

Persistence des pesticides et formation de produits de transformation : quelles connaissances mobiliser pour protéger durablement les captages ?

Sylvain Payraudeau

Institut Terre et Environnement de Strasbourg (ITES),
équipe BISE (G. Imfeld; J. Masbou et les (post)doctorant.e.s)
(Université de Strasbourg, ENGEES, CNRS)

sylvain.payraudeau@engees.unistra.fr



Institut **Terre & Environnement**

de **Strasbourg** | ITES | UMR 7063

de l'Université de Strasbourg



Objectifs :

Comment quantifier la **persistance** et l'**export** des pesticides et des produits de transformation notamment sur la base d'exemples alsaciens en viticulture et grandes cultures dans les **eaux de surface** → karst ou si impact rivières au sein des AAC ?

Comment accéder et mobiliser des résultats de la **recherche** et des **suivis réglementaires** de la qualité des eaux pour orienter les approches territoriales sera posée.

En complément de précédents webinars (échelle des bassins versants)



Logo of the French Republic: RÉPUBLIQUE FRANÇAISE, Liberté, Égalité, Fraternité.

Logo of Centre de ressources Captages: centre de ressources Captages.

Logo of OFB: OFFICE FRANÇAIS DE LA BIODIVERSITÉ.

Logo of INRAE: INRAE, la science pour le vie, l'humain, le terre.

AgroParisTech logo.

Webinaire du 10 juin 2021

Video player interface showing 'Lire (k)', 'AgroParisTech', and '0:09 / 11:07:33'.

Pierre Benoit, directeur de recherche à Inrae

Plan

Introduction

Quantification du taux d'exportation ?

Quantification de la dégradation et la compréhension des processus en jeu ?

Conclusion et discussion

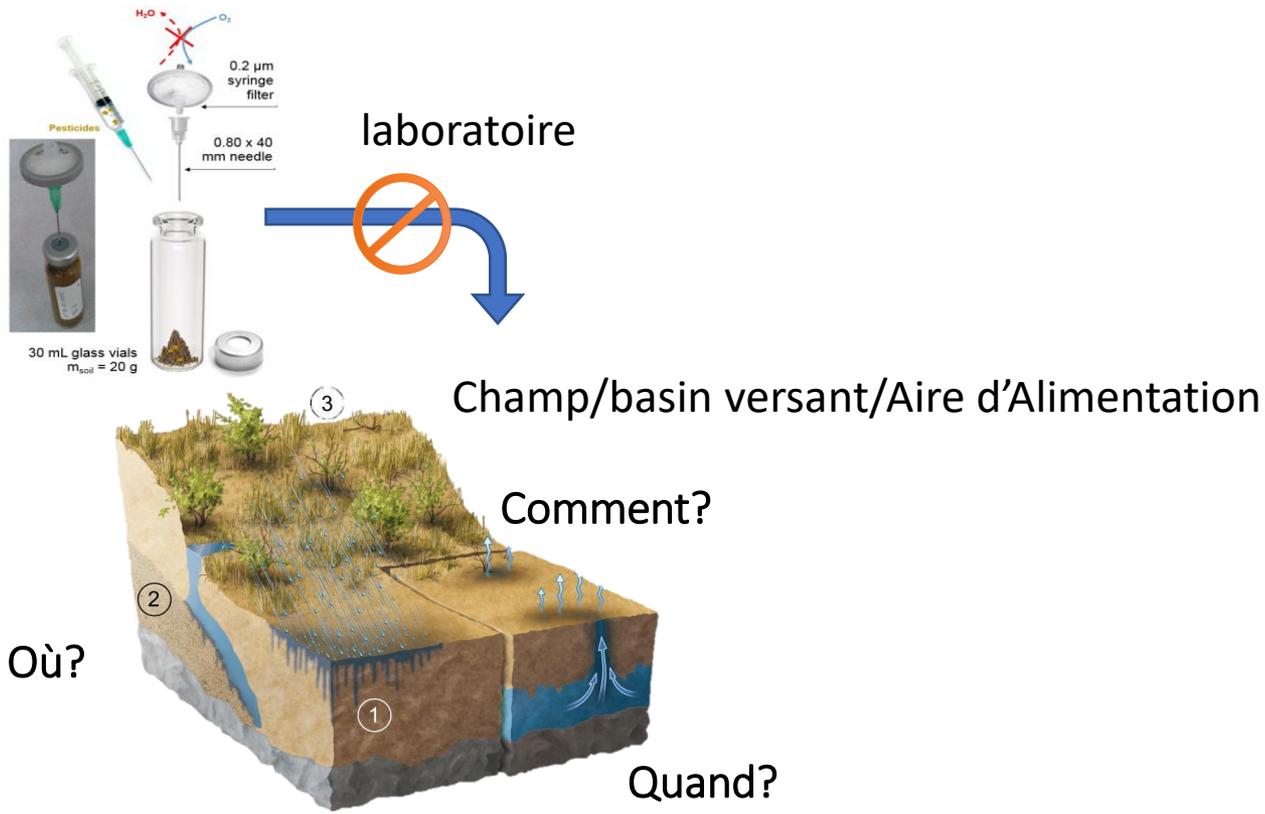
Introduction



Pourquoi (continuer) à étudier les pesticides en recherche ? (1/2)

En dépit de décennies de recherche (« Silent Spring » de Rachel Carlson en 1962 – lien pesticides et biodiversités) et d'acquisition de données

- Difficultés de relier les **conditions de laboratoire** et de **terrain**
- Difficulté à prédire **quand, où et comment** la dissipation des pesticides à lieu



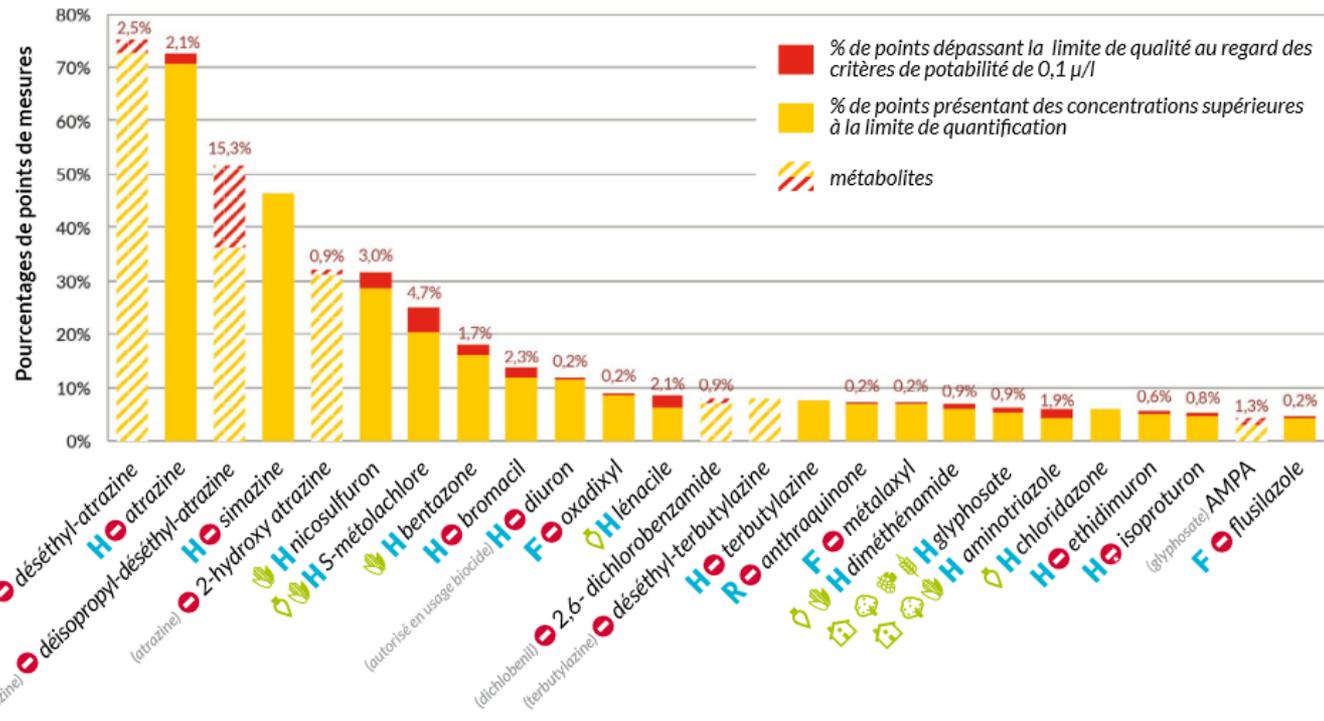
Pourquoi (continuer) à étudier les pesticides en recherche ? (2/2)

