



« Potentiel des zones humides artificielles du Rhin Supérieur pour la réduction des produits phytosanitaires »

Guide à destination des prescripteurs et des concepteurs de Zones Tampons Humides Artificielles

2014

Programme INTERREG IV Rhin Supérieur / Programm INTERREG IV Oberrhein
Dépasser les frontières, projet après projet - Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt

*Cofinancé par l'Union Européenne / Fonds européen de développement régional / Von der Europäischen Union
kofinanziert / Europäischer Fonds für regionale Entwicklun*

www.phytoret.eu

Remerciements

Toute l'équipe PhytoRet tient à remercier les partenaires financeurs du projet : le Lycée viticole de Rouffach, le CNRS, l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse et la région Alsace, ainsi que les partenaires non-financeurs qui ont soutenus le projet : les communes de Rouffach, d'Alteckendorf, d'Eichstetten, d'Herbolzheim, de Kenzingen, de Schallstadt, l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA), les Conseils Généraux du Haut-Rhin et du Bas-Rhin, l'Association pour la Relance Agronomique en Alsace (ARAA), SEMIA (Incubateur d'Entreprise Innovante – Alsace), le Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (LUWG), le Staatliches Weinbauinstitut Freiburg, le Baden-Württemberg Regierungspräsidium Freiburg (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau), l'EAWAG (Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz) Abteilung Umweltchemie, l'Université de Landau, Institut des Sciences Environnementales, Der Regierungsvizepräsident et le Réseau Réalise.

Ce guide a bénéficié de la contribution de Matthias Gassmann, Lukasz Gutowski, Klaus Kummerer et Oliver Olsson (Institut de la chimie environnementale et durable de l'Université de Lüneburg), Jens Lange et Barbara Herbstritt (Institut d'Hydrologie de l'université de Fribourg), Gwenaël Imfeld, Marie Lefrancq, Elodie Maillard, Cyrielle Regazzoni, Benoît Guyot, Caroline Grégoire et Sylvain Payraudeau (Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, Université de Strasbourg/ENGEES, CNRS).



Contexte

Pesticides (ou produits phytosanitaires)

Les pesticides regroupent un ensemble de substances à usage essentiellement agricole (insecticides, herbicides, fongicides), principalement destinées à lutter contre les organismes jugés nuisibles pour les cultures (bio-agresseurs, plantes adventices). Ils peuvent présenter une forte toxicité pour la vie animale, notamment en raison du phénomène de bioaccumulation au travers de la chaîne alimentaire. La grande diversité de ces produits et la complexité des mécanismes de rétention ou de dégradation dans le milieu (aptitude à l'adsorption sur les composés du sol, durée de vie, diversité et toxicité des sous-produits de dégradation) en font une source de pollution particulièrement ardue à maîtriser.

Zone Tampon

Le terme de zone tampon (« buffer zone » en anglais) est employé ici pour désigner tout espace interstitiel du paysage rural, maintenu ou expressément mis en place pour assurer une fonction d'interception et d'atténuation des transferts de contaminant d'origine agricole vers les milieux aquatiques. Il s'agit généralement de dispositifs rustiques, conçus pour être facile à aménager, engendrer un minimum de coût et nécessiter peu d'entretien.

Zone Tampon Humide Artificielle

Il s'agit d'ouvrages rustiques, spécifiquement aménagés à l'aval d'un réseau de collecte d'écoulements concentrés (fossés, drains agricoles) pour stocker temporairement l'eau et favoriser son épuration avant qu'elle ne soit renvoyée au milieu aquatique récepteur. La présence d'eau stagnante favorise l'implantation rapide d'espèces végétales spécifiques des zones humides.

<http://zonestampons.onema.fr/>

La gestion durable de l'eau repose sur une **vision systémique des hydrosystèmes** portée par la Directive Européenne sur l'Eau (2000/60/CE). A l'échelle du Rhin Supérieur, la protection des eaux de surface se traduit par des **programmes d'actions mixtes** (programmes d'interventions de l'Agence de l'Eau Rhin Meuse, Gewässerentwicklung du LUWG), et le projet PhytoRET s'inscrit dans ce cadre. Les programmes d'actions mixtes reposent sur une **réflexion combinée pour la réduction conjointe des flux de contaminants, des coulées boueuses des inondations et la renaturation des hydrosystèmes altérés**. L'objectif de ces programmes mixtes vise à **restaurer les services écosystémiques des hydrosystèmes ciblés**, comme la capacité d'autoépuration des cours d'eau.

