



HAL
open science

Devenir des micropolluants et bioindicateur lipidique en Zone de rejet végétalisée

J.M. Choubert, M. Le Guédard, B. Mathon, C. Crétollier, Arnold-Fred Imig,
S. Bisone, S. Papias, Catherine Boutin, H. Budzinski, K. Le Ménach, et al.

► **To cite this version:**

J.M. Choubert, M. Le Guédard, B. Mathon, C. Crétollier, Arnold-Fred Imig, et al.. Devenir des micropolluants et bioindicateur lipidique en Zone de rejet végétalisée. Journée de restitution du programme ZRV, Mar 2019, Valence, France. pp.18. hal-02609266

HAL Id: hal-02609266

<https://hal.inrae.fr/hal-02609266>

Submitted on 26 May 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Devenir des micropolluants et bioindicateur lipidique

Journée de restitution du programme ZRV

28 mars 2019 – Espace HEMERA – Valence TGV

Jean-Marc Choubert (Irstea) et Marina Le Guédard (LEB Aquitaine Transfert)

Baptiste Mathon, Clément Crétoilier, Arnold Imig, Sara Bisone, Sandrine Papias, Catherine Boutin (Irstea-REVERSAAL)

Hélène Budzinski, Karyn Le Ménach, Julie Pedelucq (EPOC-LPTC, Université de Bordeaux)

Marina Coquery, Lysiane Dherret, Cécile Miège, Amandine Daval, Maud Gregson (Irstea-RiverLy)

Jean-Jacques Bessoule (LBM, Université de Bordeaux)



AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT



Mionnay
Porte de la Dordogne



nîmes
métropole

Bioforsk



EPGC
université
BORDEAUX





Plan de l'exposé

- Micropolluants analysés
- Devenir dans le compartiment eau : eau de surface
- Devenir dans le compartiment **sol** : eau du **sol**
- Présence dans les **plantes**
- Bioindicateur
- Conclusions



Introduction

- Les rejets des stations de traitement des eaux usées contiennent de nombreux micropolluants organiques et métalliques, faiblement concentrés, dont il convient de privilégier la réduction à la source
- Les connaissances sur le devenir des micropolluants au sein des ZRV (en concentrations et en flux), et, celles sur les différents processus sont partielles



Objectifs

- Quel(s) devenir(s) des micropolluants dans les ZRV ?
- Quel(s) processus de transfert et de transformation ?
- Quelles contributions des compartiments Eau /Sol /Plantes ?



Micropolluants analysés

- Différentes familles :
 - ✓ Organiques : pharmaceutiques, pesticides, hormones, alkylphénols, perfluorés, certains métabolites
 - ✓ Inorganiques : métaux
- Différentes phases :
 - ✓ Echantillons d'eau : selon les phases, les points d'échantillonnage et les campagnes
 - Phases dissoute et particulaire pour les entrées de ZRV : métaux, alkylphénols
 - Phase dissoute pour les sorties de surface et les eaux du sol : tous les micropolluants précités
 - ✓ Echantillons solides : **sols**, dépôts, **végétaux**
 - Micropolluants quantifiés en entrée de ZRV



Devenir dans le compartiment eau

- **Photodégradation** par la lumière naturelle

- ✓ Voie directe
- ✓ Voies indirectes avec génération d'intermédiaires à partir de H_2O , MO , NO_2/NO_3 , carbonates

