

Séminaire doctorants

Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Jeudi 21 novembre 2019 - Bourget du Lac (73)

PROGRAMME &
RECUEIL DES INTERVENTIONS

Sommaire

Avant-propos	4
Programme	5
Supports d'interventions	7
Pression chimique et impacts écotoxicologiques dans les sites de la ZABR : quelles conséquences pour la qualité écologique et le fonctionnement des écosystèmes Stéphane PESCE, Conférencier invité, <i>Irstea</i>	8
Étude des réponses structurelles et fonctionnelles des communautés microbiennes à des stress physique et chimique combinés (colmatage et pollution au cuivre) dans la zone hyporhéique Kergoat LAURALK, <i>Irstea</i>	19
Structures paysagères et dynamique spatiale des flux hydro-sédimentaires et de polluants dans le Beaujolais viticole Jessica PIC, <i>Université Lyon 3</i>	22
Rôle du forçage hydraulique sur les environnements de dépôts sédimentaires fluviaux ; approche par modélisation hydraulique couplée aux études sédimentaire et géophysique Nicolas NOCLIN, <i>ENTPE</i>	24
La bioaccumulation du mercure chez les organismes aquatiques en zone alluviale - Exemple des trichoptères adultes sur le Haut-Rhône français Pierre MARLE, <i>Université de Genève</i>	26
Origine des matières en suspension et des sédiments dans le bassin versant du Rhône: historique des apports et réactivité des traceurs Céline BEGORRE, <i>Irstea</i>	28
Variabilité spatio-temporelle des dépôts sédimentaires et des contaminants associés dans les milieux péri-fluviaux Sophia VAUCLIN, <i>ENTPE</i>	36

Stratégies analytiques innovantes pour étudier le devenir des pesticides dans les hydrosystèmes Kevin ROCCO, <i>Irstea</i> -----	42
A multidisciplinary, multiscale approach to understand the sources and fate of veterinary pharmaceutical products in a mesoscale Mediterranean catchment Nico HACHGENEI, <i>Université Grenoble Alpes</i> -----	44
Influence de la biodégradation bactérienne des antibiotiques sur le devenir de ces substances et la dispersion des antibiorésistances dans les agrosystèmes Loren BILLET, <i>Irstea</i> -----	52
"Gardons en Cévennes": étude des effluents d'exhaure minière: caractérisation des sources, analyse des flux dans une démarche d'économie circulaire, proposition de scénarios d'éventuels traitements pour une écologie territoriale Philippe-Lionel EBENGUE, <i>Ecole des Mines d'Alès</i> -----	64
Apports aux lacs de matières organiques figurées. Incidences sur les émissions de gaz à effet de serre Jérémy GAILLARD, <i>Université Savoie Mont Blanc</i> -----	71
Distribution spatiale et temporelle des contaminants émergents et identification des sources dans les systèmes fluviaux Saigon-Dong Nai et vers le littoral, Sud Vietnam Romane CARACCILOLO, <i>Université Grenoble Alpes</i> -----	76

Avant - Propos

La thématique « Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes » de la ZABR aborde 4 questions :

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

Objectifs du séminaire :

- Permettre aux différents doctorants et à leurs encadrants dont les travaux s'inscrivent dans cette thématique ZABR, de se rencontrer et d'échanger autour de leurs travaux de recherche.
- Proposer une ouverture avec un conférencier invité
- Apprécier les avancées scientifiques de cette thématique au sein de la ZABR

Publics :

Ce séminaire est ouvert aux doctorants des équipes membres de la ZABR, à leurs encadrants, aux responsables de sites, de thèmes, aux membres du conseil de direction de la ZABR et plus largement à tous les chercheurs de la ZABR intéressés.

Partenaires :



Programme

09h	Accueil café
0930	Ouverture du séminaire
10h	Stéphane PESCE, Conférencier Invité – Irstea Lyon Pression chimique et impacts écotoxicologiques dans les sites de la ZABR : quelles conséquences pour la qualité écologique et le fonctionnement des écosystèmes
	Kergoat LAURALK, Irstea Étude des réponses structurelles et fonctionnelles des communautés microbiennes à des stress physique et chimique combinés (colmatage et pollution au cuivre) dans la zone hyporhéique
	Jessica PIC, Université Lyon 3 Structures paysagères et dynamique spatiale des flux hydro-sédimentaires et de polluants dans le Beaujolais viticole
	Nicolas NOCLIN, ENTPE Rôle du forçage hydraulique sur les environnements de dépôts sédimentaires fluviaux ; approche par modélisation hydraulique couplée aux études sédimentaire et géophysique
10h50	Pause
	Pierre MARLE, Université de Genève La bioaccumulation du mercure chez les organismes aquatiques en zone alluviale - Exemple des trichoptères adultes sur le Haut-Rhône français
	Céline BEGORRE, Irstea Origine des matières en suspension et des sédiments dans le bassin versant du Rhône: historique des apports et réactivité des traceurs
	Sophia VAUCLIN, ENTPE Variabilité spatio-temporelle des dépôts sédimentaires et des contaminants associés dans les milieux péri-fluviaux
12h30	Déjeuner
	Adrien DELAVAL, IRSN Modélisation du transfert des radionucléides dans un continuum fleuve-mer
	Kevin ROCCO, Irstea Stratégies analytiques innovantes pour étudier le devenir des pesticides dans les hydrosystèmes

	<p>Vincent TARDY, <i>Université Savoie Mont Blanc</i> Evaluation in situ de l'efficacité d'une station de traitement de l'industrie pharmaceutique et de la toxicité des effluents qui en résultent sur la diversité et l'activité des biofilms microbiens aquatiques</p>
	<p>Téofana CHONOVA, <i>Inra Carrtel</i> Passive samplers to highlight the presence of pharmaceutical compounds and their effects on microbial communities in treated WWTP effluents and the recipient river</p>
	<p>Nico HACHGENEI, <i>Université Grenoble Alpes</i> A multidisciplinary, multiscale approach to understand the sources and fate of veterinary pharmaceutical products in a mesoscale Mediterranean catchment</p>
15h40	Pause
	<p>Loren BILLET, <i>Irstea</i> Influence de la biodégradation bactérienne des antibiotiques sur le devenir de ces substances et la dispersion des antibiorésistances dans les agrosystèmes.</p>
	<p>Philippe-Lionel EBENGUE, <i>Ecole des Mines d'Alès</i> "Gardons en Cévennes": étude des effluents d'exhaure minière: caractérisation des sources, analyse des flux dans une démarche d'économie circulaire, proposition de scénarios d'éventuels traitements pour une écologie territoriale</p>
	<p>Jérémie GAILLARD, <i>Université Savoie Mont Blanc</i> Apports aux lacs de matières organiques figurées. Incidences sur les émissions de gaz à effet de serre</p>
	<p>Romane CARACCILOLO, <i>Université Grenoble Alpes</i> Distribution spatiale et temporelle des contaminants émergents et identification des sources dans les systèmes fluviaux Saigon-Dong Nai et vers le littoral, Sud Vietnam</p>
17h10	Fin de la journée

SUPPORTS D'INTERVENTIONS

Pression chimique et impacts écotoxicologiques dans les sites de la ZABR : quelles conséquences pour la qualité écologique et le fonctionnement des écosystèmes

Stéphane PESCE, Conférencier Invité, Irstea Lyon

Le thème « Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes » dans la ZABR



Besoin d'une combinaison d'indicateurs adaptés



- Comment l'évolution des pratiques et les actions de gestion de l'eau permettent-elles de **diminuer les intrants et de réduire les impacts** ?
- 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** ?
- Des changements globaux, comme les **modifications climatiques et hydrologiques**, peuvent-ils **renforcer ou modifier les effets** des polluants sur les organismes et les communautés ?
- 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 ?



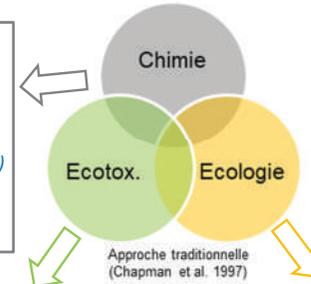
Le thème « Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes » dans la ZABR



Besoin d'une combinaison d'indicateurs adaptés

➤ **Caractérisation de la contamination et de l'exposition**
Dynamique spatio-temp. (ech. Passifs)
Transferts et flux (model.)
Bioaccumulation
Substances suspectées (dont métabolites)

➤ **Gamme d'outils**
Bioessais in situ
Nouveaux biomarqueurs (dont moléculaires)



➤ **Dimension écologique**
Approches in situ
Echelles de la communauté (microorganismes, OMICs)
Approches fonctionnelles



Le thème « Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes » dans la ZABR



Besoin d'une combinaison d'indicateurs adaptés



Vision intégrative des impacts écotoxicologiques dans les écosystèmes aquatiques



Plan de la présentation

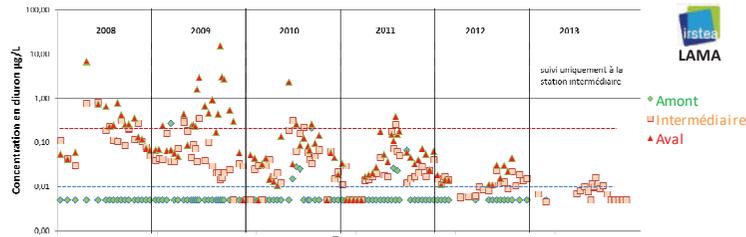
- Comment l'évolution des pratiques et les actions de gestion de l'eau permettent-elles de **diminuer les intrants et de réduire les impacts** ?
- Comment la présence de nouveaux polluants, la transformation/remobilisation dans le milieu des pollutions historiques, et le mélange de contaminants **impactent les communautés d'organismes et les fonctions de l'écosystème** ?
- Des changements globaux, comme les **modifications climatiques et hydrologiques**, peuvent-ils **renforcer ou modifier les effets** des polluants sur les organismes et les communautés ?

Quelles conséquences pour la qualité écologique et le fonctionnement des écosystèmes ?



Diminution des intrants et réduction des impacts ex 2: conséquence écologique de l'interdiction du diuron

Décroissance des concentrations en diuron au sein de la Morcille de 2008 à 2013



Pesce et al. 2013.
Ecological Indicators 29, 18-25

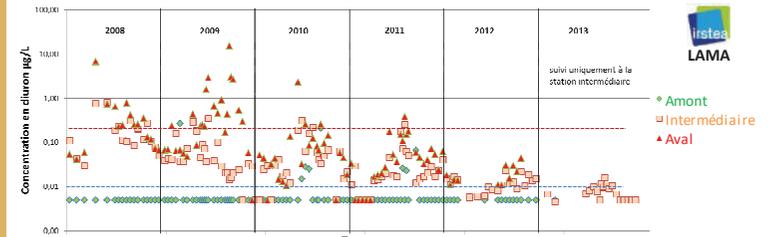
Diminution des intrants?

= Diminution de la contamination des eaux de la Morcille par le Diuron ?



Diminution des intrants et réduction des impacts ex 2: conséquence écologique de l'interdiction du diuron

Décroissance des concentrations en diuron au sein de la Morcille de 2008 à 2013



Pesce et al. 2013.
Ecological Indicators 29, 18-25

Diminution des intrants

Quelles conséquences écologiques ?

= Réduction des impacts?

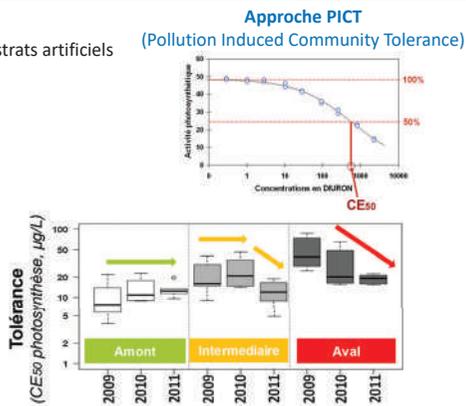


Diminution des intrants et réduction des impacts ex 2: conséquence écologique de l'interdiction du diuron

➤ biofilms périphtiques collectées mensuellement sur substrats artificiels (période de colonisation = 2 mois)



Communautés microbiennes phototrophes
perte progressive des capacités à tolérer la toxicité du diuron



Pesce et al., 2016. Agriculture, Ecosystems and Environment 221, 79-86

Quelles conséquences écologiques ?

= Réduction des impacts?



Diminution des intrants et réduction des impacts ex 2: conséquence écologique de l'interdiction du diuron

➤ Communautés du sédiment collectées 3 fois par an (printemps, été, automne)

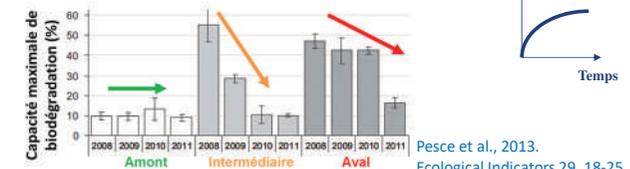


échantillon (10 g ps) +/- eau minérale (50 mL) + ¹⁴C-diuron



Piégeage du CO₂ issu de la respiration microbienne (piège à soude)
Mesure du potentiel de minéralisation des communautés microbiennes (quantification de la radioactivité par scintillation liquide)

Communautés microbiennes du sédiment
perte progressive des capacités à dégrader le diuron.



Pesce et al., 2013.
Ecological Indicators 29, 18-25

Quelles conséquences écologiques ?

= Réduction des impacts?



Diminution des intrants et réduction des impacts ex 2: conséquence écologique de l'interdiction du diuron

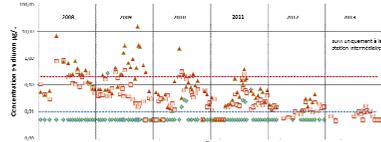
Application des outils développés pour évaluer le gain écologique
découlant de l'interdiction du diuron en décembre 2008
(suivi intensif de 3,5 ans sur la rivière Morcille)

Mesure environnementale
(réglementation des pesticides)

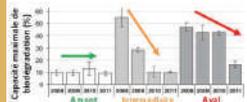


Changement de
pratique agricole

Amélioration de la
qualité chimique
du cours d'eau



Récupération des communautés microbiennes aquatiques (phototrophes et hétérotrophes)



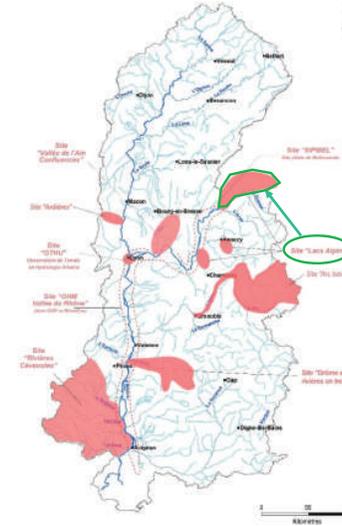
Communautés microbiennes du sédiment
perte progressive des capacités à dégrader
le diuron.

Biofilms microbiens phototrophes
perte progressive des capacités à
tolérer la toxicité du diuron.



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Diminution des intrants et réduction des impacts ex 3: contamination du lac Léman



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Diminution des intrants et réduction des impacts ex 3: contamination du lac Léman

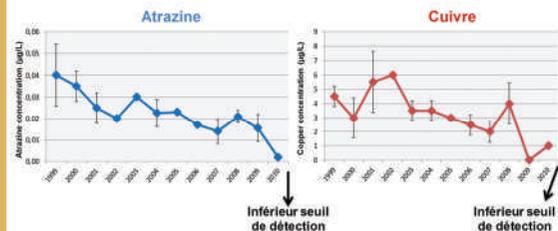


Le Léman, un BV urbanisé avec de multiples
activités :

- Viticulture
- Agriculture
- Industrie

Rejet de métaux et micropolluants

Restauration de la qualité chimique du Léman entre 1999 and 2011

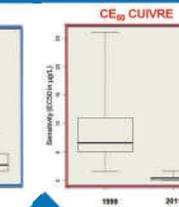
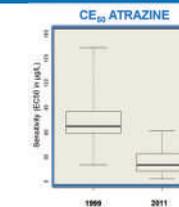


Larras et al., 2016.
Environmental Science and
Pollution Research 23,
4301-4311



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Diminution des intrants et réduction des impacts ex 3: contamination du lac Léman



Perte de tolérance
(restauration de la sensibilité)
de la communauté liée à la
diminution de la pression en
cuivre et atrazine

Approche PICT (phytoplankton)



Larras et al., 2016.
Environmental Science and
Pollution Research 23,
4301-4311



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Diminution des intrants et réduction des impacts

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



Indicateurs chimiques et biologiques permettant d'évaluer l'efficacité des mesures mises en œuvre

Besoin de pouvoir s'appuyer sur des sites ateliers

⇒ **sites ZABR**



Impacts sur les communautés et les fonctions de l'écosystème

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



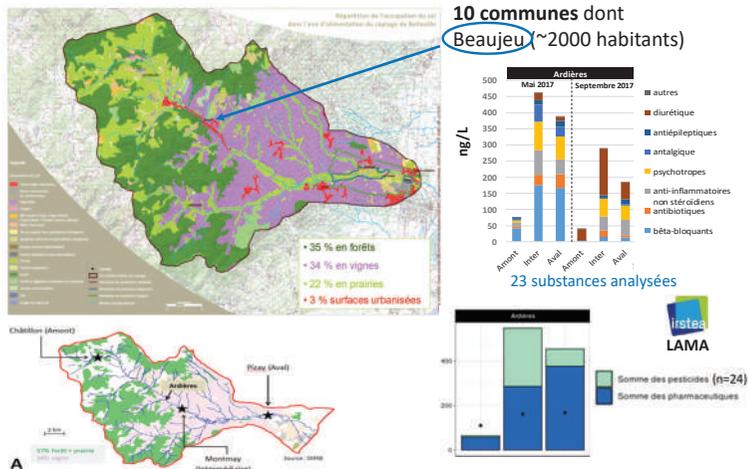
Attention à la notion de « nouveaux polluants » / « polluants émergents »

⇒ Plutôt faire référence à des **polluants d'intérêt émergent**
« i.e. polluants nouvellement détectés »
(voire *nouvellement recherchés*)



Notion de nouveaux polluants

Ex. cas des substances pharmaceutiques dans l'Ardières

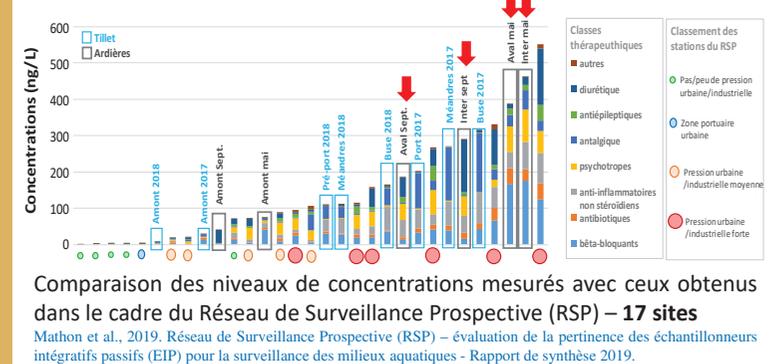


Pesce et al. 2019 - Projet CommuSED ZABR-AE n°54



Notion de nouveaux polluants

Ex. cas des substances pharmaceutiques dans l'Ardières



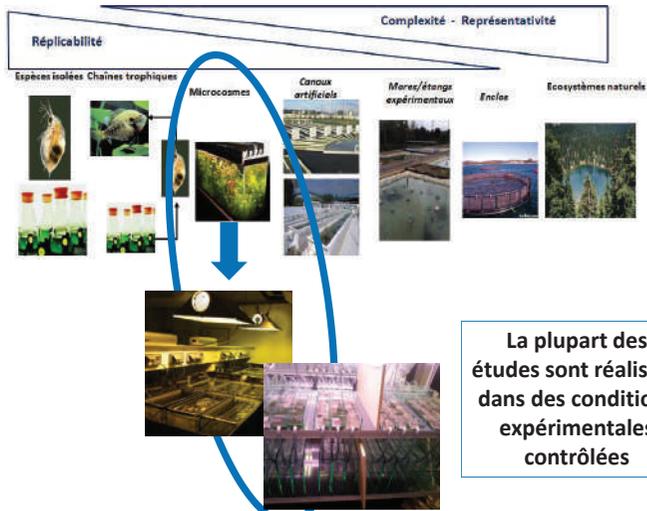
Comparaison des niveaux de concentrations mesurés avec ceux obtenus dans le cadre du Réseau de Surveillance Prospective (RSP) – 17 sites Mathon et al., 2019. Réseau de Surveillance Prospective (RSP) – évaluation de la pertinence des échantillonneurs intégratifs passifs (EIP) pour la surveillance des milieux aquatiques - Rapport de synthèse 2019.

Quels impacts de ces substances vs impacts des contaminants étudiés historiquement (i.e. pesticides et métaux) ?