Concernant la réduction des flux de pesticides, **les mesures préventives s'avèrent les plus efficaces et doivent donc être privilégiées** (réduction et alternative à l'utilisation des pesticides, notamment surface en herbe et agriculture biologique - modification des pratiques culturales) par rapport aux approches curatives tels que les aménagements inter-parcellaires (bandes enherbées, haies, fascines vivantes, talwegs et fossés enherbés). Parmi ces **approches curatives**, on compte les **zones tampons humides artificielles (ZTHA)** ciblées par PhytoRet, qui constituent **une mesure complémentaire aux mesures préventives** et aux autres aménagements pour réduire le transfert des pesticides vers les eaux de surface et ne peuvent les substituer, en tout ou partie.

Le projet PhytoRet a principalement porté sur les **processus de rétention et de dégradation des pesticides et l'efficacité des ZTHA**. Les résultats produits offrent des références régionales permettant d'évaluer l'intérêt de ce type d'approche pour de futurs projets. Il nous appartient ici de remettre les résultats obtenus dans PhytoRET en lien avec la conception et la gestion des ZTHA. Les **conditions mentionnées ci-dessous apparaissent essentielles pour favoriser des ZTHA stables, robustes et à bas coût**, capable de développer un **service écosystémique d'auto-épuration**:

1. une **diversité de conditions hydrologiques** (zones en eau stagnante assurant le maintien d'une végétation dense et diversifiée).
2. Un **colmatage naturel du fond des ZTHA** par les particules fines (sans imperméabilisation artificielle).
3. Une **colonisation des ZTHA par une végétation autochtone** assurant diversité et stabilité du système.
4. Une **ZTHA modulaire** avec une **zone de sédimentation curée** et une **zone végétalisée préservée**.
5. Un ouvrage de vidange en sortie de ZTHA favorisant **l'augmentation du temps de séjour de l'eau**.

PhytoRet et la Région du Rhin Supérieur

La Région métropolitaine trinationale du Rhin supérieur comprend l'Alsace en France, le Pays de Bade et le sud du Palatinat en Allemagne ainsi que les cantons suisses de Bâle-Ville, Bâle-Campagne, Soleure, Jura et Argovie et totalise 5,9 millions d'habitants pour 21 000 km².

Au sein de cette Région, le fossé rhénan supérieur est défini par la plaine d'Alsace avec le Land du Bade-Würtemberg allemand. Il est drainé principalement par l'Ill en France et un ensemble de rivières orientées sud-est/nord-ouest en Allemagne. La plaine est consacrée à la grande culture céréalière. Le vignoble alsacien (France) et du Bade-Würtemberg (Allemagne) surplombent la plaine et contribuent à la recharge de la nappe, soit par écoulement superficiel gravitaire vers celle-ci, soit par infiltration. Cette contribution s'accompagne du transfert des polluants associés, notamment les pesticides largement utilisés dans la culture de la vigne qui consomme 20 % du tonnage national de pesticides pour une surface agricole utile de 3 %.

Plus de 250 ZTHA ont été répertoriées dans la Région du Rhin Supérieur, durant le projet PhytoRet. Le service écosystématique d'auto-épuration des pesticides délivré par ces ZTHA a été évalué durant le projet pour produire des références régionales utiles aux gestionnaires de la qualité de l'eau et aux prescripteurs et concepteurs de ZTHA.

