



## Colloque annuel du programme PIREN Seine

### « Évaluation et scénarisation des tendances du bassin de la Seine »

6-7 octobre 2016

---

Le programme du colloque s'appuie sur la structuration thématique choisie pour la phase VII du programme (2015-2019), tout en réservant des espaces de discussions importants autour du thème général du colloque.

---

#### **Jeudi 6 octobre 2016**

8h30 : Enregistrement et remise des badges aux participants

#### *Ouverture du colloque*

9h00-9h30 : Regard des partenaires sur le PIREN Seine

9h30-9h45 : Présentation générale du programme de la phase VII du PIREN Seine, de la ZA Seine et de la cellule de transfert de connaissance. N. Flipo, J-M. Mouchel, I. Severin, et J-C. Deutsch

#### *Session « Les outils de production de connaissance & leur mobilisation pour l'action », animation par l'axe 3 du programme*

9h45-10h05 : Les pratiques de (co-)développement des modèles du PIREN-Seine. Rétrospective du développement et de l'usage des modèles dans la planification et les programmes d'action du bassin Seine-Normandie. N. Chong, J-F. Deroubaix, C. Bonhomme, R. Moilleron (p. 4)

10h05-10h25 : La société face aux changements de qualité de l'eau: le cas de Versailles (1850-1950). T. Dmitrieva, L. Lestel, S. Barles (p. 5)

*10h25-10h55 : pause*

10h55-11h15 : Évolution spatiale et temporelle des réseaux de mesure. Les cas des stations de jaugeage depuis le XIXe siècle et des stations de mesures de l'AESN depuis 1971.

L. Lestel, R. Steinmann, K. Chemlal, C. Carré et M. Meybeck (p.6)

11h15-11h35 : Implanter des zones tampons sur un territoire ? Construction d'un outil adapté de recueil des perceptions des acteurs sur cette question. A. Arrighi, F. Barataud (p. 7)

11h35-11h55 : Production et utilisation des normes sur la qualité de l'eau : regards croisés opérationnels - chercheurs sur le nitrate. C. Carré, A. Bocarrossa, Nadia Dupont (p. 9)

11h55-12h40 : Débats avec la salle

*12h40-14h10 : pause déjeuner*

### ***Session « Evaluation des milieux et état de référence », animée par l'axe 2 du programme***

14h10-14h30 : Approche géo-historique de la Seine dans la Bassée durant les deux derniers siècles. R. Steinmann, L. Lestel, A. Dumont (p. 10)

14h30-14h50 : Simulation des interactions gravières-aquifères : application à la plaine alluviale de la Bassée. A. Jost, S. Wang, B. Labarthe, A. Rivière, F. Baratelli, N. Flipo (p. 11)

14h50-15h10 : Métabolisme des annexes hydrauliques des corridors hydro-écologiques – des casiers Girardon du Rhône aux gravières de la Bassée.

S. Guillon, N. Flipo, D. Jezequel, P. Marmonier, E. Franquet, B. Oursel, J-M. Olivier, A. Groleau (p. 12)

15h10-15h30 : Estimation des flux d'énergie à l'interface nappe-rivière des Avenelles.

A. Berrhouma, A. Rivière, A. Mouhri, P. Goblet, N. Flipo (p. 13)

15h30-15h50 : Caractérisation de la géochimie des interfaces nappe-rivière du bassin des Avenelles.

J-M. Mouchel, S. Rocha, A. Rivière, G. Tallec (p. 14)

*15h50-16h20 : pause*

16h20-16h40 : Apports de la spectrofluorescence 3D pour l'estimation des qualités et quantités de matière organique dissoute en Seine : bilan du suivi hebdomadaire réalisé de l'amont à l'aval de l'agglomération parisienne pendant une année hydrologique. A. Goffin, G. Varrault, V. Rocher, S. Guerin (p. 15)

16h40-17h : Caractérisation des particules ferrugineuses dans la Seine par magnétisme environnemental. D. Kayvantash, C. Franke, C. Kissel, I. Cojan (p. 16)

17h-17h20 : Comment caractériser un cours d'eau urbain pour restaurer durablement son fonctionnement écologique ? E. Tales, B. Holota, A. Zahm, C. Le Pichon, et J. Belliard (p. 17)

17h20-18h : Débats avec la salle

## Vendredi 7 octobre 2016

### *Session « Scénariser les futurs du bassin », animée par l'axe 1 du programme*

9h00-9h20 : Territoires en décroissance de l'amont de la Seine et réorganisation des services urbains de l'eau. L. Lainé, S. Barles, C. Carré (p. 18)

9h20-9h40 : Quantification des micro-plastiques dans les milieux aquatiques du bassin de la Seine. R. Dris, J. Gaspéri, V. Rocher, B. Tassin (p. 19)

9h40-10h : Quantification des flux de polluants organiques à l'échelle du bassin de la Seine. D. Gateuille, J. Gasperi, C. Briand, E. Moreau-Guigon, F. Alliot, M. Blanchard, M. Chevreuil, M.J. Teil, J.M. Brignon, P. Labadie, H. Budzinski, V. Rocher, S. Azimi, D. Thevenot, R. Moilleron, M. Meybeck & J.M. Mouchel (p. 20)

10h-10h20 : Impact du changement climatique sur les rendements agricoles et la demande d'irrigation. P. Humblot, D. Barberis, P-A. Jayet (p. 21)

*10h20-10h50 : pause*

10h50-11h10 : Comparaison expérimentale à long terme du stockage de C et du bilan N de systèmes de culture alternatifs et conventionnel. B. Autret, Rakotovololona, N. Beaudoin, B. Michel, B. Mary (p.22)

11h10-11h30 : Accumulation ou déstockage du phosphore : des systèmes agricoles au territoire. J. Le Noë, A. Azougui, S. Bosc, B. Mercier, G. Billen, J. Garnier (p. 23)

11h30-11h50 : Dynamique des formes du carbone dans le continuum aquatique de la Seine. A. Marescaux, A. Martinez, A. Azougui, S. Bosc, B. Mercier, V. Thieu, J. Garnier (p. 24)

11h50-12h15 : Reconstitution de l'origine des pesticides des rivières par analyse fonctionnelle des tendances et modélisation exploratoire. H. Blanchoud, N. Gallois, A. Mattei, T. Puech, N. Fauchon, P. Viennot, C. Schott, F. Baratelli, C Mignolet, N. Flipo, J-M. Mouchel (p. 26 et 27)

12h15-13h : Débats avec la salle

*13h-14h30 : Déjeuner*

### *Session spéciale « l'adaptation au Changement Climatique : les événements extrêmes »*

14h30-14h50 : Conférence invitée : Avancement de la stratégie d'adaptation du bassin de la Seine au changement climatique. S. Feuillette (Agence de l'Eau Seine-Normandie).

14h50-15h10 : Retour sur la crue du printemps 2016

15h10-16h20 : Débats sur la prise en compte des extrêmes dans la scénarisation des devenir du bassin

16h20-16h30 : Clôture du colloque 2016

## **Production et usages de la modélisation dans le cadre du PIREN-Seine**

NATALIE CHONG\*<sup>1</sup>, JOSE-FREDERIC DEROUBAIX<sup>1</sup>, CELINE BONHOMME<sup>1</sup>,  
& REGIS MOILLERON<sup>1</sup>

<sup>1</sup>LEESU, Ecole des Ponts ParisTech

\* natalie.chong@enpc.fr

Au cours des 30 dernières années, le développement des capacités de calcul et la production d'expertise sur le fonctionnement des milieux naturels ont conduit à l'essor d'un nombre important d'outils de modélisation. Le développement de ces outils s'est accompagné d'une injonction croissante pour les gestionnaires des milieux ou des infrastructures de fonder leurs décisions et leurs politiques sur des bases et des données scientifiques. Pourtant, dans le contexte spécifique du PIREN-Seine, les usages directs des modèles semblent relativement moins fréquents et toujours éphémères. Comment expliquer cette relation paradoxale entre offre et demande de modèles ?

Pour résoudre cet apparent paradoxe, notre recherche vise à comprendre les conditions dans lesquelles les outils de modélisation sont développés et utilisés dans le cadre du PIREN-Seine. Nous testons tout d'abord l'hypothèse d'une coexistence de deux types de modèles distincts : les modèles dits « de recherche » et ceux qu'on qualifie « de gestion ». Les modèles dits de gestion sont développés pour répondre aux préoccupations spécifiques et territorialisées des gestionnaires ; ils sont considérés comme plus pragmatiques et plus simples que les modèles de recherche. Ces derniers sont développés dans la perspective d'une meilleure connaissance et sont considérés comme rendant davantage compte de la complexité des processus physiques, biologiques ou chimiques. L'analyse des différents types d'usagers et d'usages des outils développés dans le cadre du PIREN-Seine donne à voir une réalité plus complexe.

Dans de nombreux cas, les chercheurs peuvent présenter plusieurs identités en fonction de leur participation à différentes instances à l'intérieur ou à l'extérieur du PIREN-Seine. La nature des échanges entre chercheurs et praticiens est multiple. Le PIREN-Seine est un lieu qui autorise plusieurs types d'interactions entre ceux qui s'intéressent aux outils de modélisation. Les simulations que permettent ces outils peuvent en effet servir, tantôt à évaluer certaines mesures commandées par une réglementation nouvelle, parfois à compléter certaines actions de « rapportage » des politiques entreprises, d'autres fois à permettre des exercices de prospective ou plus simplement, à permettre d'apprécier les enjeux émergents. Le cœur de la recherche présentée repose sur des entretiens semi-directifs avec les acteurs engagés dans les travaux du PIREN-Seine ou, par ailleurs, dans des activités de modélisation liées à la ressource en eau. 20 acteurs ont d'ores et déjà été interviewés et 20 autres devraient l'être dans les prochains mois.