Pesce et al. 2019 - Projet CommuSED ZABR-AE n°54

Changements globaux et impacts écotoxicologiques



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes



Changements globaux et impacts écotoxicologiques

Quelques exemples...

Stress thermique vs Métaux
Thèse Anne-Sophie Lambert
(2012-2015)

2016 Environmental Pollution: Influence of temperature on pollution control capacity of aquatic plants and algae
2017 Journal of the Inland Waters
2018 Journal of Freshwater Ecosystems: Changes in copper toxicity towards diatoms communities with experimental warming

Stress hydrique vs Fongicides

2016 Aquatic Toxicology: Combined effects of drought and the fungicide tebuconazole on aquatic leaf litter decomposition



Stress thermique vs Pesticides
Thèse Floriane Larras
(2010-2013)

2013 Environmental and Ecotoxicology: The effect of temperature and a herbicide mixture on freshwater periphytic algae



Eutrophication vs Fongicides

2018 Environmental and Ecotoxicology: Interactive Effects of Pesticides and Nutrients on Microbial Communities Responsible of Litter Decomposition in Streams

Colmatage vs Métaux
Thèse Laura Kergoat
(2019- ...)

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes



Changements globaux et impacts écotoxicologiques

- Comment l'évolution des pratiques et les actions de gestion de l'eau permettent-elles de **diminuer les intrants et de réduire les impacts** ?
- 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** ?
- Des changements globaux, comme les **modifications climatiques et hydrologiques**, peuvent-ils **renforcer ou modifier les effets des polluants** sur les organismes et les communautés ?

Quelles conséquences pour la qualité écologique et le fonctionnement des écosystèmes ?

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes



Impacts sur les communautés et les fonctions de l'écosystème Conséquence à l'échelle écosystémique ?

Un besoin de renforcer la dimension écologique en écotoxicologie

Intérêt de privilégier l'échelle des communautés

2016 Environmental and Ecotoxicology: An ecological perspective in aquatic ecotoxicology: Approaches and challenges

2016 Environmental and Ecotoxicology: Assessing the ecology in ecotoxicology: a review and synthesis in freshwater systems

2016 Environmental and Ecotoxicology: Integrating toxicology and ecology: putting the "eco" into ecotoxicology

2016 Environmental and Ecotoxicology: Community response to contaminants using basic biological responses to predict ecotoxicological effects

2016 Environmental and Ecotoxicology: Community ecology as a framework for predicting contaminant effects

2016 Environmental and Ecotoxicology: The relevance of the community approach linking chemical and biological analyses in pollution assessment

Etude des communautés = dimension écologique forte via la prise en considération:

- des **concepts écologiques** (résistance, résilience, redondance fonctionnelle...)
- de la **biodiversité** (taxonomique/phylogénétique, fonctionnelle, traits biologiques...)
- des **interactions inter-spécifiques** (dynamique des communautés, compétition...)

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes



Impacts sur les communautés et les fonctions de l'écosystème Conséquence à l'échelle écosystémique?

Un besoin de renforcer la dimension écologique en écotoxicologie

Ecosystem functions
Can we predict contaminant-induced changes in ecosystem processes by knowing species sensitivities, interactions and functions?

Community ecology as a framework for predicting contaminant effects

The relevance of the community approach linking chemical and biological analyses in pollution assessment

An ecological perspective in aquatic ecotoxicology: Approaches and challenges

Intégration de la dimension écologique à l'échelle écosystémique

2006

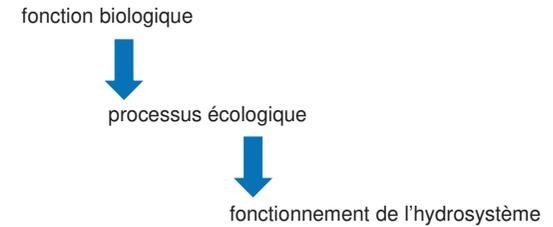
Etude des communautés = dimension écologique forte via la prise en considération:

- des **concepts écologiques** (résistance, résilience, redondance fonctionnelle...)
- de la **biodiversité** (taxonomique/phylogénétique, fonctionnelle, traits biologiques...)
- des **interactions inter-spécifiques** (dynamique des communautés, compétition...)



Impacts sur les communautés et les fonctions de l'écosystème Conséquence à l'échelle écosystémique?

Besoin d'un changement d'échelle en écotoxicologie



Valider dans des dispositifs expérimentaux simplifiés des approches mettant en œuvre des descripteurs fonctionnels considérés à différents niveaux ?



Impacts sur les communautés et les fonctions de l'écosystème Conséquence à l'échelle écosystémique?

Besoin d'interdisciplinarité et de mise en synergie des compétences



Chimistes
Ecotoxicologues
Ecologues
Biochimistes
Modélisateurs
Data miners



Remerciements

à l'ensemble des personnes impliquées dans les études citées



aux différents financeurs



Étude des réponses structurelles et fonctionnelles des communautés microbiennes à des stress physique et chimique combinés (colmatage et pollution au cuivre) dans la zone hyporhéique

Kergoat LAURALK, Irstea



RÉPONSES DES COMMUNAUTÉS MICROBIENNES À DES STRESS COMBINÉS DANS LA ZONE HYPORHÉIQUE

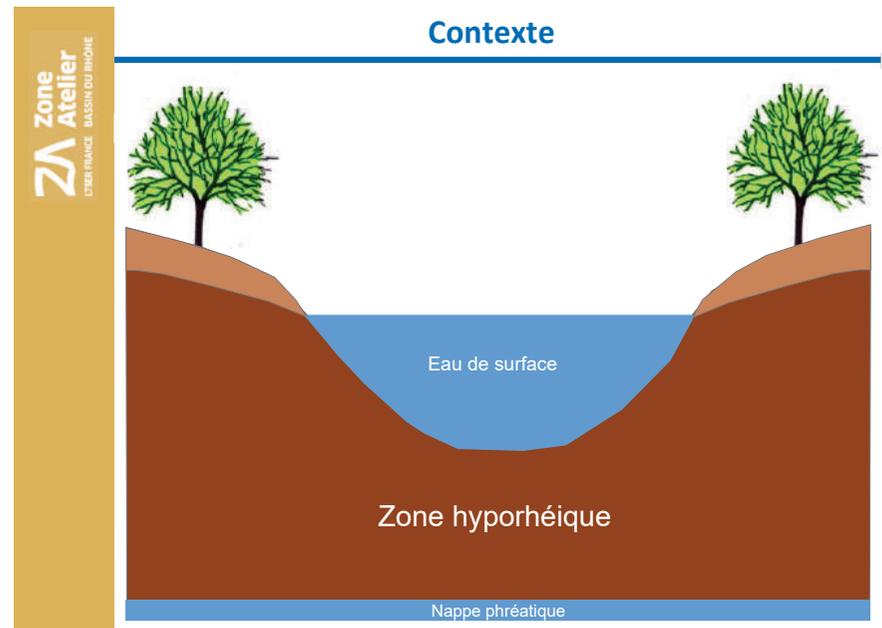
Laura Kergoat

Directeurs de thèse : Chloé BONNINEAU et Thibault DATRY
Irstea Lyon Villeurbanne - Unité de recherche RiverLy
 Équipe écotoxicologie microbienne aquatique
 Équipe dynamiques, et modèles en écohydrologie



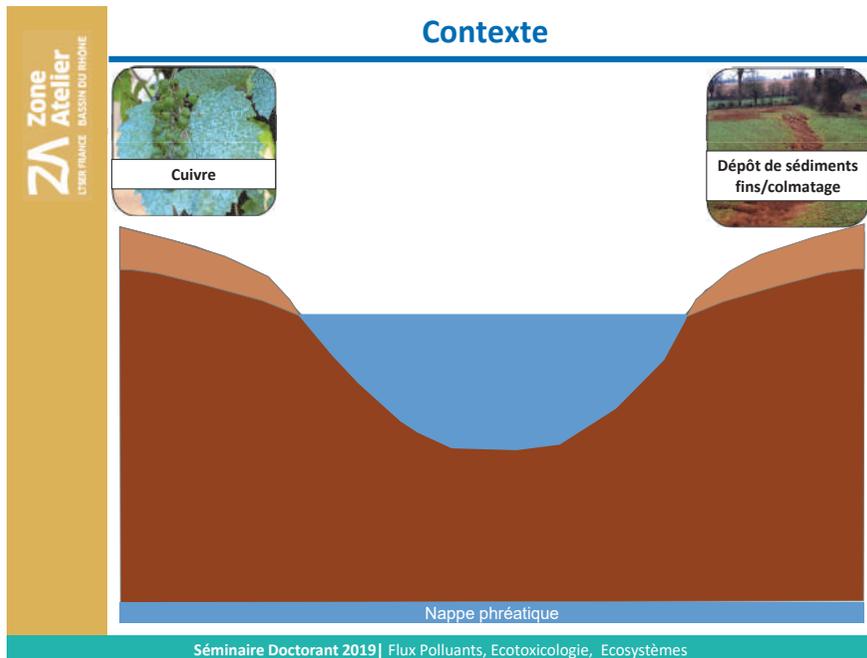
Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Contexte



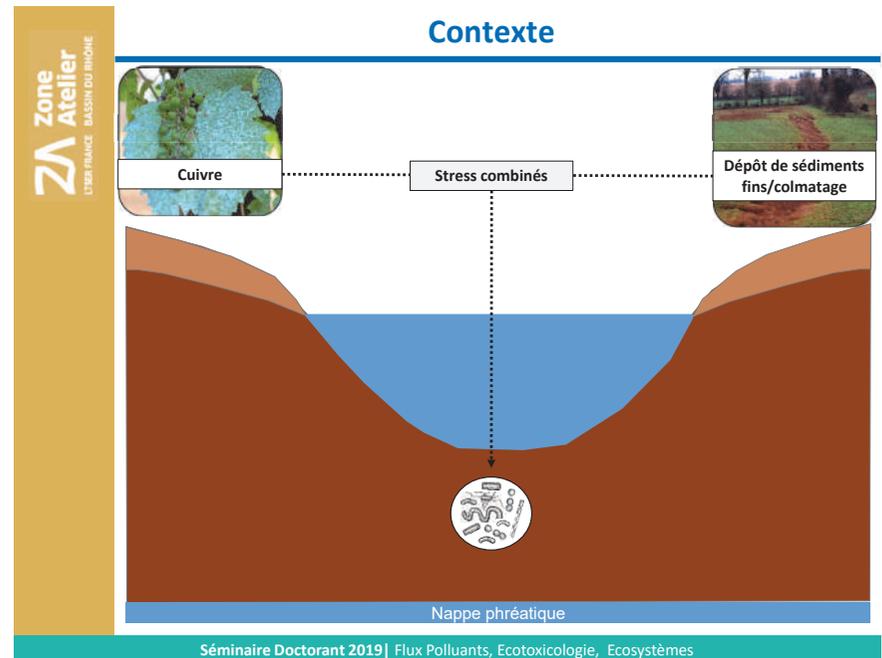
Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Contexte



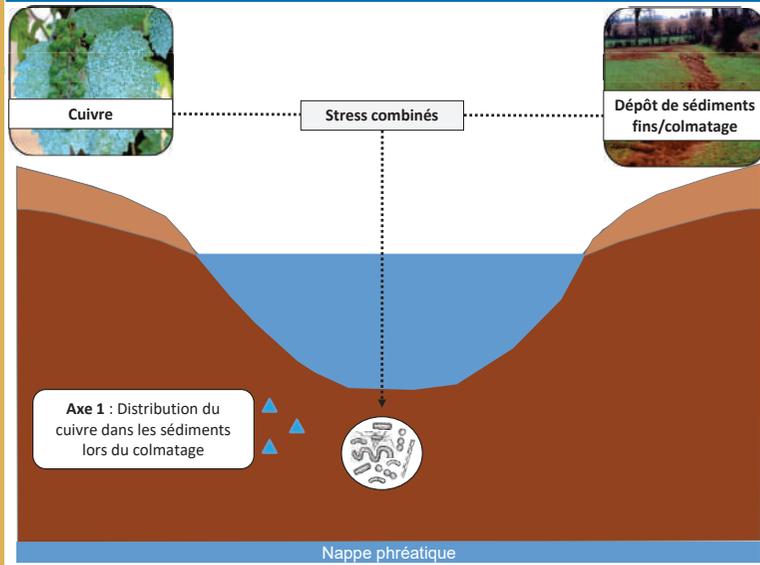
Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Contexte

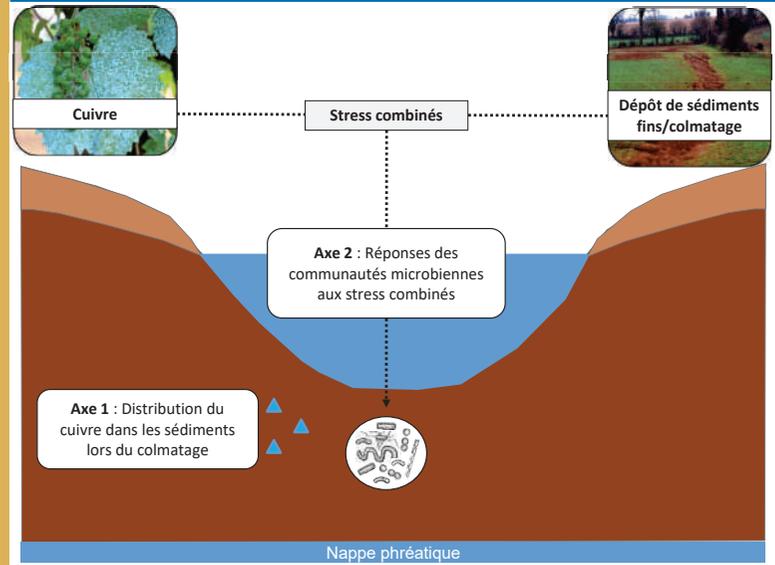


Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

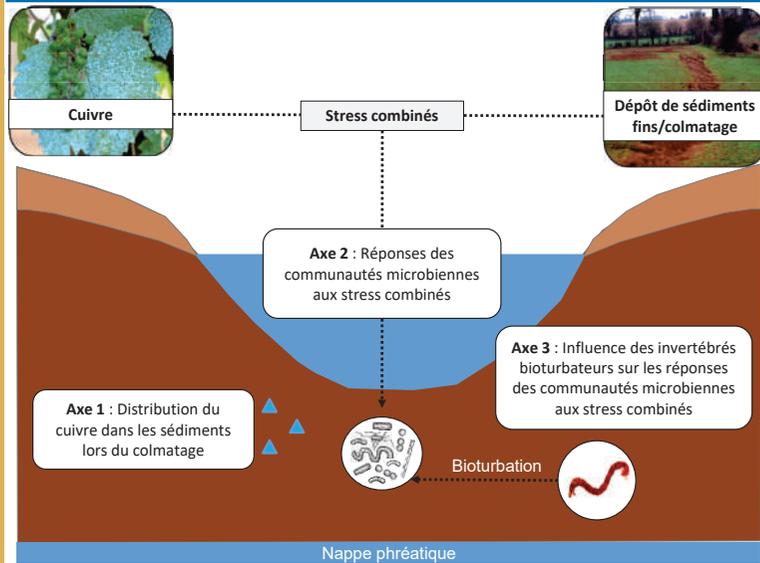
Axes de thèse



Axes de thèse



Axes de thèse



Merci pour votre attention!

Structures paysagères et dynamique spatiale des flux hydro-sédimentaires et de polluants dans le Beaujolais viticole

Jessica PIC, Université Lyon 3

Structures paysagères et dynamique spatiale des flux hydro-sédimentaires et de polluants dans le Beaujolais viticole

Jessica PIC

dir. : E. Cossart & M. Fressard

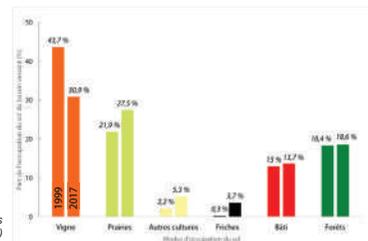
21 novembre 2019,

Contexte viticole

- Importantes quantités et diversité des produits phytosanitaires
- Pratiques culturales et mosaïque paysagère complexes



A : Gouttière de canalisation des flux hydro-sédimentaires, commune de Beaujeu
B : Talus de rupture de pente, commune de Saint-Lager



Evolution de la part des modes d'occupation du sol (1999 - 2017)

Beaujolais viticole

- Déprise agricole depuis 20 ans
- Transformations paysagères : évolution de la connectivité

Pratiques culturales (source)

Transferts de polluants

Ruissellement (vecteur)

Structure paysagère (organisation spatiale)

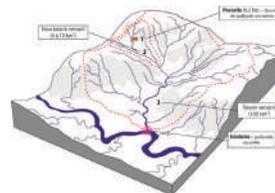


- Quel est le rôle de la **structure paysagère** et des **pratiques culturales** sur les **transferts hydro-sédimentaires et de polluants** à l'exutoire des bassins versants ?
- Dans quelle mesure les **évolutions paysagères** en cours et à venir permettent-elles de **repenser l'organisation** de ces **flux** à l'échelle du bassin versant ?



1 Mécanismes sous-jacents aux transferts de polluants

- Données hydrologiques, géomorphologiques et écotoxicologiques
- Suivi multiscalaire du transfert sédiments et de polluants
- Appréhension de la dynamique spatio-temporelle des polluants



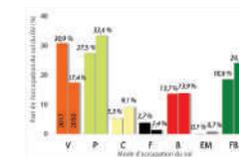
2 Approche paysagère

- Observations paysagères et photographies aériennes
- Identification de la relation entre structure paysagère et flux hydro-sédimentaires
- Cartographie des éléments structurants du paysage et inventaire des pratiques agricoles
- Connectivité des parcelles



3 Formalisation de la relation structure paysagère / transferts de polluants

- Modélisation prospective des paysages (horizon 2050)
- Simulations de l'OS selon différents scénarios
- Modélisation multi-date des transferts hydro-sédimentaires et de polluants
- Simulation des transferts selon différents scénarios et préconisations d'aménagement



Rôle du forçage hydraulique sur les environnements de dépôts sédimentaires fluviaux ; approche par modélisation hydraulique couplée aux études sédimentaire et géophysique

Nicolas NOCLIN, ENTPE



RÔLE DU FORÇAGE HYDRAULIQUE SUR LES ENVIRONNEMENTS DE DÉPÔTS SÉDIMENTAIRES FLUVIAUX ; APPROCHE PAR MODÉLISATION HYDRAULIQUE COUPLÉE AUX ÉTUDES SÉDIMENTAIRE ET GÉOPHYSIQUE

LEHNA IPE : Thierry Winiarski et Brice Mourier
 IRSTEA : Jérôme Le Coz

Nicolas Noclin, ENTPE
 LEHNA IPE – UMR CNRS 5023
 IRSTEA – UR RiverLy

Dans le cadre du programme FEDER OSR 5

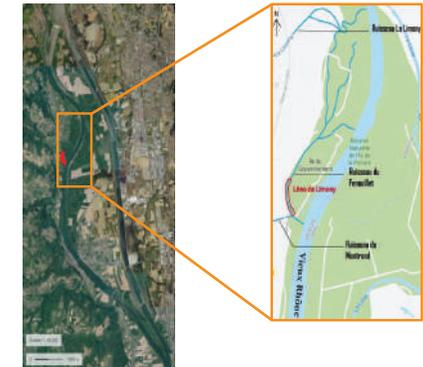
Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes



Objectifs : mieux comprendre les processus en cours dans les milieux péri-fluviaux, évaluer les conséquences environnementales des évolutions sédimentaires en relation avec le comportement hydraulique du fleuve.

Cette thèse vise à apporter des éléments de réponse aux questions scientifiques suivantes :

- Quelle est la variabilité spatio-temporelle de la sédimentation dans les milieux péri-fluviaux ?
- Quels sont les impacts de la mise en place des aménagements hydro-électriques sur les processus de sédimentation ?
- Dans quelle mesure la sédimentation opérant dans ces milieux traduit-elle les flux sédimentaires transitant dans le chenal principal ?

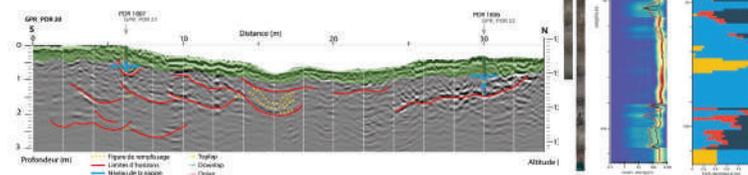


Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes



Démarche de travail, méthode

- Couplage géophysique / carottes sédimentaires



- Approche par simulation numérique : modèle hydrosédimentaire 1D de l'OSR, développé par IRSTEA avec les codes de calcul Mage-AdISTS.