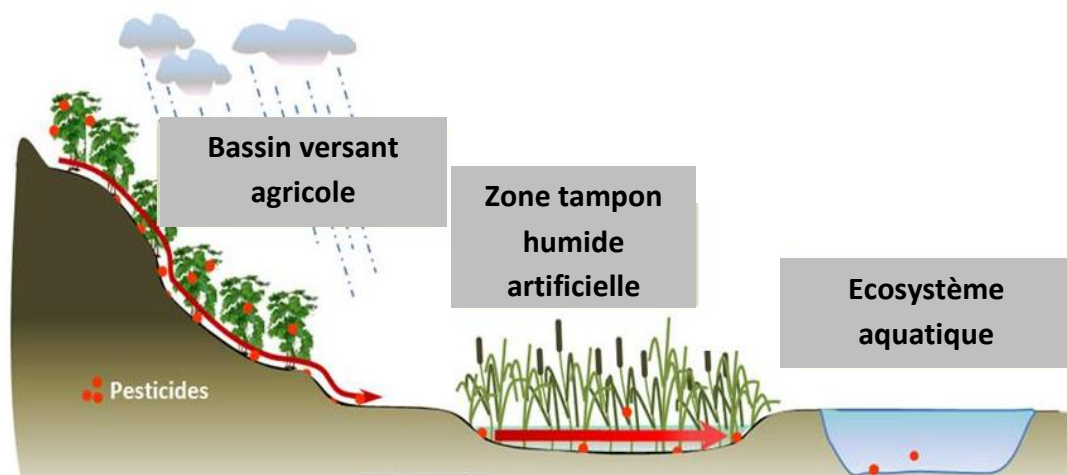
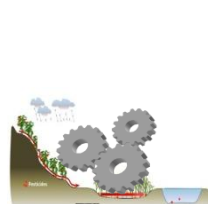
<http://www.conference-rhin-sup.org/fr/la-conference-du-rhin-superieur/les-debuts.html>

Grégoire C., et Lange J., 2007. Exploitation (et limites) de la notion de symétrie pour la quantification du transfert de pesticides dans les vignobles badois et alsaciens. *Revue Géographique de l'Est*.47 (2), 1-17.



Les 3 objectifs du projet PhytoRet

- **Démontrer et quantifier le potentiel et les limites des zones tampons humides artificielles à réduire les flux de pesticides** provenant des bassins versants amont agricoles de la région du Rhin Supérieur
- **Développer des outils** capables de **prédire le transport des pesticides** depuis les bassins versants jusqu'aux zones tampons humides artificielles et **d'optimiser le potentiel de remédiation** de ces zones pour protéger les écosystèmes aquatiques
- **Partager et transférer les connaissances acquises et les outils** en développant une offre de formation pour les différents acteurs concernés



(Maillard, 2011)

Comment lire ce guide ?

Les résultats issus de PhytoRet sont synthétisés autour de 10 questions. Pour aller plus loin, les résultats complets associés à ces 10 questions sont détaillés sur le site internet : www.phytoret.eu

Les questions de 1 à 4 et les résultats associés ciblent le potentiel des zones tampons humides artificielles à réduire les flux de pesticides :

1 - Que peut-on apprendre de la dissipation des flux de pesticides au sein des zones tampons humides artificielles (en utilisant des bilans de masse) ?



2 - Comment quantifier les processus clés impliqués dans la dissipation des pesticides ?

3 - Comment des marqueurs de dégradation peuvent aider à évaluer le transport et la dissipation des pesticides depuis les bassins agricoles jusqu'aux zones tampons humides artificielles ?

...mais aussi leurs limites telle que la question des produits de dégradation :

4 - Les zones tampons humides artificielles : sources ou puits pour les produits de dégradation ?

Les questions 5 à 7 mettent en avant le besoin d'outils **i) pour prédire le risque de transport de pesticides** depuis les bassins versants amont et **ii) pour évaluer le potentiel de dissipation des pesticides** au sein des zones tampons humides artificielles et présentent **les méthodes et outils développés** par les partenaires de PhytoRet pour atteindre ces objectifs :

5 - Comment utiliser les traceurs pour évaluer la dissipation des pesticides au sein des zones tampons humides artificielles ?



6 - Comment prédire le transport des pesticides depuis les bassins versants jusqu'aux zones tampons humides artificielles ?

7 - Comment localiser les emplacements potentiels de nouvelles zones tampons humides artificielles et aider à leur conception ?

Les questions 8 à 10 soulignent la nécessité de **transférer la connaissance, le savoir-faire et les outils développés** dans les projets scientifiques et les **méthodes adoptées** par les partenaires du projet PhytoRet pour relever ce défis.



8 - Quelle diversité des zones tampons humides artificielles au sein de la Région du Rhin Supérieur ?

9 - Comment mettre en réseau les acteurs concernés par la gestion de la qualité des eaux ?