Evidence de **persistance** et détection fréquente, même longtemps après l'interdiction: mais contribution majeure des **métabolites** au cocktail détecté

Nappe phréatique d'Alsace
Fréquences de quantification et dépassements de la limite de qualité (0,1 µg/l) des 25 molécules les plus quantifiées en 2016.
 Liste des 113 substances présentes dans la liste de surveillance de l'état chimique (selon la Directive eau souterraine 2006/118/CE) - (529 points de mesures)



Évolution de la Ressource et Monitoring des Eaux Souterraines (ERMES)



Interdiction d'usage	Fonctions	Exemples d'usages sur culture
<p>🚫 de la substance active</p> <p>(molécule mère) molécule mère</p>	<p>F fongicide</p> <p>I insecticide</p> <p>H herbicide</p> <p>R répulsif</p>	<p>🥕 betteraves</p> <p>🍷 vignes</p> <p>🌾 blés et graminées</p> <p>🏠 traitements non agricoles</p> <p>🌳 maïs</p> <p>🍎 arbres fruitiers</p>

Pourquoi favoriser l'appropriation des connaissances sur le transport et la persistance des pesticides par les chargé.e.s de mission AAC ?

Pour le gestionnaire/animateur.trice du captage ? Quantités maximales sur surfaces maximales possibles de molécules
= **Pression polluante à ne pas dépasser**

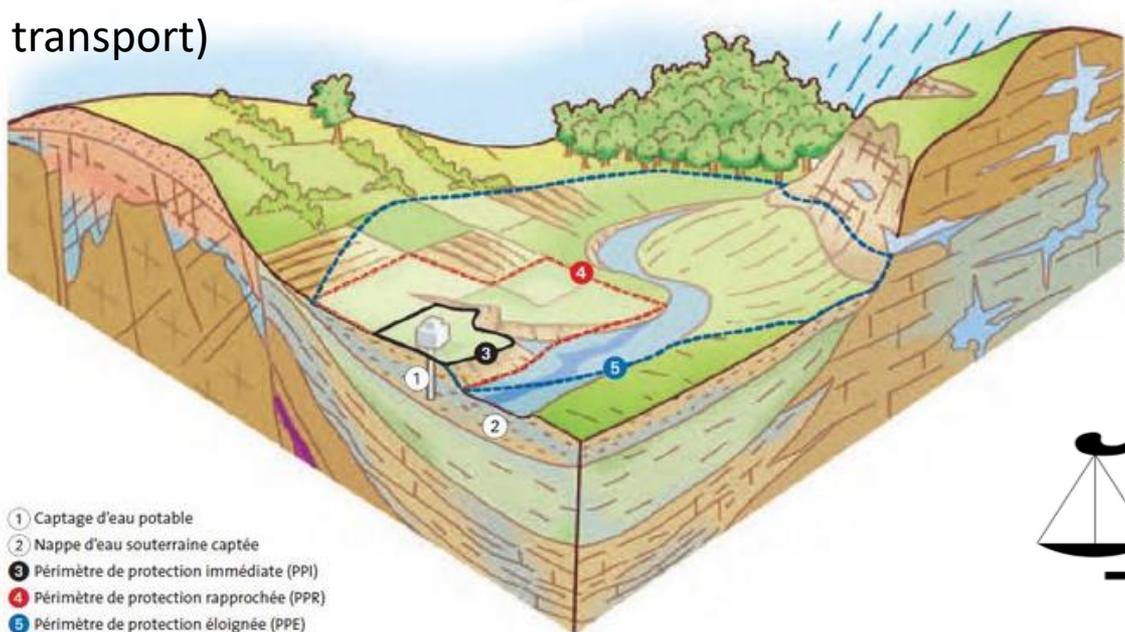
Selon la **vulnérabilité** de l'AAC
= f(persistance & transport)

PÉRIMÈTRES D'AIRES D'ALIMENTATION DE CAPTAGES PRIORITAIRES ET ZONES SENSIBLES :

⊕ Pas de S-métolachlore

- ▶ Un diagnostic parcellaire est recommandé pour évaluer les risques et définir les mesures de prévention.
- ▶ en complément de techniques alternatives, préférer l'utilisation d'herbicides de post-levée en mélange et à doses modulées.

syngenta



- 1 Captage d'eau potable
- 2 Nappe d'eau souterraine captée
- 3 Périètre de protection immédiate (PPI)
- 4 Périètre de protection rapprochée (PPR)
- 5 Périètre de protection éloignée (PPE)



Concentration maximale de molécules + métabolites au niveau du captage (sout. ou sup.)
= **Etat attendu** souhaitable (pour éviter fermeture)

Mon plan d'action est t-il dans le bon ordre de grandeur ? (puis identifier les leviers et verrous)

Quantification du taux d'exportation ?

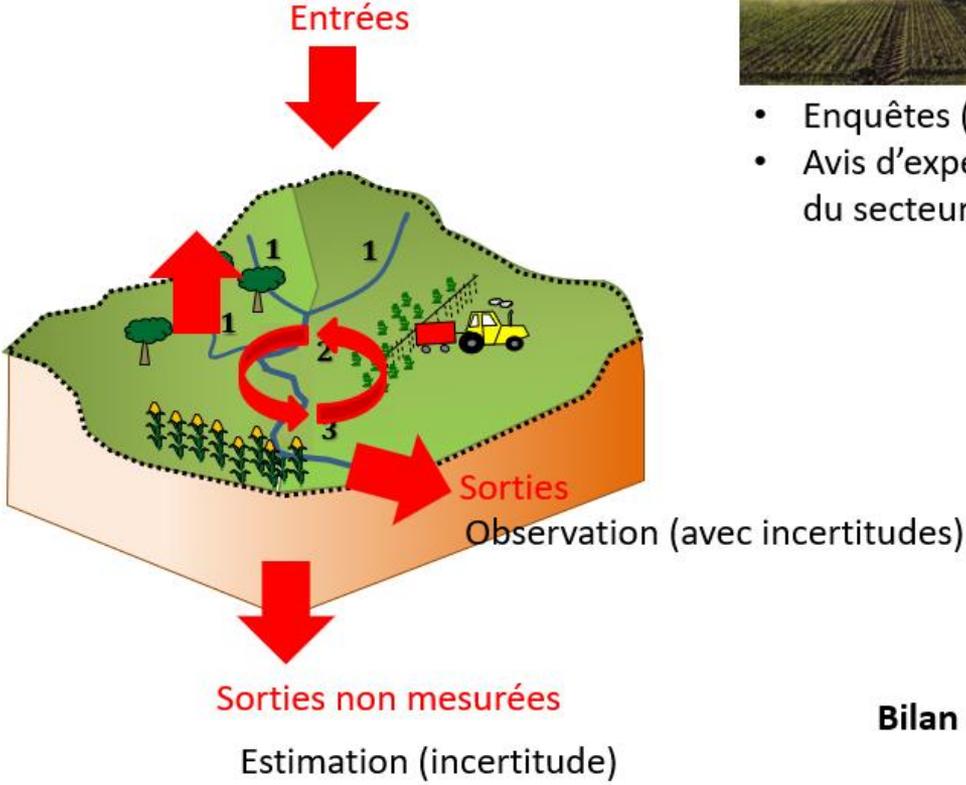


Taux d'exportation et bilan de masse : le principe et les défis

Bilan hydrologique (un pré-requis à toutes actions)
Bilan sur les pesticides



- Enquêtes (si < 10aine de km²)
- Avis d'expert (RPG + pratiques du secteur)



Bilan de masse clos ?