Quelques résultats attendus

- Etablir une typologie des remplissages en lien avec l'hydraulique du système.
- Aborder la problématique des stocks de sédiments présents à l'échelle de l'ouvrage (barrages, épis, digues) en vue de la restauration du fleuve



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

La bioaccumulation du mercure chez les organismes aquatiques en zone alluviale - Exemple des trichoptères adultes sur le Haut-Rhône français

Pierre MARLE, Université de Genève



RÔLE DU FORÇAGE HYDRAULIQUE SUR LES ENVIRONNEMENTS DE DÉPÔTS SÉDIMENTAIRES FLUVIAUX ; APPROCHE PAR MODÉLISATION HYDRAULIQUE COUPLÉE AUX ÉTUDES SÉDIMENTAIRE ET GÉOPHYSIQUE

LEHNA IPE : Thierry Winiarski et Brice Mourier
 IRSTEA : Jérôme Le Coz

Nicolas Noclin, ENTPE
 LEHNA IPE – UMR CNRS 5023
 IRSTEA – UR RiverLy

Dans le cadre du programme FEDER OSR 5

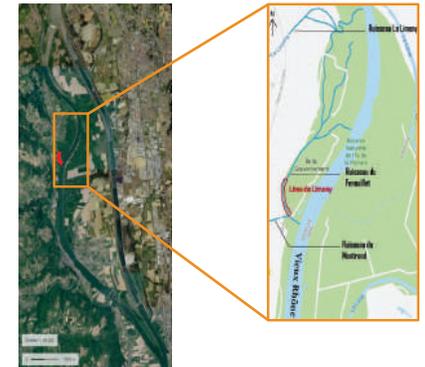
Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes



Objectifs : mieux comprendre les processus en cours dans les milieux péri-fluviaux, évaluer les conséquences environnementales des évolutions sédimentaires en relation avec le comportement hydraulique du fleuve.

Cette thèse vise à apporter des éléments de réponse aux questions scientifiques suivantes :

- Quelle est la variabilité spatio-temporelle de la sédimentation dans les milieux péri-fluviaux ?
- Quels sont les impacts de la mise en place des aménagements hydro-électriques sur les processus de sédimentation ?
- Dans quelle mesure la sédimentation opérant dans ces milieux traduit-elle les flux sédimentaires transitant dans le chenal principal ?

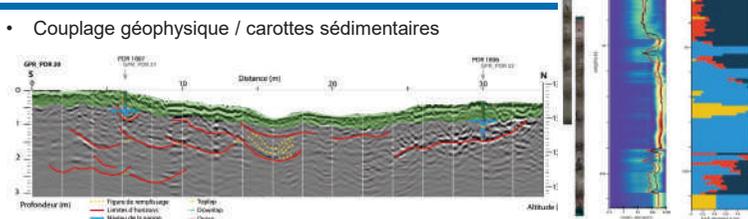


Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes



Démarche de travail, méthode

- Couplage géophysique / carottes sédimentaires



- Approche par simulation numérique : modèle hydrosédimentaire 1D de l'OSR, développé par IRSTEA avec les codes de calcul Mage-AdiSTS.

Quelques résultats attendus

- Etablir une typologie des remplissages en lien avec l'hydraulique du système.
- Aborder la problématique des stocks de sédiments présents à l'échelle de l'ouvrage (barrages, épis, digues) en vue de la restauration du fleuve



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Origine des matières en suspension et des sédiments dans le bassin versant du Rhône: historique des apports et réactivité des traceurs

Céline BEGORRE, Irstea



ORIGINE DES SÉDIMENTS ET DES CONTAMINANTS ASSOCIÉS SUR LE RHÔNE : HISTORIQUE DES APPORTS ET RÉACTIVITÉ DES TRACEURS

Céline BEGORRE, Iristea

Encadrants:

Marina Coquery, Iristea
Aymeric Dabrin, Iristea

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Contexte

Sédiments fins ou déposés → témoins de la qualité des écosystèmes fluviaux

MES

- Vecteur de contaminants
- Surface réactive pour les métaux
- Sources spatiales (affluents)

Sédiment

- Réservoir des métaux
- Histoire hydrogéochimique des cours d'eau (carottes)

Étude des sédiments → déterminer les sources des métaux

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Contexte

MES

- Vecteur de contaminants
- Surface réactive pour les métaux
- Sources spatiales (affluents)

Sédiment

- Réservoir des métaux
- Histoire hydrogéochimique des cours d'eau (carottes)

- Matières en suspension (MES) → divers impacts négatifs (environnementaux et économiques)
- Diverses sources de MES
- Caractériser sources
 - améliorer la gestion des rivières
 - mise en place d'actions pour réduire la charge sédimentaire des eaux

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Contexte

- Plusieurs méthodes pour aborder les contributions de flux de MES
 - Réseau de mesure des flux de MES
 - Modèle hydro-sédimentaire 1D
 - Fingerprinting

Est-il possible d'appliquer la méthode de fingerprinting sur le BV du Rhône pour estimer les contributions de chaque affluent ?

Réseau de mesure Observatoire des Sédiments du Rhône (OSR) → Banque échantillons importante

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

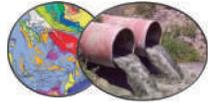
Contexte

- Verrou de la méthode de traçage → réactivité des traceurs

MES

Concentration totale des métaux

Facteurs environnementaux (granulométrie)



Précipitation

Oxydation

Difficile d'obtenir des résultats fiables si utilisation de la fraction totale des métaux

Signature conservative

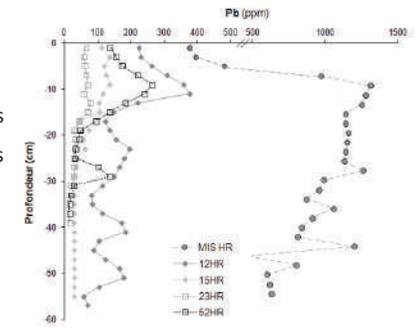
Contexte

- Verrou de la méthode de traçage → réactivité des traceurs

Carotte sédimentaire

- Intérêt des traceurs conservatifs:
- Variations des concentrations dues aux apports anthropiques (ex: Pb non conservatif)
 - Diagenèse précoce

Signature conservative



Profil de la concentration du Pb dans 5 carottes sédimentaires (Source: Tessier, 2015)

Objectifs

Développer une approche innovante de traçage de l'origine des MES en utilisant les propriétés conservatives des MES ou des sédiments déposés (carottes sédimentaires)

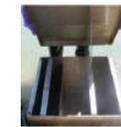
Objectifs et méthodologie

Développer une approche innovante de traçage de l'origine des MES en utilisant les propriétés conservatives des MES ou des sédiments déposés (carottes sédimentaires)

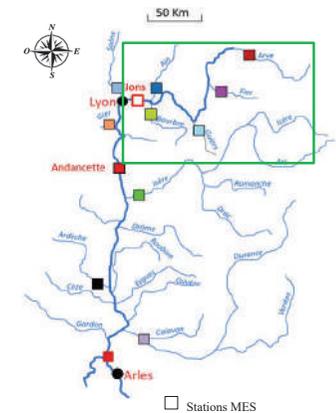


Caractériser les sources (MES)

- Affluents du Rhône :
- Arve
- Fier
- Guiers
- Ain
- Bourbre

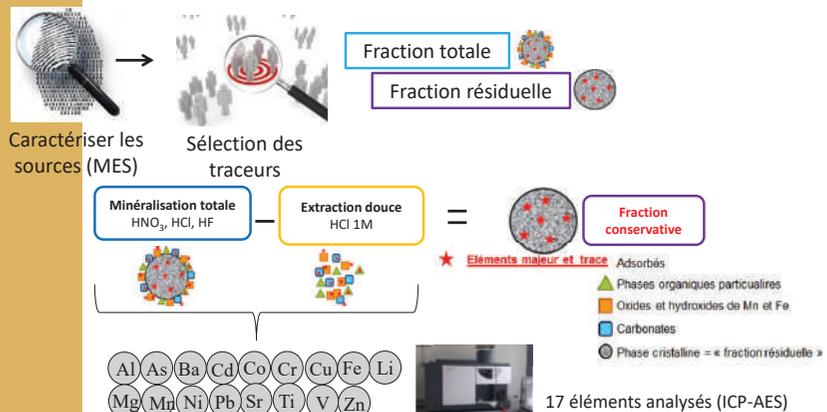


Station de Jons (Lagouy M.)



Objectifs et méthodologie

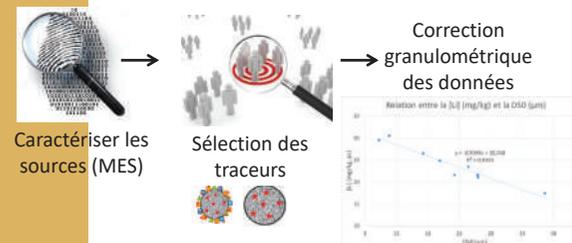
Développer une approche innovante de traçage de l'origine des MES en utilisant les propriétés conservatives des MES ou des sédiments déposés (carottes sédimentaires)



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Objectifs et méthodologie

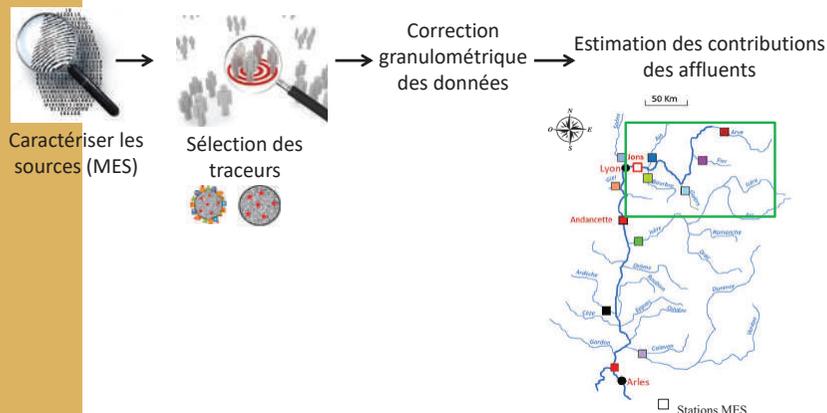
Développer une approche innovante de traçage de l'origine des MES en utilisant les propriétés conservatives des MES ou des sédiments déposés (carottes sédimentaires)



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Objectifs et méthodologie

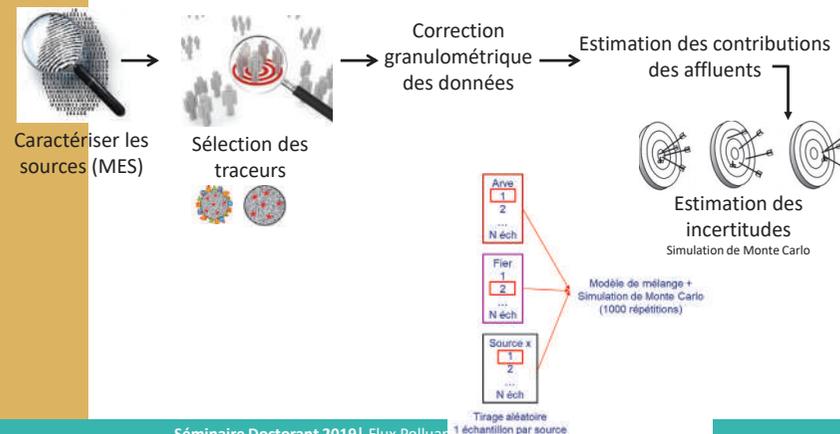
Développer une approche innovante de traçage de l'origine des MES en utilisant les propriétés conservatives des MES ou des sédiments déposés (carottes sédimentaires)



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Objectifs et méthodologie

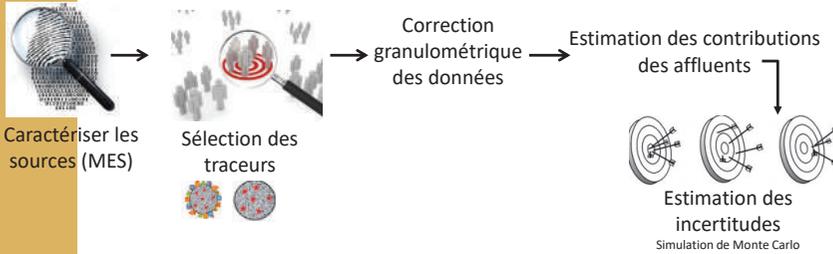
Développer une approche innovante de traçage de l'origine des MES en utilisant les propriétés conservatives des MES ou des sédiments déposés (carottes sédimentaires)



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluant

Objectifs et méthodologie

Développer une approche innovante de traçage de l'origine des MES en utilisant les propriétés conservatives des MES ou des sédiments déposés (carottes sédimentaires)

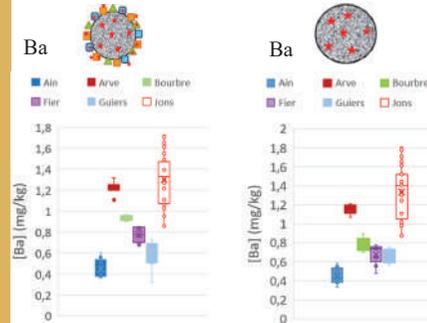
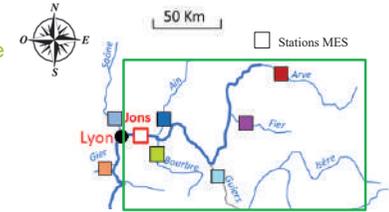


- Évaluer la justesse des résultats (mélanges en laboratoire)
- Appliquer le traçage à l'échelle du Rhône

Résultats

Identification des sources

- Arve Fier Guiers Ain Bourbre
- ≥ 5 échantillons par station
- Conditions de crue et étiage



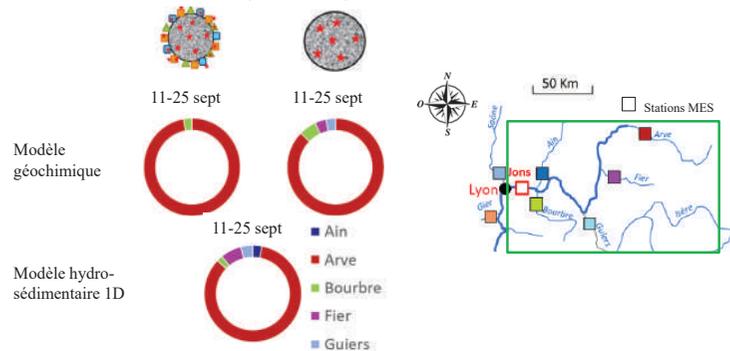
Résultats

Traçage des sources de MES à Jons

Avec correction granulométrique des données

Comparaison du modèle géochimique et hydro-sédimentaire 1D

Crues (> 800 m³/s)



Évaluation de la justesse des résultats

- Mélanges en laboratoire
 - Réaliser des mélanges de proportions de sources connues en laboratoire

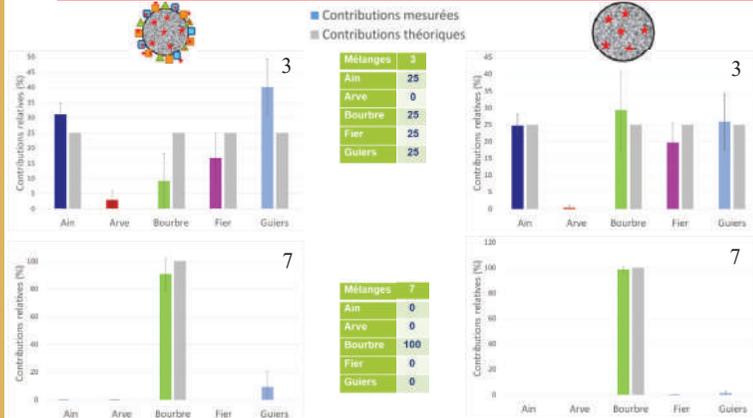
Mélanges	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ain	5	20	25	10	100	0	0	0	0
Arve	80	20	0	50	0	100	0	0	0
Bourbre	5	20	25	0	0	0	100	0	0
Fier	5	20	25	30	0	0	0	100	0
Guiers	5	20	25	10	0	0	0	0	100

- Détermination du GOF (Goodness of Fit) (GOF > 0,85 = modèle fiable)

$$GOF = 1 - \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left\{ \left(C_i - \left(\sum_{s=1}^m P_s S_{si} \right) \right) / C_i \right\}^2 W_i \right]$$

Résultats

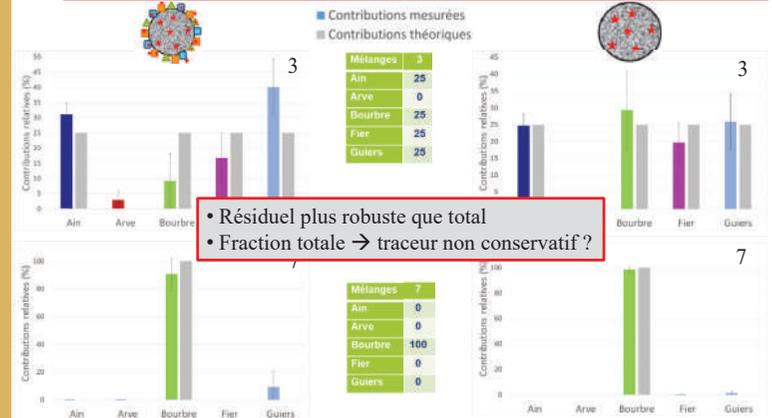
Traçage des sources de MES à Jons : Validation du modèle



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Résultats

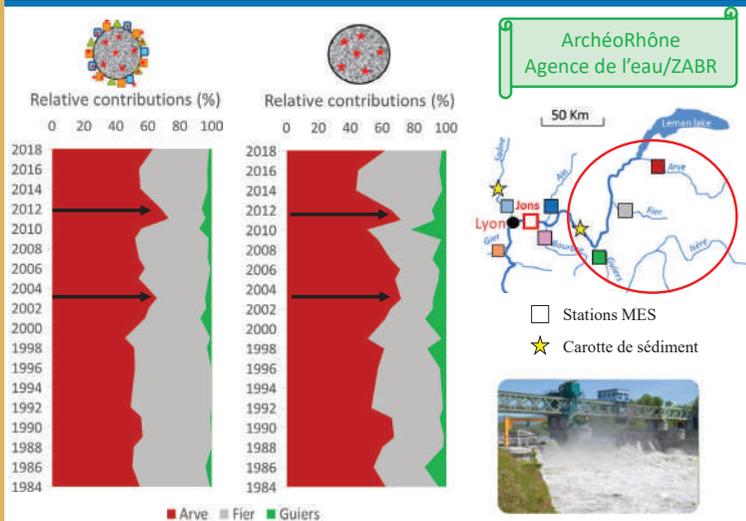
Traçage des sources de MES à Jons : Validation du modèle



Étude de la minéralogie → étudier la pertinence des traceurs

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Historique des sources de MES_Haut Rhône



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

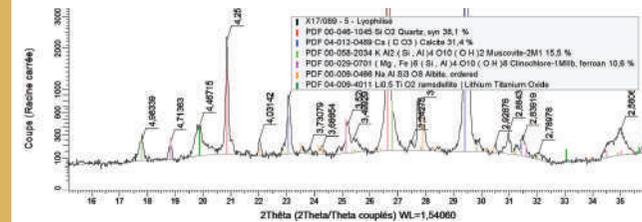
Perspectives

- Traçage des MES sur le BV du Rhône

1 Caractériser les sources (Diffraction des RX)

Sur les fractions totales et réactives

Explication sur le choix des traceurs



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Perspectives

- Traçage des MES sur le BV du Rhône

- 1 Caractériser les sources (Diffraction des RX)
- 2 Tracer les sources de MES à l'échelle du Rhône intermédiaire (Andancette)



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Perspectives

- Traçage des MES sur le BV du Rhône

- 1 Caractériser les sources (Diffraction des RX)
- 2 Tracer les sources de MES à l'échelle du Rhône intermédiaire (Andancette)
- 3 Tracer les sources de MES à Arles



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Perspectives

- Traçage des MES sur le BV du Rhône

- 1 Caractériser les sources (Diffraction des RX)
- 2 Tracer les sources de MES à l'échelle du Rhône intermédiaire (Andancette)
- 3 Tracer les sources de MES à Arles
- 4 Affiner le modèle en utilisant que des échantillons prélevés pendant les crues



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Perspectives

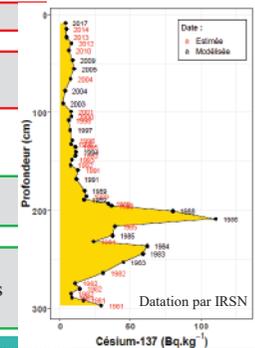
- Traçage des MES sur le BV du Rhône

- 1 Caractériser les sources (Diffraction des RX)
- 2 Tracer les sources de MES à l'échelle du Rhône intermédiaire (Andancette)
- 3 Tracer les sources de MES à Arles
- 4 Affiner le modèle en utilisant que des échantillons prélevés pendant les crues



- Historique des sources de MES

- 1 Transposer la méthode de traçage sur la carotte prélevée à Arles
- 2 Interprétation des résultats au regard de l'historique des événements hydrologiques (crues, ...)