## **La société face aux changements de qualité de l'eau : le cas de Versailles (1850-1950)**

TATIANA DMITRIEVA<sup>1\*</sup>, LAURENCE LESTEL<sup>1</sup>, SABINE BARLES<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, CNRS, EPHE, UMR 7619 Metis, 4 place Jussieu,  
75005 PARIS, France

<sup>2</sup>Panthéon-Sorbonne, Université de Paris 1, UMR 8504 Géographie-Cités  
191 rue Saint-Jaques 75005 Paris  
\* [tatiana.dmitrieva@upmc.fr](mailto:tatiana.dmitrieva@upmc.fr)

Basée sur les dossiers des archives et les sources numérisées des journaux d'hygiène et de traité de l'eau, le travail vise à montrer comment les villes ont considéré leurs rivières du point de vue de la qualité de leurs eaux sur une période longue de 1850 à 1950, allant du début des analyses des eaux de surface et la mise en place de réglementations spécifiques jusqu'à la réalisation de solutions techniques permettant de résoudre les problèmes identifiés. Une attention particulière est portée à la détection de la pollution et sa perception, aux réglementations et au rôle des mesures dans la genèse de celles-ci, enfin aux jeux d'acteurs ayant permis d'apporter des solutions.

La ville de Versailles a toujours entretenu des relations particulières avec ses eaux. Alimentée depuis le début le XVIII<sup>e</sup> siècle en majeure partie par la Seine, elle a dû, suite à la pollution du fleuve, changer ses prises d'eau dans les années 1890 au profit de prélèvements dans la nappe de Croissy. Les eaux usées de l'agglomération s'évacuaient depuis la création du château dans des petits cours d'eau locaux, les rus de Gally et Marivel, conduisant à la dégradation progressive de la qualité de leurs eaux et la nécessité de plus en plus urgente de la mise en place de techniques d'épuration, ce qui ne fut réalisé qu'après la deuxième guerre mondiale, même si la question de la qualité des eaux de surface avait toujours figuré parmi les préoccupations de différents groupes sociaux (hygiénistes, ingénieurs, administrateurs), conduisant à de nombreuses études approfondies de l'état de ces cours d'eau bien avant la mise en place de la station d'épuration de Versailles en 1950.

# Évolution spatiale et temporelle des réseaux de mesure. Les cas des stations de jaugeage depuis le XIXe siècle et des stations de mesures de l'AESN depuis 1971

LAURENCE LESTEL<sup>1\*</sup>, RONAN STEINMANN<sup>1,2</sup>, KAMEL CHEMLAL<sup>1</sup>, CATHERINE CARRÉ<sup>3</sup>,  
MICHEL MEYBECK<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sorbonne Universités, UPMC Université Paris 6, CNRS, EPHE, UMR 7619 Metis 4 place Jussieu, 75005 Paris, France.

<sup>2</sup> Université de Bourgogne, Laboratoire ArTeHis UMR 6298, 21000 Dijon, France.

<sup>3</sup> Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, UMR LADYSS, 75005 Paris, France.

\* laurence.lestel@upmc.fr

Des réflexions sur la conceptualisation optimale de réseaux de stations de mesures ont été menées par des chercheurs et des gestionnaires, mais leur mise en place, leur évolution et leur efficacité à apporter des réponses aux questions environnementales posées sont rarement analysées.

Au travers des deux études de cas des réseaux des points d'observation hydrométrique du bassin de la Seine, dont le premier d'envergure a été mis en place par Belgrand à partir de 1854, et du réseau national de la surveillance de la qualité des eaux mis en place en 1971, nous montrerons que ces réseaux ont nettement évolué au cours du temps, tant dans leurs dimensions temporelles (durée et fréquence de mesure) que dans leur distribution spatiale, ou encore dans le nombre de paramètres suivis. Quelques stations patrimoniales subsistent, dont les données permettent d'appréhender des évolutions d'état sur le temps long.

La transformation de ces réseaux met également en évidence des évolutions d'objectifs, de stratégie et de gouvernance (locale, par bassin, nationale) où, après des phases d'expansion puis de rétractation, on observe aujourd'hui une redistribution des points de mesures en faveur des petits cours d'eau.

## Implanter des zones tampons sur un territoire ? Construction d'un outil adapté de recueil des perceptions des acteurs sur cette question

AUDE ARRIGHI<sup>1\*</sup>, FABIENNE BARATAUD<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> UR 055 INRA ASTER, Mirecourt

\* [fabienne.barataud@inra.fr](mailto:fabienne.barataud@inra.fr), [aude.arrighi@inra.fr](mailto:aude.arrighi@inra.fr)

Les objectifs de préservation de la ressource en eau et de la biodiversité sont aujourd'hui des enjeux environnementaux majeurs. Cependant, leur mise en relation localement ne semble pas toujours évidente, avec parfois une sectorisation des acteurs et des dispositifs.

Au regard des politiques publiques l'enjeu de préservation de la biodiversité est récent avec notamment la Convention sur la Diversité Biologique (1992) ainsi que les directives européennes Habitats la même année et Oiseaux (1979). Les questions relatives à la préservation de la ressource en eau sont quant à elles plus anciennes en France et ont été accompagnées de la mise en œuvre de politiques nationales (lois sur l'eau de 1964 et de 1992 par exemple) et plus récemment européennes avec notamment la Directive Cadre sur l'Eau des années 2000. Cette dernière marque un tournant avec l'intégration de la biodiversité dans la politique de l'eau comme un indicateur du bon état des masses d'eau (Bouleau 2015).

Cette relative disjonction de ces deux enjeux peut aussi être observée dans la littérature scientifique. Ainsi une analyse bibliométrique de cette littérature (corpus de *webofscience*) met en évidence l'émergence différée des questions relatives à la protection de l'eau et de la biodiversité prises séparément ; elle illustre également leur faible corrélation.

Nous nous intéressons alors aux zones tampons humides artificielles (ZTHA) car situées à l'interface de ces deux enjeux. Pensées initialement pour la restauration de la qualité de la ressource en eau, elles pourraient également présenter un intérêt au regard de la préservation de la biodiversité. Plusieurs ZTHA ont été installées ces dernières années par l'IRSTEA d'Anthony sur le bassin versant de l'Amont de l'Ancoeur dans le secteur de la Brie, en Ile-de-France. Une réflexion est menée dans le cadre du projet Brie'Eau pour proposer un déploiement de ces dispositifs sur le territoire. Sa réussite dépend de la dynamique du développement territorial et de l'implication des acteurs locaux, qui va de pair avec la perception qu'ils ont de ces deux enjeux et l'acceptabilité pour eux des transformations proposées.

L'hypothèse est faite qu'il existe une différence entre l'enjeu de qualité de l'eau qui tend à diviser les acteurs depuis de nombreuses années là où les enjeux de biodiversité, plus récents, permettent parfois de proposer une approche différente. Associer les deux enjeux au travers d'un aménagement paysager pourrait donc permettre d'impulser des formes de dialogue territorial.

C'est dans ce cadre que la mobilisation de l'outil METE'Eau (outil de MEDIation sur les TERRitoires à enjeu Eau) a été pensée. Les versions initiales de cet outil conçu au sein de l'unité INRA – ASTER de Mirecourt portaient sur la mise en œuvre d'un diagnostic de perception sur un territoire avec des problèmes de qualité de sa ressource en eau ; elles ont été testées et validées en 2013 sur 5 territoires d'aires d'alimentation de captage choisis au titre du Grenelle de l'environnement et auprès d'une cinquantaine d'acteurs (Barataud, Arrighi, et Durpoix 2015). Son utilisation dans le projet Brie'Eau vise à mettre en lumière des éléments pertinents selon les acteurs du territoire autour de la question de la préservation de la qualité de l'eau, de la biodiversité et de la mise en place de zones tampons. Des modifications ont été apportées à l'outil pour intégrer de nouvelles thématiques :

- Caractérisation des zones tampons : diversité des zones tampons, chemins de l'eau, transferts de polluants...
- Caractérisation du territoire : occupation du territoire, superposition de territoires comme les aires d'alimentation de captage et les bassins versants...
- Acteurs et démarche : répartition des rôles, choix des indicateurs et suivi...
- Relations avec le paysage agricole : motivations des acteurs locaux, choix techniques pour la mise en place de zones tampons...

Le choix des thématiques, le nombre de cartes, la présence ou non de titres, la formulation de la question qui sera posée aux acteurs locaux sont autant de paramètres qui ont été questionnés. Les choix ont été faits sur la base d'un travail bibliographique et d'échanges avec les différents partenaires du projet plus ou moins spécialisés dans la thématique des zones tampons, de la biodiversité et de l'eau. La difficulté de la conception de l'outil réside dans la prise en compte et la transcription des différences d'échelles à travers des pictogrammes, la nécessité de produire des symboles explicites sans pour autant en guider l'interprétation et enfermer le discours, la prise en compte des critères propres aux différents partenaires sur ces thématiques –juriste, chercheurs, bureau d'études...-. Ces éléments participeront à la construction de la modélisation d'accompagnement d'acteurs envisagée dans la suite du projet.

Barataud, Fabienne, Aude Arrighi, et Amandine Durpoix. 2015. « Mettre cartes sur table et parler de son territoire de l'eau : un (en)jeu pour les acteurs ? » *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 15 Numéro 3 (décembre). doi:10.4000/vertigo.16766.

Bouleau, Gabrielle. 2015. « Mainstreaming de l'enjeu de biodiversité dans la politique de l'eau en France ». In *13ème Congrès national Association Française de Science Politique*. Aix-en-Provence. <http://www.congres-afsp.fr/st/st56/st56bouleau.pdf>.

# **Qu'apporte l'interface science-politique comme connaissances pour la gestion de l'eau et des milieux ? Regards croisés des opérationnels et des chercheurs sur les nitrates et les normes associées**

CATHERINE CARRE<sup>1\*</sup>, ALEXANDRA BOCCAROSSA<sup>2</sup>, NADIA DUPONT<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Laboratoire LADYSS,

<sup>2</sup> Université Rennes 2, Laboratoire ESO

\* [carre@univ-paris1.fr](mailto:carre@univ-paris1.fr)

Cette présentation s'intéresse à la vision partagée des opérationnels et des chercheurs sur les nitrates comme source de pollution et des normes comme outil d'une gestion préventive de la qualité de l'eau et des milieux. Cette réflexion vise à étudier ce qui se construit comme connaissance scientifique pour la gestion de l'eau à l'interface entre science et politique.