Taux d'exportation en milieu viticole – Site d'étude



Rouffach catchment (Alsace, France)

42.7 ha

Pente: 15%

Coef. Ruiss. : 0.3 – 4%

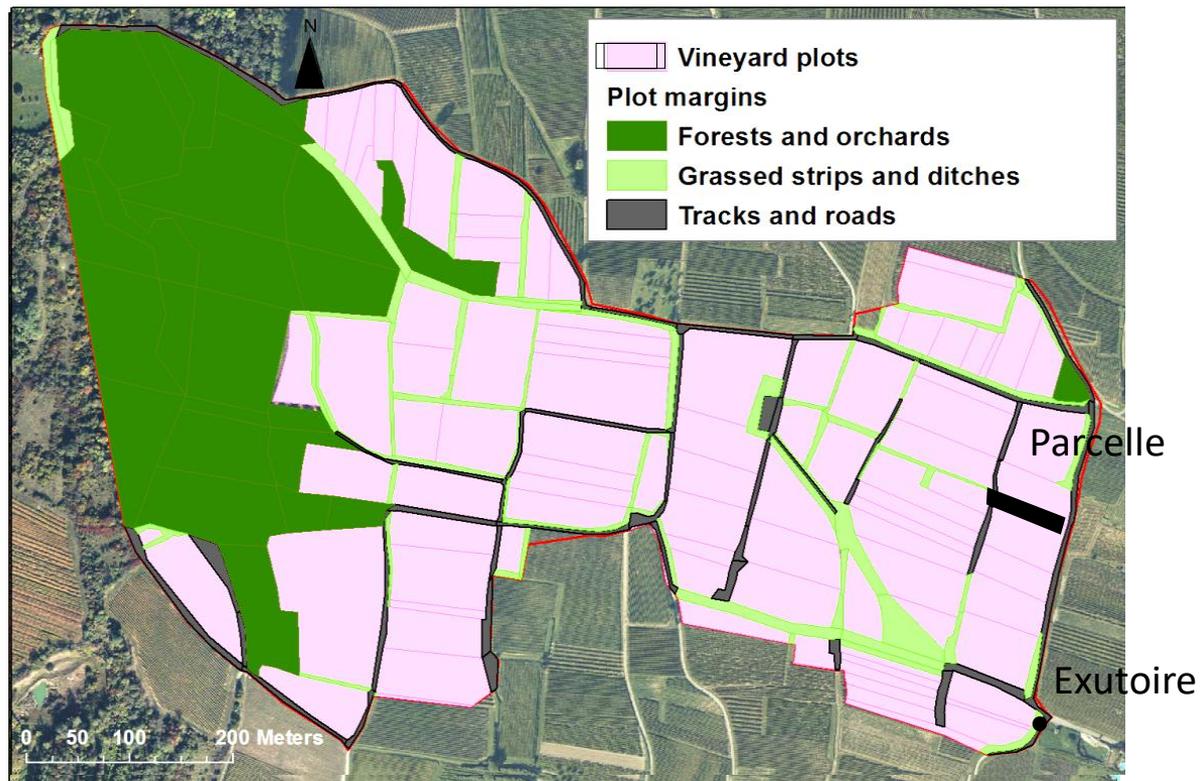
Pluie_{annuelle} : 563 mm

Parcelle : 880 m²



Applications annuelles

- 25-30 molécules différentes
- 20 kg composés actifs



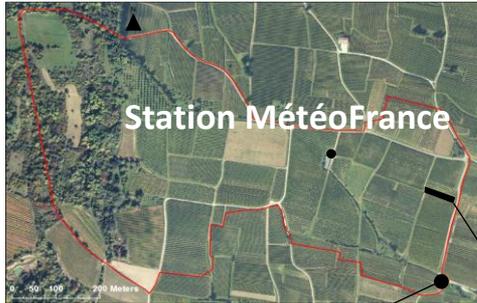


Taux d'exportation en milieu viticole – Méthode

Jour 0: 24 mai

Jour 99: 31 août 2011

↑ ↑ ↑
↑ ↑ ↑
Cyazofamid
Kresoxim methyl



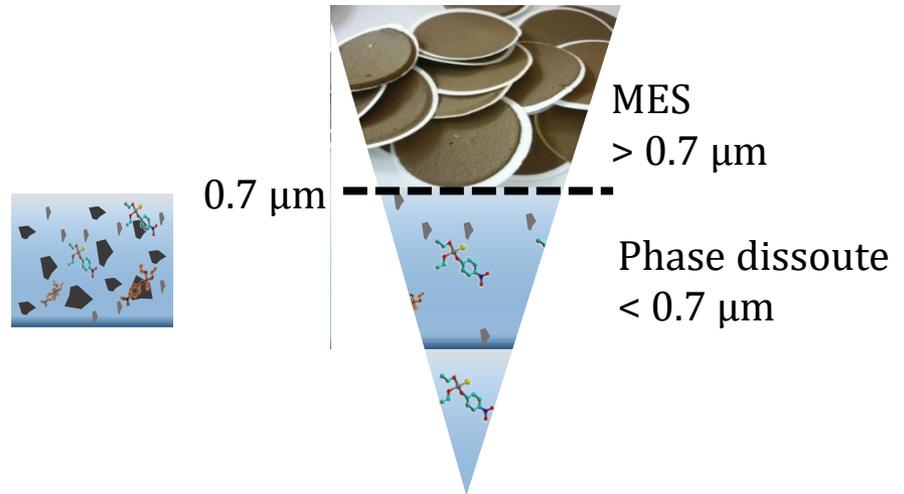
Exutoire du bassin versant

Parcelle expérimentale



- Prélèvement asservi au débit

- Bac intégrateur





Taux d'exportation en milieu viticole – les chiffres clés

- 54 épisodes de pluies (215 mm) – 2011
- 78 épisodes de pluies – 2015 & 2016



Coeff. ruiss. coeff. [%]	1.76 (0.32 – 3.97)	8X	0.13 (0.006 - 0.43)
Volume ruiss. [m ³ .ha ⁻¹]	37.27	←	4.89

Kresoxim methyl/cyazofamid (fongicides)

Conc Max. [µg L ⁻¹]	0.17 / 0.6		1.20 / 12.00
Export [mg]	72.1 / 57.6		0.06 / 0.17
Coeff. export [%]	0.06 / 0.04	7X – 2X	0.009 / 0.024

Coeff. export [%] 12 mol. [0 atrazine – 12.6 Métalaxyl]

- Pas d'effet de dilution
- Si on extrapole les données parcellaires → bassin **15% / 38%** des quantités obs au bv
- Rôle crucial des éléments inter-parcellaires (routes et chemins)
- Année dépendante ?