10 - Comment partager les connaissances acquises avec les futurs acteurs du domaine ?

Complémentarité avec les guides existants sur les ZTHA.

Ce guide se focalise sur les processus et l'efficacité de rétention des pesticides au sein des ZTHA en fournissant des références régionales à l'échelle du Rhin Supérieur. Il est complémentaire aux guides indiqués ci-dessous.

Diagnostics et études préalables :

La réalisation de diagnostics préalables est un pré-requis indispensable dans un projet d'intégration de zones tampons au sein d'un bassin versant. Il s'agit de dimensionner au mieux le projet pour limiter son coût tout en garantissant une bonne efficacité vis-à-vis de l'objectif de protection des eaux.

Groupe Technique Zones Tampons (GTZT)

<http://zonestampons.onema.fr/comment-mettre-en-place-une-zone-tampon/diagnostics-et-etudes-prealables/diagnostic-general-des-transferts-hydriques>

Intérêts des ZTHA et conception technique :

ArtWET : Réduction de la pollution diffuse due aux produits phytosanitaires et bioremédiation dans les zones humides artificielles – guide technique, 2010, 111 p.

http://coursenligne.u-strasbg.fr/depotcel/DepotCel/592/documents%20a%20telecharger/guide_technique_francais.pdf

Groupe Technique Zones Tampons (GTZT)

<http://zonestampons.onema.fr/comment-mettre-en-place-une-zone-tampon/elements-et-outils-daide-la-mise-en-place>

Éléments juridiques et réglementaires

ArtWET : Réduction de la pollution diffuse due aux produits phytosanitaires et bioremédiation dans les zones humides artificielles – guide non technique, 2010, 62 p.

http://coursenligne.u-strasbg.fr/depotcel/DepotCel/592/documents%20a%20telecharger/guide_non_technique_francais.pdf

1 – Que peut-on apprendre de la dissipation des flux de pesticides au sein des zones tampons humides artificielles (en utilisant des bilans de masse) ?

- Grâce à des études menées en laboratoire et *in situ* sur un bassin d'orage planté à Rouffach (Bas-Rhin, France), aménagé en site expérimental, nous avons caractérisé les processus naturels de transport et de transformation des pesticides. Les travaux ont notamment porté sur un « cocktail » de 24 pesticides et produits de dégradation.
- Ces travaux ont mis en évidence un potentiel moyen de réduction de la masse des pesticides dissous et associés à la matière en suspension de 70%.
- L'efficacité du bassin d'orage varie en fonction du type de molécules, et des variations saisonnières, tels que le couvert végétal et les conditions hydrologiques.

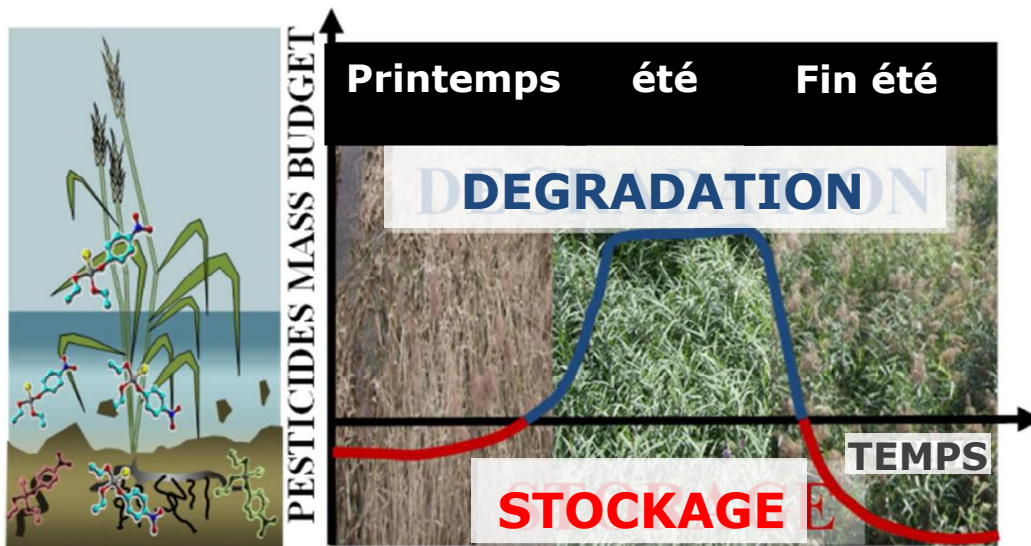


Fig. 1 : La capacité du bassin d'orage à dégrader et accumuler des pesticides varie en fonction du type de molécules et des variations saisonnières, tels que le couvert végétal et les conditions hydrologiques.