Ce travail s'appuie sur deux journées d'échanges organisées en 2016 réunissant à Paris, des chercheurs et des praticiens du bassin de la Seine et, à Rennes, ceux de bassins bretons, autour de deux questions : « Quels enjeux sont associés aux nitrates et quelle est l'intensité de ces enjeux ? » ; « Les normes techniques permettent-elles d'exprimer des préoccupations et des enjeux de qualité de l'eau dans les territoires ? »

Tout en tenant compte de la diversité des profils des personnes et des contextes territoriaux étudiés, le contenu de ces échanges est restitué en dégageant les points communs entre opérationnels et chercheurs. Les connaissances produites renvoient d'une part aux explications du fonctionnement des milieux, les finalités pour l'action publique, et d'autre part à une construction d'un problème pour les territoires, des propositions d'actions, ainsi qu'une analyse des mobilisations d'acteurs et des conflits dans les territoires. Ces grandes catégories de connaissance sont partagées par les chercheurs et les opérationnels, tout en étant sources de débat et n'aboutissant par forcément à des connaissances stabilisées. Pour les normes, elles provoquent des réponses contrastées, entre un outil d'alerte et de sensibilisation cependant limité quant aux actions qu'il permet dans les territoires.

La présentation conclut par un essai de typologie des positions des chercheurs comme producteurs de connaissance pour l'action, en considérant d'une part la diversité des liens des chercheurs avec l'action et d'autre part leurs différents degrés d'implication dans la construction d'un savoir local.

## **Approche géohistorique de la Seine dans la Bassée durant les deux derniers siècles**

RONAN STEINMANN<sup>1,2\*</sup>, LAURENCE LESTEL<sup>1</sup>, ANNIE DUMONT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, CNRS, EPHE, UMR 7619 Metis, 4 place Jussieu, 75005 PARIS, France.

<sup>2</sup>Université de Bourgogne, Laboratoire ArTeHis UMR 6298, 21000 DIJON, France.

\*steinmann.ronan@yahoo.fr

Il est aujourd'hui difficile d'appréhender la forme et le fonctionnement passés d'un fleuve par la simple observation du lit majeur sur des documents actuels. Nous montrons ici que l'approche géohistorique, par l'analyse de documents d'archives, permet d'évaluer et de quantifier les transformations d'un tronçon de la Seine (la Bassée de Nogent-sur-Seine à Montereau-Fault-Yonne) depuis 1839.

Les cartes des fonds de l'Institut Géographique National, des Archives Nationales et de la Bibliothèque Nationale de France, numérisées, redressées, géoréférencées et digitalisées ont permis d'extraire des grandeurs morphométriques qui constituent autant d'indices de la dynamique alluviale au moment du levé du plan.

Un profil en long de 1839, antérieur à la première phase d'aménagement, a été comparé à des documents de 1903 et à la bathymétrie VNF acquise dans les années 2009-2015. Les différentes mesures de l'altitude du fond, de la tranche d'eau à l'étiage et des berges ont été converties dans le système IGN 69.

Afin de pouvoir comparer les mesures en plan et en hauteur, tous les points ont été reportés sur un axe commun, qui passe par le centre du lit majeur. Ce travail de normalisation des données permet d'évaluer les effets des deux grandes phases d'aménagements de la Bassée : les années 1850 et les années 1970. La première a une faible incidence sur la forme en plan et le profil. Les principaux hauts-fonds sont écrêtés, mais cette action n'affecte pas de façon significative le fond du lit. Toutefois, la ligne d'eau à l'étiage, après la construction des premiers barrages, est remontée d'un mètre. C'est entre 1903 et 2010 que l'on voit les plus lourds aménagements : recreusement de canaux diminuant la largeur et la sinuosité en plan, abaissement du fond du lit de 150 cm et nouvelle remontée de la ligne d'étiage (20 cm).

L'analyse des paramètres morphométriques a permis de mettre en évidence les ajustements naturels de la Seine, même s'ils ne sont perceptibles que comme un bruit de fond par rapport à l'ampleur des transformations générées par les travaux d'aménagement du lit.

# Simulation des interactions gravières-aquifères : application à la plaine alluviale de la Bassée.

ANNE JOST<sup>1\*</sup>, SHUAITAO WANG<sup>1</sup>, BAPTISTE LABARTHE<sup>2</sup>, AGNES RIVIERE<sup>2</sup>,  
FULVIA BARATELLI<sup>2</sup> & NICOLAS FLIPO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, CNRS, EPHE, Metis, Paris, France

<sup>2</sup>Université de recherche Paris Sciences et Lettres, MINES ParisTech, Centre de Géosciences, Fontainebleau, France

\*Anne.Jost@upmc.fr

La plaine alluviale de la Bassée concentre des enjeux stratégiques d'aménagement du territoire : préservation de la biodiversité de cette zone humide, extension du transport fluvial, protection contre les inondations, réserve d'eau et de granulats. L'exploitation des sables et graviers depuis les années 60 a conduit à la mise en eau d'environ 10% de la surface de la plaine (Mouhri *et al.*, 2015). Les gravières ainsi formées interagissent avec l'aquifère local des alluvions et l'aquifère régional de la craie, modifiant les chemins d'écoulement souterrain de l'eau dans leur voisinage, selon leur géométrie et le degré de colmatage de leurs berges. En mettant en contact la nappe avec l'atmosphère, les gravières peuvent agir comme puits ou source pour le système aquifère (Schanen, 1998). Leur visibilité notable depuis l'espace leur confère néanmoins un rôle possible d'indicateur des ressources en eau de la plaine dans une perspective de suivi satellitaire de ces réserves.

Une approche, à la fois de terrain et s'appuyant sur la modélisation, est développée autour du site pilote de la Bassée, afin d'affiner notre compréhension de son fonctionnement hydrodynamique et d'y quantifier les échanges entre eaux souterraines et de surface, avec un intérêt particulier pour les gravières. Un dispositif de suivi haute fréquence est déployé depuis un an au sein des différentes entités hydrologiques qui composent le système, qu'il s'agisse de la Seine et de ses affluents, des aquifères alluvionnaire et crayeux aussi bien que des annexes hydrauliques telles que bras morts et gravières.

Parallèlement, une modélisation multi-échelle a été réalisée à l'aide de la plate-forme EauDyssée, reposant sur l'emboîtement de modèles de résolution différente (Labarthe, 2016). Les conditions aux limites du modèle local de la Bassée sont issues d'un modèle régional de résolution plus grossière couvrant le bassin versant de la Seine. Afin de déterminer l'impact hydrodynamique des gravières sur les ressources en eau de la plaine, un module de lac a été spécialement développé au sein de la plate-forme. Il permet la simulation des interactions entre gravières et aquifères. Ses performances ont été évaluées sur un cas test synthétique (Wang, 2016).

Son intégration dans le modèle de la Bassée est en cours.

Labarthe B (2016) Quantification des échanges nappe-rivière au sein de l'hydrosystème Seine par modélisation multi-échelle. Thèse de Doctorat, MINES ParisTech, 316 p.

Mouhri A *et al.* (2015) Mise en place du dispositif de mesure des échanges eaux de surface – eaux souterraines dans la plaine alluviale de la Bassée. Rapport 2014, PIREN-Seine.

Schanen O (1998) Analyse et modélisation de l'impact hydrodynamique et biogéochimique des lacs de gravière sur la nappe alluviale du Val de Seine. Thèse de Doctorat, Université Pierre et Marie Curie, 273 p.

Wang S (2016) Création d'un module de simulation des interactions gravières-aquifères et application à la plaine alluviale de la Bassée. Mémoire de Master 2, Université Pierre et Marie Curie, 50 p.

## **Métabolisme des annexes hydrauliques des corridors hydro-écologiques – des casiers Girardon du Rhône aux gravières de la Bassée**

SOPHIE GUILLON<sup>1\*</sup>, NICOLAS FLIPO<sup>1</sup>, DIDIER JEZEQUEL<sup>2</sup>, PIERRE MARMONIER<sup>3</sup>,  
EVELYNE FRANQUET<sup>4</sup>, MAXINE THOREL<sup>4</sup>, ANTONIN VIENNEY<sup>3</sup>, BENJAMIN OURSEL<sup>4</sup>,  
JEAN-MICHEL OLIVIER<sup>3</sup>, JEAN-JACQUES BOURRAND<sup>2</sup>, ALEXIS GROLEAU<sup>2</sup>

<sup>1</sup> MINES ParisTech, PSL ResearchUniversity, Centre de Géosciences, 77300 Fontainebleau, France.

<sup>2</sup> Institut de Physique du Globe de Paris, Sorbonne Paris Cité, Univ Paris Diderot, UMR 7154 CNRS, F-75005 Paris, France

<sup>3</sup> Université Lyon 1, UMR CNRS 5023 – LEHNA, 69622 Villeurbanne Cedex

<sup>4</sup> Aix Marseille Univ, Univ Avignon, CNRS, IRD, IMBE, Marseille, France

\* sophie.guillon@mines-paristech.fr

Le fonctionnement biogéochimique des annexes hydrauliques des plaines alluviales, et plus particulièrement le cycle du carbone et les flux de CO<sub>2</sub>, sont encore assez mal connus et mal pris en compte dans les bilans de gaz à effet de serre. Deux études sont présentées qui permettent de valider un dispositif de mesure et un outil de quantification du métabolisme, respiration et production primaire, et de son évolution temporelle.

A partir d'un dispositif de mesure en continu mis en place dans des « casiers Girardon » du Rhône, au sud de Lyon, les chroniques haute-fréquence d'oxygène dissous et de température permettent de quantifier le métabolisme (collaboration ZA Seine - ZA Bassin du Rhône). Dans ces casiers, plus ou moins connectés avec le fleuve, des types de fonctionnement divers peuvent se développer, auto ou hétérotrophes, avec des zones d'anoxie en profondeur, pouvant aller jusqu'à la dénitrification.

A partir de cette étude, un dispositif de suivi du métabolisme est en cours d'élaboration dans les gravières de la plaine alluviale de la Bassée, en amont de Paris. Les mesures haute fréquence d'oxygène dissous et de température sont associées à celle du CO<sub>2</sub> dissous, ainsi qu'à des mesures ponctuelles des flux de gaz CO<sub>2</sub> et méthane à l'interface eau-atmosphère. Les résultats préliminaires dans une gravière de la Bassée révèlent une forte activité autotrophe en surface, ce qui constitue un puits de CO<sub>2</sub> dont l'intensité pourrait devoir être prise en compte dans les bilans globaux. Cette forte production primaire en surface de la gravière entraîne une anoxie en profondeur, avec une production de méthane qui dégaze en partie en surface.