- **Lame d'eau** : < 20 cm

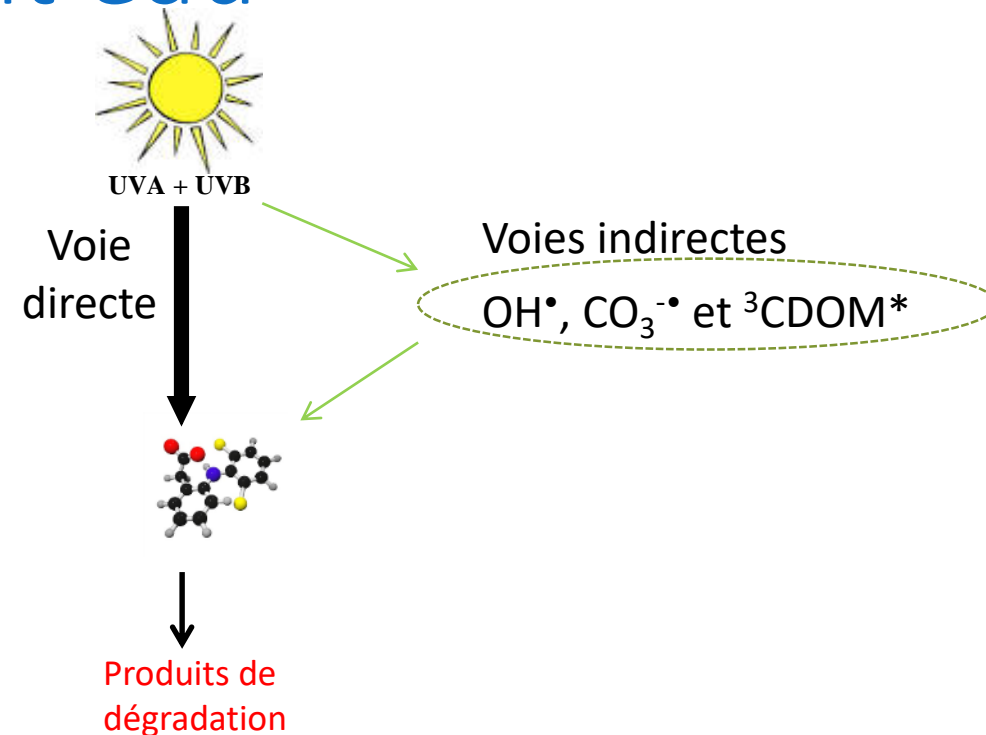
- **Variabilité** :

- ✓ Intensité ($W.m^{-2}$), nuages, végétaux,
- ✓ nitrates, turbidité



©Irstea

Mathon *et al.*,
TSM n°12 (2017)





Résultats « photodégradation »

Thèse B. Mathon (2015)

23 MiP /44

hiver/été

3 classes de réactivité définies en cohérence avec le temps de séjour hydraulique



Photodégradation directe

Photodégradation directe+indirecte

kétoprofène
acide fénofibrique
métronidazole
diclofénac

propranolol

sulfaméthoxazole
acébutolol
isoproturon
théophylline

triméthoprim
carbamazépine
érythromycine
clindamycine
sotalol
métoprolol
aténolol
clarithromycine

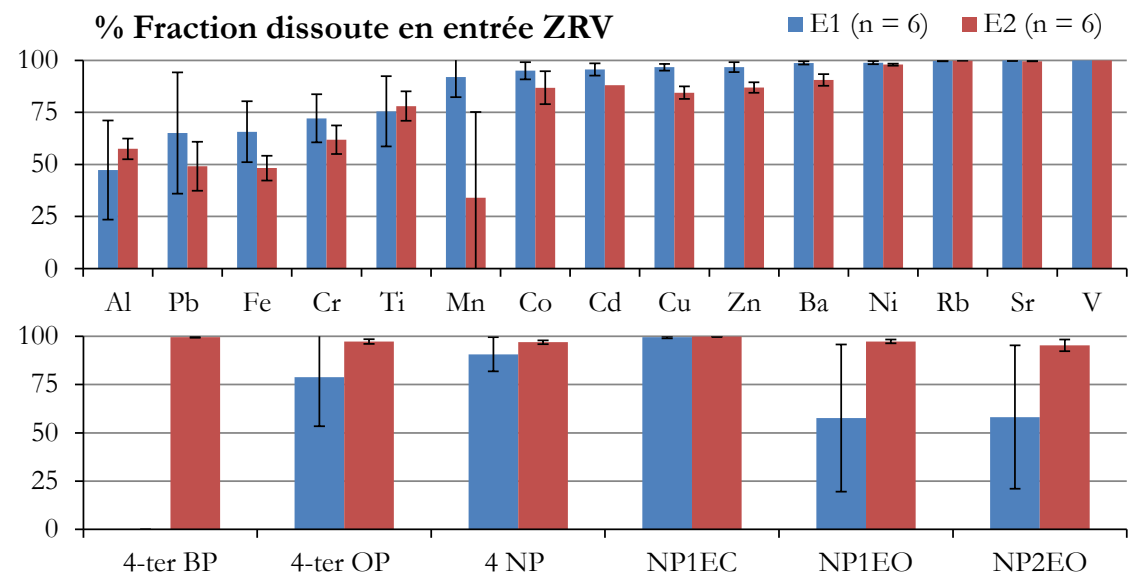
diuron
cyclophosphamide
diazépam
simazine diméthoate
atrazine