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Merci de votre attention



Variabilité spatio-temporelle des dépôts sédimentaires et des contaminants associés dans les milieux péri-fluviaux

Sophia VAUCLIN, ENTPE

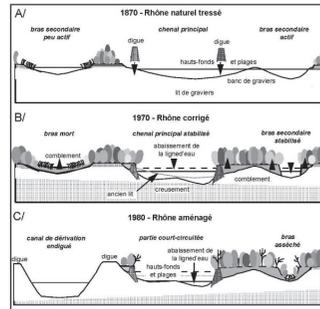
1. Introduction

PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE DE LA THÈSE

LE CAS DES FLEUVES EUROPÉENS :
DES SÉDIMENTS HÉRITÉS LIÉS AUX AMÉNAGEMENTS?



Un aperçu des infrastructures installées sur les grands fleuves européens
(source : Rivers of Europe, Tockner et al., 2009)



Modification du profil transversal du Rhône suite aux aménagements Girardon et CNR
(Source : © Fruget, 2003 in Persat et al., 1995)

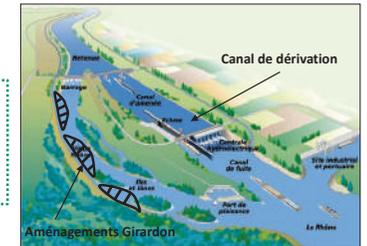
1. Introduction

PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE DE LA THÈSE

Caractériser l'influence conjointe des **aménagements** et de la **contamination** sur les dépôts sédimentaires d'un fleuve aménagé

Objectifs :

- Caractériser à l'aide de **marqueurs** précis les sédiments hérités des aménagements fluviaux, et ce dans différents **environnements de dépôt** (lit majeur, chenaux secondaires, retenue de barrage, etc.)



Configuration typique d'un des 18 « Rhône court-circuité » (RCC) résultant des phases d'aménagements successives

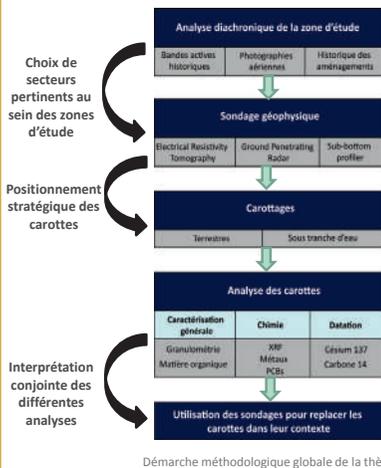
- Identifier les **tendances spatiales et temporelles de contamination** des sédiments hérités et caractériser l'éventuelle **influence des aménagements sur ces tendances**

Thématique développée dans cette présentation!

- Associer les sédiments hérités à une **période temporelle** et identifier leur(s) **mécanisme(s)** de dépôt
- Proposer une **évolution du concept de sédiments hérités** qui prenne en compte l'effet des aménagements

2. Méthodologie

DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE GLOBALE



Démarche méthodologique globale de la thèse

- Tendances **temporelles** de contamination
→ **carottes sédimentaires = ARCHIVES**
→ Caractérisation complète des carottes (granulométrie, chimie, datation, etc.)
→ Polluants quantifiés :
 - Eléments métalliques (Zn, Cr, Pb, Cu, Ni, Cd)
 - PCBs, PCDD/Fs
 - Retardateurs de flamme bromés (RFB)
 - Césium 137 (marqueur temporel)



Carotte sédimentaire ouverte

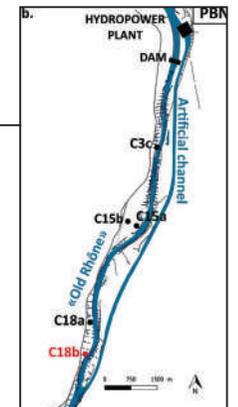
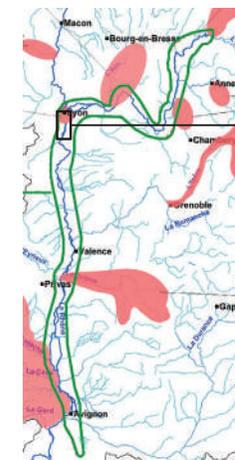
- Tendances **spatiales** de contamination
→ **différents environnements de dépôt** (plaine d'inondation, bras secondaires plus ou moins actifs, barrages)
→ **différents sites d'études** le long du Rhône

2. Méthodologie

SITES D'ETUDE

Trois sites d'étude pour une bonne représentation du corridor Rhodanien au sud de Lyon :

- Pierre-Bénite
- Péage-de-Roussillon
- Donzère-Mondragon



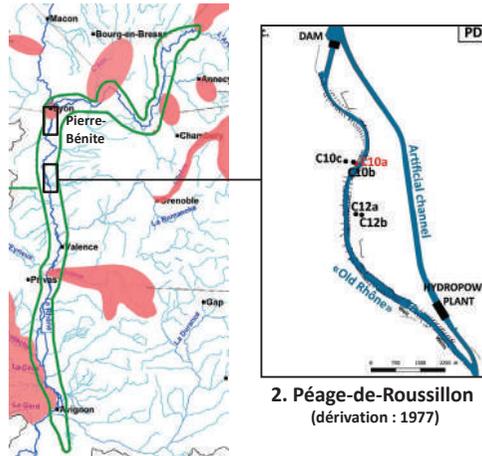
1. Pierre-Bénite (dérivation : 1966)

2. Méthodologie

SITES D'ETUDE

Trois sites d'étude pour une bonne représentation du corridor Rhodanien au sud de Lyon :

1. Pierre-Bénite
2. Péage-de-Roussillon
3. Donzère-Mondragon

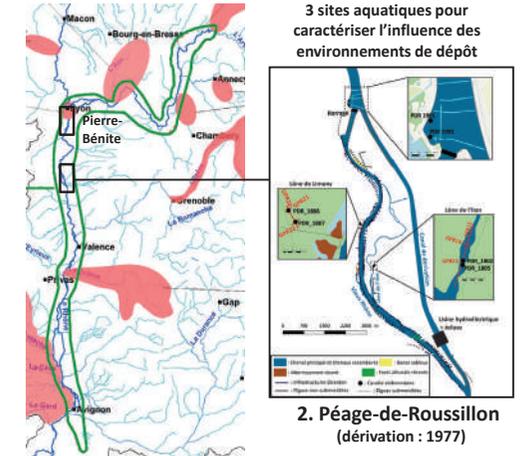


2. Méthodologie

SITES D'ETUDE

Trois sites d'étude pour une bonne représentation du corridor Rhodanien au sud de Lyon :

1. Pierre-Bénite
2. Péage-de-Roussillon
3. Donzère-Mondragon



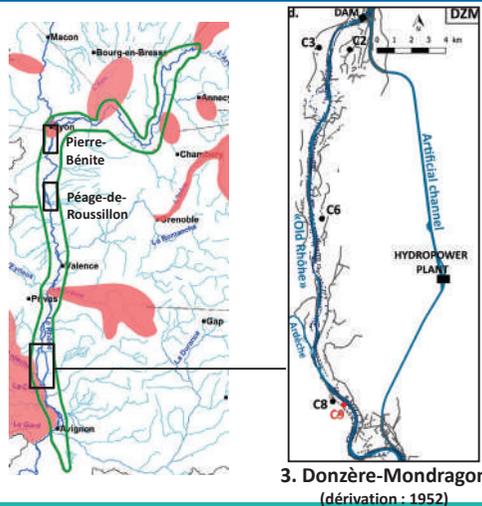
3 sites aquatiques pour caractériser l'influence des environnements de dépôt

2. Méthodologie

SITES D'ETUDE

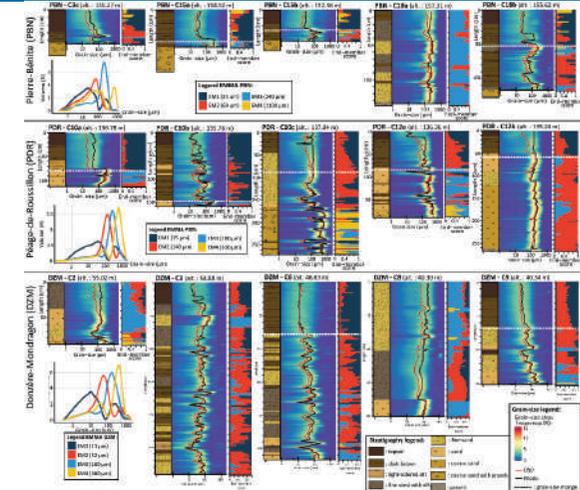
Trois sites d'étude pour une bonne représentation du corridor Rhodanien au sud de Lyon :

1. Pierre-Bénite
2. Péage-de-Roussillon
3. Donzère-Mondragon



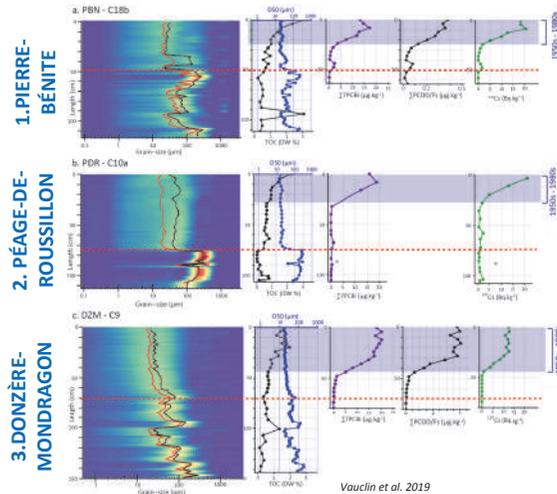
3. Résultats

Comparaison inter-sites sur la plaine d'inondation Identification des sédiments hérités par la granulométrie



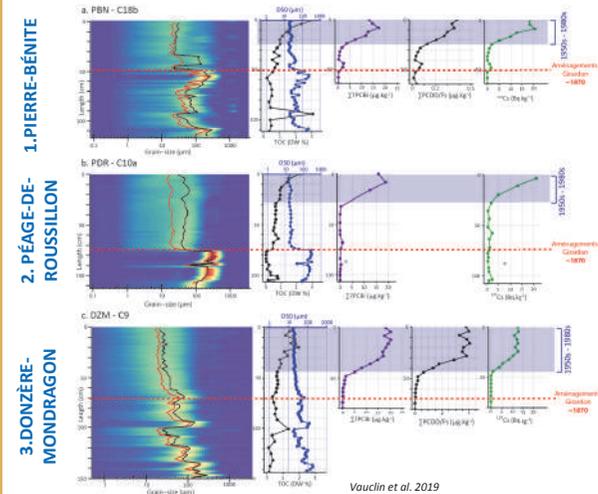
3. Résultats

Comparaison inter-sites sur la plaine d'inondation
Polluants organiques : tendances temporelles



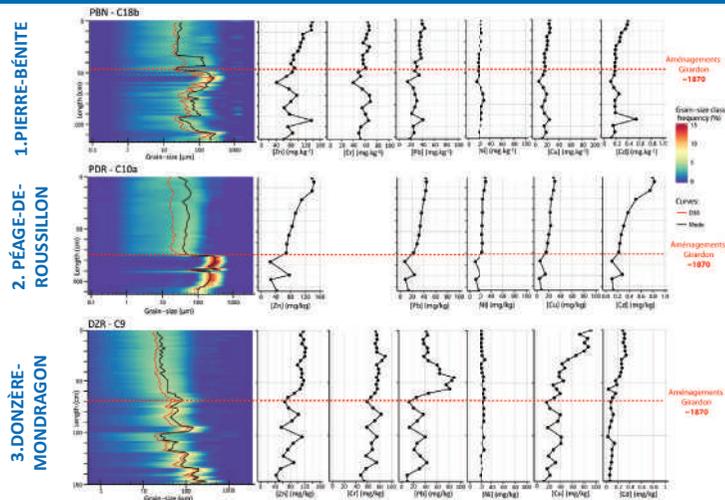
3. Résultats

Comparaison inter-sites sur la plaine d'inondation
Polluants organiques : tendances temporelles



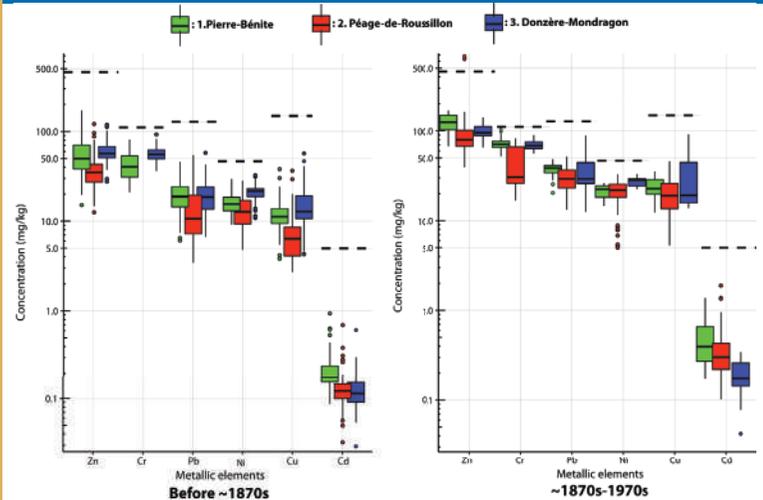
3. Résultats

Comparaison inter-sites sur la plaine d'inondation
Éléments métalliques : tendances temporelles



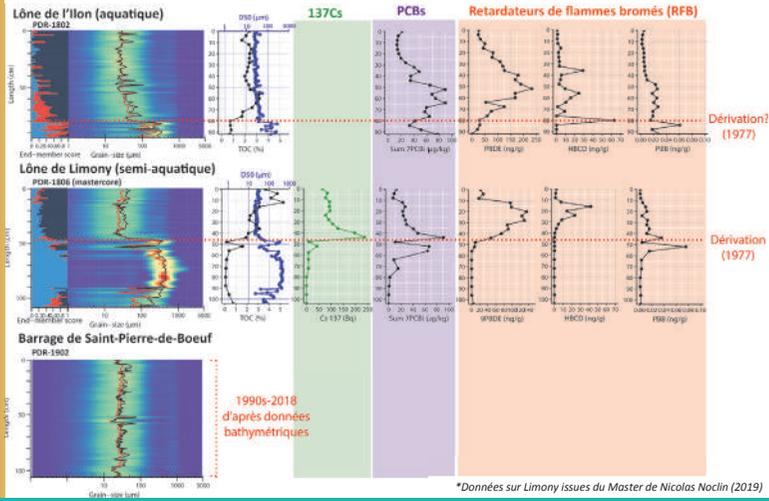
3. Résultats

Comparaison inter-sites sur la plaine d'inondation
Éléments métalliques : une première synthèse à l'échelle des 3 sites



3. Résultats

Etude intra-site sur l'influence des environnements de dépôt

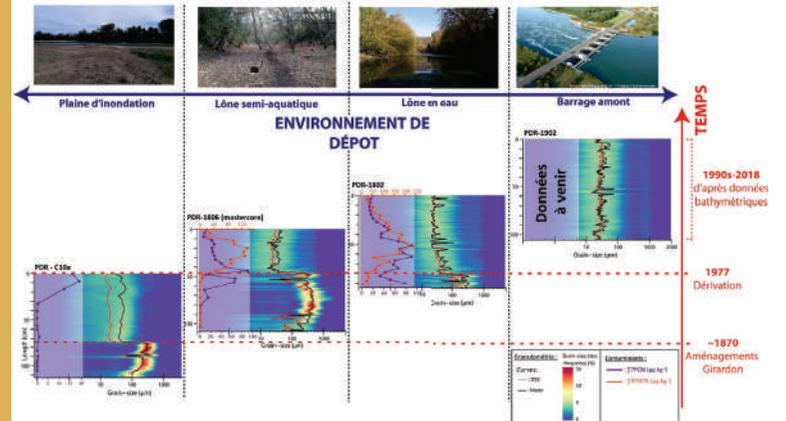


3. Résultats

Etude intra-site sur l'influence des environnements de dépôt

OBJECTIF FINAL :

Etablir un « log » présentant les caractéristiques typologiques et géochimiques des sédiments péri-fluviaux du Rhône en fonction de l'environnement de dépôt et au cours du temps.



Merci de votre attention!

Stratégies analytiques innovantes pour étudier le devenir des pesticides dans les hydrosystèmes

Kevin ROCCO, Irstea



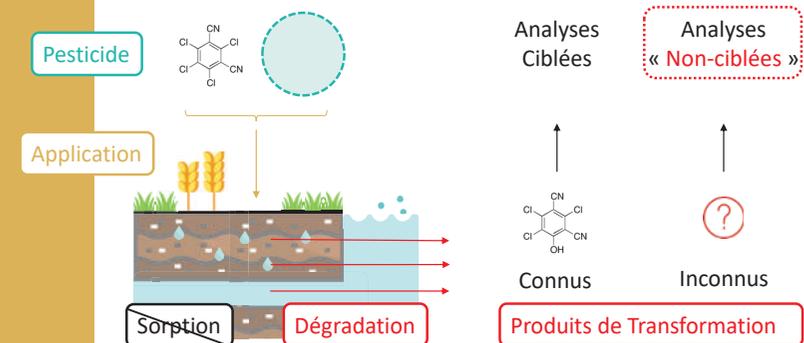
STRATÉGIES ANALYTIQUES INNOVANTES POUR ÉTUDIER LE DEVENIR DES PESTICIDES DANS LES HYDROSYSTÈMES (2019 – 2022)

Encadrants:
Marina COQUERY
Christelle MARGOUM

Kevin ROCCO, Irstea
UR RiverLy
Equipe LAMA

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Descriptif du sujet de thèse



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Principaux verrous et Objectifs



Molécules étudiées ?



Rôle des conditions
environnementales
(sol, humidité, pH,...) ?



Rôle des adjuvants ?



Produits de
transformation ?
(Nombre, Concentration,
Pas de standards...)

Critères de sélection

Design expérimental en
conditions contrôlées
Développement
d'analyses non-ciblées

Expérimentations au
champ
(Site Ardières-Morcille)

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Merci de votre attention !

