retrouvées et aux concentrations les plus importantes, avec une variation non négligeable dans le temps malgré leur non épandage actuel.

Mots clés : Sol ; pesticides ; transferts ; solution de sol

Remerciements : Projet réalisé dans le cadre du projet PhytoCOTE avec le soutien financier de l'ANR dans le cadre du programme investissement d'avenir au sein du Laboratoire d'Excellence COTE (ANR-10-labx-45), de la Région Nouvelle-Aquitaine et de l'Union européenne (projet CPER A2E).

Manon PIERDET (1,2), Juliette GAILLARD (1), Chloé QUENOT (2), Sylvie BUSSIERE (2), Cécile CORIOU (2), Thierry ROBERT (2), Karyn LE MENACH (1), Patrick PARDON (1), Marie-Hélène DEVIER (1), Hélène BUDZINSKI (1) et Laurence DENAIX (2)

(1) EPOC-LPTC, UMR 5850, 351 Cours de la libération, 33400 Talence, France

(2) INRA -ISPA, UMR 1391, 71 avenue Edouard Bourlaux, 33140 Villenave d'Ornon, France

Contact e-mail : manon.pierdet@inra.fr

ETUDE DES EFFETS DE LA VENLAFAXINE SUR *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* PAR UNE APPROCHE METABOLOMIQUE

La problématique des contaminants émergents fait l'objet d'une considération croissante depuis leur mise en évidence dans l'environnement grâce aux avancées techniques. Parmi ces contaminants, les produits pharmaceutiques sont continuellement rejetés dans l'environnement au travers des stations d'épuration du fait de leur consommation (Santos et al., 2010).

La venlafaxine (VEN) est un antidépresseur utilisé pour soigner la dépression et divers troubles de l'anxiété (Noordam et al., 2015). Son mode d'action (MoA) thérapeutique la modulation de la neurotransmission du cerveau humain en bloquant les transporteurs de sérotonine et noradréline sur les neurones présynaptiques pour augmenter leur disponibilité (Nelson, 2010). Bien que peu détectée dans l'eau de mer (Alygizakis et al., 2016), la VEN a pu être quantifiée à des concentrations comprises entre 3,0 ng/g (Martínez Bueno et al., 2014) et 36,1 ng/g dans des mollusques collectés sur les côtes européennes avec un taux de détection de 100% (Alvarez-Muñoz et al., 2015a; Álvarez-Muñoz et al., 2015b). La présence de résidus de VEN dans des mollusques marins pose la question de ses effets chez ces organismes même à de faibles doses d'exposition. Il a été montré que la VEN pouvait avoir un impact sur la reproduction (Galus et al., 2013), le comportement de prédation (Bidel et al., 2016 ; Bisesi et al., 2014 ; Painter et al., 2009) et la réponse au stress (Best et al., 2014 ; Ings et al., 2012).

L'objectif de cette étude est d'étudier les effets moléculaires de la VEN sur *Mytilus galloprovincialis* par une approche métabolomique, ce type d'étude ayant déjà démontré son potentiel pour mettre en évidence les effets moléculaires d'une exposition à un xénobiotique (Campillo et al., 2019; Ji et al., 2016). Pour cet objectif, 49 moules ont été acclimatées 7 jours puis 26 ont été exposées pendant 3 jours à 10 µg/L de venlafaxine. Les dissections ont eu lieu à J1 et J3 pour prélever les glandes digestives et l'analyse a été réalisée par LC-HRMS pour générer des empreintes métaboliques à comparer entre contrôles et exposés.

Après tri des données, 1336 signaux ont été détectés en mode négatif, dont 451 sont sur-modulés et 309 sous-modulés lorsqu'on compare les exposés aux contrôles sur les deux jours. La sérotonine ainsi que la dopamine ont été annotées, ce qui permet de supposer que le MoA de la VEN chez la moule est semblable à celui chez l'Homme. Il semblerait donc qu'une exposition à la venlafaxine ait un effet sur le métabolome de *Mytilus galloprovincialis*, malgré la courte période d'exposition. Il convient maintenant de définir plus précisément l'identité des métabolites modulés pour mettre en avant les principales voies métaboliques impactées et ainsi émettre des hypothèses sur les fonctions biologiques pouvant être perturbées par une exposition.