# Estimation des flux d'énergie à l'interface nappe-rivière des Avenelles

ASMA BERRHOUMA<sup>1\*</sup>, AGNES RIVIERE<sup>1</sup>, AMER MOHRI<sup>1</sup>, PATRICK GOBLET<sup>1</sup>  
& NICOLAS FLIPO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre de Géosciences, Mines ParisTech, PSL  
35 Rue Saint Honoré 77305 Fontainebleau  
\*asma.berrhouma@mines-paristech.fr

La température de l'eau est un indicateur crucial de l'état des écosystèmes. Elle joue un rôle important dans les cycles biogéochimiques. La dynamique spatio-temporelle du bilan d'énergie à l'interface nappe-rivière est complexe. Cette interface de mélange des eaux de surface et des eaux souterraines est lieu de nombreux processus physiques et géochimiques se déroulant à différentes échelles de temps. L'estimation du bilan d'énergie à cette interface dépend principalement des propriétés du milieu poreux, de la géométrie de l'interface, de la différence de charge entre la rivière et l'aquifère ainsi que de la variation temporelle de la température de la rivière et de l'aquifère.

Cette étude a pour but de déterminer les propriétés hydrothermiques de la zone hyporhéique (ZH) ainsi que des couches géologiques sous-jacentes par inversion et de quantifier les flux d'échange d'eau et de chaleur à l'interface nappe-rivière le long d'un corridor hydraulique. Les inversions peuvent être affectées par des problèmes d'équifinalité dans l'estimation des termes conductifs et advectifs du bilan d'énergie ainsi que les flux d'eau. Nous montrons dans cette étude l'importance de la connaissance de la géométrie et de la texture des faciès du milieu pour réduire les équifinalités dans l'estimation de ces flux.

Cette étude est appliquée au bassin expérimental des Avenelles qui dispose de longues séries de données météorologiques, hydrologiques et hydrogéologiques. Le bassin des Avenelles est un sous bassin de l'Orgeval d'une superficie de 46 km<sup>2</sup> situé à 70 km à l'Est de Paris. Il est constitué par un système aquifère multi-couches formé par deux formations aquifères principales : l'Oligocène (Calcaires de Brie) et l'Eocène (Calcaires de Champigny) séparés par un aquitard marno-argileux. Un dispositif expérimental de mesure hydro-thermique (Stations MOLONARI- MONitoringLOCAL des échanges NAppe-Rivière) a été mis en place en 2012 afin de mesurer la hauteur d'eau dans la rivière, les profils verticaux des températures dans la ZH ainsi que la charge et la température dans les aquifères sous-jacents. Les données sont enregistrées à un pas de temps de 15min.

Un script d'automatisation « Parameters screening » été développé et couplé avec le modèle hydro-thermique 2D METIS (Goblet, 1981) afin de déterminer la combinaison des paramètres optimale permettant au modèle de reproduire les variations des profils de températures à différentes profondeurs dans la ZH. Le choix des gammes des variations des paramètres s'est fait à la fois grâce à des valeurs de la littérature et aussi à l'aide des mesures des slug tests. Ceci a été appliqué au droit des 5 stations MOLONARI. La géométrie et les différents faciès ont été définis grâce à des logs de forages réalisés lors de l'installation des stations ainsi que les mesures géophysiques (Mouhri et al, 2013). Les modèles sont calibrés sur une période des hautes eaux et validés en réalisant des simulations sur des périodes des basses eaux. Finalement, les flux d'échange d'eau et de chaleur sont calculés pour chaque station MOLONARI à partir d'avril 2012 jusqu'à décembre 2015.

## Références bibliographiques

- Mouhri, A., Flipo, N., Rejiba, F., Bodet, L., Jost, A., Durand, V., Goblet. (2013). Caractérisation et quantification spatio-temporelle des échanges hydriques dans la vallée incisée des Avenelles. PIREN-Seine- phase6 – rapport 2013.
- Goblet, P. (1981). Modélisation de transfert de masse et d'énergie en aquifère. Thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure des mines de Paris.

## **Caractérisation de la géochimie des interfaces nappe-rivière du bassin des Avenelles**

JEAN-MARIE MOUCHEL<sup>1</sup>, STEFANY ROCHA<sup>1</sup>, AGNES RIVIERE<sup>2</sup>, GAELLE TALLEC<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UMR 7619 Metis, UPMC-CNRS-EPHE, 4, place Jussieu, 75252 Paris CEDEX

<sup>2</sup>Centre de Géosciences, Mines-ParisTech, 33, rue Saint Honoré, 77300 Fontainebleau CEDEX

<sup>3</sup>UR-HBAN, IRSTEA, 1 rue Pierre Gilles de Gennes, 92761 Antony

Le réseau de piézomètres qui a été installé sur le bassin versant de l'Orgeval (sous-bassin des Avenelles) a permis de mieux estimer la circulation dans le bassin dans son ensemble et d'estimer les échanges nappe-rivière grâce à une modélisation inverse des écoulements à partir des données de hauteur d'eau et de température qui a permis de déterminer les périodes et les secteurs où les échanges nappe rivière peuvent s'inverser par rapport aux écoulements habituels de la nappe vers la rivière.

Un suivi annuel de la chimie des éléments majeurs dans les piézomètres profonds (5 stations), dans une série de sources (7 stations), de drains (4 stations), dans les piézomètres de berge (9 stations) et dans le ru des Avenelles (7 stations) a été organisé pour une année. Il permet d'identifier des masses d'eau de caractéristiques très différentes, avec notamment des secteurs très riches en sulfates dans la partie Sud-est du bassin-versant qui témoignent de la présence de traces de gypse.

La plus faible variabilité des concentrations est obtenue dans les échantillons tirés des cours d'eau alors que la plus forte variabilité des concentrations est obtenue dans les piézomètres de berge. La plus forte homogénéité des cours d'eau d'amont en aval était assez attendue, puisque de station en station ce sont des masses d'eau similaires, aux apports latéraux près, qui sont échantillonnées. Au contraire, la variabilité des teneurs mesurées dans les berges témoigne de l'intense réactivité de ces milieux, avec notamment des alcalinités très fortes qu'on attribuera à des activités hétérotrophes dans ces milieux qui sont aussi fréquemment désoxygénés et enrichis en ammonium et en phosphate.

Malgré l'hétérogénéité des concentrations, des tentatives de bilan seront présentées.

# Apports de la spectrofluorescence 3D pour l'estimation des qualités et quantités de matière organique dissoute en Seine : bilan du suivi hebdomadaire réalisé de l'amont à l'aval de l'agglomération parisienne pendant une année hydrologique

ANGÉLIQUE GOFFIN<sup>1\*</sup>, SABRINA GUERIN<sup>2</sup>, VINCENT ROCHER<sup>2</sup>, GILLES VARRAULT<sup>1\*</sup>.

<sup>1</sup> LEESU, Université Paris-Est (UMR MA 102), Ecole des Ponts ParisTech, UPEC, AgroParisTech, Créteil, France

<sup>2</sup> SIAAP, Direction du Développement et de la Prospective, Colombes, France

\* angelique.goffin@enpc.fr, varrault@u-pec.fr

La matière organique (MO) est ubiquiste dans l'environnement et au cœur de nombreux processus régissant la qualité des milieux aquatiques. Connaître finement la quantité et la qualité de matière organique dissoute (MOD) présente un enjeu important pour de nombreux acteurs du monde de l'eau. Caractériser la MOD dans les eaux prélevés pour les usines de potabilisation permet d'anticiper sa traitabilité qui peut varier de façon saisonnière (crues, étiages) mais aussi de définir le risque de génération de sous-produits de désinfection toxiques pour la santé. La MOD influence également la biodisponibilité et la spéciation des micropolluants organiques et métallique dans les milieux récepteurs.

Les méthodes utilisées à l'heure actuelle pour caractériser la MO nécessitent l'ajout de solvants, sont coûteuses et requièrent un temps d'analyse qui ne permet pas une rétroaction efficace sur le fonctionnement des procédés de traitement. La spectrofluorimétrie 3D est un outil qui, outre sa rapidité d'analyse et sa grande cadence analytique, présente la possibilité d'être utilisée en ligne. Cette technologie permet à l'heure actuelle une caractérisation qualitative et semi quantitative de la MO par le biais de fluorophores représentatifs de structures types de certains composés (substances humiques, protéines,...). L'amélioration du suivi de la MO dans les milieux aquatiques et l'optimisation du pilotage des ouvrages de traitement eaux passent par la mise en place d'indicateurs de qualité et de quantité de MO découlant des mesures de fluorescence 3D. À terme, le suivi en ligne et en temps réel combiné au développement d'un algorithme de traitement des spectres de fluorescence permettra l'obtention en temps réel de ces indicateurs pour caractériser efficacement la MO et ainsi optimiser la gestion des ouvrages de traitement des eaux et des milieux récepteurs. Ces travaux portent sur la caractérisation physico-chimique de la matière organique dissoute et la détermination de ses sources en milieu aquatique urbain.

La thèse d'Angélique Goffin (Programmes Mocopée/PIREN-Seine) a démontré l'efficacité de la spectrofluorimétrie 3D pour caractériser la MOD des eaux usées en station d'épuration et évaluer certains paramètres tels que le COD et la DBO<sub>5</sub>. Depuis Juillet 2015, cette méthodologie a été utilisée à l'occasion d'un suivi hebdomadaire de la MOD en Seine intégré au réseau de mesure MeSeine (Mesure en Seine). Celui-ci est mis en œuvre par le SIAAP et intègre 13 points de prélèvements : de Champigny-sur-Marne à Alfortville en Marne, de Choisy à Triel en Seine et enfin à Conflans-Sainte-Honorine en Oise. Ainsi, des variations de qualité de matière organique fluorescente ont été observées entre les différents cours d'eaux étudiés. Des variations d'intensités de fluorescence entre des périodes de temps sec et de crue ont également été mesurées. Des évolutions spatio-temporelles de la qualité et quantité de MOD fluorescente ont ainsi été mises en évidence. Les résultats de la première année de suivi seront présentés ici.