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

A multidisciplinary, multiscale approach to understand the sources and fate of veterinary pharmaceutical products in a mesoscale Mediterranean catchment

Nico HACHGENEI, Université Grenoble Alpes



UNDERSTANDING THE TRANSPORT DYNAMICS OF VETERINARY PHARMACEUTICAL PRODUCTS IN A MESOSCALE MEDITERRANEAN CATCHMENT



Nico Hachgenei, IGE Grenoble

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Outline

1. Introduction
2. Main parts of the PhD
 1. Sources of pollutants
 2. Mesocosms
 3. Catchment scale
3. Conclusions & outlook

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

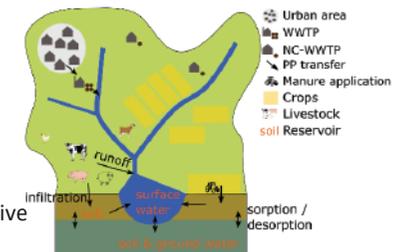
1. Introduction

- 1.1 Pharmaceutical products in the environment
- 1.2 Veterinary pharmaceuticals
- 1.3 Knowledge gap
- 1.4 The Claduègne catchment
- 1.5 Goal and constraints

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

1.1 – Pharmaceutical products (PP) in the environment

- Human medicine
 - Waste water treatment plant (WWTP) effluent (point source)
 - Non-collective WWT
- Veterinary medicine
 - Domestic animals
 - urban; curative
 - Animal husbandry
 - rural; curative & preventive
 - diffuse source onto soil
 - fate depends on **chemical product properties, soil properties & Hydrometeorology**



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

1.2 - Veterinary PP classes

“
One river-
swimming
dog treated
with a
spot-on
compound
can
destroy an
ecosystem
(Powell et al. 2018)

- Antibiotics
 - Essential for treatment of many diseases (human & animal)
 - Resistances threaten efficiency
 - Declined use in EU since end 20th century (Kümmerer, 2009)
- Parasiticides
 - Less important in human medicine
 - Extremely **high toxicity** for invertebrates & fish (ng/l)
 - **Preventive** use in veterinary medicine
 - Often **hydrophobic** and **persistent**

Kümmerer, K. (2009). Antibiotics in the aquatic environment - A review - Part I. *Chemosphere*, 75(4), 417-434. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.11.086>
Powell, K., Foster, C., & Evans, S. (2018). Environmental dangers of veterinary antiparasitic agents. *Veterinary Record*, 183(19), 599-600. <https://doi.org/10.1136/vr.k4690>

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

1.3 - Knowledge Gap

Studied:

- Chemical properties
- Adsorption coefficients
- Toxicity
- Half life under different conditions



- Presence in the environment

Knowledge gap:

- Link presence with
 - Application
 - Properties
 - Hydrological dynamic

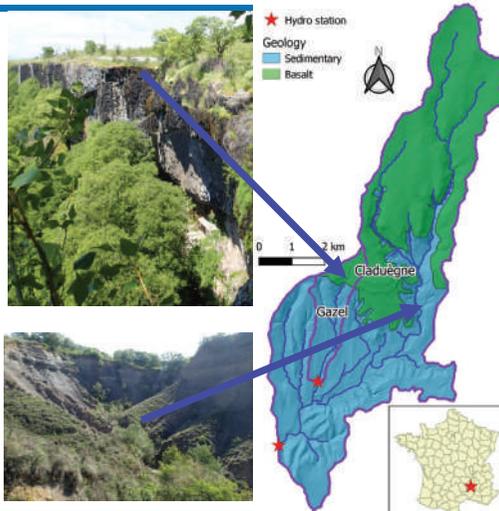


8.11.2019

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

1.4 - Claduègne catchment

- Well monitored
- Claduègne: 42 km²
- Gazel: 3.35 km²
- 205-838 m a.s.l.
- 2 geologies
- P: 1030 mm/a
- Dry summer, intense autumn storms
- Dynamic hydrology (50% Q in 4% time)
- Rural, mixed use



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

1.5 - Goal

- Investigate the **dynamic of export of pharmaceutical products**

- on two **temporal** scales
 - Seasonal
 - Intra-event
- On different **spatial** scales



27.6.2019

23.10.2013

- Link to

- **Application** periods
- **Hydro-meteorological** conditions
- Water pathways



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

2. Main parts of the PhD

- 2.1 Sources of veterinary PP in the Claduègne catchment
 - 2.1.1 Potential sources of PP
 - 2.1.2 Interviews
- 2.2 Pollutant transfer dynamic on plot scale – ‘mesocosms’
- 2.3 Pollutant transfer dynamic on catchment scale

2.1 - Potential sources of PP in the Claduègne catchment

- Small towns (collective & individual wastewater treatment systems)
- Hospital + retirement home (WWTP of Villeneuve-de-Berg)
- 2 Campgrounds
- Animal husbandry (bovine, ovine, caprine, porcine, poultry)

- Many sources, high number of molecules
- Low concentrations



2.1 - Interviews

- Interviewed 13/(33) livestock breeders 2018 / 2019

Nom	
Adresse	contact
Téléphone	
Adresse mail	
Installé/e depuis quand ?	
Quelles parcelles ?	exact parcels
Activité / type de bêtes	
Depuis quand ?	how many animals, since when,
Surface par type de bêtes	
Période de pâturage	grazing periods,
Traitement 1	treatments
Traitement 2	
Traitement 3	
Épandage de fumiers → où et quand ?	Manure practices
Vente des fumiers ? à qui ?	
Calendriers de traitements	Treatment calendars, veterinary
Puits / sources ?	
Où vient l'eau pour leurs bêtes ?	hydrology
Photos des crues ?	
Suivi / carnet de traitement année prochaine	
Des contacts des autres éleveurs ?	Other contacts

- Treatment periods
- Treatment frequencies
- Practices (interchanging molecules between years)
- List of molecules used systematically
- 3 treatment calendars (+1 evtl.)
- Parcels

2.1 - List of molecules

- Some parasiticides with systematic treatment
- few antibiotics (only curative, most species <5% treated / year; different molecules)
- Goats: Antibiotics in significant amount [~50%]

Beef	Pork	Goat	Sheep	Chicken
Ivermectine	Fenbendazole	Ivermectine	Moxidectine	Levamisole
Deltamethrine		Eprinomectine	Mebendazole	
Clorsulone		Oxfendazol	Closantel	
		Praziquantel		
		Bezylpenicilline		
		Dihydrostreptomycine		
		Nafacilline		

Conclusions: 2.1 - Sources

- ✓ Determination of some **systematically used PP**
 - 11 parasitocides & 3 antibiotics, at least one unique per species
- ✓ Determination of **treatment periods** & practices
- ✓ **Localisation** of animal species

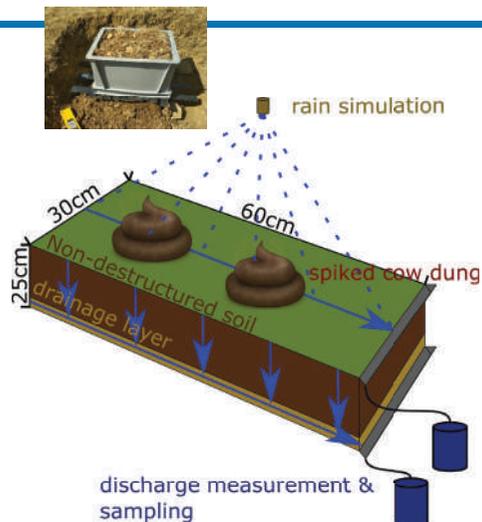
- ! **Analysis limits our possibilities**
 - Molecules
 - Detection limits
 - Solid fraction

2. Main parts of the PhD

- 2.1 Sources of veterinary PP in the Claduègne catchment
- 2.2 Pollutant transfer dynamic on plot scale – ‘mesocosms’
- 2.3 Pollutant transfer dynamic on catchment scale

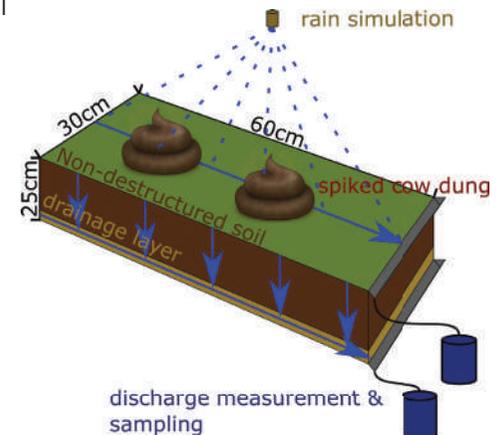
2.2 - Mesocosms – what?

- Sample undisturbed soil
- Spike SMX & Ivermectin
- Simulate rainfall
- Capture & quantify surface runoff & subsurface drainage
- Analyze concentration at high frequency



2.2 Mesocosms – why?

- Undisturbed soils
 - Include natural soil features
 - Verify explanative power of batch & column experiments
- Quantify water & pollutant transfer
- Identify important factors



2. Main parts of the PhD

2.1 Sources of veterinary PP in the Claduègne catchment

2.2 Pollutant transfer dynamic on plot scale – ‘mesocosms’

2.3 Pollutant transfer dynamic on catchment scale

2.3 - Pharma BV – spatial (antibio)

- 55 pharmaceuticals & pesticides
- Generally low concentrations
- WWTP & lower parts → human infl.
- BUT: molecules mainly human
- Missing “our” 14 molecules

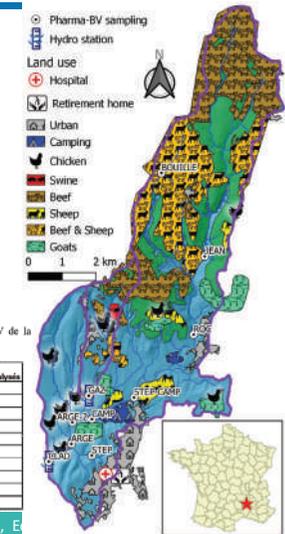
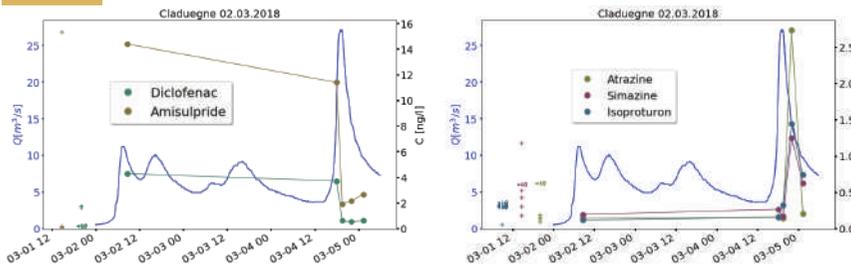


Tableau 4 : Gamme de concentration (ng/L) et fréquence de quantification (%) pour les 10 antibiotiques dans les eaux du BV de la Claduègne*

Gamme de concentration (ng/L)	Bouille (n=1)	Juan (n=3)	Roc (n=3)	Step Camp (n=1)	Camp (n=1)	Gas (n=1)	Arge (n=1)	Arge-2 (n=1)	Step (n=1)	Clu sur 27 abattoirs (n=1)	PQ (%)
AZITHROMYCINE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	13-43	nd
CIPROFLOXACINE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	11-15	nd	11%
CLARITHROMYCINE	nd	nd-0,3	0,1-0,4	7,7	nd-0,2	nd-0,1	nd	nd	11-51	nd-0,2	70%
CLINDAMYCINE	nd	nd-0,1	nd	35	nd-0,2	nd	nd	0,1	307-042	nd-0,2	41%
ERYTHROMYCINE	3,3	nd	nd	0,8	nd-2,1	nd-4,0	nd	4,5	0,74-2	nd-0,8	33%
METRONIDAZOLE	0,04	0,01-0,1	0,01-0,04	0,1	nd-0,2	nd-0,02	nd-0,04	0,04	2,2-8,0	nd-0,03	74%
NORFLOXACINE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	20-35	nd	11%
OFLOXACINE	nd	nd-2,2	nd-2,0	nd	nd-0,9	nd-0,3	nd-1,5	nd	70-131	nd-2,0	70%
SULFAMETHOXAZOLE	nd	nd-0,5	nd-4,9	11	0,2-8,1	nd-0,1	nd-1,1	nd	2,2-122	0,74-2	70%
TRIMETHOPRIME	nd	nd-0,6	0,2-0,8	4,2	nd	nd	nd	nd	0-37	nd-0,1	40%

2.3 - Pharma BV – dynamic

- Purely human PP → dilution
- Triazines (pesticides forbidden since 2003) → peak at the end of flood events

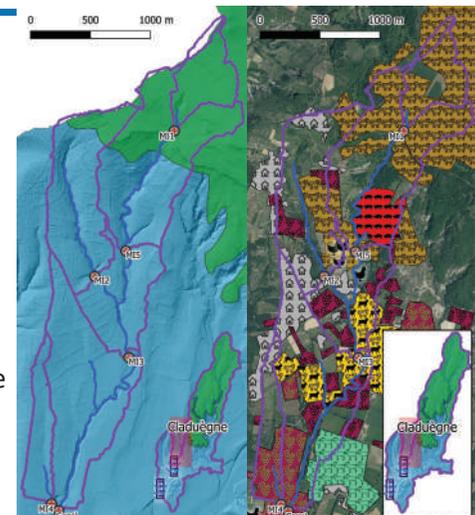


- Different concentration (& expected toxicity) dynamics
 - importance of hydrometeorology in Mediterranean context

2.3 - Screening campaign

- POCIS → PP + TP
- MI1: Beef
- MI5: + pork
- MI2: Urban (NC-WWT), chicken
- MI3: MI2 + MI5
- MI4: Vine
- Gazel: all, + goats

- Goal:
- Compare PP presence to expectations (interviews)
 - Unique character of PP



2.3 - PP in water & sediment

- Flood sampling: Water and suspended sediment
 - Intra-event dynamic
- Manual sampling
 - Seasonal dynamic $f \sim$
 - Treatment periods
 - Hydro-meteorological conditions
- Combine with tracers of water pathways
 - Associate PP dynamics with flow compartment

3. Conclusions & outlook

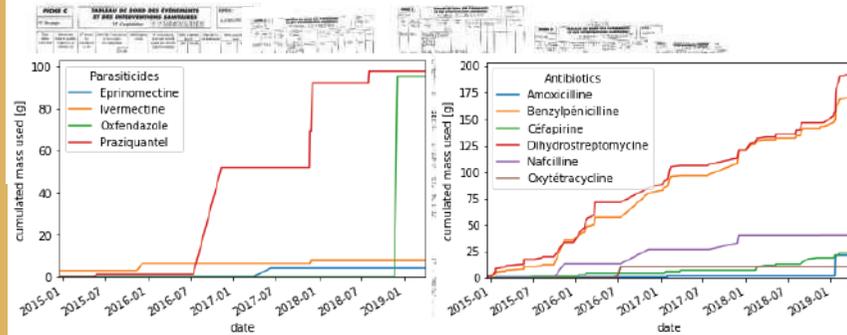
3 - Conclusions

1. **Interviews:** Information on
 - Dominantly used PP
 - Application practices
 - Animal localisation
 → **Source dynamics**
2. **Mesocosm** approach to
 - **Test factors** determining PP transfer
 - Controlled conditions
 - Laboratory → environment
3. **Catchment-scale** approach to
 - **dynamic** of PP export at the **scale of interest**
 - Compare presence of PP to source information
 - Conclude on transfer dynamics



Treatment calendar ex.

- Pradel goat farm (135 goats → 240 soon; 25 ha):
 - full treatment calendar
 - grazing calendars available
- Use Benzylpénicilline vs. P: 50 g/a ~ 200ng/l



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Model molecules

Two model molecules:

- SMX:
 - Antibiotic
 - low-cost HPLC-fluo analysis at IGE [$\mu\text{g/l}$]
 - Hydrophilic: $\log(K_{OW}) = 0.89$ (Hansch, C. et al., 1995)
- Ivermectine:
 - Parasiticide (beef, goats)
 - low-cost HPLC-fluo analysis at IGE [$\mu\text{g/l}$], in development
 - Hydrophobic: $\log(K_{OW})$ 4.4-5.8
 - Low metabolism** (Boxall et al. 2004)
 - Stable in soil** ($t_{1/2}$ 10 – 1000d (Krogh et al. 2009))
 - Unstable in surface water (light)** ($t_{1/2}$ <30min (Boxall et al. 2004))

Hansch, C., Leo, A., D. Hoekman. Exploring QSAR - Hydrophobic, Electronic, and Steric Constants. Washington, DC: American Chemical Society., 1995., p. 71
 A.B.A. Boxall, Fogg, L. A., Blackwell, P. A., Kay, P., Pemberton, E. J., & Croxford, A. (2004). Veterinary Medicines in the Environment. Rev Environ Contam Toxicol, 180, 1-91.
 Krogh, K. A., Jensen, G. G., Schneider, M. K., Fenner, K., & Halling-Sørensen, B. (2009). Analysis of the dissipation kinetics of ivermectin at different temperatures and in four different soils. *Chemosphere*, 75(8), 1097-1104. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.01.015>

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Influence de la biodégradation bactérienne des antibiotiques sur le devenir de ces substances et la dispersion des antibiorésistances dans les agrosystèmes

Loren BILLET, Irstea



Dynamique des antibiotiques et des antibiorésistances dans les agrosystèmes : réponse écotoxicologique et adaptation des communautés microbiennes terrestres et aquatiques

Loren Billet



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Contexte – La problématique environnementale



Le compartiment aquatique est contaminé en antibiotiques et en antibiorésistances

- ➔ Perturbation des écosystèmes
Pan 2008, Schmitt 2015,...
- ➔ Risque sanitaire
(OMS : En 2050 antibiorésistance 1^{ère} cause de décès)

Les agrosystèmes sont particulièrement concernés

Certaines pratiques favorisent la contamination et véhiculent ensemble :

- ➔ les bactéries résistantes
- ➔ les antibiotiques (pression de sélection)

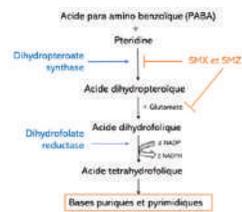
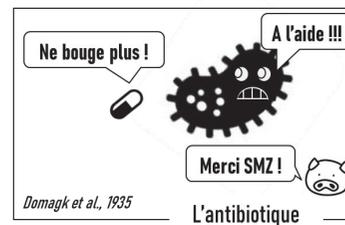


Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Contexte – Antibiotique et fonctions bactériennes associées

La sulfaméthazine (SMZ)

- Famille des sulfamidés
- Bactériostatique vétérinaire
- Large spectre d'action



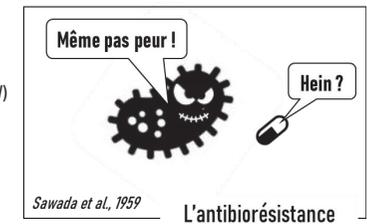
Source : rapport M2 Laura Kergoat

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Contexte – Antibiotique et fonctions bactériennes associées

Mécanismes de résistance à la SMZ

- spécifiques
 - mutation de la cible (gène *dhfrsa*)
 - isoprotéines insensibles (gènes *sul*)
- aspécifique
 - Epaisseur paroi
 - Pompe à efflux



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

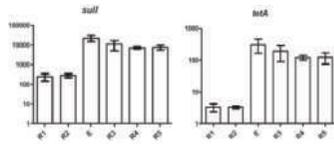
Contexte – Antibiotique et fonctions bactériennes associées

Mécanismes de résistance à la SMZ

- spécifiques
 - mutation de la cible (gène *dhfrsa*)
 - isoprotéines insensibles (gènes *sul*)
- aspécifique
 - Epaisseur paroi
 - Pompe à efflux



Très abondant dans l'environnement



Source : Berglund et al., 2014

R1/R2 (amont)
E (eau de STEP) R3/R4/R5 (aval)

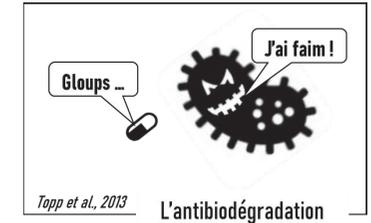
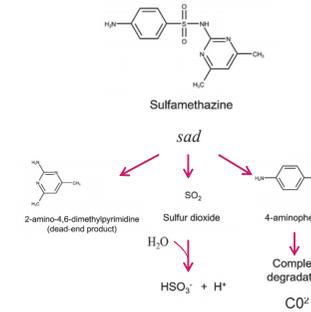
Exprimé en
copie gène de résistance
10⁶ copies gène 16S

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Contexte – Antibiotique et fonctions bactériennes associées

Capacité de dégradation de la SMZ

- Utilisation comme substrat
- Voie de dégradation caractérisée

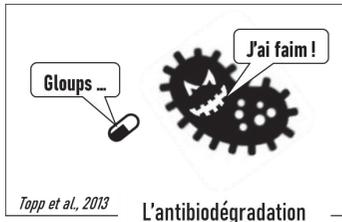
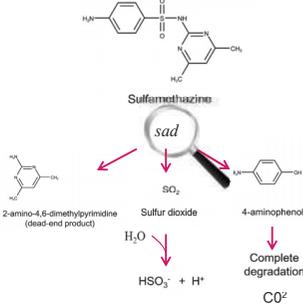


Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

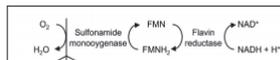
Contexte – Antibiotique et fonctions bactériennes associées

Capacité de dégradation de la SMZ

- Utilisation comme substrat
- Voie de dégradation caractérisée



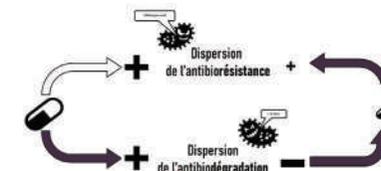
Caractérisation : Gènes *sad* A, B et C



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Hypothèse –

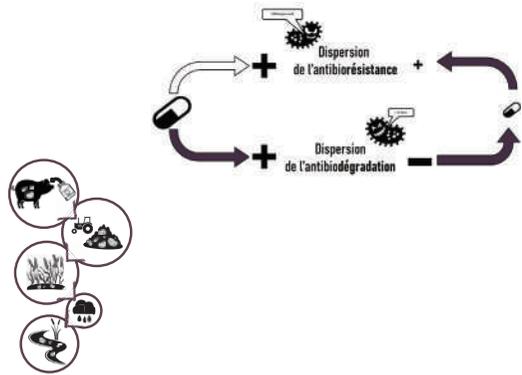
Quel est l'impact de l'antibiodégradation sur la dispersion des antibiotiques et des antibiorésistances dans les agrosystèmes ?