Devenir dans le compartiment eau de surface

- En phase **dissoute**, les concentrations
 - ✓ Diminuent :
 - photodégradation (certains organiques)
 - sorption (certains métaux : Al, Fe, Mn, Ti, Zn), influencée par le temps de séjour hydraulique
 - ✓ Augmentent :
 - quelques produits de transformation (estrone, NP1EC, PFOS)
 - relargage selon la composition initiale du sol (Cd, Cr, Mn, Sb, U et V), voire même selon dépôts

- En phase **particulaire** les concentrations
 - ✓ Diminuent : Al, Cr, Fe et Pb, et certains alkylphénols → sédimentation





Devenir lors du passage dans le **sol** : eau du **sol**

Il s'agit du remblais argileux (projet « Biotrytis »)

Si court-circuits hydrauliques : pas d'évolution

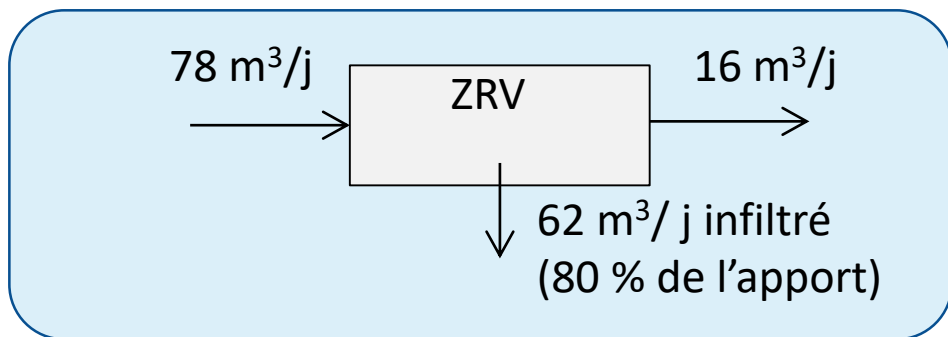
En absence de court-circuit hydraulique :

- Les concentrations dans les eaux du sol sont **inférieures** à celles mesurées dans les eaux de surface pour de nombreux micropolluants :
 - ✓ Diminution >70 % : métaux (Li, Rb, Fe), hormones, nombreux pharmaceutiques
 - ✓ Diminution de 30 à 70 % : certains pesticides (ex. carbendazine, diuron, imidacloprid, fipronil, AMPA et glyphosate) et alkylphénols (ex. 4-NP et NP1EC)
- Micropolluants **invariants** : certains alkylphénols et perfluorés
- **Augmentation** des concentrations : Cu, Cd, Mn, Ni, Zn (sol contaminé)



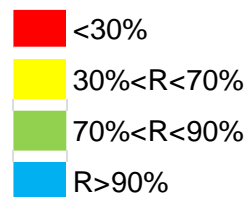
Bilan matière « Eau »

Exemple d'une Prairie après 8 mois de fonctionnement



- On compare le nombre de micropolluants de chaque classe d'évolution :

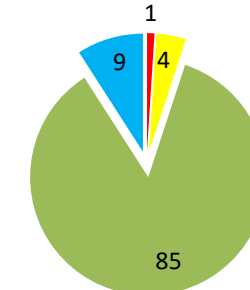
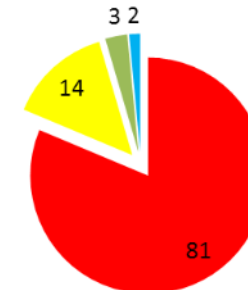
- Eau de surface
- Eau de sol
- Eau surface & Eau sol