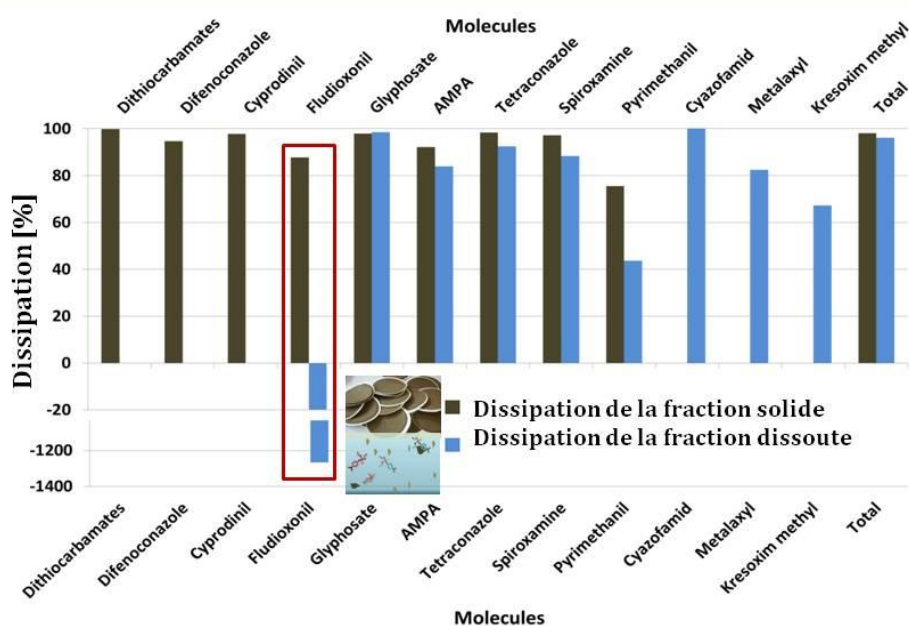
- Le bilan de masse détaillé montre que :
 - i) Les pesticides sous forme dissoute représentent 95% de la charge totale dans les milieux humides et la répartition des pesticides entre la phase dissoute et les matières en suspension varie selon les molécules,
 - ii) Les pesticides s'accumulent principalement dans les sédiments fins pendant le printemps et la fin de l'été,
 - iii) Le régime hydrologique ou les charges de pesticides entrant ne semblent pas impacter la dissipation des pesticides, qui varie davantage selon les molécules et les conditions chimiques du bassin d'orage.
 - iv) Les pesticides ne se sont pas accumulés dans la végétation, sauf durant le stade végétatif au printemps.

1 – Pour aller plus loin

Les résultats détaillés **des bilans de masse** sont disponibles dans la section résultat du site internet PhytoRet :

- sous forme d'une présentation powerpoint.

Dissipation des flux de pesticides dans la ZTHA



- La dissipation varie en fonction des molécules!

14

- sous forme de 4 articles scientifiques et du manuscrit de thèse d'Elodie Maillard.
 - ✓ Maillard, E., Imfeld, G., 2014. **Pesticide mass budget in a stormwater wetland**. Environmental Science & Technology. 43, 8603-8611.
 - ✓ Maillard, E., Payraudeau, S., Ortiz, F., Imfeld, G., 2012. **Removal of pesticide mixtures in a stormwater wetland receiving runoff from a vineyard catchment (Alsace, France): an inter-annual comparison**. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 92(8), 979-994.
 - ✓ Imfeld G., Lefrancq M., Maillard E., Payraudeau S., 2013. **Transport and attenuation of dissolved glyphosate and AMPA in a stormwater wetland**. Chemosphere. 90 (4), 1333-1339.
 - ✓ Maillard E., Payraudeau S., Faivre E., Grégoire C., Gangloff S., Imfeld G., 2011. **Removal of pesticide mixtures in a stormwater wetland collecting runoff from a vineyard catchment**. Science of the Total Environment. 409, 2317-2324.
 - ✓ Maillard, E., 2014. **Transport and degradation of pesticides in wetland systems: a downscaling approach**. Thèse de l'Université de Strasbourg, Strasbourg, p. 289.