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Hypothèse –

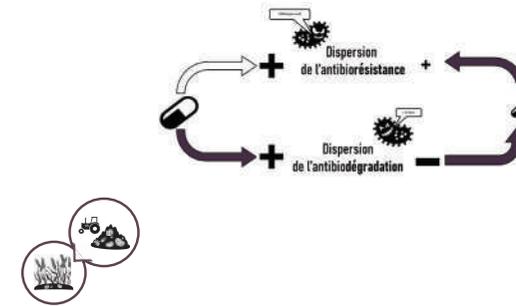
Quel est l'impact de l'antibiodégradation sur la dispersion des antibiotiques et des antibiorésistances dans les agrosystèmes ?



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Hypothèse –

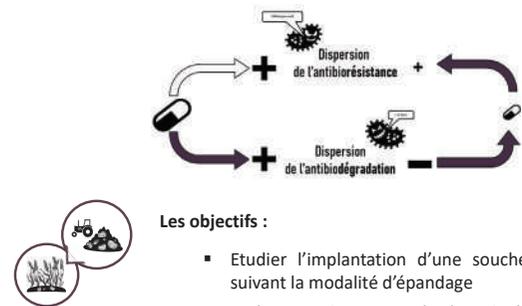
Quel est l'impact de l'antibiodégradation sur la dispersion des antibiotiques et des antibiorésistances dans les agrosystèmes ?



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Hypothèse –

Quel est l'impact de l'antibiodégradation sur la dispersion des antibiotiques et des antibiorésistances dans les agrosystèmes ?



Les objectifs :

- Etudier l'implantation d'une souche dégradant SMZ suivant la modalité d'épandage
- Evaluer son impact sur le devenir de l'antibiotique et de l'antibiorésistance.

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

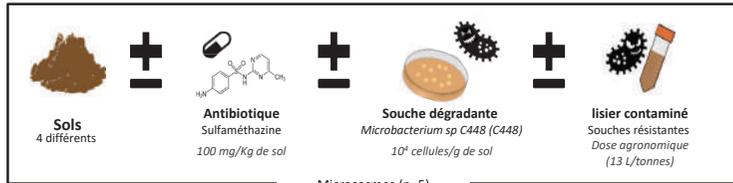
Mat&Met – Les microcosmes frais

 Sols 4 différents	+	 Antibiotique Sulfaméthazine 100 mg/Kg de sol	+	 Souche dégradante Microbacterium sp C448 (C448) 10 ⁶ cellules/g de sol	+	 lisier contaminé Souches résistantes Dose agronomique (13 L/tonnes)
Microcosmes (n=5)						



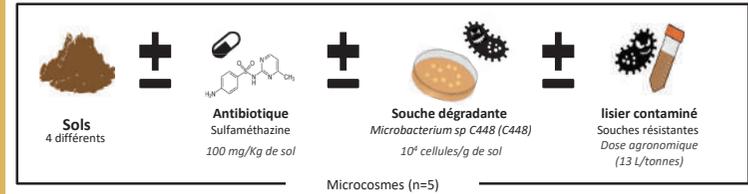
Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Mat&Met – Les microcosmes frais



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Mat&Met – Les microcosmes frais

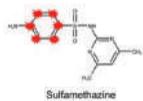
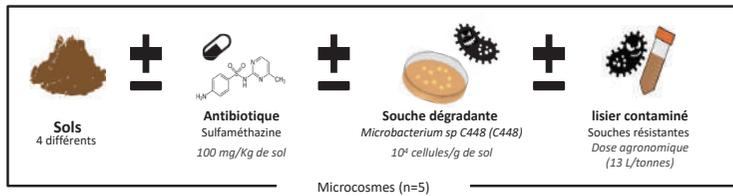


Réponse de la communauté bactérienne globale
séquençage ADNr 16S

Installation & dispersion de l'antibiorésistance, de l'antibiodégradation et de la souche
qPCR sul1, sadA, gyrB de C448

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Mat&Met – Les microcosmes chauds



Activité de dégradation
radiorespirométrie

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Résultats – l'antibiodégradation

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Résultats – l'antibiodégradation

Inoculation & traitement antibiotique		Epdage	
● Eau	● C448	— Lisier	— Sans Lisier
● SMZ	● C448_SMZ	— Lisier	— Sans Lisier

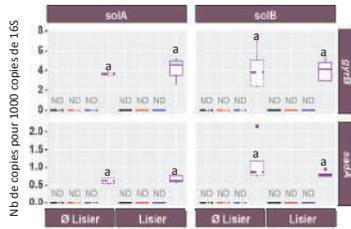


Fig 1- Abundance relative en fin d'incubation de: *gyrB* (*microbacterium* sp. C448), *sadA* (antibiodégradation)

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Résultats – l'antibiodégradation

Inoculation & traitement antibiotique		Epdage	
● Eau	● C448	— Lisier	— Sans Lisier
● SMZ	● C448_SMZ	— Lisier	— Sans Lisier

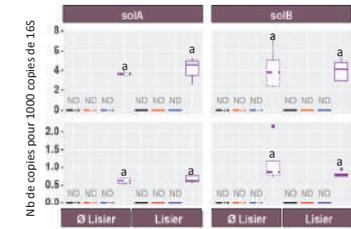


Fig 1- Abundance relative en fin d'incubation de: *gyrB* (*microbacterium* sp. C448), *sadA* (antibiodégradation)

SadA est détecté uniquement quand C448 est présente

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Résultats – l'antibiodégradation

Inoculation & traitement antibiotique		Epdage	
● Eau	● C448	— Lisier	— Sans Lisier
● SMZ	● C448_SMZ	— Lisier	— Sans Lisier

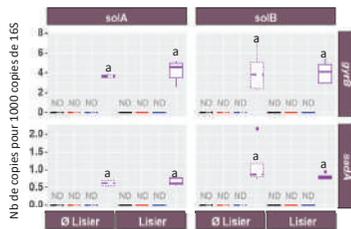


Fig 1- Abundance relative en fin d'incubation de: *gyrB* (*microbacterium* sp. C448), *sadA* (antibiodégradation)

SadA est détecté uniquement quand C448 est présente

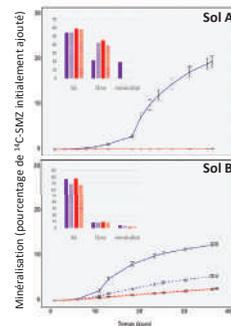


Fig 2- Cinétique de minéralisation de la SMZ au cours de l'incubation pour les 4 conditions supplémentées en SMZ. L'histogramme associé représente la répartition du ¹⁴C-SMZ à la fin de l'incubation (%).

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Résultats – l'antibiodégradation

Inoculation & traitement antibiotique		Epdage	
● Eau	● C448	— Lisier	— Sans Lisier
● SMZ	● C448_SMZ	— Lisier	— Sans Lisier

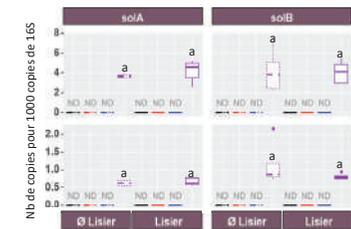


Fig 1- Abundance relative en fin d'incubation de: *gyrB* (*microbacterium* sp. C448), *sadA* (antibiodégradation)

SadA est détecté uniquement quand C448 est présente

+ Il n'y a pas de dégradation significative dans les sols non inoculés.

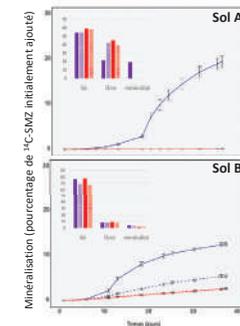


Fig 2- Cinétique de minéralisation de la SMZ au cours de l'incubation pour les 4 conditions supplémentées en SMZ. L'histogramme associé représente la répartition du ¹⁴C-SMZ à la fin de l'incubation (%).

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Résultats – l'antibiodégradation

Inoculation & traitement antibiotique
 ● Eau ● C448
 ● SMZ ● C448_SMZ

Epannage
 — Lisier
 — Sans Lisier

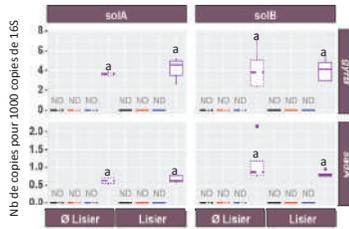


Fig 1- Abondance relative en fin d'incubation de: *gyrB* (*microbacterium* sp. C448), *sadA* (antibiodégradation)

SadA est détecté uniquement quand C448 est présente
 + Il n'y a pas de dégradation significative dans les sols non inoculés.
Les sols n'ont et n'acquièrent pas la capacité de dégradation de la SMZ sans qu'elle leur soit apportée via C448.

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

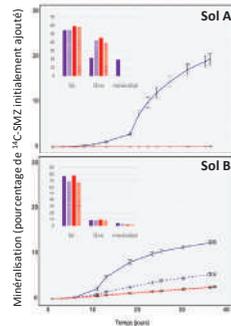


Fig 2- Cinétique de minéralisation de la SMZ au cours de l'incubation pour les 4 conditions supplémentées en SMZ. L'histogramme associé représente la répartition du ¹⁴C-SMZ à la fin de l'incubation (%).

Résultats – l'antibiodégradation

Inoculation & traitement antibiotique
 ● Eau ● C448
 ● SMZ ● C448_SMZ

Epannage
 — Lisier
 — Sans Lisier

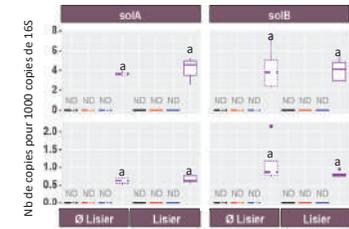


Fig 1- Abondance relative en fin d'incubation de: *gyrB* (*microbacterium* sp. C448), *sadA* (antibiodégradation)

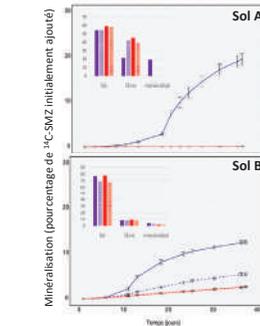


Fig 2- Cinétique de minéralisation de la SMZ au cours de l'incubation pour les 4 conditions supplémentées en SMZ. L'histogramme associé représente la répartition du ¹⁴C-SMZ à la fin de l'incubation (%).

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Résultats – l'antibiodégradation

Inoculation & traitement antibiotique
 ● Eau ● C448
 ● SMZ ● C448_SMZ

Epannage
 — Lisier
 — Sans Lisier

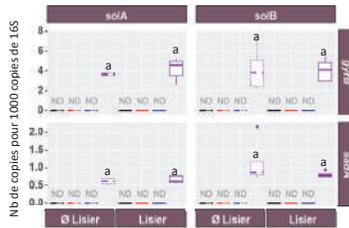


Fig 1- Abondance relative en fin d'incubation de: *gyrB* (*microbacterium* sp. C448), *sadA* (antibiodégradation)

C448 s'installe uniquement en présence de SMZ

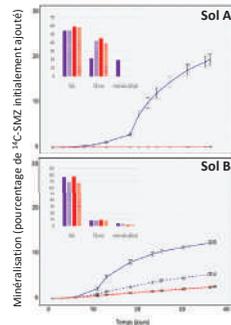


Fig 2- Cinétique de minéralisation de la SMZ au cours de l'incubation pour les 4 conditions supplémentées en SMZ. L'histogramme associé représente la répartition du ¹⁴C-SMZ à la fin de l'incubation (%).

Résultats – l'antibiodégradation

Inoculation & traitement antibiotique
 ● Eau ● C448
 ● SMZ ● C448_SMZ

Epannage
 — Lisier
 — Sans Lisier

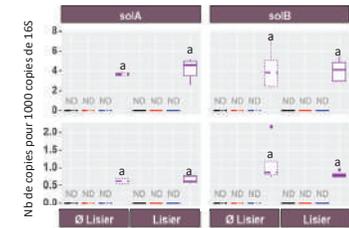


Fig 1- Abondance relative en fin d'incubation de: *gyrB* (*microbacterium* sp. C448), *sadA* (antibiodégradation)

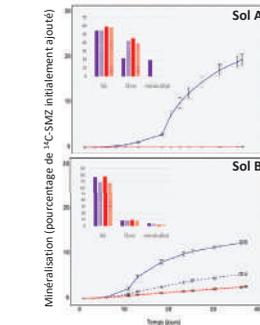


Fig 2- Cinétique de minéralisation de la SMZ au cours de l'incubation pour les 4 conditions supplémentées en SMZ. L'histogramme associé représente la répartition du ¹⁴C-SMZ à la fin de l'incubation (%).

C448 s'installe uniquement en présence de SMZ
 + son activité de dégradation varie suivant la modalité d'épannage

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Résultats – l'antibiodégradation

Inoculation & traitement antibiotique
 ● Eau ● C448
 ● SMZ ● C448_SMZ

Epannage
 — Lisier
 — Sans Lisier

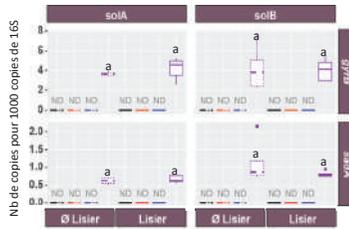


Fig 1- Abondance relative en fin d'incubation de: *gyrB* (*microbacterium* sp. C448), *sadA* (antibiodégradation)

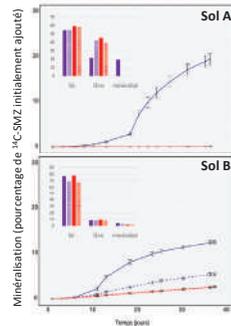


Fig 2- Cinétique de minéralisation de la SMZ au cours de l'incubation pour les 4 conditions supplémentées en SMZ. L'histogramme associé représente la répartition du ¹⁴C-SMZ à la fin de l'incubation (%).

C448 s'installe uniquement en présence de SMZ
 + son activité de dégradation varie suivant la modalité d'épandage

L'installation de C448 nécessite la présence de SMZ mais, n'est pas conditionnée par la dégradation de cette molécule

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Résultats – l'antibiodégradation

Inoculation & traitement antibiotique
 ● Eau ● C448
 ● SMZ ● C448_SMZ

Epannage
 — Lisier
 — Sans Lisier

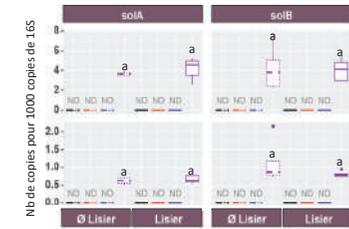


Fig 1- Abondance relative en fin d'incubation de: *gyrB* (*microbacterium* sp. C448), *sadA* (antibiodégradation)

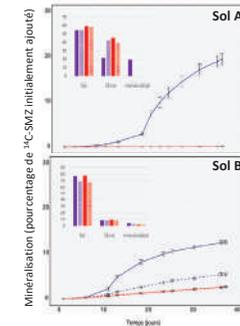


Fig 2- Cinétique de minéralisation de la SMZ au cours de l'incubation pour les 4 conditions supplémentées en SMZ. L'histogramme associé représente la répartition du ¹⁴C-SMZ à la fin de l'incubation (%).

C448 s'installe uniquement en présence de SMZ
 + son activité de dégradation varie suivant la modalité d'épandage

L'installation de C448 nécessite la présence de SMZ mais, n'est pas conditionnée par la dégradation de cette molécule

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Résultats – l'antibiodégradation

Inoculation & traitement antibiotique
 ● Eau ● C448
 ● SMZ ● C448_SMZ

Epannage
 — Lisier
 — Sans Lisier

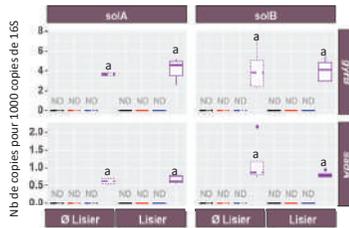


Fig 1- Abondance relative en fin d'incubation de: *gyrB* (*microbacterium* sp. C448), *sadA* (antibiodégradation)

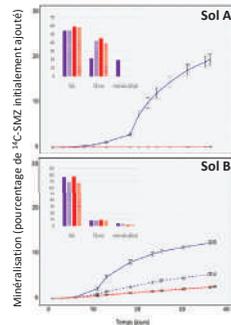


Fig 2- Cinétique de minéralisation de la SMZ au cours de l'incubation pour les 4 conditions supplémentées en SMZ. L'histogramme associé représente la répartition du ¹⁴C-SMZ à la fin de l'incubation (%).

Modulation de l'antibiodégradation selon l'environnement trophique de C448



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Résultats – l'antibiodégradation

Inoculation & traitement antibiotique
 ● Eau ● C448
 ● SMZ ● C448_SMZ

Epannage
 — Lisier
 — Sans Lisier

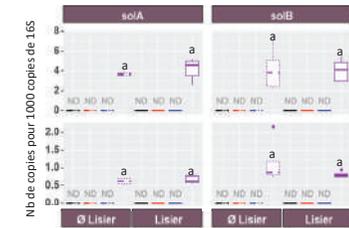


Fig 1- Abondance relative en fin d'incubation de: *gyrB* (*microbacterium* sp. C448), *sadA* (antibiodégradation)

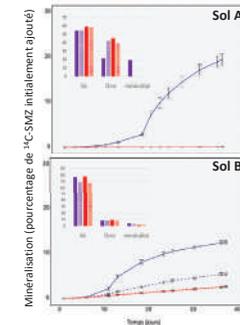


Fig 2- Cinétique de minéralisation de la SMZ au cours de l'incubation pour les 4 conditions supplémentées en SMZ. L'histogramme associé représente la répartition du ¹⁴C-SMZ à la fin de l'incubation (%).

Des niches trophiques sont libérées pas l'action antibiotique de SMZ

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Résultats – l'antibiodégradation

Inoculation & traitement antibiotique
 ● Eau ● C448
 ● SMZ ● C448_SMZ

Epandage
 — Lisier
 —• Sans Lisier

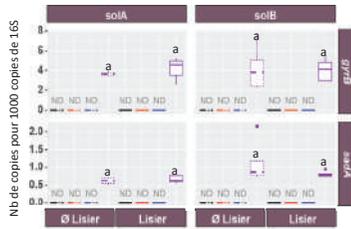


Fig 1- Abondance relative en fin d'incubation de: *gyrB* (*microbacterium* sp. C448), *sadA* (antibiodégradation)

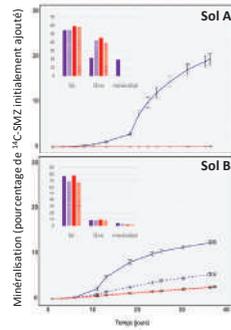


Fig 2- Cinétique de minéralisation de la SMZ au cours de l'incubation pour les 4 conditions supplémentées en SMZ. L'histogramme associé représente la répartition du ¹⁴C-SMZ à la fin de l'incubation (%).

Des niches trophiques sont libérées pas l'action antibiotique de SMZ

- C448 les utiliserait préférentiellement à SMZ, qui constituerait une source secondaire si trop peu de niches étaient libérées.
 - Avec l'épandage, des bactéries du lisier rentreraient en compétition pour leur occupation. L'exclusion de C448 de certaines la pousserait à réorienter son catabolisme sur SMZ.

Résultats – l'antibiodégradation

Inoculation & traitement antibiotique
 ● Eau ● C448
 ● SMZ ● C448_SMZ

Epandage
 — Lisier
 —• Sans Lisier

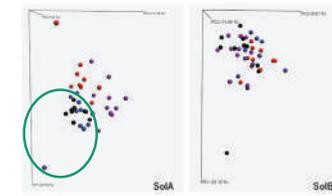


Fig 3- Analyse en Coordonnées Principales (PCoA) d'une matrice de distance Unifrac pondérée montrant la différence de structure des communautés globales en fonction des traitements.

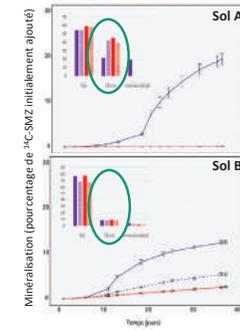


Fig 2- Cinétique de minéralisation de la SMZ au cours de l'incubation pour les 4 conditions supplémentées en SMZ. L'histogramme associé représente la répartition du ¹⁴C-SMZ à la fin de l'incubation (%).

Activité antibiotique
Sol A > Sol B



Libération de niche
Sol A > Sol B



Dégradation de SMZ sans épandage
Sol A : Nulle / Sol B : Légère

Résultats – l'antibiorésistance

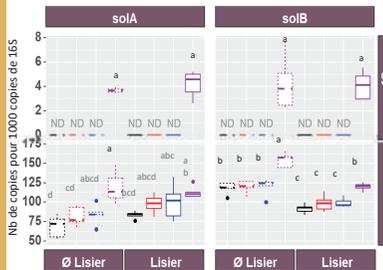


Fig 1- Abondance relative en fin d'incubation de: *gyrB* (*microbacterium* sp. C448) et *sul1* (antibiorésistance).