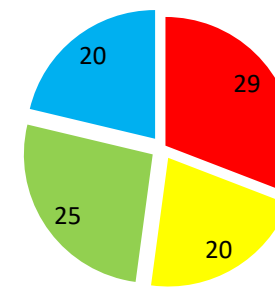
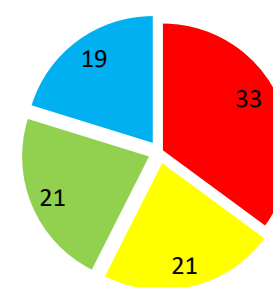
Evolution en Concentrations

Evolution en Flux

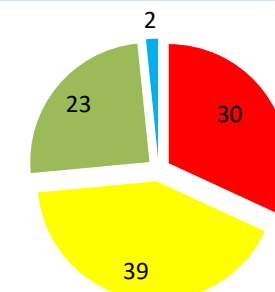
Eau de surface



Eau du sol

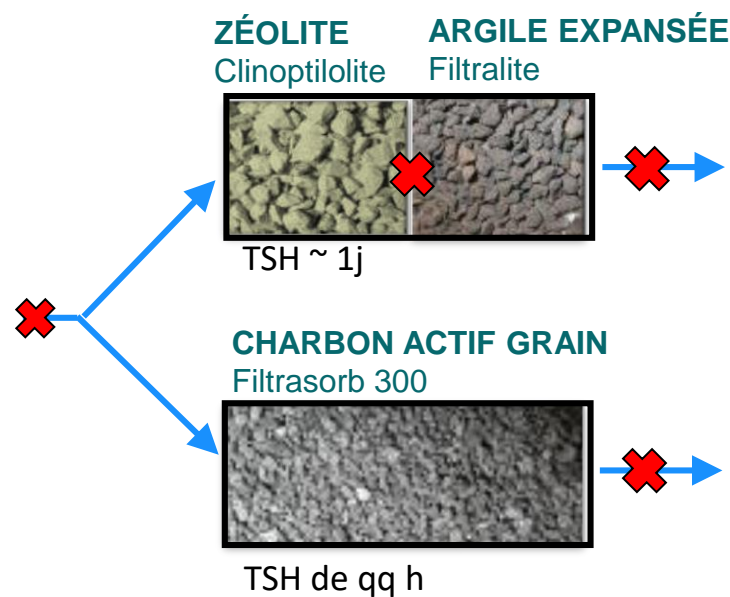


Eau Surface & Eau Sol

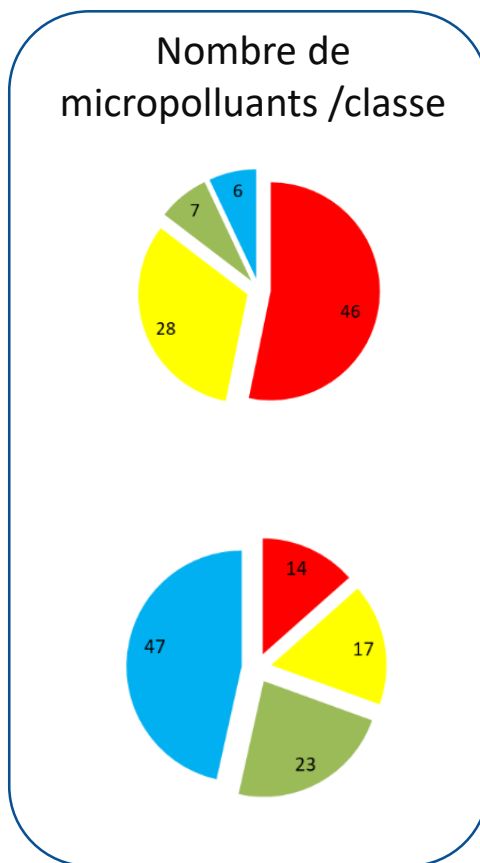




Lors du passage dans des matériaux adsorbants



✘ Points d'échantillonnage



- La zéolite moins performante que l'argile expansée
- L'argile expansée adsorbe certains métaux, les hormones, alkylphénols, pesticides, pharmaceutiques
- Non adsorbés : la moitié des micropolluants suivis (certains pesticides pharmaceutiques). Pas d'influence mesurée des *Phragmites* sur l'évolution des concentrations de sortie
- Micropolluants très bien éliminés (> 90 %) avec le charbon actif qui reste cependant couteux