Mots clés : Antidépresseur, venlafaxine, métabolomique, organismes marins, organismes non-cibles, *Mytilus galloprovincialis*, neurotransmetteurs, HPLC-HRMS, mode d'action

Remerciements : Nancy ARIZA, Jean-Rémi MALACHIN, David ROSAIN

Références :

- Alvarez-Muñoz et al., 2015. *Talanta* 136, 174–182.
Álvarez-Muñoz et al., 2015. *Europe. Environ. Res.* 143, 56–64.
Alygizakis et al., 2016. *Sci. Total Environ.* 541, 1097–1105.
Best et al., 2014. *Aquat. Toxicol.* 155, 190–198.
Bidel et al., 2016. *NeuroToxicology* 55, 142–153.
Bisesi et al., 2014. *Aquat. Toxicol.* 148, 130–138.
Campillo et al., 2019. *Mar. Environ. Res.*
Galus et al., 2013. *Aquat. Toxicol.* 132–133, 200–211.
Ings et al., 2012. *Aquat. Toxicol.* 106–107, 48–55.
Ji et al., 2016. *Chemosphere* 144, 527–539.
Martínez Bueno et al., 2014. *Anal. Bioanal. Chem.* 406, 601–610.
Nelson, J.C., 2010. Antidepressants, in: Stolerman, I.P., Price, L.H. (Eds.), *Encyclopedia of Psychopharmacology*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 1–9.
Noordam et al., 2015. *Eur. J. Clin. Pharmacol.* 71, 369–375.
Painter et al., 2009. *Environ. Toxicol. Chem.* 28, 2677.
Santos et al., 2010. *J. Hazard. Mater.* 175, 45–95.

Gaëlle RAMIREZ, Thibaut DUMAS, Elena GOMEZ, Hélène FENET, Frédérique Courant

HydroSciences Montpellier

Département Sciences de l'Environnement et Santé Publique
15, avenue Charles Flahault
BP 14491
34093 Montpellier cedex 05

Contact e-mail :
gaelle.ramirez@etu.umontpellier.fr

EFFECTS OF COPPER OXIDE NANOPARTICLES ON MICROBIAL ACTIVITIES AND PLANT BIOMASS IN A PLANTED SOIL

Metal-oxide nanoparticles (NPs) such as copper oxide (CuO) NPs offer promising perspectives for the development of novel agro-chemical formulations of pesticides and fertilizers. However, their potential impact on agro-ecosystem functioning still remains to be investigated.

Here, we evaluated the influence of plant presence on the toxicity of CuO-NPs on soil microbial activities and plant biomass. For this, in a pot experiment we contaminated an agricultural soil planted with wheat using different concentrations of CuO-NPs (0.1, 1, and 100 mg/kg dry soil).

After 50 days, we assessed the impact of NPs on soil microbial activities involved in the carbon and nitrogen cycles and on plant biomass. The CuO-NP treatments significantly affected the growth of wheat after 50 days of exposure. Total and root biomasses significantly increased in the 1 mg/kg CuO-NP dose compared to the control and a significant increase in the shoot/root ratio was observed for 100 mg/kg compared to the 1mg/kg CuO-NP treatment.

Plant presence strongly stimulated heterotrophic microbial activity (i.e., respiration and denitrification). By comparing the effects of CuO-NPs in unplanted and planted soil we observed that the positive effect of plants on the respiration (average +53%) was negated by the addition of 1 and 100mg/kg of CuO-NPs (average +13 and +20%, respectively). Similarly, the stimulation of DEA in presence of wheat was reduced twofold when the soil was exposed to 100 mg/kg CuO-NPs (average +91% in control and +48% in 100 mg/kg CuO-NPs). These results indicate that plant presence did not mitigate or compensate CuO-NP toxicity for microorganisms. Interestingly, the CuO-NP treatment did not significantly alter NEA suggesting that the competition for N resources between nitrifiers and the plant did not increase their sensitivity to the contaminant.

In conclusion, this work demonstrates that the presence of plants influences the microbial response to CuO-NP exposure but does not mitigate or compensate the effects.

Amélie A. M. CANTAREL (1)
Marie SIMONIN (1,2), Jonathan
GERVAIX (1), Agnès RICHAUME*(1)

(1) UMR CNRS 5557, Ecologie
microbienne, Université Lyon 1, 69622
Villeurbanne cedex

(2) UMR 186, IPME, 34394 Montpellier
cedex 5

Contact e-mail :
agnes.richaume@univ-lyon1.

Mots clés : Microbial ecotoxicology, soil microbial community, Plant, nanoparticles, C and N cycles

Remerciements

The authors thanks Nadège Roche, Julia Sanchez, and Elise Lacroix from the Plateforme Serre et Chambre climatiques (FR BioEnviS) for their help with the plant culture, harvesting, and microbial analyses. This work was supported by the French national program CNRS EC2CO- MicrobiEn and Ecodyn (RHIZONANO).