2- Comment quantifier les processus clés impliqués dans la dissipation des pesticides ?

Les pesticides subissent différents processus au sein des zones tampons humides dont la dégradation par les radiations solaires ou les bactéries et l'adsorption sur les sédiments présents dans ces milieux. Nous avons reproduit ces processus en utilisant différents types de tests de laboratoire :

- Une lampe à Ultra-Violet a été utilisée pour étudier le comportement des pesticides soumis à des radiations solaires.
- Des tests avec différentes quantités de bactéries ont permis d'étudier l'importance de la dégradation bactérienne des pesticides dans les eaux de surface.
- Un test avec des sédiments de zones humides a été utilisé pour étudier le devenir d'un pesticide à l'interface eau-sédiment.

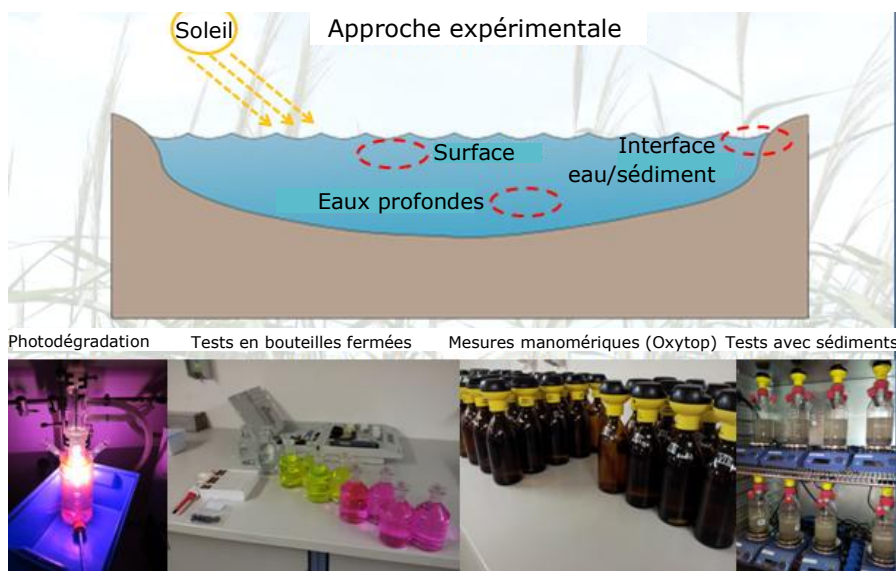


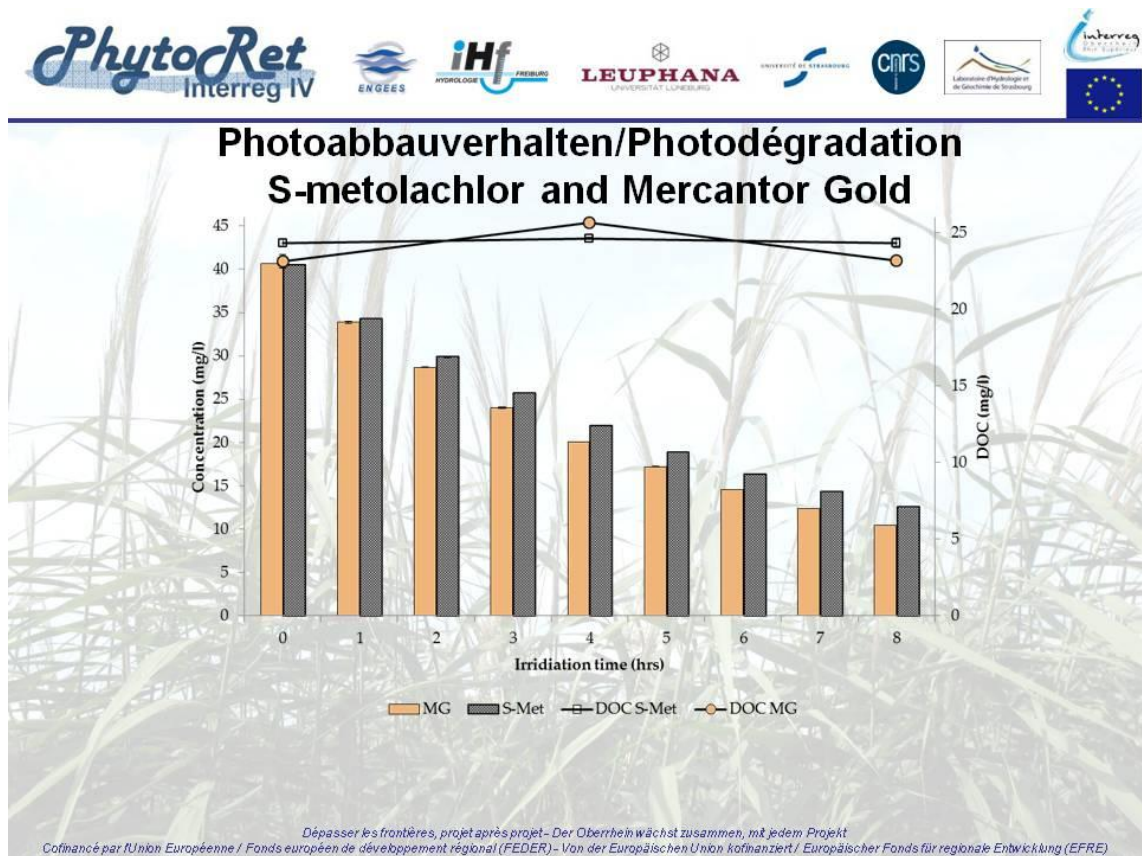
Fig. 2 : Les processus clés associés à la dissipation des pesticides et les tests permettant de les quantifier en laboratoire.

Grâce à ces tests, une analyse rapide et peu coûteuse du devenir des pesticides dans les zones tampons humides artificielles peut être réalisée. Durant le projet PhytoRet, la dissipation d'un herbicide appliqué en pré-levée, le S-métolachlore et de sa formulation commerciale, le Mercantor Gold[®], a été étudiée. Ces substances sont dégradées à 80% après 8h d'exposition à la lampe UV mais peu dégradées par les bactéries dans les eaux de surface. La dégradation par la lumière du soleil a permis de détecter la formation de 3 produits de dégradation. La faible biodégradation observée conduit également à l'apparition de produits de dégradation. Ceci montre que cet herbicide peut disparaître au sein des zones tampons humides artificielles au cours du temps, mais que des produits de dégradation apparaissent avec un impact potentiel méconnu sur ces milieux.