Bassin d'Alteckendorf (Alsace, France)

47 ha

Pente: 7%

Coef. Ruiss.: 0.2 – 41%

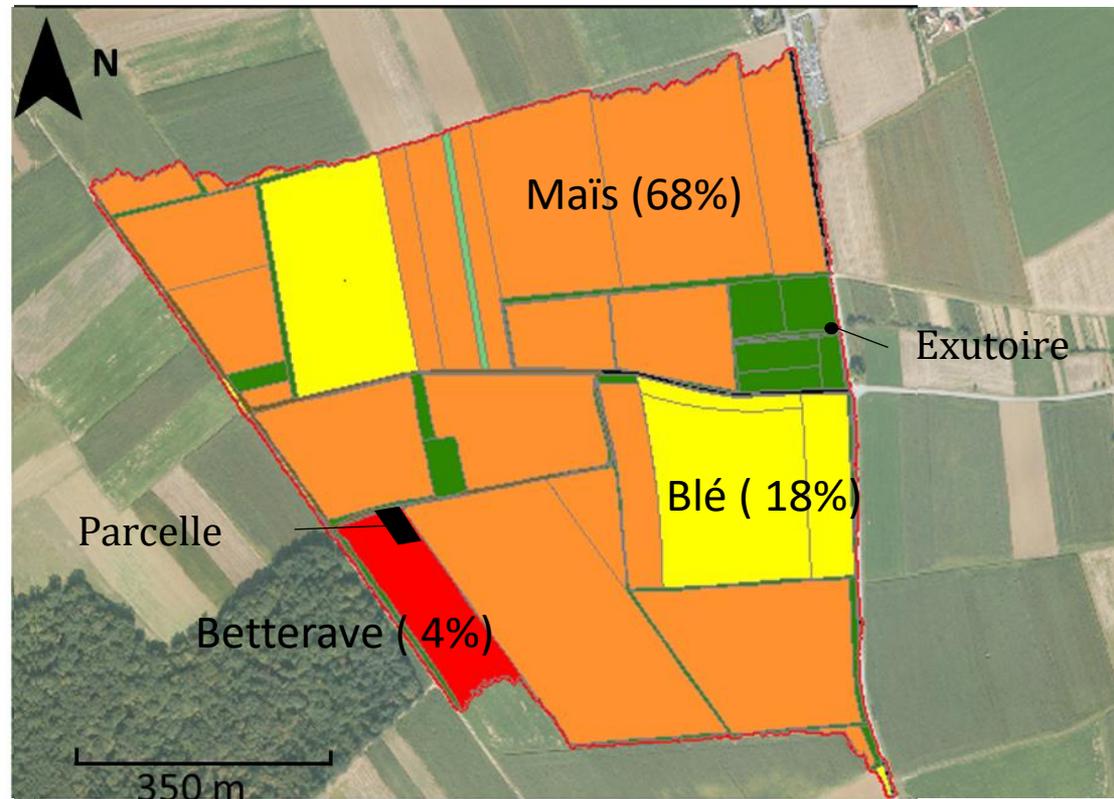
Pluie_{yearly}: 704 mm

Parcelle expérimentale : 77 m²



Herbicides pré-émergent (2012):

- 11 kg S-metolachlor
- 10 kg acetochlor



Taux d'exportation en grandes cultures – la campagne



Mars 2012

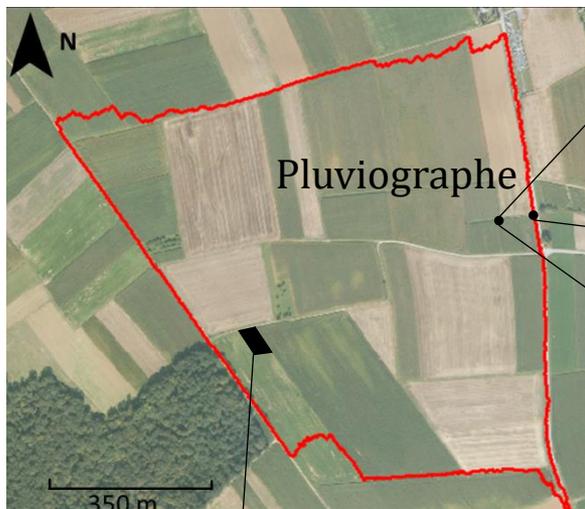
Mars 2016

Mi-Août 2012

Fin juillet 2016



S-métolachlore



Exutoire du bassin versant

Parcelle expérimentale



2012 : 1 parcelle
2016 : transect de sol



Mesures en continu

- Débit, pH, redox, O₂, conductivité
- Prélèvements asservis au débit



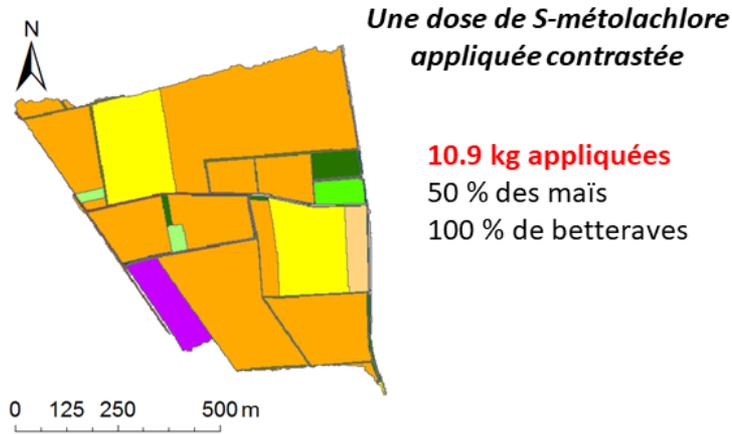
• Prélèvements asservis au débit

Drain



Taux d'exportation en grandes cultures - variabilité selon le contexte hydro-climatique

2012 : année de tous les dangers → contribution massive d'un évènement ruisselant et érosif



Un hiver et un printemps plutôt secs mais avec 1 orage violent fin mai

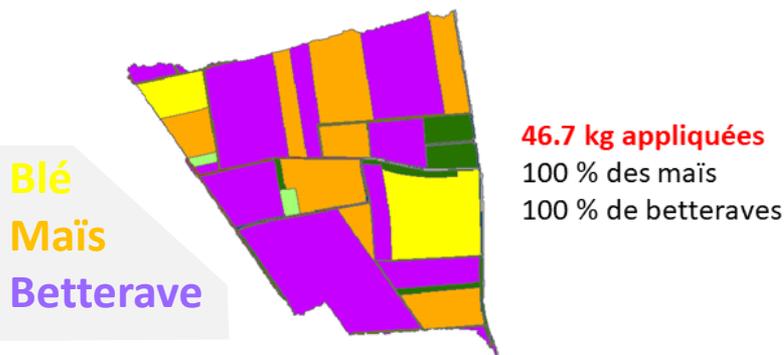
01/10 au 1/04 **173 mm**
1/04 au 30/07 **274 mm**
(max **54 mm** en 4h)
Ecoulement en rivière
(Avril à Juillet) : **6 100 m³**
(débit de base **0.5 L.s⁻¹**)

10 tonnes ha⁻¹ de sol érodés

Pour un export du S-métolachlore dans la rivière très variable sur ces 2 saisons

368 g (3.4 %) de l'application)
Exportée à :
54 % en phase dissoute
46 % en phase particulaire

2016 : année humide et paisible → flux verticaux via la sol puis drainage (artif. et nat.)



