

## Bilan FPEE 2014-2017

Ce thème s'intéresse à la réponse des écosystèmes aquatiques du bassin versant du Rhône aux apports polluants dans un contexte de changement global. Les travaux menés par les équipes ZABR ont permis d'avancer sur 4 hypothèses qui structuraient le précédent bilan CNRS-ZABR, hypothèses qui peuvent être regroupées en 2 grandes questions.

**Question générale 1 : Comment l'évolution des pratiques et les actions de gestion de l'eau (permettent-elles de diminuer les intrants et de réduire les impacts sur les écosystèmes aquatiques?)**

Différents travaux menés sur les sites ZABR ont permis de confirmer que les modalités de transferts des contaminants contrôlent leur devenir et leurs effets dans l'environnement. Les rejets directs, ruissellements, mais également apports atmosphériques contribuent tous au rejets de micropolluants (HAP, PCB, pesticides, pharmaceutiques) dans le système bassin-versant – fleuve Rhône, mais avec une importance relative selon le type de milieu, comme illustré Fig. 1 pour les flux de PCB dans le lac du Bourget (OLA - POP-RESTOLAC). La quantification et qualification des transferts a été étendue à différents types de polluants et différents types de milieu, cependant la quantification des apports diffus reste à approfondir.

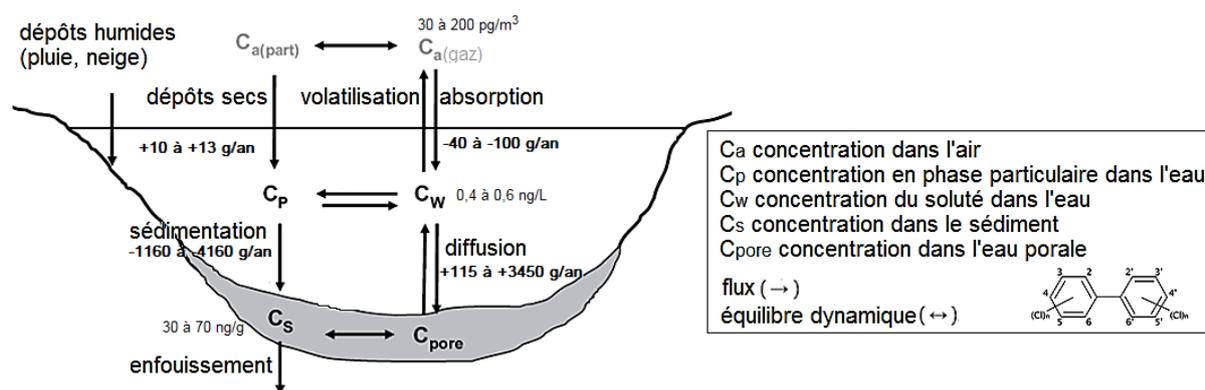


Fig. 1 : échanges de POP (Polluants Organiques Persistants) entre le compartiment atmosphérique et un écosystème lacustre : exemple de la contamination aux PCB du Lac du Bourget.

La réduction des intrants polluants et de leurs impacts en milieu aquatique repose sur des technologies adaptées, de nature variée. Par exemple, le traitement séparatif d'effluents hospitaliers et urbains dans la STEU du Site Pilote de SIPIBEL a permis de montrer la prévalence de l'origine urbaine des rejets en pharmaceutiques et de soulever la nécessité d'associer solutions technologiques et actions de sensibilisation des acteurs de santé et du grand-public. Les pratiques de type 'bande enherbée' ou les changements de pratiques agricoles ont montré leur efficacité pour réduire respectivement le transfert de pesticides au cours d'eau (Ardières – Irstea-AE, ONEMA, ZABR-AE) ou aux étangs (site atelier Zones Humides). Des solutions correctives (OLA – POP-RESTOLAC, OTHU - CABRRES), ainsi que des systèmes d'évaluation de la restauration écologique (Bourget/PCB – OLA ; Léman/Pesticides - OLA) ont aussi été testés avec succès.