27 mois de fonctionnement
charges appliquées 0,5 – 0,7 m³/kg matériau



Présence dans les autres compartiments

- **Les Plantes (*Phragmites*) :**

- ✓ Métaux : concentrations de quelques $\mu\text{g/g}$ (Co, As, Cd, Pb, Cr, Ni, Cu, Ba, Zn) à plusieurs centaines de $\mu\text{g/g}$ (Mn, Fe). Stockage (Fe et Mn, aussi Cd, Cr, Pb lorsque présents dans le sol). Influence de l'espèce végétale
- ✓ Micropolluants organiques : Concentrations très faibles (ng/g) : 1 pesticide quantifié /15 analysés, 7 pharmaceutiques quantifiés (/29), 1 alkylphénols quantifié (/3)

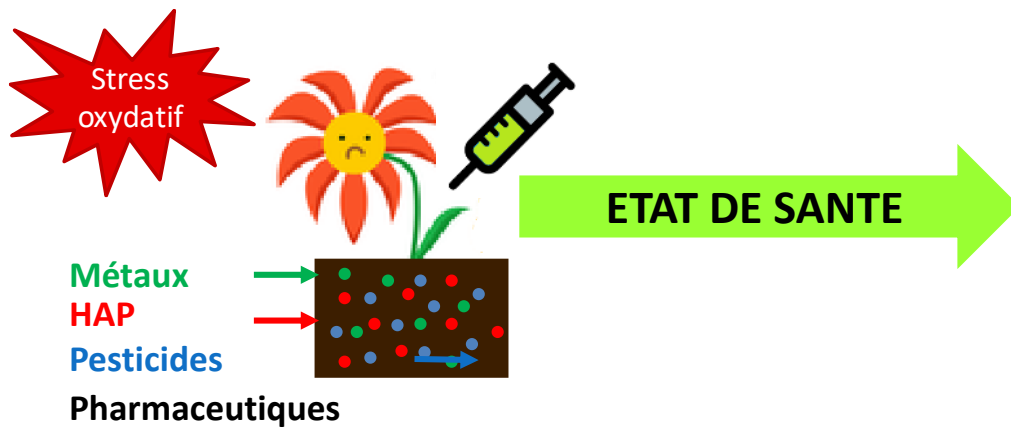
- **Dépôts** (boues STEP) : apports de nombreux métaux ou micropolluants organiques sorbables dans les ZRV. Pertes accidentelles à limiter sur la STEP pour limiter relargages potentiels de la ZRV

- **Sol** : influence de la composition initiale. Les végétaux absorbent certains micropolluants initialement présents dans le sol (Fe, Cd, Cr, Pb)



Bioindicateur

INDICE OMEGA-3 = BIOINDICATEUR D'EFFET



Bioessai (laboratoire)