Un hiver et un printemps humides mais sans orages

01/10 au 1/04 **269 mm**
1/04 au 30/07 **420 mm**
(max **24 mm j⁻¹**)
Ecoulement en rivière
(Avril à Juillet) : **39 700 m³**
Débit de base **1.4 L.s⁻¹**

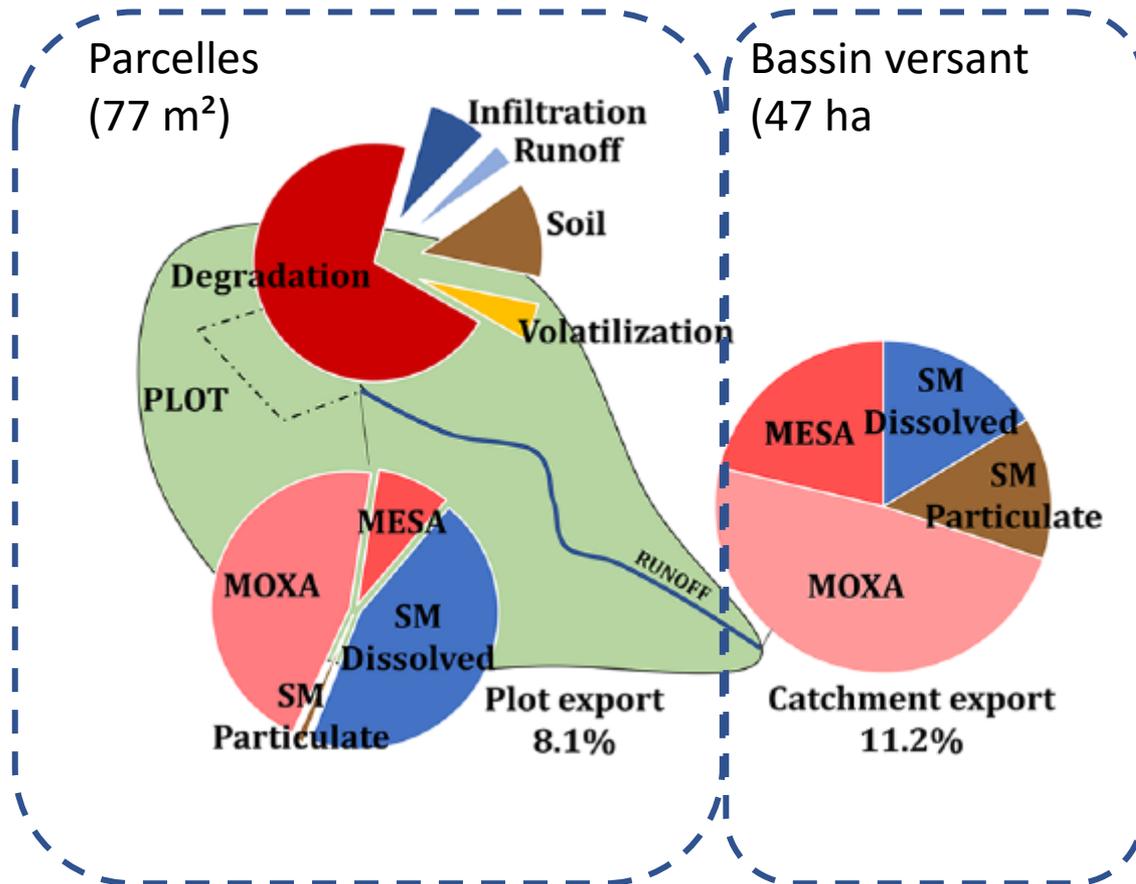
0.2 tonnes ha⁻¹ de sol érodées

137 g (0.3%) de l'application)
Exportée à :
≈100% en phase dissoute

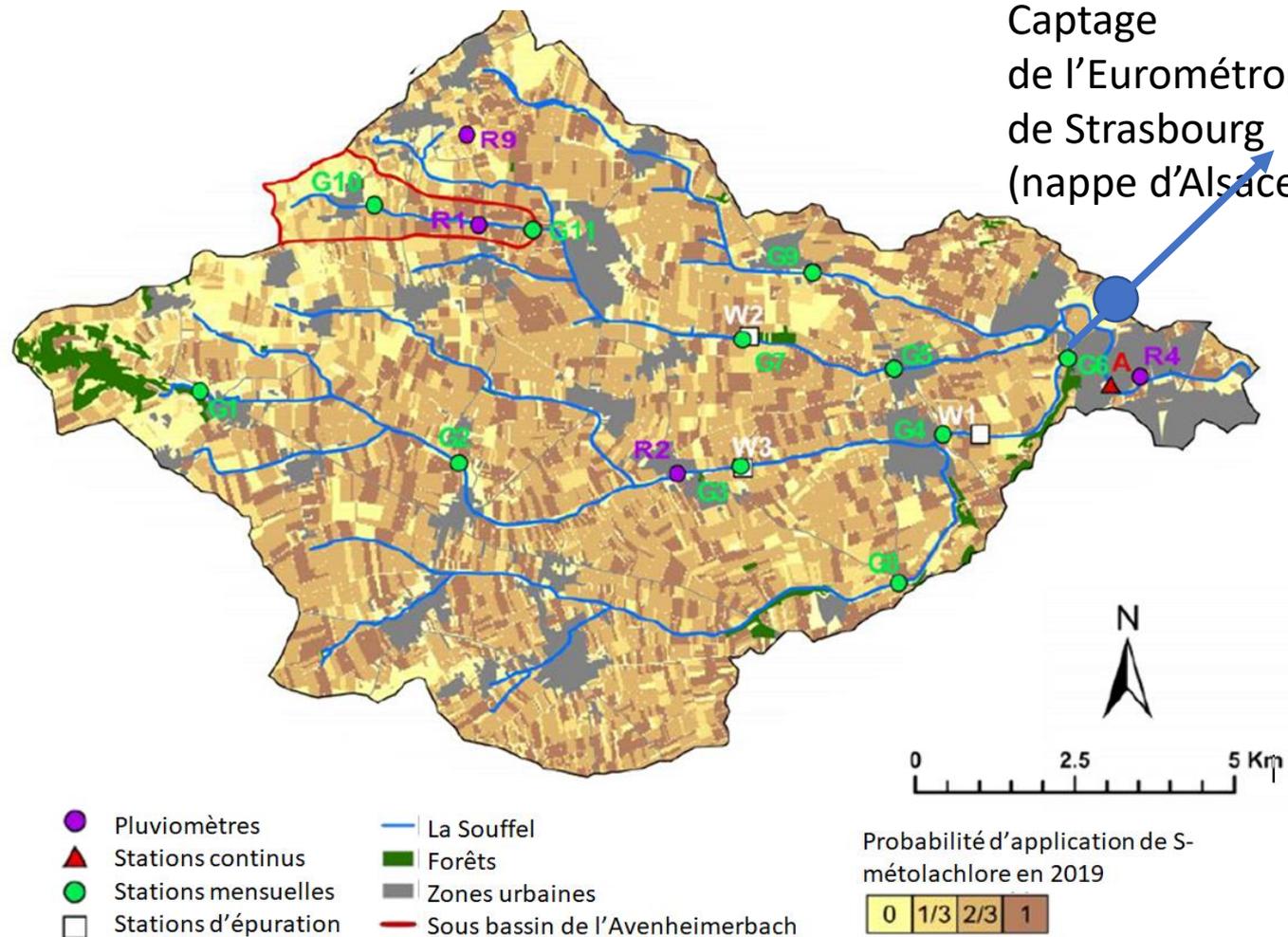
Quel aménagement du bassin versant sachant que conc. SM > NQE (0.07µg/L) ?