**Question générale 2 : Dans un contexte global d'amélioration de la qualité des écosystèmes aquatiques, comment la présence de nouveaux polluants, la transformation/remobilisation dans le milieu des pollutions historiques, et le mélange de contaminants impactent les communautés d'organismes et les fonctions de l'écosystème ?**

La maîtrise des impacts passe par une meilleure connaissance conjointe de la nature des contaminants et de leurs transformations environnementales. Sur les affluents du Rhône (OSR – Polluants émergents), nous avons mené une approche visant à mieux comprendre la distribution et l'origine des vecteurs particuliers de contamination en utilisant la signature géochimique des MES (Fig. 2). Nous avons développé une méthode utilisant une signature géochimique conservative dans le temps et dans l'espace permettant de tracer les particules de leur point d'émission jusqu'à leur zone de dépôt. En combinant cette approche avec un modèle géochimique de mélange, nous avons déterminé, à l'échelle d'un échantillon prélevé sur le Rhône, les contributions relatives des différents affluents au flux de MES.

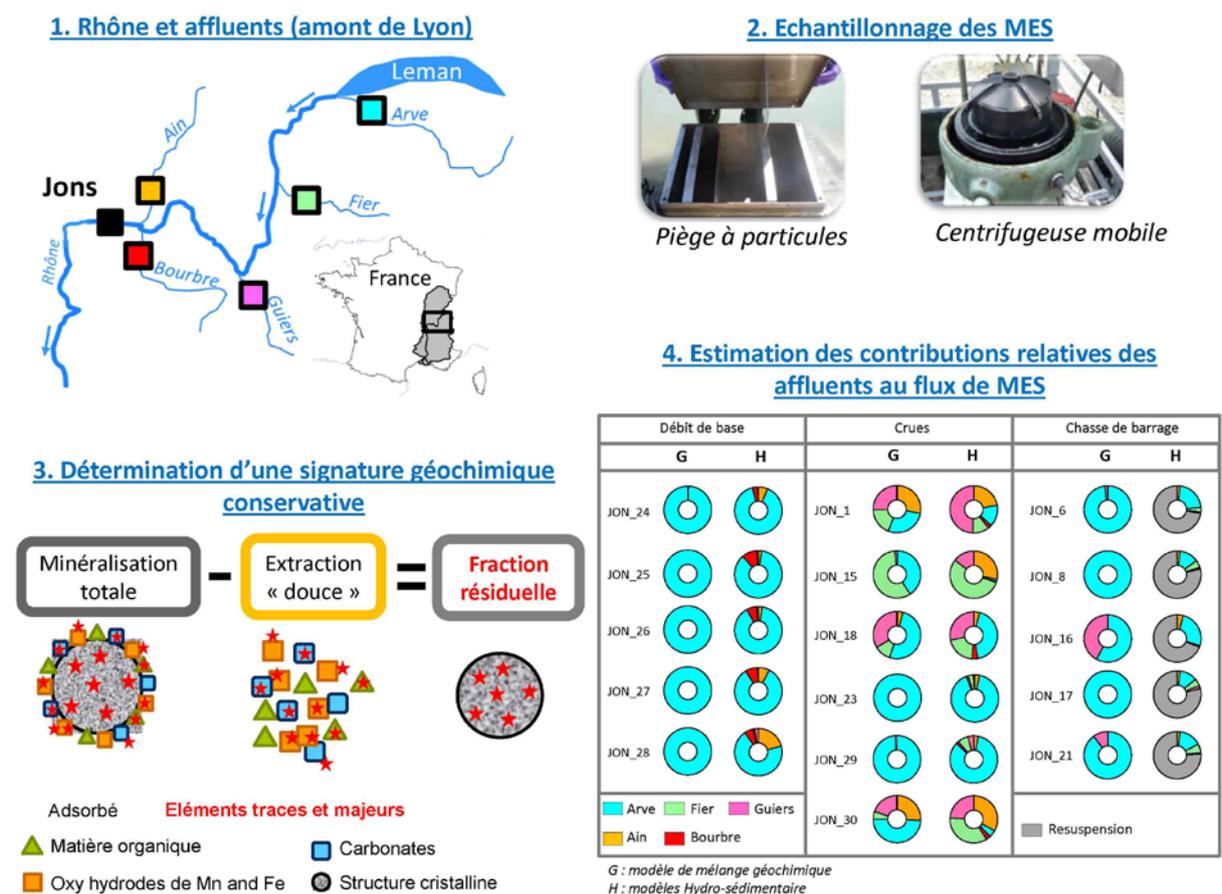


Fig. 2 : Tracage des particules : sites d'étude, 2/ échantillonnage, 3/ mesure et 4/ estimation des origines relatives des particules (Observatoire des Sédiments du Rhône)