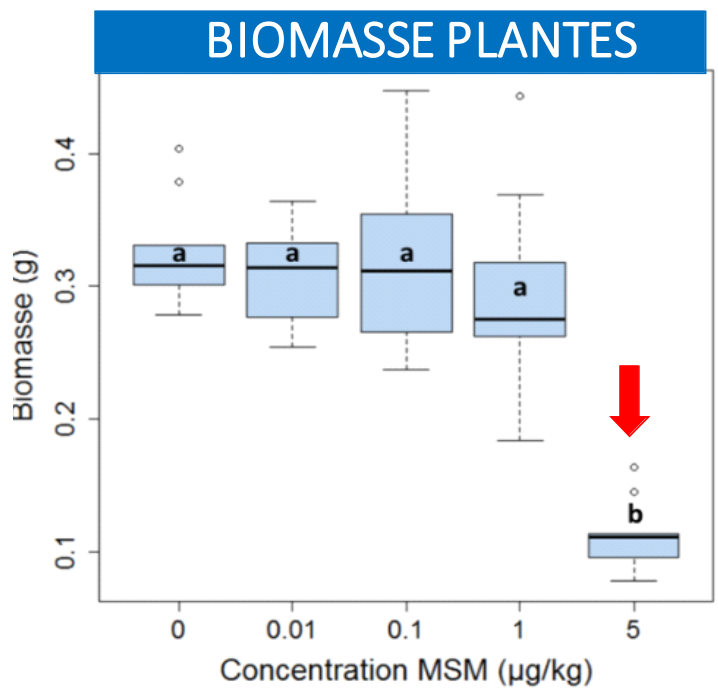
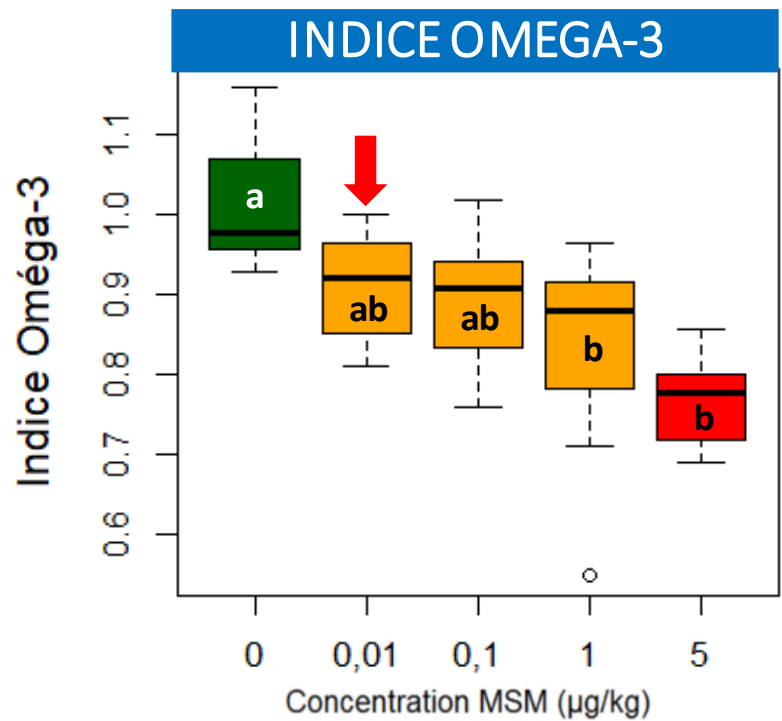
afnor XP X31-233

Bioindicateur (terrain)