DEVELOPPEMENT D'UN BIOMARQUEUR SPECIFIQUE DE L'ALTERATION DE LA MUE CHEZ LES CRUSTACES : MESURE DE L'ACTIVITE CHITOBIASE CHEZ LA CREVETTE PALAEMON SERRATUS.

La mue est un processus physiologique fondamental permettant à des organismes confinés dans un exosquelette, tels que les insectes et les crustacés, de se libérer temporairement de cette entrave et ainsi d'assurer leur croissance. Par conséquent, ce processus est intimement lié à l'accomplissement de la métamorphose des stades larvaires, ainsi qu'à la reproduction chez les adultes.

De nombreux insecticides ont été spécifiquement synthétisés pour altérer le déroulement du processus de mue afin de lutter contre les insectes ravageurs, constituant alors un risque pour les espèces d'arthropodes non cibles. Par ailleurs, de nombreux autres contaminants environnementaux sont connus ou suspectés pour interférer avec la mue. Les effets indésirables des contaminants sur la mue restent toutefois difficiles à diagnostiquer en milieu naturel. Ce constat résulte d'un manque de méthodologie permettant de caractériser l'action de la contamination sur la mue au sein de populations sauvages. Un des enjeux réside désormais dans le développement d'outils capables de diagnostiquer une altération du processus de mue directement à partir d'individus prélevés in natura. Dans ce contexte, la mesure du niveau d'activité des enzymes chitinolytiques a été identifiée comme un biomarqueur potentiel. En effet, ces enzymes situées à l'aval des cascades de régulations de la mue, sont impliquées dans la dégradation de la cuticule lors de l'apolyse. Les objectifs de ce travail étaient de développer la mesure d'une enzyme chitinolytique, la chitobiase, chez une espèce emblématique des littoraux européens, la crevette marine *Palaemon serratus*, et d'évaluer sa sensibilité à des contaminants environnementaux. Pour cela, 1) la méthodologie de mesure a été optimisée, 2) les fluctuations naturelles de l'activité au cours du cycle de mue ont été caractérisées, et 3) des essais d'inhibition in vitro ont été menés avec une large gamme de contaminants.

Mots clés

chitobiase ; crustacés ; mue ; méthodologie ; Palaemon

Marc ROLLIN*(1), Romain COULAUD (1), Béatrice ROCHER (1), (1), Chloé FROMONT (1), Agnès PORET, Aurélie DUFLOT (1), Frank. LE FOLL (1), Benoit XUEREB (1)

(1) Université Le Havre Normandie, UMR-I-02 SEBIO, FR CNRS 3730 SCALE, 25 rue Philippe Lebon Le Havre, France
Contact e-mail : marc.rollin@univ-lehavre.fr

LA MOULE *MYTILOPSIS LEUCOPHAEATA* DANS LES EAUX DOUCES ET SAUMATRES NORMANDES ; EVALUATION DE SA VALEUR BIOINDICATRICE EN REPROTOXICITE ET IMMUNOTOXICITE

Mytilopsis leucophaeata (Conrad, 1831), connue sous le nom de fausse moule brune, est une espèce de la famille des Dreissenidae qui provient de la côte atlantique, du golfe du Mexique à l'estuaire de la rivière Hudson [1,2]. Cette espèce a été observée pour la première fois en Europe en 1835 dans le port d'Anvers (Belgique) et s'étend aujourd'hui du sud de l'Europe à la Scandinavie. *M. leucophaeata* est une espèce euryhaline (0-22 PSU) et eurytherme (5 à 30°C) ^[1] capable de vivre dans une grande variété d'habitats. Elle pourrait être un candidat pertinent en surveillance environnementale des eaux de transition (zones estuariennes, ports ...). Cependant, contrairement à *Dreissena polymorpha* qui est utilisé comme espèce modèle en écotoxicologie des eaux douces, *M. leucophaeata* a fait l'objet de très peu d'études, peut-être du fait de sa taille relativement petite (2,5 cm au maximum *versus* 4 cm pour *D. polymorpha*).

Dans ce contexte, les objectifs de cette étude sont doubles. Ainsi, un travail de prospection a été effectué afin de cartographier la répartition de *M. leucophaeata* dans divers écosystèmes se situant à l'interface entre les eaux douces et la Baie de Seine *sensus lato*. Par ailleurs, nous nous sommes attachés à évaluer la potentielle valeur bioindicatrice de l'espèce en étudiant des biomarqueurs de reprotoxicité (stade de gamétogenèse, dosage de la vitellogénine) et d'immunotoxicité (activité phagocytaire et évaluation du système lysosomal des hémocytes). La variabilité spatiale des biomarqueurs a été étudiée chez des populations échantillonnées *in situ*.