# Caractérisation des particules ferrugineuses dans la Seine avec le magnétisme environnemental

DARIOUCHE KAYVANTASH<sup>1,2\*</sup>, CHRISTINE FRANKE<sup>1</sup>, CATHERINE KISSEL<sup>2</sup>  
& ISABELLE COJAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> MINES ParisTech, PSL ResearchUniversity, Centre de Geosciences, 35 rue St Honoré, F-77305 Fontainebleau.

<sup>2</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement/IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, Avenue de la Terrasse, F-91198 Gif-sur-Yvette CEDEX.

\* dariouche.kayvantash@mines-paristech.fr

La Seine, système méandriforme fortement aménagé, accueille en son bassin le quart de la population française. Tandis que les nombreux aménagements du lit du cours d'eau et la navigation affectent le fonctionnement naturel du système, les différentes activités agricoles et industrielles, ainsi que l'importante occupation du bassin, sont de nombreuses sources de contaminants métalliques affectant la charge sédimentaire de la Seine. Le fer et ses composés, notamment les oxydes de fer, sont présents dans la nature et sont également rejetés dans l'environnement par les activités anthropiques. Ce caractère ubiquiste du fer et sa sensibilité aux conditions environnementales en fait un excellent traceur de sources et de processus.

Cette étude a pour objectif d'identifier l'origine des particules ferrugineuses dans les matières en suspension (MES) de la Seine à partir de leurs propriétés magnétiques, en utilisant les outils et méthodes du magnétisme environnemental.

Un échantillonnage mensuel de MES entre été 2011 et fin 2012 a permis de couvrir les différents types de points clés de la Seine (zones rurales, urbaines, affluents, rejets de stations d'épuration) et contextes hydrologiques (des crues aux étiages). Différentes analyses ont été conduites sur ces échantillons afin de caractériser la minéralogie, la taille et la concentration des particules magnétiques et d'examiner leurs relations avec les conditions environnementales dans lesquelles les particules se sont formées et/ou ont évolué.

Les outils magnétiques ont permis de mettre en évidence la présence de magnétites dans la fraction ferrugineuse des MES. Ce minéral montre une forte affinité avec la fraction fine de la charge sédimentaire (charge de ruissellement) et ses propriétés magnétiques peuvent être utilisées pour décrire les mécanismes hydro-sédimentaires naturels dans la Seine tels que les phénomènes de remise en suspension.

Les résultats obtenus par les méthodes du magnétisme environnemental montrent que les propriétés magnétiques des MES sont peu dépendantes des paramètres physico-chimiques dans la Seine et illustrent principalement des changements d'occupation du bassin. La taille et la concentration des magnétites présentes dans les MES augmente significativement dans l'agglomération parisienne par rapport à la partie rurale amont puis diminue à la sortie de l'agglomération parisienne. Une dilution des magnétites en période de crue et un enrichissement en période d'étiage est illustré par les propriétés magnétiques des MES dans l'agglomération parisienne.

# COMMENT CARACTERISER UN COURS D'EAU URBAIN POUR RESTAURER DURABLEMENT SON FONCTIONNEMENT ECOLOGIQUE ?

ÉVELYNE TALES\*, BERNADETAHOLOTA, AMANDINE ZAHM, CELINE LE PICHON  
& JEROME BELLIARD

Irstea UR Hydrosystèmes et bioprocédés, 1 rue Pierre-Gilles de Gennes, CS 10030, 92761 Antony cedex

\* [evelyne.tales@irstea.fr](mailto:evelyne.tales@irstea.fr)

Le fonctionnement écologique des cours d'eau urbains est encore assez méconnu. Longtemps ces milieux ont été dépourvus d'intérêt pour les écologues parce qu'ils étaient trop altérés. Avec la mise en application de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), ils font davantage l'objet d'un intérêt, porté sur la restauration de leur état écologique, souvent fortement modifié. Cependant, en l'absence de connaissance suffisante de leur fonctionnement écologique, les mesures de restauration mises en œuvre n'ont pas une efficacité avérée.

Il s'agit donc en premier lieu de caractériser les cours d'eau urbains, de quantifier et hiérarchiser les pressions qui s'exercent spécifiquement sur ces milieux. Améliorer la restauration de ces cours d'eau suppose de disposer de bons diagnostics de leur état, et donc d'identifier clairement les altérations majeures pour agir sur les leviers ad hoc. Les altérations des cours d'eau liées à l'urbanisation sont assez bien décrites de manière qualitative, et constituent le syndrome des cours d'eau urbains (Walsh et al 2005). Cependant, les effets de l'urbanisation sur les cours d'eau sont rarement quantifiés avec une approche intégrée. Est-ce qu'il suffit qu'un cours d'eau traverse une ville pour être qualifié d'urbain ?

La région Ile de France constitue un terrain d'étude idéal pour cette problématique car, compte tenu de son mode d'urbanisation, il existe un gradient spatial relatif à l'éloignement progressif de Paris. Une première tentative de caractérisation de l'impact de l'urbanisation sur les petits cours d'eau franciliens (surface de bassin versant inférieure à 1000 km<sup>2</sup>) a été menée, à partir du recueil d'une combinaison de variables quantitatives. L'élaboration d'une synthèse bibliographique concernant les cours d'eau urbains dans différentes zones géographiques (Etats-Unis pour la plupart), a permis de déterminer un ensemble de variables de différentes natures (hydrologie, morphologie, qualité d'eau, occupation des sols).

Une analyse multivariée a été effectuée sur les variables quantitatives recueillies, dans la perspective d'obtenir un gradient d'urbanisation. A l'issue de cette analyse, les cours d'eau franciliens se répartissent en quatre groupes correspondant à un degré d'urbanisation croissant. Pour l'instant cependant, seule une partie des variables à prendre en compte est disponible, relatives à la démographie, à l'occupation des sols, à l'hydromorphologie et à la qualité de l'eau.

Il sera donc nécessaire d'affiner cette caractérisation en approfondissant notamment la connaissance du comportement hydrologique des cours d'eau urbains, avant de la confronter à des variables relatives à leur biodiversité.

## **Territoires en décroissance de l'amont de la Seine et réorganisation des services urbains de l'eau**

LILI LAINE<sup>1\*</sup>, SABINE BARLES<sup>1</sup>, CATHERINE CARRE<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Laboratoire Géographie-cités,

<sup>2</sup> Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, laboratoire LADYSS

\* [lili.laine@univ-paris1.fr](mailto:lili.laine@univ-paris1.fr)

On s'intéresse dans le cadre de la diminution de la consommation d'eau, au cas des petites villes de l'amont du bassin de la Seine, dans les départements de la Marne et de l'Aube qui connaissent aussi, depuis les quarante dernières années, une diminution de leur population et de leur activité économique.

L'étude vise à apprécier l'impact de la diminution de la population sur la diminution de la demande en eau et le diagnostic tenu par les services et les élus sur ces impacts. Sachant que cette diminution s'est accompagnée dans les trois terrains étudiés (Romilly-sur-Seine, Épernay et Vitry-le-François) d'une augmentation du prix unitaire du mètre cube et donc du maintien des recettes des services, l'étude présente les actions des services pour répondre à la recomposition territoriale de la demande, aux nouvelles pratiques de consommation et à la réorganisation des territoires dans le cadre de la loi NOTRe. Elle interroge la capacité des services d'eau à absorber cette nouvelle donne et à mettre en question les solutions techniques existantes au regard de la fragilité croissante des ménages, des territoires et de leur ressource en eau.

# MICROPLASTIQUES EN ÎLE-DE-FRANCE : DES SOURCES URBAINES VERS LES MILIEUX RECEPTEURS

RACHID DRIS<sup>1\*</sup>, JOHNNY GASPERI<sup>1\*</sup>, VINCENT ROCHER<sup>2</sup>, BRUNO TASSIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université Paris-Est, LEESU (laboratoire eau environnement et systèmes urbains), 61 avenue du Général de Gaulle, 94010 Créteil Cedex, France.

<sup>2</sup> SIAAP (syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne), Direction du Développement et de la Prospective, 82 avenue Kléber, 92700 Colombes, France.

\* personne à contacter

Le risque environnemental lié à la présence de plastiques dans les milieux aquatiques a été suggéré, pour le milieu marin, dès les années 1970. S'il reste incomplètement cerné (d'un point de vue écotoxicologique essentiellement), il ressort de la littérature qu'il est significatif. Même si certains travaux suggèrent qu'une grande partie de ces plastiques provient des eaux continentales, il existe aujourd'hui peu d'études sur les niveaux d'imprégnation des milieux aquatiques en milieu continental et aucune à l'échelle des bassins versants pour préciser l'importance des différentes sources urbaines.

Dans cette étude, les microplastiques de dimension caractéristique entre 0,05 et 5 mm sont considérés. Les retombées atmosphériques, les effluents et affluents de stations d'épuration ainsi que les milieux récepteurs ont été étudiés. Les retombées atmosphériques ont été collectées sur des périodes d'une quinzaine de jours, pendant un an. Sur la station d'épuration de Seine Centre, trois échantillons moyens 24 heures sur trois jours consécutifs ont été prélevés, en entrée, après décantation et en sortie de station d'épuration. La Seine a été suivie mensuellement sur 5 points de l'amont (dont un point en Marne) à l'aval de l'agglomération parisienne sur une durée de 19 mois. Après élimination de la matière organique par traitement enzymatique, les microplastiques sont séparés de la fraction minérale par décantation densimétrique. Les microplastiques sont ensuite comptés à l'aide d'un stéréomicroscope puis caractérisés par microspectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF).

Les retombées atmosphériques montrent une abondance de microplastiques (2-355 fibres/m<sup>2</sup>/jour), essentiellement sous forme fibreuse. Cette abondance est variable en fonction des périodes de temps sec et des précipitations. La moitié de ces fibres sont comprises entre 1 et 5 mm, l'autre moitié étant comprise en 0,05 et 1 mm. Les microplastiques observés dans les eaux usées et les eaux traitées sont exclusivement sous forme de fibre. Des niveaux élevés sont retrouvés pour les eaux usées (260-320 x 10<sup>3</sup> fibres/m<sup>3</sup>). Les effluents traités présentent des concentrations inférieures, de l'ordre de 14-50 x 10<sup>3</sup> fibres/m<sup>3</sup>. Sur la base de ces premiers résultats, un abattement significatif en station d'épuration semble être observé. Ce dernier semble affecter essentiellement les fibres plus longues ([1 - 5 mm]) sachant que ces dernières sont les plus abondantes en entrée et totalement absentes en sortie.