Une fois présents dans l'environnement, les contaminants sont soumis à des transformations, tant biotiques qu'abiotiques, qui peuvent modifier leur toxicité. En particulier, la biodégradation de pesticides a pu être observée et quantifiée à la fois dans des biofilms et dans des sédiments (site atelier Ardieres - IMPEC), mettant en avant l'importance du compartiment microbien. Les transformations

environnementales modulent les impacts des cocktails environnementaux de contaminants qui peuvent ainsi augmenter d'amont en aval avec l'augmentation des pressions (site atelier Ardières - POTOMAC), ou s'atténuer lorsque l'on s'éloigne de la source de pression (site pilote SIPIBEL – PERSIST'ENV). Ces impacts sont également modulés par la nature des communautés présentes et une meilleure prise en compte de leur réalité bio-écologique semble pouvoir permettre d'améliorer la prédiction du risque (OLA - IMPALAC). Enfin, dans un contexte global d'amélioration de la qualité des écosystèmes aquatiques, c'est la trajectoire des écosystèmes signant leur évolution voire leur restauration qui peut être mise en évidence (OLA - IMPALAC). Pour une approche intégrative, des marqueurs microbiens innovants ont pu être développés pour l'évaluation de l'impact des pesticides sur des fonctions écosystémiques terrestres et aquatiques (site atelier Ardières – IMPEC et IMPACT-CE).

Parmi les polluants émergents, les microorganismes pathogènes (voire multi-résistants) peuvent se maintenir ou proliférer dans l'environnement. Ce type de contamination, encore peu étudié au niveau international, a fait l'objet de premières études dans le bassin du Rhône sur les sites OTHU et SIPIBEL. En particulier, l'analyse du bactériome sur les systèmes artificiels de recharge des nappes souterraines (OTHU – CABRES, Fig. 3) indique qu'un temps de séjour important des dépôts urbains dans ces systèmes induit le dépérissement des espèces bactériennes liées à l'homme alors qu'une fosse de décantation favorise leur implantation. Les 'omics' et techniques de séquençage à haut débit sont des outils précieux qui améliorent le décryptage de ces communautés.

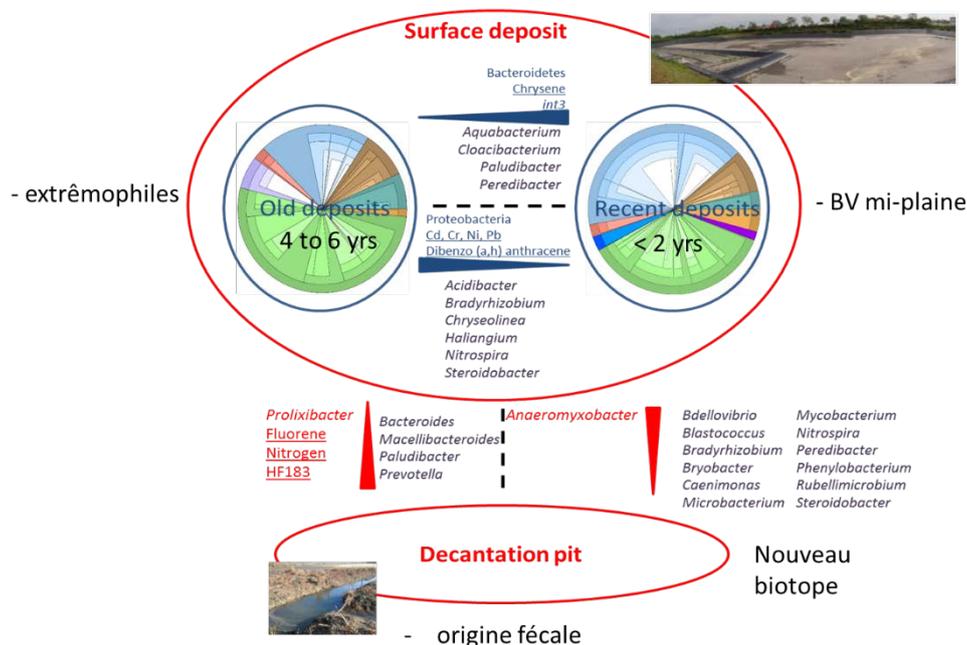


Fig. 3 : Structure et évolution des bactériomes de dépôts urbains mobilisés par pluie s'accumulant dans les systèmes artificiels de recharge des nappes souterraines (site OTHU). La partie haute présente les principales relations entre diversité bactérienne des dépôts récents (représentatif du bassin-versant analysé) ou anciens (avec développement de végétaux) d'un bassin de retenue, leur chimie et temps de séjour; et la partie basse, les modifications de diversité induite par une fosse de décantation.