Taux d'exportation en grandes cultures – et les métabolites ?

Un zoom sur 2012 : année de tous les dangers



Taux d'exportation en grandes cultures: on change d'échelle ! la Souffel (115 km²) interaction surface – nappe d'accompagnement



- Distribution relativement homogène des cultures recevant du S-métolachlore
= Distribution homogène de la masse mobilisable dans les parcelles

Faible export mais impact significatif (et ici uniquement SM)



Application :

Entre 4 909 ± 116 et 9 224 ± 217 kg

Export (kg) et taux d'export (en %)
4.87 ± 1.00 kg (entre **0.04 et 0.12 %**)
(+ NOA, ESA et OXA, suivi AERM)

Souffel en continu : moyenne > 2 µg/L (28 X NQE)
81% > seuil de potabilité et **93%** > valeur NQE

Suivi mensuel ITES sur 9 points :
50% > seuil de potabilité et **55%** > valeur NQE

- **Faible taux en 2019 :**
année non-ruisselante et non-érosive

Evènements érosifs post traitement
→ quantités exportées **X10**

Impact majeur des pluies, ruisselants ou non, après applications
Evènements de pluie entre le 1^{er} mars et le 15 juin = 91% de l'export SM

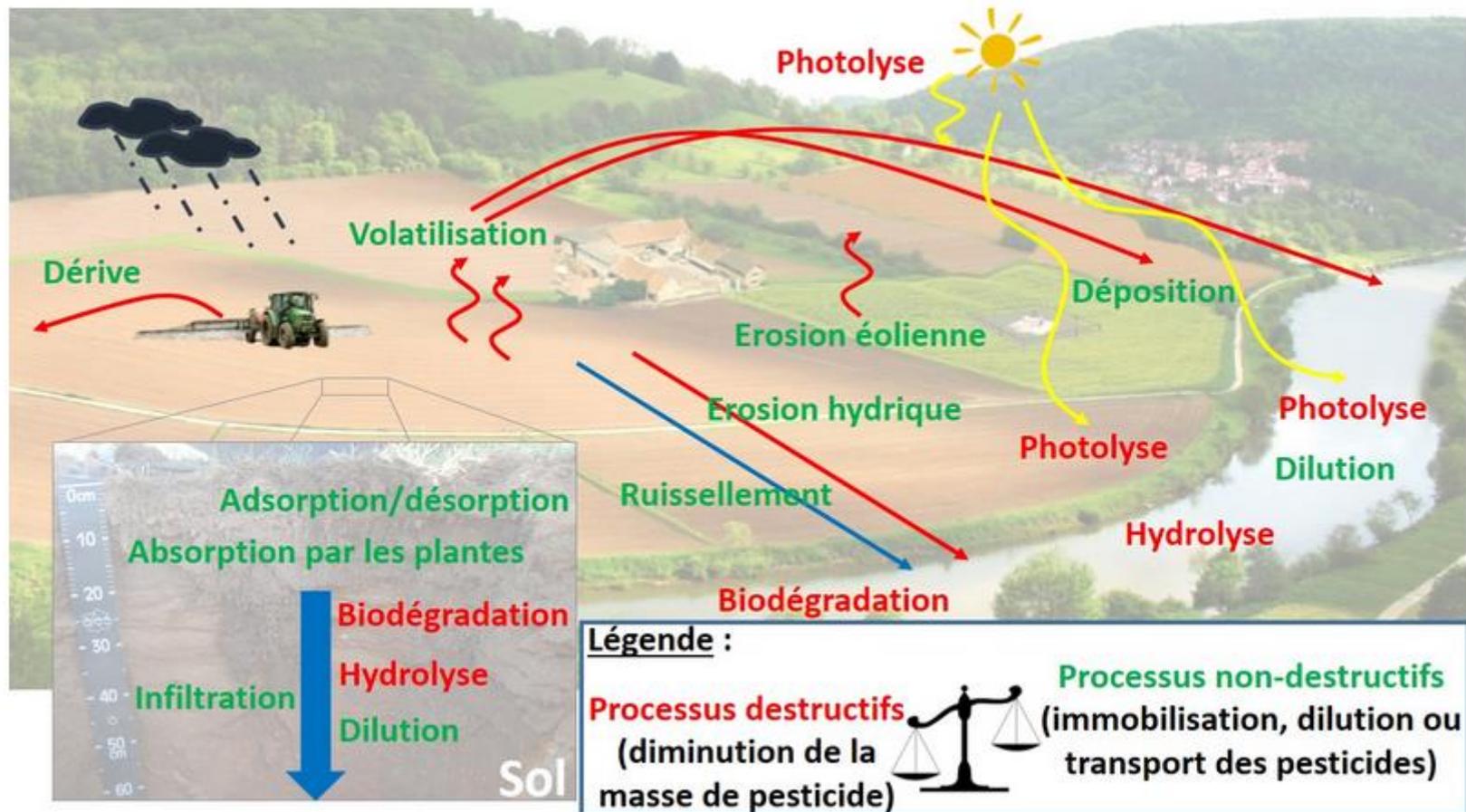
- **Impact ecotox. du S-métolachlore :**
dégradation de la ressource et écosyst. aquatique
A replacer dans le cocktail de pesticides et de métabolites

Notre proposition à l'action Agr'Eau Souffel 2027 sur ce bilan → DCE 2027
Stopper l'utilisation des pesticides sur 50% de SAU (car réduction de la dose déjà en place) (limite approches sur le ruissellement)