Les résultats de prospections ont montré que *M. leucophaeata* se localise en Normandie aussi bien en eaux douces (Douves, La Touques) qu'en eaux mésohalines (ports de Carentan et d'Ouistreham, canal de Caen à la mer). En revanche, l'espèce n'a pas été retrouvée dans le secteur Seine Aval du district Seine-Normandie.

Après des mises au point méthodologiques sur le dosage indirect de la vitellogénine (méthode ALP) et sur des biomarqueurs d'immunotoxicité (caractérisation des hémocytes, prélèvement de l'hémolymphe et évaluation de l'activité phagocytaire), il apparaît que ces approches peuvent être entreprises sur *M. leucophaeata*. L'utilisation de la fausse moule brune dans le cadre de la surveillance environnementale des eaux de transition est discutée.

Mots clés : *Mytilopsis leucophaeata*, répartition géographique, Normandie, biomarqueurs, reprotoxicité, immunotoxicité

Remerciements

Ce travail a bénéficié d'une aide financière de l'Agence Française de la Biodiversité (AFB) au titre du programme de recherche SASHIMI (Surveillance Active de l'impact de la pression CHIMIQUE par des biomarqueurs).

Références

- [1]. Verween A, Vincx M, Degraer S. 2010. *Mytilopsis leucophaeata*: the brackish water equivalent of *Dreissena polymorpha*? A review. In: van der Velde G, Rajagopal S, Bij de Vaate A eds. The zebra Mussel in Europe. Magraf, pp. 29-44.
- [2]. Kennedy VS. 2011. The invasive dark false mussel *Mytilopsis leucophaeata* (Bivalvia: Dreissenidae): a literature review. Aquat. Ecol. 45:163-183.

Alexandre LEVALLOIS*(1),
Christelle CAPLAT (1), Jean-Marc
LEBEL (1), Katherine COSTIL (1),
Antoine SERPENTINI (1)

(1) BOREA (Biologie des Organismes et des Ecosystèmes Aquatiques), Normandie Université, Université de Caen Normandie, Sorbonne-Université, CNRS, IRD, UA, Esplanade de la Paix, 14032 CAEN cedex 05, France

Contact e-mail :
antoine.serpentini@unicaen.fr

STUDY OF THE SEA BASS DEVELOPMENT UNDER STRINGENT CONDITIONS

Endocrine disrupting chemicals (EDCs) are widespread and well-known pollutants, released in marine environments by anthropogenic activities as agriculture, industry and wastewater treatment plants. Considerable concern is arising regarding their impacts on marine and coastal organisms, which are likely to be chronically exposed to an undefined mixture of chemicals altering their endocrine system. Xenoestrogens is a class of contaminants including commonly used pharmaceuticals, skincare products, plasticizers and pesticides, which have the ability to mimic or interfere with estrogen. Estrogen plays a major role in reproduction and sex determination in all organisms and, to a different extent, it's involved in organs homeostasis, development, social behaviors and the regulation of major hormonal axis as the HPG (hypothalamus-pituitary-gonadal axis). Much of what is known about EDCs effects on fish comes from studies on specific model organisms, as zebrafish, which are of limited relevance for European species and environments. The present study aims at understanding the effect of estrogens on brain development in the European sea bass (*D. Labrax*), a key species in Normandy coastal ecosystems and in aquaculture industry. The objective is to link xenoestrogens exposure to alteration of specific brain areas, of neuroendocrine key-players directly involved in the HPG axis (e.g. GnRH neurons, kisspeptine, aromatase) and to detect possible behavioral disturbances. This study aims at detecting windows of sensitivity during larval and/or juvenile stage, at elucidating the role of estrogens during brain development, and at suggesting new endpoints to evaluate the effects of model molecules of EDCs at a developmental level. To better understand the significance of our findings in the environment, *in situ* tools will be developed to compare fish reared under experimental conditions and wild fish.

Mots clés : Xenoestrogens, HPG axis, GnRH neurons, kiss, sea bass

Remerciements

We would like to thank the technicians working both at SeBio and IFREMER for their constant commitment and hard work.

Références

- Vosges M¹, Le Page Y, Chung BC, Combarrous Y, Porcher JM, Kah O, Brion F (2010) 17alpha-ethinylestradiol disrupts the ontogeny of the forebrain GnRH system and the expression of brain aromatase during early development of zebrafish. *Aquatic toxicology*, 99(4):479-91
- Qiu W, Zhao Y, Yang M, Farajzadeh M, Pan C, Wayne N (2016) Actions of bisphenol A and bisphenol S on the reproductive neuroendocrine system during early development in zebrafish, *Endocrinology*. 157(2):636-47.
- Chiu L, Cunningham L, Raible D, Rubel E, Ou H (2008) Using the zebrafish lateral line to screen for ecotoxicity, *JARO - Journal of the Association for Research in Otolaryngology*. 9(2): 178–190.