Inoculation & traitement antibiotique
 ● Eau ● C448
 ● SMZ ● C448_SMZ

Epandage
 — Lisier
 —• Sans Lisier

Résultats – l'antibiorésistance

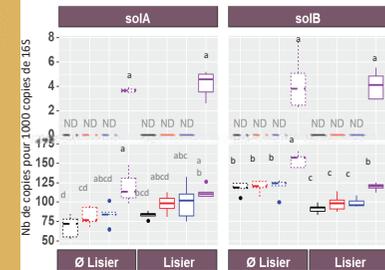


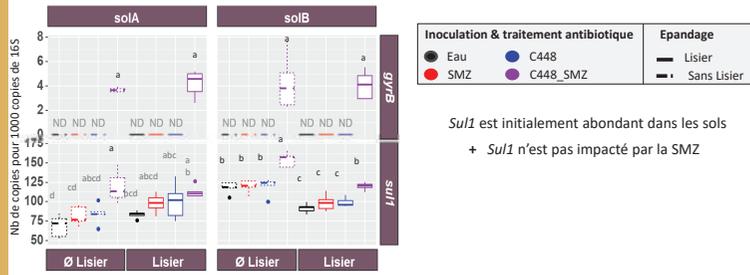
Fig 1- Abondance relative en fin d'incubation de: *gyrB* (*microbacterium* sp. C448) et *sul1* (antibiorésistance).

Inoculation & traitement antibiotique
 ● Eau ● C448
 ● SMZ ● C448_SMZ

Epandage
 — Lisier
 —• Sans Lisier

Sul1 est initialement abondant dans les sols

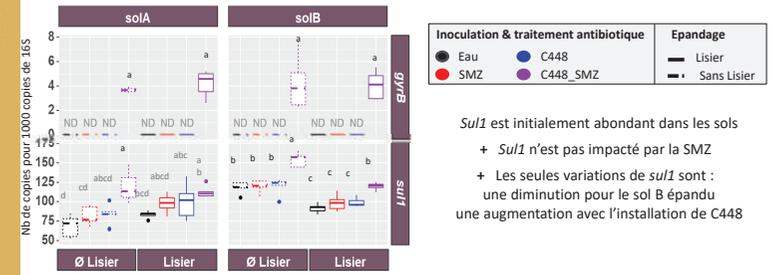
Résultats – l'antibiorésistance



Sul1 est initialement abondant dans les sols
+ *Sul1* n'est pas impacté par la SMZ

Fig 1- Abondance relative en fin d'incubation de: *gyrB* (*microbacterium sp. C448*) et *sul1* (antibiorésistance).

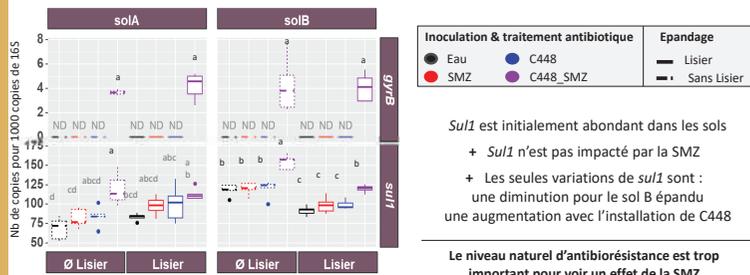
Résultats – l'antibiorésistance



Sul1 est initialement abondant dans les sols
+ *Sul1* n'est pas impacté par la SMZ
+ Les seules variations de *sul1* sont :
une diminution pour le sol B épandu
une augmentation avec l'installation de C448

Fig 1- Abondance relative en fin d'incubation de: *gyrB* (*microbacterium sp. C448*) et *sul1* (antibiorésistance).

Résultats – l'antibiorésistance

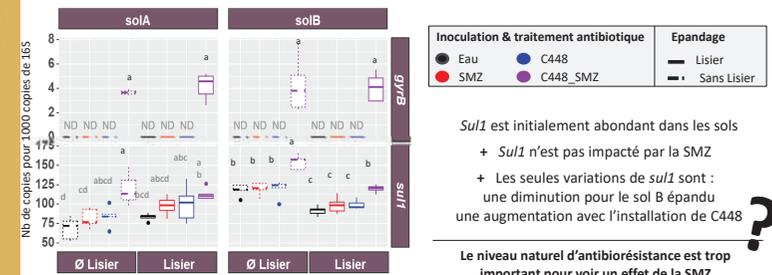


Sul1 est initialement abondant dans les sols
+ *Sul1* n'est pas impacté par la SMZ
+ Les seules variations de *sul1* sont :
une diminution pour le sol B épandu
une augmentation avec l'installation de C448

Le niveau naturel d'antibiorésistance est trop important pour voir un effet de la SMZ

Fig 1- Abondance relative en fin d'incubation de: *gyrB* (*microbacterium sp. C448*) et *sul1* (antibiorésistance).

Résultats – l'antibiorésistance



Sul1 est initialement abondant dans les sols
+ *Sul1* n'est pas impacté par la SMZ
+ Les seules variations de *sul1* sont :
une diminution pour le sol B épandu
une augmentation avec l'installation de C448

Le niveau naturel d'antibiorésistance est trop important pour voir un effet de la SMZ

Fig 1- Abondance relative en fin d'incubation de: *gyrB* (*microbacterium sp. C448*) et *sul1* (antibiorésistance).

Résultats – l'antibiorésistance

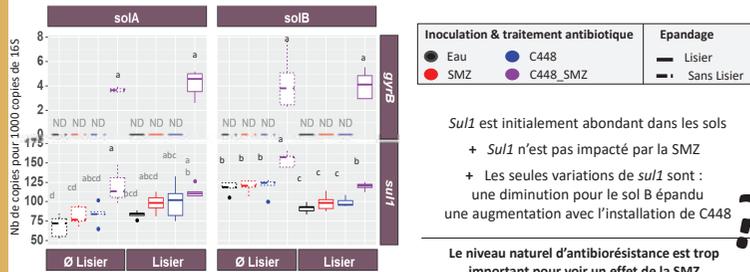
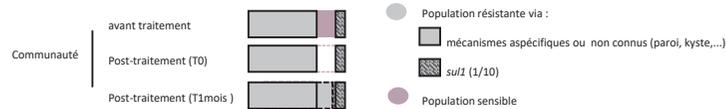


Fig 1- Abondance relative en fin d'incubation de: *gyrB* (*microbacterium* sp. C448) et *sul1* (antibiorésistance).

Occultation de l'effet de SMZ par une résistance forte de la communauté



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Conclusions et perspectives – l'antibiodégradation

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Conclusions et perspectives – l'antibiodégradation

La souche C448 avec son potentiel génétique d'antibiodégradation (*sadA*) ne sont transférables dans les sols qu'en présence de SMZ.

La souche C448 exerce une action de dégradation variable en fonction de l'épandage.

C448 modulerait son catabolisme de la SMZ en fonction de la disponibilité de niches trophiques alternatives.

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Conclusions et perspectives – l'antibiodégradation

La souche C448 avec son potentiel génétique d'antibiodégradation (*sadA*) ne sont transférables dans les sols qu'en présence de SMZ.

La souche C448 exerce une action de dégradation variable en fonction de l'épandage.

C448 modulerait son catabolisme de la SMZ en fonction de la disponibilité de niches trophiques alternatives.

Vérifications envisagées

Cultures pures de C448 en environnements trophiques variables couplées à des mesures de cinétique de dégradation de SMZ

Comparaison dégradation entre microcosmes SMZ+C448 épanché avec du lisier stérile ou non stérile

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Conclusions et perspectives – l'antibiorésistance

Les résultats ne montrent pas d'influence de l'antibiotique (SMZ) sur la dispersion du potentiel génétique d'antibiorésistance (*sul1*).

Une résistance basale des communautés microbiennes trop importante masquerait quelconques effets.

Conclusions et perspectives – l'antibiorésistance

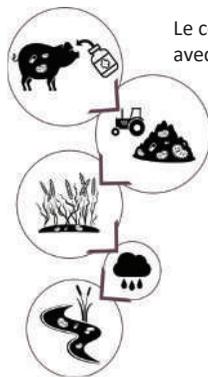
Les résultats ne montrent pas d'influence de l'antibiotique (SMZ) sur la dispersion du potentiel génétique d'antibiorésistance (*sul1*).

Une résistance basale des communautés microbiennes trop importante masquerait quelconques effets.

Vérifications
à venir

Séquençage 16S de bactéries résistantes

Perspectives – de la thèse



Le contexte d'étude sera élargi au compartiment aquatique avec prise en compte du continuum sol-eau-sédiment.

Hypothèse générale :

L'érosion des sols vers le compartiment aquatique contribue à la dissémination des antibiotiques, de l'antibiorésistance et de l'antibiodegradation dans les agrosystèmes.

Merci pour votre attention

Encadrants



Stéphane Pesce



Marion Devers

Partenaires



Financements



projet ANTIBIOTOX, référence : ANR-17-CE34-0003

"Gardons en Cévennes": étude des effluents d'exhaure minière: caractérisation des sources, analyse des flux dans une démarche d'économie circulaire, proposition de scénarios d'éventuels traitements pour une écologie territoriale

Philippe-Lionel EBENGUE, Ecole des Mines d'Alès



Séminaire doctorants
Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes
Jeudi 21 novembre 2019 - Bourget du Lac (73)

« GARDONS EN CEVENNES »

Etude des effluents d'exhaure minière :
caractérisation des sources, analyse des flux dans le cadre d'une démarche
d'économie circulaire, évaluation des éventuelles conséquences
épidémiologiques, et propositions de scénarios de traitements éventuels.

Philippe Lionel EBENGUE ATEGA, IMT Mines Alès



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes



La thèse



- **Directeur de thèse**
Marc VINCHES, LGEI – IMT Mines Alès
- **Co-directrice de thèse**
Corinne CASIOT, PoMES HSM
Montpellier
- **Avec la collaboration de**
Séverin PISTRE, HSM Montpellier

- Thèse financée par la région de l'Occitanie
- Début de la thèse 3 septembre 2018 (début de 2^{ème} année)

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Zone Atelier
LTER FRANCE BASSIN DU RHÔNE

Problématique

Site d'étude et ZABR

Etat de l'art et Objectifs

Méthodologie

Résultats partiels

1. Contexte scientifique

Activités anthropiques passées ou actuelles

Influence de l'anthropisation sur l'eau et le milieu

Flux de contaminants et polluants, impacts sur les écosystèmes et la biodiversité naturelle

Usage continu de l'eau
Interactions eau et milieu naturel

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Zone Atelier
LTER FRANCE BASSIN DU RHÔNE

Problématique

Site d'étude et ZABR

Etat de l'art et Objectifs

Méthodologie

Résultats partiels

2. Formulation de la problématique

Milieu	Processus	Méthode
Hétérogénéité de la géologie	Altération et érosion	Méthodes d'exploitation minière
Tectonique intense et géomorphologie très accidentée	Réactions d'Oxydoréduction	Méthodes environnementales de gestion des déchets miniers
Topologie du réseau hydrographique et dynamique des nappes phréatiques	Drainage acido minier	Processus hydro-géochimiques
Contribution géochimique liée à l'influence des vestiges miniers	Gisements métallifères : As, Sb, Pb, Fe, Ag, Zn, Cu, Cd, Au...	Gestion de l'après-mine
Fond géochimique naturel	Géologie hétérogène : notion de minerais satellites	
Bruit de fond géochimique		
Couches géochimiques	Matière	

Question 1 : Comment faire la part entre le fond géochimique naturel et les apports liés aux activités anthropiques (activités minières anciennes ou récentes) afin d'en évaluer les différentes contributions dans la contamination des eaux ?

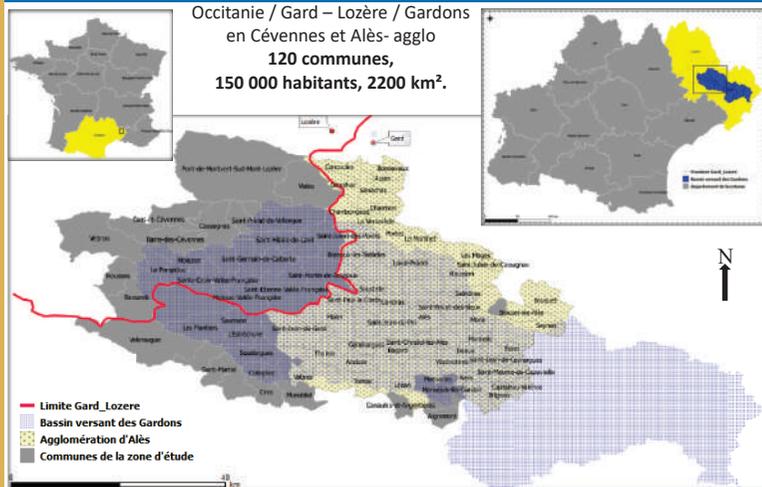
Question 2 : Comment les techniques d'exploitations minières et de gestions de déchets utilisées conditionnent-elles les modes de dispersion de pollution, et quels modèles utiliser pour en rendre compte ?

Question 3 : Il en découle alors la troisième question qui implique de chercher quelles mesures de ramédiation sont envisageables en fonction des sources de pollution ?

Problématique :
Eaux de surface et souterraines contaminées par les métaux et métalloïdes As, Sb, Pb, Fe, Ag, Zn, Cu, Cd, Au, Ti...

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

1. Site d'étude

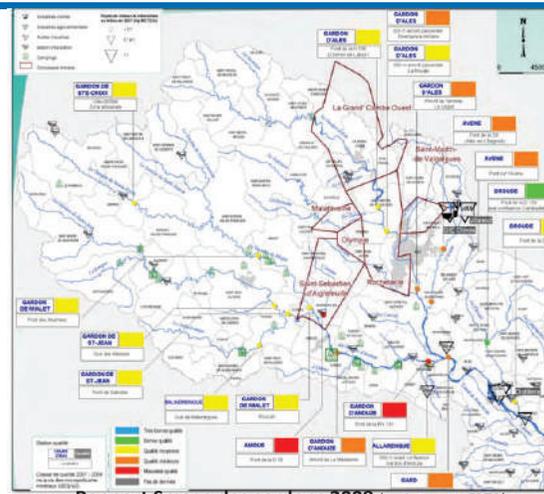


Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

2. Etat de contamination des eaux de surface

Eléonore RESONGLES, 2014

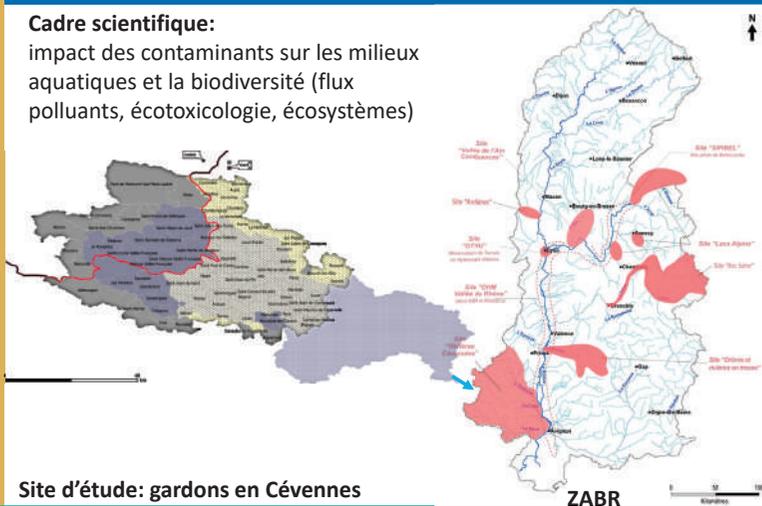
- Il a été démontré l'origine commune de la contamination historique et actuelle, la prépondérance de la source minière ainsi que le caractère persistant de cette contamination.
- Les anciennes activités minières constituent des sources majeures de métaux (Cd, Hg, Pb, Tl, Zn) et métalloïdes (As, Sb) apportés aux Gardons.



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

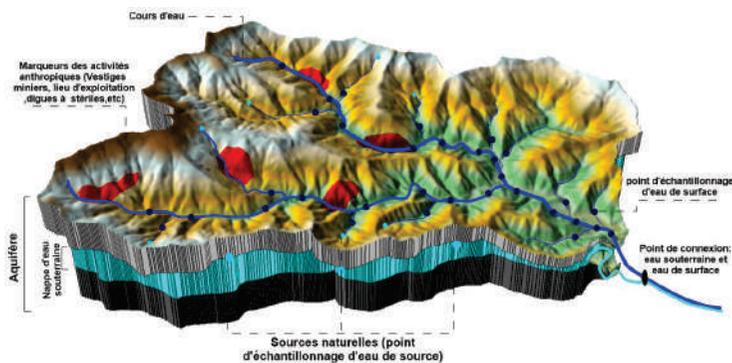
3. Site d'étude et ZABR

Cadre scientifique:
impact des contaminants sur les milieux aquatiques et la biodiversité (flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes)



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

1. Justification des objectifs



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

2.Objectifs spécifiques

- ✓ **Objectif 1** : développer une méthodologie permettant d'améliorer la caractérisation du fond géochimique des eaux souterraines à l'échelle d'un bassin versant ayant connu une histoire minière ;
- ✓ **Objectif 2** : développer un outil qui permet de faire la part entre le fond géochimique naturel et les apports liés aux activités anthropiques; le mettre en œuvre;
- ✓ **Objectif 3** : développer une approche numérique par modélisation de la variabilité spatio-temporelle de la qualité de l'eau à l'exutoire d'un bassin versant dans une démarche de prévention et d'anticipation;
- ✓ **Objectif 4** : développer des modèles de remédiation et de revalorisation environnementale en fonction des caractéristiques techniques des sources de pollution et de leurs modes de dispersion.
- ✓ **Objectif 5** : développer une démarche pour une vision des acteurs de l'activité post mine dans le cadre de l'écologie territoriale.

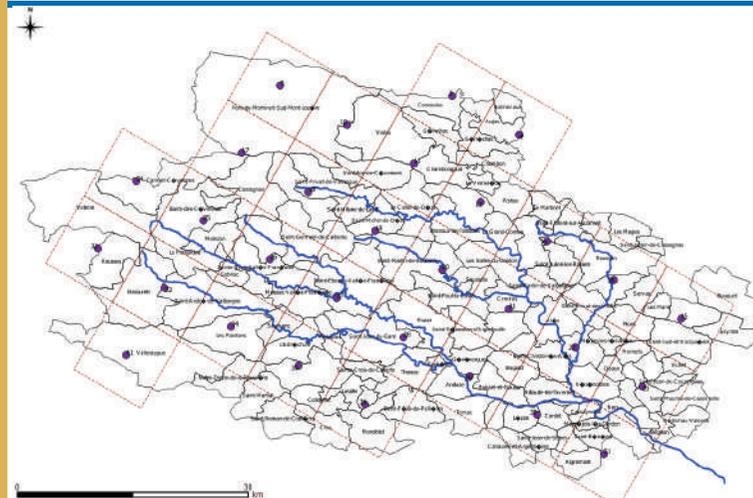
3.Etat de l'art : Caractérisation du fond géochimique

- ✓ **Méthodes existantes**
 - BRGM
 - Projet BRIDGE
 - Méthode géostatistique
(A. Blum et al. 2002; O.LAPRIN et L.CHERY 2003; J. Barbier et al. 2001; V. Laperche et JR Mossmann 2004; Ducci et al. 2016; Molinari et al. 2019; Dalla Libera et al. 2017; D. Darmendrail et al. 2000; Gaus et al. 2003; Vernoux J.F et al. 2010; J.P Marchal 2000; Meybeck 1984; BRIDGE 2006)
- ✓ **Limites des méthodes existantes sur la prise en compte de la complexité des paramètres suivants:**
 - Grande échelle,
 - Hétérogénéité de la géologie,
 - Empreinte tectonique resserrée
 - interconnexions des systèmes eaux souterraines et eaux de surface
- ✓ **Sources de données en ligne:** ADES (qualité des eaux souterraines, BSS (Base de données du sous sol), BSSeau, Géoportail, Infoterre, BRGM, ...)