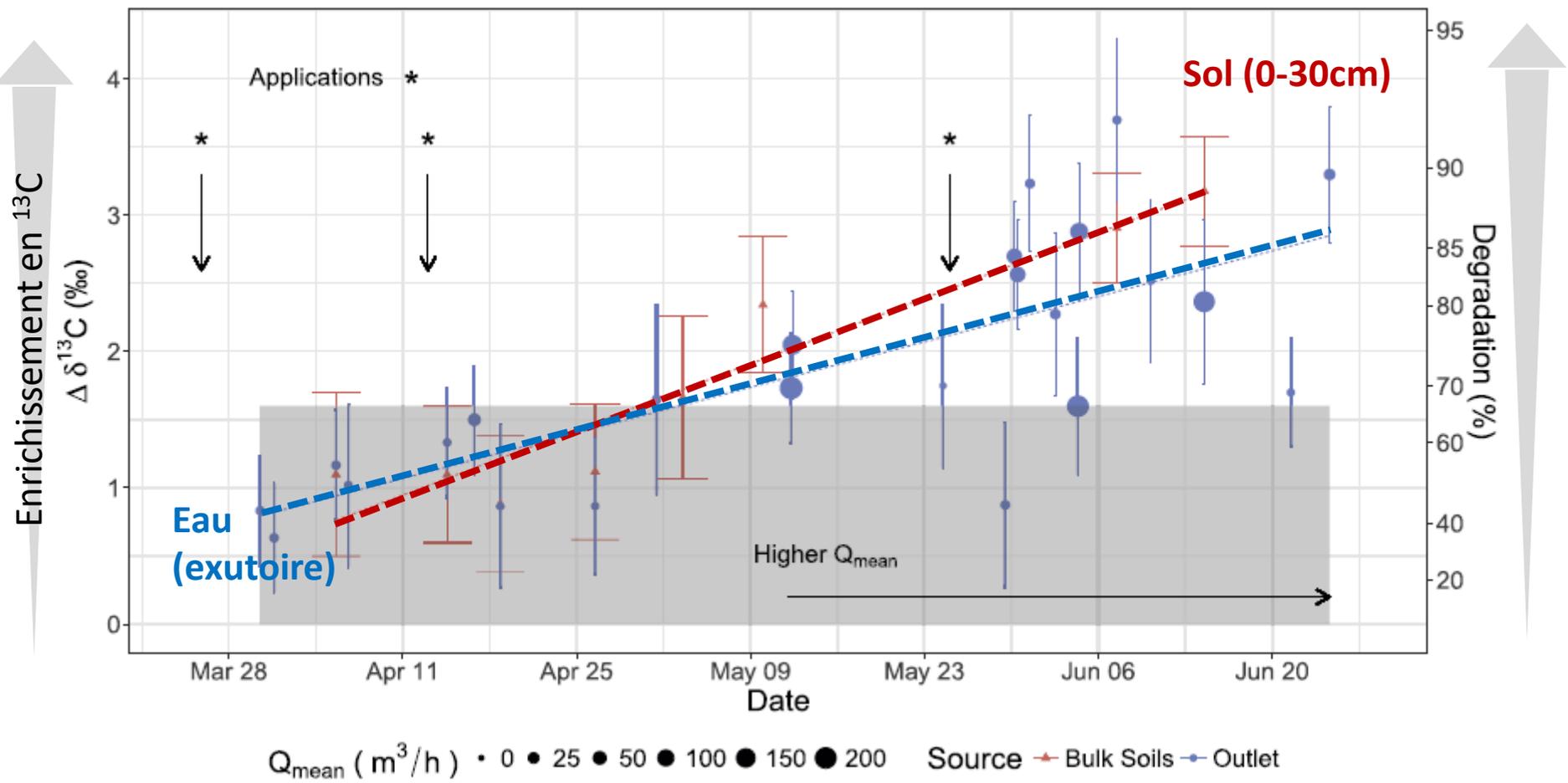
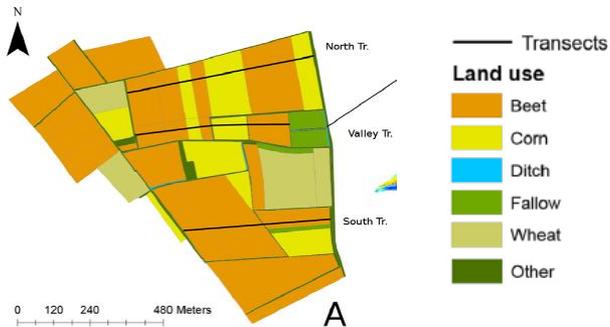
Quantification de la dégradation ?



Quantification de la dégradation ?

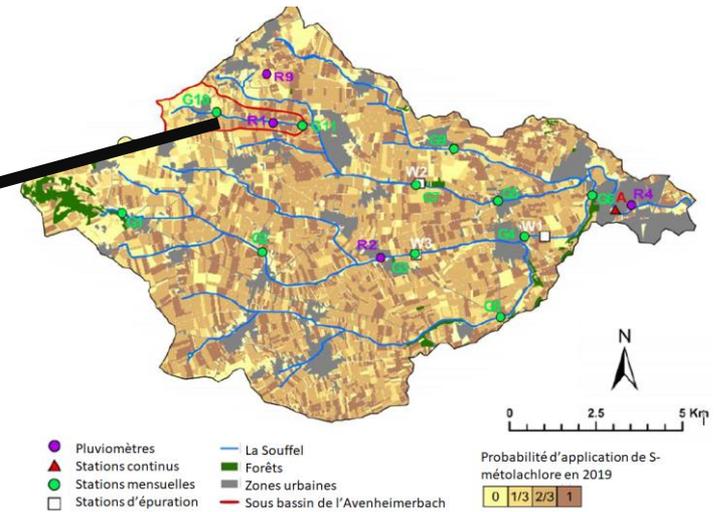
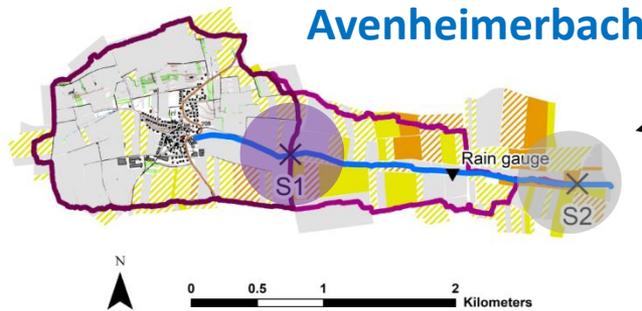


Validation du potentiel à l'échelle d'une tête de bassin versant (47 ha)



Validation du potentiel à l'échelle d'une tête de bassin versant (2 km²)

Legend
Crop distribution
Wheat & others
Beet - no survey
Beet - survey
Maize - no survey
Maize - survey
Monitoring stations
Rain gauge
Avenheimerbach
C1
C2



- Parcelles < 100 m de S1 et S2
- Profondeur sol: 0-10 cm
- Signatures initiales SM ($^{13}\text{C}_0 = -31.7 \pm 0.3 \text{ ‰}$)
Camix, Mercantor Gold, Dual Gold, S-metolastar
(contribution du Comptoir Agricole)
- **87 ± 2%** masse initiale dégradée en 4 mois dans les sols (0-30 cm)

- **Dégradation du S-métolachlore au champ:** très significative et rapide
- Risque accru de transport des produits de dégradation formés au champ

Outil isotopique révélateur d'une très faible capacité d'auto-épuration des rivières pour le SM

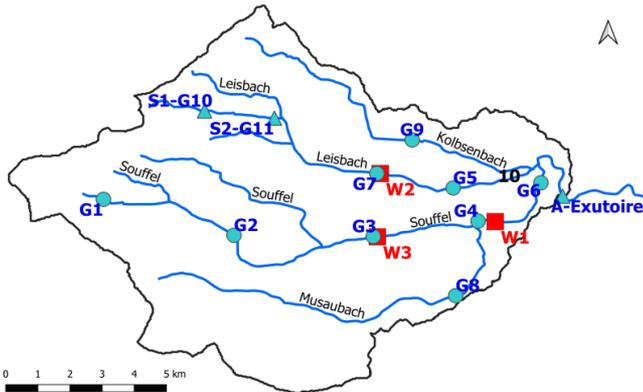
- Echelle du tronçon amont de l'Avenheimerbach (2.2 km)



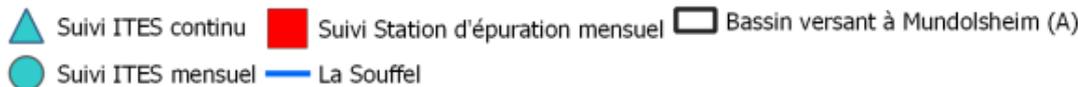
→ Dégradation <2% sur la saison



- Echelle des 79 km de rivières



→ Dégradation = 12.7 ± 3.1 % (seulement!)



- Une fois le S-métolachlore dans la Souffel : **faible capacité de dégradation** (profil de la rivière, temps de parcours)
- Ne pas 'compter sur' la rivière
- Et dans les nappes ? → Etude en cours AICS dans le captage de Lampertheim

Conclusion



Quelle est la production scientifique mobilisable ?

Web of Science™

Search

Search > Results for pesticide (All Fields) AND risk (All Fields) AND groundwater (All Fi...

1,189 results from Web of Science Core Collection for:

Q pesticide (All Fields) and risk (All Fields) and groundwater (All Fields)

- 1 Pesticides groundwater modelling relies on input data characterised by a high intrinsic variability: Is the resulting risk for groundwater credible?