Sofia SOLOPERTO*(1), Salima ARUOA (1), Marie-Pierre HALM-LEMEILLE (2), Christophe MINIER (1).

(1) SEBIO, Université du Havre Normandie, 76063 Le Havre

(2) IFREMER, Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, 14520 Port-en-Bessin

Contact email :

sofia.soloperto@univ-lehavre.fr

UN MODELE TOXICOCINETIQUE A BASE PHYSIOLOGIQUE INTEGRANT LA TEMPERATURE POUR ELUCIDER LE DEVENIR DU PERFLUOROCTANE SULFONATE CHEZ LE POISSON

Les substances poly- et per-fluorées (PFAS), exclusivement d'origine anthropique, sont largement utilisées dans diverses applications industrielles et domestiques. De nos jours, la présence des PFAS est ubiquiste dans l'environnement et certains d'entre eux se bioaccumulent chez les vertébrés aquatiques^{1,2}. Les études ont démontré qu'en raison de leurs propriétés physico-chimiques particulières, le profil toxicocinétique (TK) des PFAS diffère de celui des autres classes de composés organiques, tels que les PolyChloroBiphényles (PCB) ou les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP). Néanmoins, certains mécanismes responsables du devenir des PFAS sont encore mal connus chez le poisson, comme par exemple, la contribution des voies d'absorption et d'élimination. Le design des expériences scientifiques limite l'apport des informations mécanistiques utiles pour répondre à ces questionnements TK. Ainsi, une approche complémentaire par des modèles de TK peut s'avérer pertinente. Parmi les trois types de modèles de TK (empiriques, semi-physiologiques ou physiologiques (PBTK)), il n'existe actuellement que des modèles semi-physiologiques applicables spécifiquement pour les PFAS^{3,4}.

Dans un contexte d'évaluation des risques engendrés par l'exposition aux PFAS, nous proposons un modèle PBTK, développé à partir des paramètres de la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*). Afin de rendre le modèle plus réaliste, la croissance et la température de l'eau, facteurs clés dans la TK des poikilothermes, ont été intégrées dans le modèle. En parallèle, trois expériences d'exposition au perfluorooctane sulfonate (PFOS) par voie alimentaire ont été conduites à différentes températures (7°C, 11°C et 19°C), permettant de calibrer et d'évaluer les prédictions du modèle. Enfin, une analyse de sensibilité a été réalisée pour étudier l'effet principal et l'effet total des divers processus physiologiques considérés dans le modèle sur la toxicocinétique du PFOS.

Mots clés : Modèle toxicocinétique à base physiologique – Truite arc-en-ciel – perfluorooctane sulfonate – réalisme mécanistique

Remerciements

La Région Auvergne-Rhône-Alpes pour l'attribution d'une allocation doctorale de recherche 2016-2018 ; l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, convention « Bioaccumulation et toxicocinétique de composés organiques fluorés historiques et émergents chez la truite arc en ciel » ; l'Institut des Sciences Analytiques – équipe TRACES

Références

1. Ahrens L. 2011. Polyfluoroalkyl compounds in the aquatic environment: A review of their occurrence and fate. *J Environ Monit* 13: 20–31.
2. Houde, M., De Silva, A.O., Muir, D.C.G., Letcher, R.J., 2011. Monitoring of perfluorinated compounds in aquatic biota: An updated review. *Environ. Sci. Technol* 45: 7962–7973.
3. Ng, C.A., Hungerbühler, K., 2013. Bioconcentration of Perfluorinated Alkyl Acids: How Important Is Specific Binding? *Environ. Sci. Technol.* 47, 7214–7223.
4. Mittal, V. K., Ng, C. A., 2018. Formation of PFAAs in fish through biotransformation: A PBPK approach. *Chemosphere.* 202, 218-227.

Alice VIDAL*(1), Rémy
BEAUDOUIN (2), Marc BABUT (1)
& Jeanne GARRIC (1)

(1) Irstea, UR RIVERLY, 5 rue de la
Doua, 69625 Villeurbanne Cedex,

(2) INERIS, UR METO, parc ALATA BP2,
Rue Jacques Taffanel, 60550 Verneuil-
en-Halatte

Contact e-mail : alicevidal@orange.fr