Le suivi de la contamination des eaux de surface a été abordé selon deux méthodes d'échantillonnage distinctes, un échantillonnage par un filet avec une maille de 80 µm et un autre par un filet de 330 µm. Suite au risque de colmatage, ces méthodes diffèrent aussi par les volumes collectés (entre 450 et 2 000 L pour le filet à 80 µm et entre 50 000 et 200 000 L pour le filet à 330 µm). Le couplage des deux méthodes permet l'observation de fibres, de fragments et de sphérules. L'échantillonnage à l'aide du filet à 80 µm met en évidence une prédominance de fibres avec des concentrations comprises entre 1 et 441 fibres/m<sup>3</sup>. Une diversité plus élevée de formes de microplastiques est rencontrée lors de l'échantillonnage à l'aide du filet de 330 µm mais avec des concentrations beaucoup plus faibles (0,12-2,93 particules/m<sup>3</sup>). Compte tenu de leur taille, les fibres ne sont pas retenues par ce filet. Par contre, seule l'utilisation d'un large maillage et donc d'un échantillonnage d'un volume important permet l'observation de fragments et sphérules.

## Flux de polluants organiques dans le bassin de la Seine

DAVID GATEUILLE<sup>1\*</sup>, CYRIELLE BRIAND<sup>1\*</sup>, JOHNNY GASPERI<sup>1\*</sup>, ELODIE MOREAU-GUIGON<sup>2</sup>, FABRICE ALLIOT<sup>2</sup>, MARC CHEVREUIL<sup>2</sup>, MARTINE BLANCHARD<sup>2</sup>, MARIE-JEANNE TEIL<sup>2</sup>, JEAN-MARC BRIGNON<sup>3</sup>, PIERRE LABADIE<sup>4</sup>, HELENE BUDZINSKI<sup>4</sup>, VINCENT ROCHER<sup>5</sup>, SAM AZIMI<sup>5</sup>, DANIEL THEVENOT<sup>1</sup>, REGIS MOILLERON<sup>1</sup>, MICHELMEYBECK<sup>2</sup> & JEAN-MARIE MOUCHEL<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> LEESU, Université Paris Est-Créteil, Créteil, France

<sup>2</sup> METIS, Université Pierre and Marie Curie, Paris, France

<sup>3</sup> INERIS, Verneuil en Halatte, France

<sup>4</sup> EPOC, Bordeaux, France

<sup>5</sup> SIAAP, Paris, France

\* personne à contacter

La Seine draine un bassin de 78 650 km<sup>2</sup> où réside 25% de la population et 30% de l'industrie nationale. Caractéristique des grands bassins versants fortement impactés par les activités anthropiques, le bassin de la Seine est l'objet de nombreuses études, dont la plupart ont été réalisées dans le cadre des programmes de recherche PIREN-Seine et OPUR. Ces études ont porté sur les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les polychlorobiphényles (PCB), les polybromodiphényléthers (PBDE), les phtalates (PAE), les alkylphénols (AP) et les composés perfluorés (PFC). Les sources d'émissions de ces composés vers l'environnement sont très variées. Les HAP sont principalement émis durant la combustion des matières organiques comme le trafic routier. Les PBDE ont été utilisés comme retardateurs de flamme, principalement dans les industries plastiques et textiles. Interdits depuis 1987, les PCB ont longtemps été utilisés comme isolants électriques thermorésistants et des teneurs significatives peuvent toujours être mesurées dans l'environnement. Les phtalates sont encore utilisés en tant que plastifiants. Très massivement utilisés jusqu'au début des années 2000, les alkylphénols ont été essentiellement utilisés pour leurs propriétés tensio-actives dans les détergents et autres produits d'entretien. Enfin, les composés perfluorés peuvent être trouvés dans de nombreux produits du quotidien notamment dans les textiles imperméables ou les revêtements anti-adhésion des ustensiles de cuisine. En plus de la diversité des voies d'émissions de ces composés, la grande variété de leurs propriétés physico-chimiques entraîne des comportements dans l'environnement très diversifiés.

Notre étude vise à établir les bilans massiques de ces 6 familles de composés à l'échelle du bassin de la Seine. Ces bilans constituent un moyen efficace de comprendre les voies de transferts des contaminants dans l'environnement. Les bases de données de plus de 70 études portant sur l'environnement de la Seine ont été compilées et utilisées dans nos calculs. En plus des stocks dans les sols, la plupart des principaux flux environnementaux ont été considérés : les apports atmosphériques, les flux érodés à partir des sols, les transferts dans les rivières et les rejets urbains. Une attention particulière a aussi été portée aux flux urbains en intégrant les flux dans le réseau et en sortie de STEP, le lessivage des surfaces imperméables et les rejets urbains de temps de pluie à l'échelle de la zone SIAAP.

Les premiers résultats montrent des résultats très contrastés entre les différents groupes de contaminants. Les HAP sont les composés les plus abondants dans les sols du bassin. Les autres familles présentent des stocks moindres (HAP > PAE > AP > PCB > PBDE > PFC) reflétant les différences dans les sources d'émissions et/ou de comportement au sein de ce réservoir. Les AP sont les composés les plus présents dans les retombées atmosphériques actuelles. Par ailleurs, les retombées d'AP, de PAE et de HAP semblent être homogènes sur l'ensemble du bassin alors que pour les PBDE et les PCB elles se concentrent respectivement sur les zones urbaines et agricoles. Ces résultats suggèrent que les émissions de PBDE sont liées à des sources bien localisées alors que les retombées de PCB pourraient être dues à de la revolatilisation depuis les sols agricoles. Dans la Seine les composés les plus abondants sont les PAE et les AP avec des flux avoisinant 10 t.an<sup>-1</sup>. Les flux les plus faibles ont été calculés pour les PBDE et les PCB avec environ 50 kg.an<sup>-1</sup>. L'érosion semble être la source principale de contamination de la Seine pour les HAP et les PCB. Pour les PAE, les rejets de STEP semblent constituer une source importante vers le système Seine. Pour les PBDE et les AP, l'érosion et les rejets urbains semblent contribuer à parts égales aux flux en Seine. Malgré ces résultats, certaines sources de contamination restent encore inconnues ou mal quantifiées et des études complémentaires doivent encore être menées.

## **Impact du changement climatique sur les rendements agricoles et la demande d'irrigation**

PIERRE HUMBLLOT<sup>1</sup>, PIERRE-ALAIN JAYET<sup>1\*</sup>, DELPHINE BARBERIS<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> UMR INRA-Agro Paris Tech Economie Publique, Centre INRA Versailles-Grignon, 78850 Grignon

\* jayet@grignon.inra.fr

L'objectif fixé consiste à mesurer les impacts du changement climatique sur l'agriculture du bassin de la Seine (en termes de variations de rendements et de besoins en intrants). Il s'agit plus particulièrement de développer un modèle de simulation agro-économique capable d'estimer la consommation d'eau d'irrigation en climat futur.

Pour ce faire, le forçage STICS-AROPAj et le modèle AROPAj ont été adaptés afin d'intégrer l'eau comme intrant agricole. Le calibrage et la mise à jour de la typologie RICA (en fonction des surfaces irriguées) ont été des étapes décisives dans la réalisation de cette adaptation. De nouvelles fonctions dose-réponses, associant inputs et rendements pour chaque culture, ont été établies.

Les résultats présentés à l'occasion de ce colloque s'appuient sur la thèse de Pierre Humblot soutenue en mai 2016. Des estimations du rendement et des besoins en eau d'irrigation sont disponibles pour plusieurs années climatiques résultant du modèle ARPEGE (de 2010 à 2100) et pour divers scénarios d'évolution (A1B réalisé, A2 en cours). Il en ressort une variation importante de la demande en eau d'irrigation, ainsi que des productions agricoles.

Un module de spatialisation des résultats a été développé dans le cadre de la dernière typologie en vigueur pour les données RICA (version V5, année 2009). Des exemples de cartes seront proposés pour le scénario A1B à l'échelle du bassin versant de la Seine (pour les besoins de ce colloque) afin de rendre compte de l'importance de la variabilité spatiale.

De nombreux travaux restent à accomplir et sont en cours d'élaboration. Il s'agira principalement de quantifier les effets d'une adaptation de l'agriculture sur les besoins en eau et les productions agricoles dans le contexte du changement climatique et en situation d'évolution des prix et des redevances pour l'eau d'irrigation.

## Comparaison expérimentale à long terme du stockage de C et du bilan N de systèmes de culture alternatifs et conventionnel.

BENEDICTE AUTRET<sup>1\*</sup>, LUCIA RAKOTOVOLOLONA<sup>1</sup>, NICOLAS BEAUDOIN<sup>1</sup>,  
MICHEL BERTRAND<sup>2</sup> & BRUNO MARY<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRA, UR 1158 AgroImpact, Site de Laon, F-02000 Barenton-Bugny

<sup>2</sup> INRA, UMR Agronomie, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, F-78850 Thiverval-Grignon

\* [benedicte.autret@laon.inra.fr](mailto:benedicte.autret@laon.inra.fr)

Des systèmes de culture “alternatifs” sont promus comme conciliant mieux productivité et impacts environnementaux. Le projet ENBIOexpé vise à évaluer l’impact de tels systèmes sur le stockage de carbone (C) et d’azote (N) dans le sol, la diminution de la lixiviation et des émissions de gaz à effet de serre (GES).

Le dispositif expérimental de La Cage (INRA Versailles) permet de comparer, depuis 1998, quatre systèmes de culture sans apport d’effluents d’élevage : un système conventionnel (CON), un système intégré à bas niveau d’intrant (INT), un système en non labour sous couvert végétal permanent (SCV) et un système en agriculture biologique (BIO). La densité apparente du sol et sa teneur en C et N organiques ont été d’abord mesurées à différentes dates entre 1998 et 2014, afin de calculer les stocks de C et N à masse de sol équivalente. L’évolution de ces stocks entre 1998 et 2014 a été simulée à l’aide du modèle AMG (Saffih-Hdadi et al., 1999). Le surplus d’azote de chaque système de culture a été calculé à partir des données de fertilisation azotée, de l’estimation de la fixation symbiotique (Anglade et al., 2015) et des exportations d’azote à la récolte. De plus, des mesures de reliquats azotés et de l’humidité du sol pluriannuelles ont permis d’estimer la lixiviation de N durant la période de drainage grâce au modèle LIXIM (Mary et al., 1999).