© Hellal

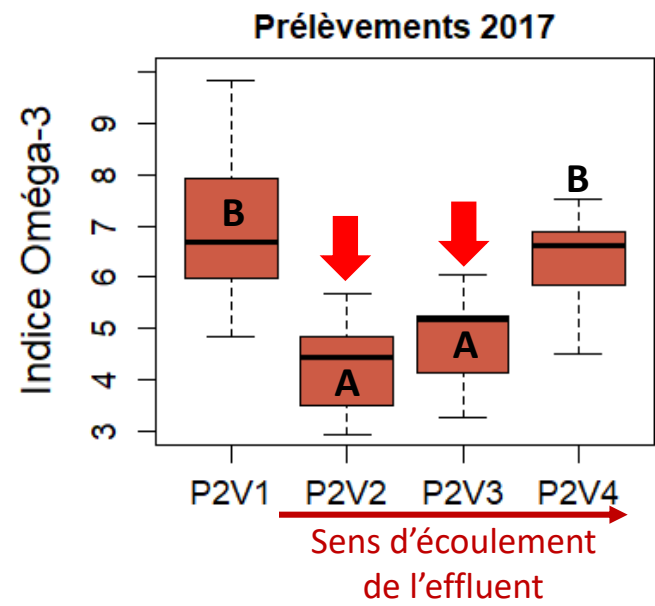
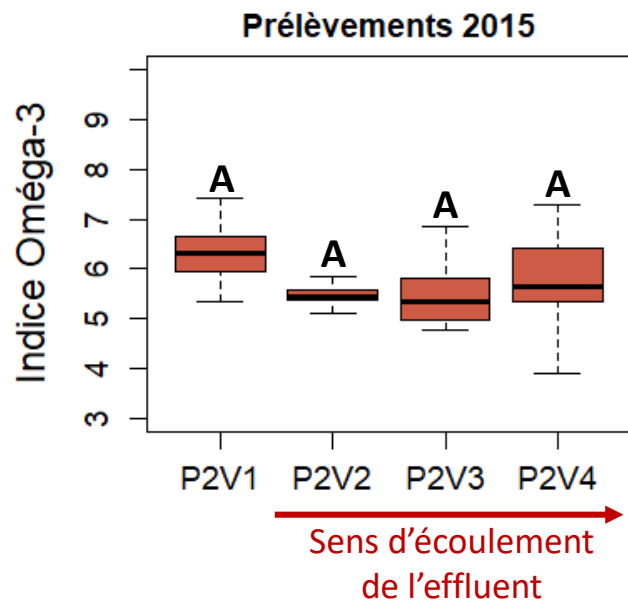
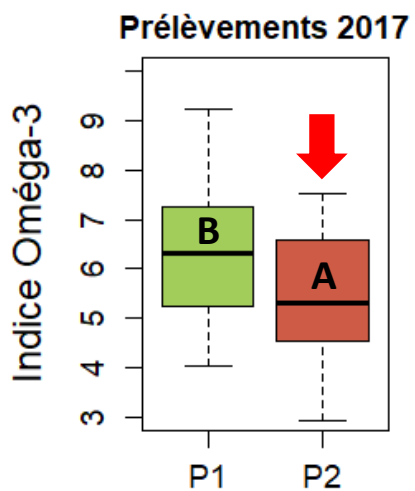
ISO
ISO/FDIS 21479

Exemple issu du projet APPOLINE (ADEME) : **Sols dopés** avec une solution aqueuse contenant du **Metsulfuron-Méthyle**





Bioindicateur



- Après 3 ans de fonctionnement :
 - *Phragmites* plus impactés sur Prairie 2 (P2 : eau non-nitrifié) que sur Prairie 1 (P1 : effluent nitrifié)
 - Prairie 2 : *Phragmites* de moins en moins impactés de l'amont vers l'aval
- Bioessais : Sols des Prairies de plus en plus toxiques pour les plantes au fil des années de fonctionnement
- Indice Oméga-3 : indicateur du niveau de contamination de sol exposé aux effluents



Conclusions

- Détermination des processus qui expliquent la réduction des concentrations de micropolluants en ZRV :
 - ✓ Eau de surface : Photodégradation, sédimentation, **sorption**
 - Attention : désorption (sol contaminé), produits de transformation
 - ✓ Plantes : Absorption négligeable
 - ✓ Sol: Attention : désorption (sol contaminé), produits de transformation. Nécessité de poursuivre les investigations sur le sol pour comprendre les processus de rétention au passage dans le **sol**



Conclusions

- **Recommandations de conception :**
 - ✓ Prévoir une zone de sédimentation, et la curer
 - ✓ Prévoir des tronçons de hauteur d'eau inférieure à 20 cm, sans végétaux et un temps de séjour hydraulique suffisant (> 7 jours pour certains micropolluants)
 - ✓ Privilégier l'infiltration. Attention aux sols contaminés
- **Rappels pour les attentes vis-à-vis des micropolluants :** Réduction à la source, Etape de traitement biologique de l'azote (nitrification), Voire traitement complémentaire?



Pour en savoir plus

- Rapports détaillés
 - ✓ Bibliographie photodégradation (2015)
 - ✓ Résultats expérimentaux photodégradation (2017)
 - ✓ Projet BIOTRYTIS (2019)
 - ✓ Les ZRV: analyse du fonctionnement et aide à la conception et à l'exploitation (2019)
- Articles
 - ✓ Mathon *et al.* Science of the Total Environment n°551-552 (2016)
 - ✓ Article Mathon *et al.* Techniques Sciences et Méthodes n°12 (2017)



Merci de votre attention !



<http://zrv.irstea.fr>