La répartition spatiale et temporelle des pathogènes et des antibiorésistances dans les différents compartiments des milieux aquatiques (eau, biofilms, sédiment) restent cependant à mieux comprendre, en particulier dans l'optique de modifications liées au changement climatique: température en hausse, étiages plus fréquents... susceptibles de créer des conditions favorables aux microorganismes opportunistes et d'augmenter le risque vis-à-vis de la santé publique.

### **Question 1 : Comment l'évolution des pratiques et les actions de gestion de l'eau permettent-elles de diminuer les intrants et de réduire les impacts ?**

De nombreux polluants, de nature chimique ou microbienne, impactent encore le fonctionnement des écosystèmes aquatiques et dégradent la qualité des services rendus. Il a par exemple été démontré que les apports de pesticides en rivière modifient les fonctions des communautés microbiennes du sédiment, responsables de la transformation des nutriments ou de la matière organique. La reconquête de la qualité des écosystèmes nécessite donc une meilleure connaissance des flux de contaminants (nature des substances, variabilité temporelle) et de leur origine (urbaine, rurale, ponctuelle ou diffuse) afin de mieux cibler des actions de prévention ou de restauration (hyp. 1a). Ces actions concerneront tout autant l'identification de procédés de traitement des eaux issues des activités agricoles, urbaines ou industrielles, adaptés à la réduction des concentrations (hyp 1b) que des actions de gestion de l'eau en milieu urbain et rural (hyp 1c).

L'état écologique actuel des écosystèmes est aussi influencé par les pressions (anthropiques ou environnementales) subies antérieurement. La contamination actuelle aux PCB des poissons du Rhône ou du Lac du Bourget résulte ainsi des apports antérieurs à l'écosystème aquatique. Le retour à un seuil d'imprégnation réglementairement acceptable dépend à la fois des actions de restauration mises en œuvre (réduction des sources par modification des activités ou par dépollution des sites contaminés) mais également de la trajectoire suivie par l'écosystème. Les études paléo-écologiques ou le recours à la modélisation de différents scénari d'évolution des écosystèmes, permettront de développer de nouvelles pratiques visant à diminuer les intrants et limiter leurs impacts (hyp. 1d et 1e).

### **Question 2 : Comment la présence de nouveaux polluants, la transformation/remobilisation dans le milieu des pollutions historiques, et le mélange de contaminants impactent les communautés d'organismes et les fonctions de l'écosystème ?**

Les effets des polluants dits émergents, des mélanges de contaminants, ou encore les produits de transformation des pollutions anciennes sur les communautés d'organismes ou sur les fonctions de l'écosystème sont encore mal connus. Leur toxicité dépend a priori de la nature des polluants et de leurs flux (hyp 2a) mais les effets d'une multi-contamination sur les différents compartiments biologiques, des communautés microbiennes aux niveaux trophiques supérieurs, sont complexes et pas forcément additifs (interaction antagoniste, potentialisation) (hyp 2b). De plus, les impacts sur les populations et communautés environnementales modifient très vraisemblablement les fonctions, voire les services des écosystèmes (hyp 2c).

### **Question 3 : Des changements globaux, comme les modifications climatiques et hydrologiques, peuvent-ils renforcer ou modifier les effets des polluants sur les organismes et les communautés ?**

L'impact des polluants sur les organismes et sur l'organisation des communautés des écosystèmes aquatiques peut être amplifié par les conditions environnementales (augmentation de température des lacs péri-alpins, diminution des périodes d'englacement des lacs d'altitude, modifications du régime hydraulique des cours d'eau...) (hyp 3)

### **Question 4 : Comment mettre en œuvre des politiques publiques adaptées à la diminution de l'exposition et des effets des polluants qui permettent de faire évoluer favorablement « l'état de santé » des écosystèmes aquatiques du bassin du Rhône ?**

Pour être efficaces, les politiques publiques de restauration de l'état écologique des écosystèmes aquatiques doivent s'appuyer sur des connaissances solides, acquises au moyen de sites pilotes « démonstrateur de restauration » et sur la formation des gestionnaires par les scientifiques. Pour être (bien comprises et) acceptées, ces politiques publiques doivent être précédées de la communication vers le grand public, dans le cadre d'ateliers participatifs, des connaissances issues de la recherche appliquée.