La vitesse de stockage du C entre 1998 et 2014 est de 0.08, 0.02, 0.63 et 0.28 t C ha<sup>-1</sup>an<sup>-1</sup> dans les systèmes CON, INT, SCV et BIO respectivement, et significativement différente de 0 dans les systèmes SCV et BIO. Après optimisation des paramètres du modèle AMG, la simulation de l’évolution des stocks de C dans le temps montre que l’augmentation des stocks de C organique en SCV s’explique par d’importantes entrées de C, liées aux résidus de cultures supplémentaires (+1.72 t C ha<sup>-1</sup>an<sup>-1</sup> en moyenne) plutôt que par la suppression du labour. Le surplus d’azote est le plus élevé en SCV, avec 151 kg N ha<sup>-1</sup>an<sup>-1</sup> contre 52 kg N ha<sup>-1</sup>an<sup>-1</sup> en moyenne pour CON, INT et BIO. Les pertes moyennes de nitrate par lixiviation sont de 15 kg N ha<sup>-1</sup>an<sup>-1</sup>, sans différence significative entre systèmes. Enfin, le bilan de masse d’azote, entre le surplus, la lixiviation, et le stockage dans le sol, permet d’estimer des pertes gazeuses à 43, 27, 68 et 3 kg N ha<sup>-1</sup>an<sup>-1</sup> en CON, INT, SCV et BIO, respectivement. Des mesures d’émissions de protoxyde d’azote (N<sub>2</sub>O) et de CO<sub>2</sub> permettront de compléter le bilan de GES de ces systèmes. L’étape finale sera de tester si une modélisation déterministe, à l’aide de STICS, peut rendre compte de ces bilans.

# Accumulation ou déstockage du phosphore : des systèmes agricoles au territoire

JULIA LE NOË<sup>1\*</sup>, SEBASTIEN BOSC<sup>1</sup>, BENJAMIN MERCIER<sup>1</sup>, ABDEL AZOUGUI<sup>1</sup>,  
GILLES BILLEN<sup>1</sup> & JOSETTE GARNIER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sorbonne Universités, UPMC, CNRS, EPHE, UMR 7619 METIS, 4 place Jussieu, 75005 PARIS, France

\* julia.le\_noe@upmc.fr

Le phosphore (P) est un élément indispensable à la croissance des plantes, mais sa ressource mondiale, constituée de l'ensemble des gisements fossiles de phosphates naturels, est limitée et très inégalement répartie (85 % des ressources dans seulement 3 pays). Un excès de P dans les sols soumis à l'érosion peut cependant avoir des effets délétères sur l'environnement aquatique (eutrophisation). La gestion de la fertilisation phosphorée dans les agrosystèmes doit donc faire face au problème unique du trop et du trop peu de ressource disponible. En France, les apports en P pour l'agriculture conventionnelle (AC) ont été fortement revus à la baisse depuis les 40 dernières années en réponse aux recommandations. En agriculture biologique (AB), régie par un cahier des charges strict le recours aux fertilisants de synthèse N & P est interdit, de sorte que les risques de carence en P sont un reproche fréquemment adressé aux pratiques en AB en grandes cultures. Cependant, la question de durabilité vis-à-vis du P concerne également les systèmes en AC à terme puisqu'il s'agit d'une ressource non-renouvelable déjà menacée. Le problème de la compréhension et de la gestion du cycle du P dans les systèmes agricoles est traité ici selon une vision multi-échelle, imbriquant l'échelle de l'exploitation agricole dans celle du territoire.

A l'échelle de l'exploitation agricole, le réseau ABAC de fermes en AB et AC, instrumentées par notre laboratoire (Benoit et al., 2014, 2016), constitue notre base expérimentale et observationnelle pour analyser la question de la soutenabilité de l'AC et de l'AB en termes de P. Plusieurs protocoles de mesures du P disponible pour les plantes (P-disp) et du P total (P-tot) ont été réalisées et comparés sur l'ensemble des parcelles permettant de reconstituer une rotation type à l'échelle de la ferme. La comparaison des stocks de P-disp et P-tot dans les sols avec l'estimation des besoins annuels et du bilan des apports de P pour chacune des rotations types permet d'estimer les risques de carence ou de surplus en P en fonction des pratiques agricoles.

Cette approche peut être généralisée à l'échelle régionale grâce à la méthodologie GRAFS (GeneralizedRepresentation of the Agro-Food System, Billenet *al.*, 2014). Cette approche propose une vision biogéochimique du fonctionnement du système agricole régional en retraçant la circulation des flux de P au travers de ses principaux compartiments. Les systèmes agricoles peuvent ainsi être caractérisés en termes de ressources P consommées, d'efficacité d'utilisation du P (PUE), de variation des stocks de P des terres agricoles (bilan P) et, de dépendance du territoire vis-à-vis de l'extérieur.

Le paradoxe qui découle de ces deux analyses, à l'échelle de l'exploitation agricole comme à l'échelle régionale, est celui des stocks de P (totaux et disponibles), très excédentaires par rapport aux besoins annuels des plantes, alors que le bilan des apports et des prélèvements de P est largement négatif sur les terres arables du bassin de la Seine. Cette apparente contradiction résulte de l'histoire longue de la fertilisation en P du bassin parisien qui a abouti à la constitution de stocks hérités dont il conviendra d'évaluer la durée de vie dans les conditions actuelles des différentes formes d'agriculture.

## Dynamique des formes du carbone dans le continuum aquatique de la Seine.

AUDREY MARESCAUX<sup>1,\*</sup>, ANUNCIACION MARTINEZ<sup>1</sup>, ABDELKADER AZOUGUI<sup>1</sup>,  
SEBASTIEN BOSC<sup>1</sup>, BENJAMIN MERCIER<sup>1</sup>, ALBERTO BORGES<sup>2</sup>,  
VINCENT THIEU<sup>1</sup> & JOSETTE GARNIER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sorbonne Universités, UPMC, CNRS, EPHE, UMR 7619 METIS, 4 place Jussieu, 75005 PARIS, France

<sup>2</sup>Université de Liège, Unité d'Océanographie Chimique, Institut de Physique (B5), B-4000, Belgium

\* [audrey.marescaux@upmc.fr](mailto:audrey.marescaux@upmc.fr)

Le rôle du cycle du carbone dans le bilan énergétique de la terre et la régulation du climat, rend son étude et sa compréhension nécessaire pour proposer des politiques de gestion du carbone pour un futur plus durable (Raymond et al., 2013).

Les échanges latéraux de carbone le long du continuum aquatique Terre-Océan ont longtemps été sous-estimés. Plus précisément, les rivières ont été représentées par un tuyau sans échange avec l'atmosphère, les sédiments, les lacs et les zones humides (Cole et al., 2007). Depuis une dizaine d'années, des études proposent des quantifications des flux entre les rivières et l'atmosphère à l'échelle globale basées sur la modélisation et/ou, à échelles régionales appuyées par des études in-situ. L'émission de carbone des rivières a été récemment estimée entre  $0,65_{-0,17}^{+0,20}$  PgC.an<sup>-1</sup> (Lauerwald et al., 2015) et  $1,80 \pm 0,25$  PgC.an<sup>-1</sup> (Raymond et al., 2013). Ce flux non négligeable en comparaison des puits de carbone océanique et terrestre, respectivement  $2,9 \pm 0,5$  et  $2,5 \pm 0,9$  PgC an<sup>-1</sup> (Le Quéré et al., 2014), mérite d'être précisé à l'aide d'études à l'échelle de bassins versants.

Le bassin versant de la Seine est caractérisé par une population dense et une agriculture intensive qui ont un impact sur le cycle naturel du carbone (Garnier et al., 2001). Au cours de cette première année d'étude, 40 points d'échantillonnage ont été sélectionnés dans ce bassin selon différent(e)s (i) occupations du sol (zone urbaine, boisée, humide, agricole ou prairie), (ii) ordres de Strahler et (iii) grands axes de la Seine. Trois campagnes ont été réalisées, en 2016, lors de différentes saisons : hivernales, humide durant la crue de juin et sèche au cours de l'été. Les mesures et analyses effectuées concernent le carbone (COP, CIP, COD, CID, CO<sub>2</sub>) mais également, les gaz à effet de serre (méthane, oxyde nitreux dissous) et autres variables d'intérêt (pH, alcalinité, température, nutriments, biomasse algale, oxygène...).

La comparaison des mesures directes (spectrométrie infrarouge) et des estimations indirectes (pH, alcalinité/carbone inorganique, température) de la concentration volumique en dioxyde de carbone (pCO<sub>2</sub>) a permis d'établir une relation permettant l'exploitation de bases de données Agence de l'Eau Seine Normandie (depuis 1974) et de reconstituer des chroniques spatio-temporelles. Nous montrons par exemple par les calculs des pCO<sub>2</sub> que le bassin de la Seine est globalement hétérotrophe et plus dans les grands axes de rivières que dans les têtes de bassin. Les différentes mesures in-situ, quant à elles, permettent une comparaison de la pCO<sub>2</sub> entre différentes situations étudiées et l'occupation du sol, les valeurs étant plus élevées en période de crue, plus élevées également dans les zones de prairies et les zones humides. Le carbone organiques dissous apparaît être un facteur de contrôle important du pCO<sub>2</sub>.

Cette analyse du devenir du carbone sous différentes formes dans le continuum aquatique du bassin versant de la Seine doit permettre de mieux caractériser les apports à l'hydrosystème et améliorer la représentation du carbone à l'aide du modèle pyNuts-Riverstrahler (Billen et al., 1994 ; Thieu et al., 2015). Les campagnes de mesures du CO<sub>2</sub> associées à l'exploitation des estimations indirectes

permettront notamment le développement d'un module dédié pour le carbone inorganique (Gypens et al., 2004), qui sera intégré au modèle pyNuts-Rivestrahler, et inclura aussi d'autres gaz à effet de serre (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O). Au final, il s'agira de proposer une actualisation des connaissances sur le rôle des hydrosystèmes dans la cascade du carbone en présentant une analyse fine du fonctionnement biogéochimique du bassin versant de la Seine.