[Ullucci, S;](#) [Menaballi, L;](#) (...); [Azimonti, G](#)

Sep 15 2022 | [SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT](#) 839

In the framework of Regulation (EC) 1107/2009, concerning the placing of plant protection products (PPP) on the market, FOCUS models are used to predict active substances concentration in groundwater. The predicted environmental concentration in groundwater (PECGW) are influenced by active substance specific parameters, namely DT50, K-OM and Freundlich coefficient (1/n), whose minimal variation ... [Show more](#)

 [Full Text at Publisher](#) ...

52
References

[Related records](#) ?

- 2 Distribution, Source Apportionment and Health Risk Assessment of Organochlorine Pesticides in Drinking Groundwater



[Oyekunle, JAO;](#) [Adegunwa, AQ](#) and [Ore, OT](#)



Aug 2022 | May 2022 (Early Access) | [CHEMISTRY AFRICA-A JOURNAL OF THE TUNISIAN CHEMICAL SOCIETY](#) 5 (4) , pp.1115-1125

 Enriched Cited References

Groundwater samples of Ile-Ife, Osun State, Nigeria were investigated for their organochlorine pesticides (OCPs) levels. Probable sources of the OCPs and health risks associated with their consumption along with the water were determined in order to establish the potability of the groundwater samples. Quantitative determination of the OCPs was carried out by Gas Chromatography coupled with Elec ... [Show more](#)

 [Free Submitted Article From Repository](#)Full Text at Publisher ...

35
References

[Related records](#)

- 3 Occurrence of Banned and Currently Used Herbicides, in Groundwater of Northern Greece: A Human Health Risk Assessment Approach

[Parlakidis, P;](#) [Rodriguez, MS;](#) (...); [Vryzas, Z](#)

Jul 2022 | [INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL RESEARCH AND PUBLIC HEALTH](#) 19 (14)

259
References

Dont 78 depuis
janvier 2022

Relayés par la presse souvent pour travaux de synthèse (des revues d'article)

Néonicotinoïdes : le revirement du gouvernement sur l'interdiction de l'insecticide "tueur d'abeilles" en 6 actes

Science

Current Issue First release papers Archive About

HOME > SCIENCE > VOL. 358, NO. 6359 > A WORLDWIDE SURVEY OF NEONICOTINOIDS IN HONEY

REPORT



A worldwide survey of neonicotinoids in honey

E. A. D. MITCHELL, B. MULHAUSER, M. MULOT, A. MUTABAZI, G. GLAUSER, AND A. AEBI [Authors Info & Affiliations](#)

SCIENCE • 6 Oct 2017 • Vol 358, Issue 6359 • pp. 109-111 • DOI:10.1126/science.aan3684

France info le 9 septembre 2020

Les plantes légumineuses pour sauver les rendements, ça marche !

▶ écouter (3min)

France info le 10 septembre 2022

Global systematic review with meta-analysis reveals yield advantage of legume-based rotations and its drivers

Jie Zhao, Ji Chen, Damien Beillouin, Hans Lambers, Yadong Yang, Pete Smith, Zhaohai Zeng, Jørgen E. Olesen & Huadong Zang

Nature Communications 13, Article number: 4926 (2022) | [Cite this article](#)

Ou analysés dans des travaux de synthèse et de perspectives (état des connaissances)

**Pesticides,
agriculture
et environnement**



Réduire l'utilisation des pesticides
et en limiter les impacts environnementaux

INRA-Cemagref, 2005



IMPACT CUMULÉ DES RETENUES D'EAU SUR LE MILIEU AQUATIQUE

Expertise scientifique collective

2016 (Irstea & Onema)

Impacts des produits phytopharmaceutiques sur la biodiversité et les services écosystémiques

Résumé de l'Expertise scientifique collective - Mai 2022

AGROÉCOLOGIE  10 min

Quelles nouvelles pistes pour faciliter la sortie des pesticides ?

Se passer des pesticides est une demande pressante d'une part importante de la société et un objectif fort des politiques publiques. Les agriculteurs, conscients des risques pour la santé et l'environnement, sont sensibilisés sur le sujet ; pour autant les pratiques peinent à évoluer rapidement. Dans le cadre du plan Ecophyto 2+, INRAE initie deux expertises scientifiques collectives pour faire une synthèse actualisée des connaissances scientifiques disponibles. La première sur les pesticides et leurs impacts sur la biodiversité, en collaboration avec Ifremer et, la deuxième sur l'utilisation de la diversité végétale pour une gestion agroécologique des ravageurs et maladies des cultures.

Publié le 30 novembre 2020



INRAE



INRAE

Le centre de ressource captages : → Un relai pour les articles clés ?



PORTAIL TECHNIQUE

Le site pour les professionnels de la biodiversité

Actualités Appels à projets Agenda EN



APPUI ET INTERVENTION

GESTION ET PRESSIONS

MILIEUX

ESPÈCES

DOCUMENTATION

ACCUEIL > CENTRES DE RESSOURCES > CDR CAPTAGES > DOCUMENTATION

DOCUMENTATION

Ouvrages et états de l'art

Colloques et séminaires

Retours d'expérience

Notre sélection de guides

Ouvrages et états de l'art



Retrouvez ici une sélection des ouvrages de la collection "Comprendre pour agir" relatifs à la thématique de la protection des ressources en eau vis-à-vis des pollutions diffuses.

[Lutter contre les micropolluants dans les milieux aquatiques : quels enseignements des études en sciences humaines et sociales ? n°32](#) | Comprendre pour agir | septembre 2018

En dépit des progrès pour traiter les eaux usées, de nombreux micropolluants se retrouvent dans les milieux aquatiques. Cette pollution invisible à l'oeil nu est un enjeu de société : ce sont nos modes de production et de consommation qui sont responsables. Qu'elle soit ou non accompagnée d'innovations techniques, la lutte contre les micropolluants requiert obligatoirement des changements de pratiques dans le milieu professionnel, l'espace public et à la maison.

[Les bénéfices liés à la protection des eaux souterraines : pourquoi et comment leur donner une valeur monétaire ? n°31](#) | Comprendre pour agir | septembre 2018

Les gestionnaires des milieux aquatiques ont parfois des difficultés à porter les actions de protection des eaux souterraines auprès des décideurs et des populations. Cette publication montre que les évaluations économiques des bénéfices associés à ces actions de préservation peuvent aider les gestionnaires à communiquer et à convaincre de l'intérêt de les mettre en oeuvre.



ZOOM

Une boîte à outils pour accompagner le développement des Stratégies régionales pour la biodiversité

Que retenir ?

- Avancées mais nombreuses zones d'ombre (réactivité en condition réelle) avec incertitudes sur le transport et dégradation (différents processus)
- Export modéré de pesticides souvent trop important pour les objectifs (potabilité, NQE)
- Nécessité de dimensionner les plans d'actions à la hauteur des enjeux – bonne ordre de grandeur (systèmes de cultures à base niveau d'impact, sans pesticides → doctrine des Agences de l'Eau)
- Stratégies de suivi des pesticides coûteuses : mieux suivre (outils et techniques intégrateurs, comme capteurs passifs)
- Impact du dérèglement climatique sur transport et réactivité ?

Merci de votre attention
si vous avez des questions, n'hésitez pas

Sylvain Payraudeau

**Institut Terre et Environnement de Strasbourg (ITES),
équipe BISE (G. Imfeld; J. Masbou et les (post)doctorant.e.s)
(Université de Strasbourg, ENGEES, CNRS)**

sylvain.payraudeau@engees.unistra.fr



Institut Terre & Environnement

de Strasbourg | ITES | UMR 7063

de l'Université de Strasbourg