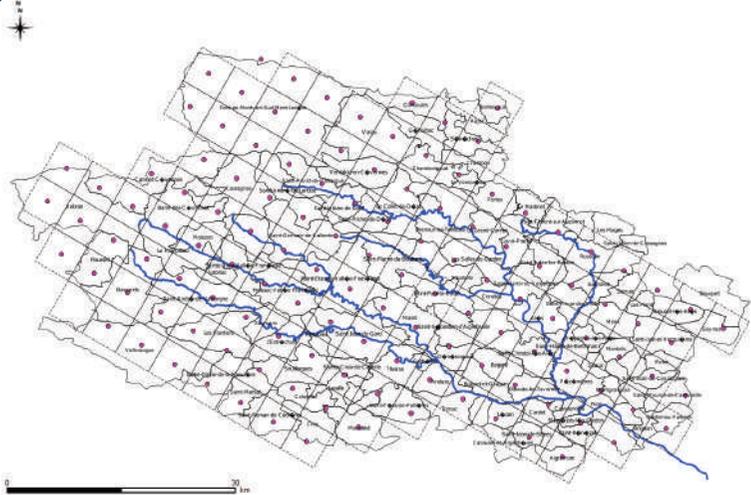
2. Démarche



2.Stratégie d'échantillonnage des eaux de sources

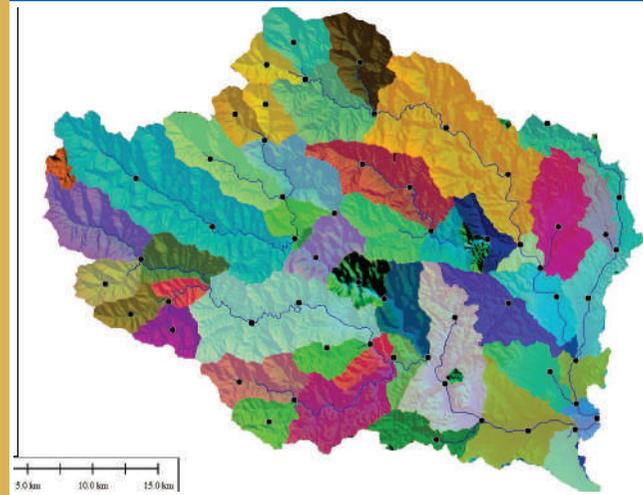


2.Stratégie d'échantillonnage des eaux de sources



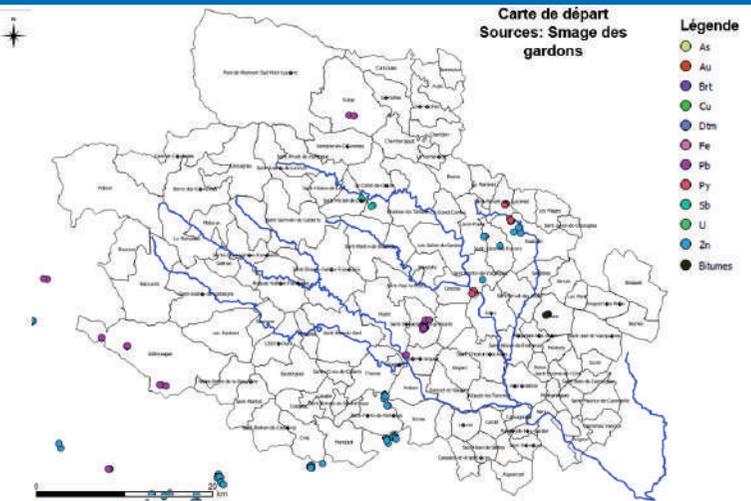
Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

3.Stratégie d'échantillonnage des eaux de surface



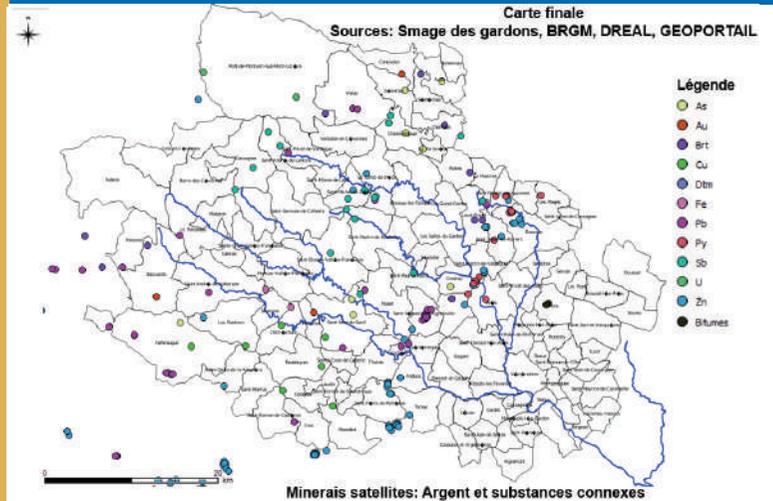
Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

R1 : complément d'inventaire minier à l'échelle du bassin versant



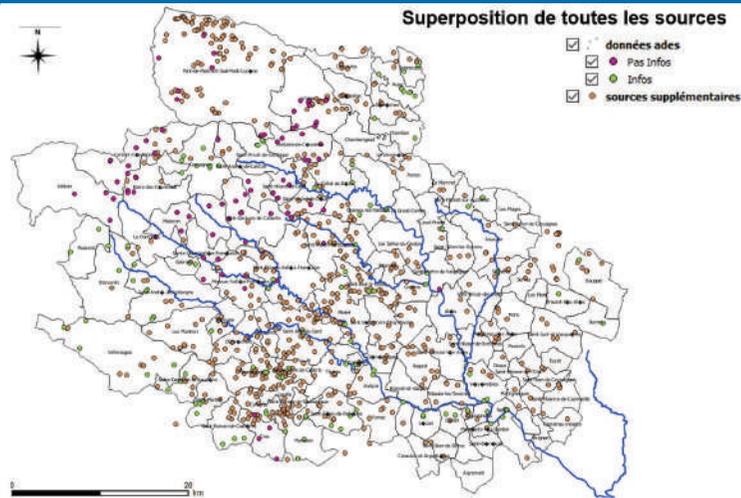
Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

R1 : complément d'inventaire minier à l'échelle du bassin versant



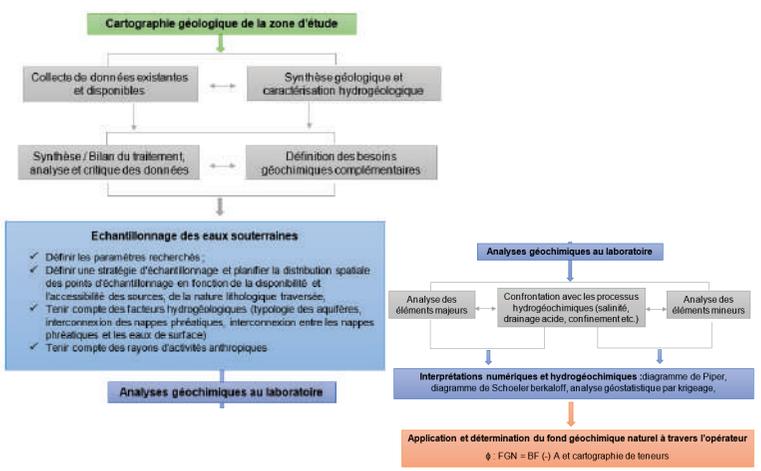
Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

R 2 : synthèse de données disponibles sur la qualité des eaux souterraines à l'échelle du bassin versant



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

R 3 : premier essai d'une méthodologie qui permet d'améliorer la caractérisation du fond géochimique des eaux souterraines à l'échelle d'un grand bassin versant

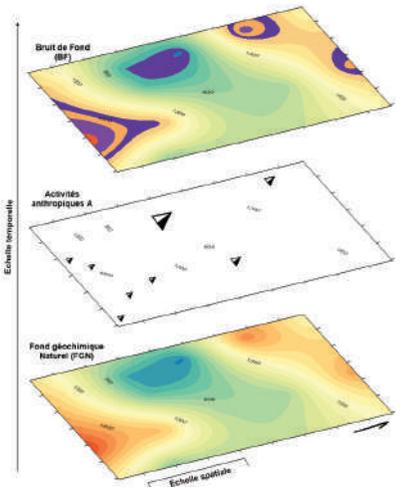


Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

R 3 : premier essai d'une méthodologie qui permet d'améliorer la caractérisation du fond géochimique des eaux souterraines à l'échelle d'un grand bassin versant

$$BF = \phi (FGN, A)$$

- ✓ ϕ est appelée : influence géochimique spatio-temporelle ;
- ✓ ϕ^{-1} est appelée isolation de ϕ c'est-à-dire l'isolation de l'influence géochimique spatio-temporelle ; et on peut écrire $FGN = \phi^{-1} (BF, A)$

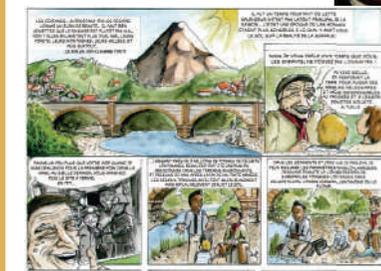


Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

R 4 : Vulgarisation scientifique

- ✓ Prix de la Game Jam Genopolys Montpellier 2019 à travers la transformation de Ma Thèse en Jeu Vidéo « MINERYS »

lien de téléchargement : <https://artfx-school.itch.io/minerys>



- ✓ Lauréat de Ma Thèse en BD Montpellier 2019 « MINERYS »

CONTROVERSE DANS LES CEVENNES

Philippe Lionel Ebengue Atega

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

MERCI

BIBLIOGRAPHIE

- ✓ **Géographie** : (Plateforme ouverte des données publiques françaises, s. d.; Smage des Gardons 2011; Plateforme ouverte des données publiques françaises, s. d.; **SMAGE, GINGER 2008; SMAGE, SIEE 1997; Blaise et Marchal 2006**; wikipédia 2018; Huet et Martin 2002; Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse, s. d.; « Vigicrues » s. d.)
- ✓ **Géologie** : (Rolley 2007; BRGM s. d.; J.ARENE et al. 1978; G. BERGER 1972; S. ELMI et al. 1989; J.GUERANGE-LOZES et J.PELLETT 1990; M. FAURE et al. 2008; B. ALABOUVETTE et al. 1988; Faure, Charonnat, et Chauvet 1999; Bouladon 1960)
- ✓ **Inventaire minier** : (Coste, s. d., s. d.; P.Béziat et M.Bornuat et al. 1995; Ministre d'Etat, ministre de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables, s. d.; Cochet et al., s. d.; Jacques B.Boislève, s. d.; J.ARENE et al. 1978; G. BERGER 1972; S. ELMI et al. 1989; J.GUERANGE-LOZES et J.PELLETT 1990; M. FAURE et al. 2008)
- ✓ **Formulation de la problématique** : (Jacques B.Boislève, s. d., s. d.; BRGM (1997),rapport R 30503,83p,14 fig, 10 tab, 1ann, s. d.; Gairoard, s. d.; Eléonore Resongles et al. 2014; Goix 2012; Smage des Gardons 2011)
- ✓ **Caractérisation du fond géochimique** : (« Meybeck 1984; Ducci et al. 2016; A Blum et al. 2001, 2002; O.LAPRIN et L.CHERY, PELSAAA, et WKLOPPMANN 2003; Davis et al. 2010; D. Darmendrail et al. 2000; V. Laperche et JR Mossmann 2004; Dalla Libera et al. 2017; Schwarzenbach et al. 2010; Lions J.,Pinsons S. et Aunay B 2008; Charles N. et al. 2017a, 2017b; Ariane Blum et al. 2003; Preziosi, Giuliano, et Vivona 2010)
- ✓ **Accès à la qualité des eaux souterraines** : ADES,BSS,Géoportail, BRGM

Apports aux lacs de matières organiques figurées. Incidences sur les émissions de gaz à effet de serre

Jérémie GAILLARD, Université Savoie Mont Blanc



MESURE DES FLUX DE MATIÈRES ORGANIQUES PARTICULAIRES TRANSPORTÉS PAR LES RIVIÈRES

Jérémie Gaillard, CARTEL

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Pourquoi s'intéresser aux MOP ? Quelques observations sur les lacs

Barrage de Puyllaurent, Oct. 2018
 Barrage de Passouira, Juil. 2017
 Barrage de Puyllaurent, Oct. 2018
 Lac du Bourget, Janv. 2018

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Pourquoi s'intéresser aux MOP ? Quelques observations en rivière

L'Hyères à Chambéry, Mars 2019
 La Leysse au Bourget-du-Lac, Nov. 2019
 La Leysse à Villarcher, Nov. 2019
 L'Albanne à Chambéry, Nov. 2019

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Problématique : Que représentent les MOP dans le bilan carbone des lacs ?

Introduction

Les cours d'eau transportent des MOP¹ mais les flux sont rarement mesurés^{2,3}. Pourtant ces débris qui sédimentent dans les plans d'eau^{4,6}, alimentent les lacs en énergie⁵ et soutiennent la production de GES⁶.

Objectifs

Mesurer les flux de MOP.
 Comparaison avec d'autres flux de C (MESO, COT et COD).
Modéliser et proposer des règles de généralisation.

¹ Lamberti, 2017, « Coarse Particulate Organic Matter: Storage Transport and Retention »
² Turowski, 2013, « Decadal carbon discharge by a mountain stream is dominated by coarse organic matter »
³ Bunte, 2016, « Measurement of coarse particulate organic matter transport in steep mountain stream and estimates of decadal CPOM exports »
⁴ Guillemette, 2017, « Preferential sequestration of terrestrial organic matter in boreal lake sediment »
⁵ Cole, 2006, « Differential support of lake food webs by tree types of terrestrial organic carbon »
⁶ Chapron, 1999, « Contrôle climatique et sismo-tectonique de la sédimentation lacustre dans l'avant pays alpin (lac du Bourget durant le quaternaire récent. »

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Le site de la Laysse, Principal affluent du lac du Bourget



Jan. 2018
170 m³/s



Juil. 2018
2 m³/s



BV : 280 km²
Module : 6,22 m³/s
Crue de retour 2 ans : 100 m³/s
Suivi des apports au lac (CISALB, depuis 2003)
Mesure du débit (DREAL, depuis 1969)

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Matériel et méthode

Collecte des débris + échantillon d'eau

Filet à maille 1 mm
Mesure de la vitesse du courant
3 x 3 minutes par réplikat
Séchage (étuve à 40°C)
Tri (bois, feuilles, déchets)
Pesée

Filtration,
Séchage à 110°C (MES)
Perte au feu à 550°C (teneur en C)

$$[MOP] = (masse) / (surface * vitesse * durée)$$



Débit faible



Débit fort

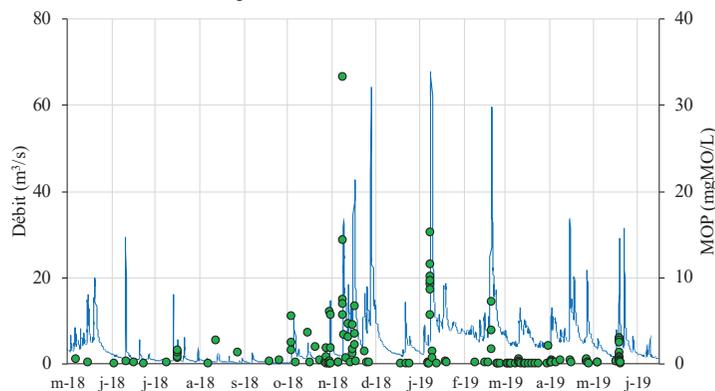


Courantomètre

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Un Effort d'échantillonnage important

Site : la Laysse au Bourget-du-Lac
142 réplikat entre Mai 2018 – Juin 2019



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Résultats /Qualité des débris collectés

/Un contraste saisonnier marqué



Pétales et graines
(printemps)



Feuilles entières et
colorées (automne)



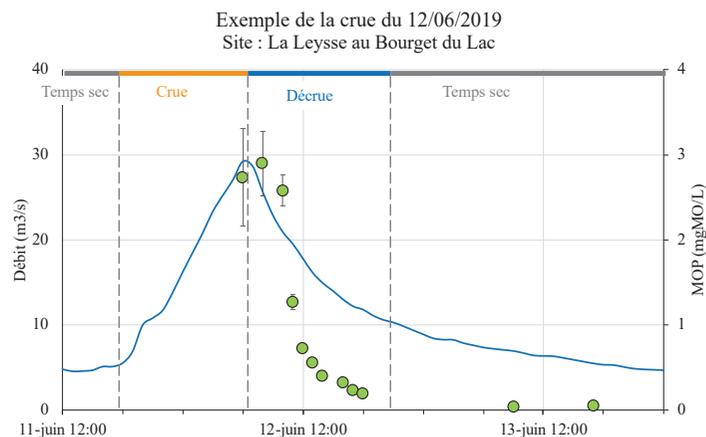
Mélange de feuilles
fraiches et débris
fragmentés

Feuilles et débris 90,8 %
Bois 8,7 %
Déchets 0,5 %

masse totale des échantillons

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

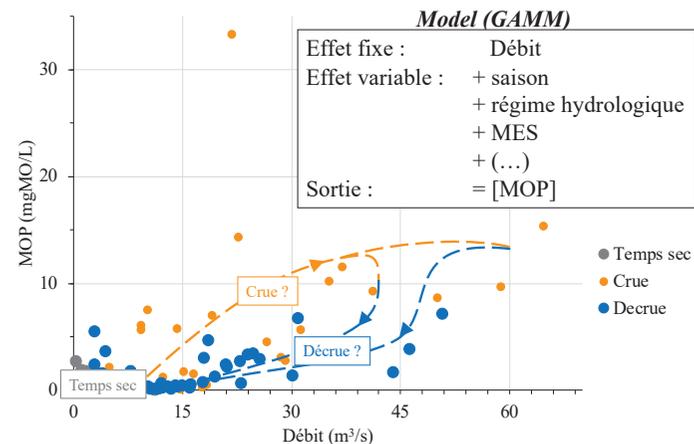
Résultats /Des variations en lien avec le régime hydrologique



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Résultats /Modèle Additif Généralisé

Objectif : Associer à chaque débit une concentration de MOP réaliste



Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Résultats /Un flux de MOP non négligeable !

Apports de la Leysse au lac du Bourget (t C)

	Période	Min	Moy	Max	
COD	2004-2016	228	258	289	Mesures CISALB (10 ans)
COT	2004-2016	262	342	394	
MES	2004-2016	686	1 600	3 016	
MOP	2018-2019	-	~90	~125*	Cette étude (1 an)

* Chute de litière directe dans le lit majeur des cours d'eau

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Conclusion

La Leysse, un **bon site atelier** du fait de sa proximité et de l'historique des mesures.

Les Matière Organiques Particulaires (MOP) sont généralement ignorées pourtant les flux **mesurés sur la Leysse ne sont pas négligeable** (env. 90 tC/an).

Les **mesures sont toujours en cours** sur la Leysse et ces affluents, le Massif Central et en Guyane : cette modélisation et les règles de généralisation devront être précisées.

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes

Perspective : le sédiment à l'image du paysage ?

L'évolution paysagère récente est marquée par la déprise agricole et le développement des forêts.



Début 20^e siècle (Mougin, 1914)



Aujourd'hui (Gaillard, 2019)

Le bassin versant amont de la Leysse

=> Le sédiment de la zone de transition permet-il de reconstituer l'historique des apports de MOP ?

Séminaire Doctorant 2019 | Flux Polluants, Ecotoxicologie, Ecosystèmes



Distribution spatiale et temporelle des contaminants émergents et identification des sources dans les systèmes fluviaux Saigon-Dong Nai et vers le littoral, Sud Vietnam

Romane CARACCIOLO, Université Grenoble Alpes

Romane Caracciolo

"Occurrence and spatial distribution of multi-class emerging contaminants in the Saigon Dong Nai Rivers, Vietnam"

« Distribution spatiale et temporelle des contaminants émergents et identification des sources dans les systèmes fluviaux Saigon-DongNai et vers le littoral, Sud Vietnam »

HyDRIMZ team

Supervisor
Christine Baduel

Co-supervisor
Julien Némery

1

Water contamination in Ho Chi Minh City Local context and scientific questions

Map from Nguyen Tuyet 2018

- **Emerging contaminants of Concern (CECs):** new or newly detected chemicals, not regulated, some are suspected to induce adverse effects (endocrine disruptors...)
- **Megacity of Ho Chi Minh City (HCHC):** more than 8,4 millions of inhabitants
- **Complex environment:** population growth and rapid urbanization, almost no wastewater treatment, monsoon climate, tidal river, low elevation coastal area...

➔ Which contaminants are present?
What is their distribution along the Saigon river?
What is the influence of seasons and salinity?
What are the sources of the contaminants?

2

Water contamination in Ho Chi Minh City Methodology and tools

Analytical strategy

- Development of a multi-residue method (LC-MS/MS)
- Development of passive sampling (POCIS) and passive flow monitoring for tropical environment

International collaborations

- Asian Center for Water Research (CARE, HCMC)
- Irstea (Lyon)
- SLU Uppsala (Sweden)

Thank you for your attention!

3



graie

Campus LyonTech la Doua
66 bd Niels Bohr – CS 52132
F-69603 Villeurbanne Cedex
Tel : 04 72 43 83 68
e-mail : asso@graie.org - www.graie.org