#### *Bibliographie*

Billen G. et al. (1994). *Hydrobiologia*, 289(1-3), 119–137 ; Cole J. J. (2007). *Ecosystems*, 10(1), 172–185  
Garnier et al. (2001). *Estuaries*, 24(6B), 964-976 ; Gypens et al. (2004). *Biogeosciences*, 1, 147-157  
Lauerwald R. et al. (2015). *Biogeochem. Cycles*, 29, 1-21; Le Quéré, C. et al., (2014). *Earth Syst. Sci. Data*, 7(1), 47–85;  
Raymond P., *Nature*, 503(7476), 355–359. Thieu, V. et al. (2015). 2nd international conference IS-Rivers, Lyon – France

# Une perspective tendancielle de la contamination par la deséthyl atrazine (DEA)

ALEXANDRA MATTEI<sup>1</sup>, NILS FAUCHON<sup>1</sup>, HELENE BLANCHOU<sup>2</sup>,  
FULVIA BARATELLI<sup>3</sup> & JEAN-MARIE MOUCHEL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>VEDIF, Veolia Eau d'Ile de France, 92000 Nanterre

<sup>2</sup>UMR 7619 METIS, UPMC, CNRS, EPHE, 4 place Jussieu, 75005 PARIS

<sup>3</sup>Centre de Géosciences, MINES-ParisTech, 77300 Fontainebleau

Alors que les teneurs en atrazine dans les eaux des grandes rivières du bassin parisien sont aujourd'hui nettement plus faibles que ce qu'elles étaient avant l'interdiction de cette molécule en 2003, avec une rupture très nette en 2003, les teneurs constatées en un des principaux métabolites, la deséthyl atrazine (DEA) ne diminuent que très faiblement, environ d'un facteur 2 en 20 ans.

Nous avons exploré un vaste jeu de données constitué des données de suivi aux niveau des prises d'eau de l'agglomération parisienne mises à disposition par le SEDIF<sup>2,3</sup>, des données du réseau de surveillance de la qualité des eaux superficielles à l'échelle du bassin de la Seine et les données de la qualité des eaux souterraines rassemblées dans la base données ADES.

La période d'étude de la DEA et de l'atrazine au niveau des prises d'eau de l'agglomération parisienne s'étend de 1997 à 2014.. A la différence de l'atrazine dont les plus fortes valeurs étaient mesurées au printemps, soit en période d'épandage, la période de plus fortes teneurs en DEA s'observe maintenant en période d'étiage, ce qui laisse à penser que les nappes sont aujourd'hui une source majeure de contamination pour les eaux de surface.

Comparer les années 2003 et 2014, soit l'année de l'interdiction et l'actuel ne permet pas de mettre en évidence de tendance claire, cependant, une très forte régionalisation des concentrations peut être mise en évidence. Les fortes hétérogénéités régionales restent très perceptibles au cours de la période étudiée et sont comparables à la carte de la contamination des eaux de surface, avec les teneurs les plus élevées dans la région des nappes de Brie et du Champigny et également dans le bassin du Loing et le haut du bassin de l'Oise. Une analyse tendancielle plus approfondie montre que ce sont dans les secteurs les plus contaminés que les tendances à la baisse sont les plus faibles, voire des tendances à l'augmentation, ce qui explique l'absence de tendance globale à l'échelle du bassin. Par ailleurs, les tendances des points à plus faibles concentrations sont gommées à l'échelle du bassin par le problème des données inférieures aux limites de quantification.

La régionalisation des concentrations montre l'intérêt qu'il y a à associer par grande région les teneurs observées dans les nappes aux débits d'alimentation de ces nappes vers les cours d'eau, tels qu'ils ont pu être modélisés<sup>1</sup>. Ceci souligne l'importance des régions précitées dans la contamination observée aux prises d'eau de l'agglomération parisienne.

L'approche que nous avons utilisée ici reste basée sur les bilans et des tendances linéaires. Elle a cependant l'avantage d'être étayée par un grand nombre de données. Ces résultats devront être affinés par une meilleure évaluation de la dynamique de la concentration dans les nappes prenant en compte notamment la dynamique de leur recharge et de leurs écoulements ainsi que la dynamique de la DEA dans les sols. Par ailleurs, il est plausible que le rapport des écoulements de surface et des écoulements souterrains puisse évoluer dans le bassin comme conséquence du changement climatique, ce qui pourrait considérablement augmenter la part des écoulements souterrains issus des grandes nappes du bassin dans les écoulements à l'étiage.

## *Bibliographie*

- <sup>1</sup> Labarthe B. (2016) Quantification des échanges nappe-rivière au sein de l'hydrosystème Seine par modélisation multi-échelle. Thèse de doctorat en Géosciences et géoingénierie, MINES ParisTech.
- <sup>2</sup> Mattei A. (2016) Éléments de prospective de la contamination des cours d'eau d'Ile de France par les pesticides. Rapport de fin d'étude Polytech Paris – UPMC, 33p.
- <sup>3</sup> Touré A. (2015) Prospective de la contamination des cours d'eau d'Ile de France par les pesticides Rapport de fin d'étude Master 2 Géochimie Environnementale – UPMC, 52p.

# Modélisations exploratoires de la pollution des eaux souterraines par les pesticides

NICOLAS GALLOIS<sup>1</sup>, THOMAS PUECH<sup>2</sup>, CÉLINE SCHOTT<sup>2</sup>, HÉLÈNE BLANCHOUD<sup>3</sup>,  
PASCAL VIENNOT<sup>1\*</sup>, CATHERINE MIGNOLET<sup>2</sup>

<sup>1</sup> MINES ParisTech/ARMINES – Centre de Géosciences, Fontainebleau

<sup>2</sup> INRA SAD-Aster, Mirecourt

<sup>3</sup> EPHE/UMR METIS, Paris

\* pascal.viennot@mines-paristech.fr

De récents inventaires sur la qualité de l'eau<sup>1</sup> ont fait état de quantifications significatives de pesticides à l'échelle du bassin Seine-Normandie, un tiers des stations de prélèvements d'eau souterraine présentant des concentrations en substances recherchées supérieures à 0,5 µg.L<sup>-1</sup> et 9 points de suivi en rivière sur 10 étant, par ailleurs, contaminés par des produits phytosanitaires.

Dans ce contexte et dans le cadre de travaux initiés pour l'Agence de l'Eau Seine-Normandie en 2014 sur la thématique de modélisation de la pollution d'origine agricole des grands aquifères du bassin<sup>2</sup>, il a ainsi été proposé d'intégrer le module de transfert de pesticides dans les sols PeSTICS<sup>3</sup> (développé par W. Queyrel dans le cadre de sa thèse) au sein de la plateforme de simulation spatialisée STICS (agronomie)-MODCOU (hydrogéologie).

L'utilisation et l'exploitation des différents modèles, menée ici à titre exploratoire poursuit un objectif principal de définition de la mise en œuvre d'une méthodologie propre de modélisation pouvant permettre à terme, une reconstitution satisfaisante de l'évolution, à la fois, des niveaux et des dynamiques de concentrations en pesticides mesurés en nappe.

Cette première application spatialement distribuée a été mise en œuvre à l'échelle d'une zone d'étude volontairement restreinte, située entre les départements de la Seine-et-Marne et de la Marne (Provinois – 1 500 km<sup>2</sup>). L'association conjointe des outils PeSTICS et MODCOU permet d'englober une majeure partie des paramètres influant sur le devenir des pesticides dans l'environnement, qu'ils soient d'origine intrinsèque (physico-chimie du principe actif), structurale (propriétés du sol, contexte géologique et hydrogéologique) ou extérieure (climat et pratiques culturales). En plus de tenter de caractériser les transferts de produits phytosanitaires par la modélisation, cette étude avait également pour objectif d'évaluer la faisabilité d'une reconstruction de l'évolution des pratiques phytosanitaires à grande échelle et sur le temps long, afin de pouvoir alimenter de manière satisfaisante le module agronomique.

La plateforme bénéficie ainsi des entrées issues de la base ARSeiNe<sup>4</sup> constituée par l'INRA SAD-Aster, mobilisant plusieurs sources de données permettant de caractériser les systèmes de culture (successions de cultures, itinéraires techniques (dont fertilisation et usage de produits phytosanitaires)) avec un recul d'une vingtaine d'année sur la zone d'étude. Le travail mené à été réalisé sur plusieurs matières actives dont deux d'entre elles ont été testées via cette modélisation exploratoire : l'isoproturon et l'atrazine.

Même si dans le cas de l'isoproturon, par comparaison aux chroniques de mesures aux points d'observation, les concentrations sous-racinaires calculées par PeSTICS et celles restituées en nappe par le modèle hydrogéologique sont d'ordre de grandeurs comparables, l'obtention de ces premiers résultats de simulation a

<sup>1</sup> Service de l'Observation et des Statistiques du ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer (SOeS), (2015).

<sup>2</sup> Gallois N., Puech T., Viennot P., Schott C., Mignolet C., Beaudoin N., Mary B., Le bas C., (2015). *Modélisation de la pollution nitrique d'origine agricole des grands aquifères du bassin de Seine-Normandie à l'échelle des masses d'eau*, rapport INRA/ARMINES, volumes n°1, 2 et n°4, 337 p.

<sup>3</sup> Queyrel W., (2014). *Modélisation du devenir des pesticides dans les sols à partir d'un modèle agronomique : évaluation sur le long terme*. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris, 266 p.

<sup>4</sup> ARSeiNe : Base de données Agricole Régionalisée sur le bassin SEIne-NormandiE.

également permis d'identifier, dans le cas de l'atrazine notamment, des premiers verrous et limites à explorer par la suite afin d'améliorer la méthodologie et les résultats associés : amélioration des descriptions menées par matière active, caractérisation des usages agricoles antérieurs aux années 1990 de certaines molécules, intégration de sources complémentaires de description des usages sur la période récente (BNVD), association précise entre type de sol et type de culture, intégration plus finement spatialisée des caractéristiques physico-chimiques des sols (RRP au 1/250 000<sup>ème</sup>),etc.

Ces aspects feront chacun l'objet de pistes à investiguer au cours de la nouvelle phase de l'étude (2017-2018).