2 – Pour aller plus loin

Les résultats détaillés **des tests de laboratoire** sont disponibles dans la section résultat du site internet PhytoRet :

- sous forme d'une présentation powerpoint.



- sous forme d'un article scientifique.
 - ✓ Gutowski L, Olsson, O., Leder, C., Kümmerer, K. 2015. **A comparative assessment of the transformation products of S-metolachlor and its commercial product Mercantor Gold® and their fate in the aquatic environment by employing a combination of experimental and in-silico methods.** Science of the Total Environment. Vol 506-507, 369-379.

3 – Comment des marqueurs de dégradation peuvent aider à évaluer le transport et la dissipation des pesticides depuis les bassins versants agricoles jusqu'aux zones tampons humides artificielles ?

- Etant donné que la seule analyse des pesticides n'est pas suffisante pour distinguer la dégradation (processus destructif) de la dilution ou de l'adsorption (processus non-destructif), celle-ci doit être couplée avec d'autres méthodes. Plusieurs techniques d'analyse peuvent être couplées, y compris l'analyse i) du pesticide, ii) de ses produits de dégradation, iii) de ses énantiomères, dans le cas des pesticides chiraux, et iv) de l'analyse isotopique spécifique au composé (CSIA).
- Les pesticides chiraux représentent 30 % des pesticides modernes actuellement utilisés et sont constitués d'un mélange de deux (ou plus) énantiomères, qui sont des images miroirs, non superposables l'une à l'autre: les énantiomères (Figure 3). Les énantiomères peuvent se comporter différemment dans l'environnement et présenter différents niveaux d'écotoxicité.

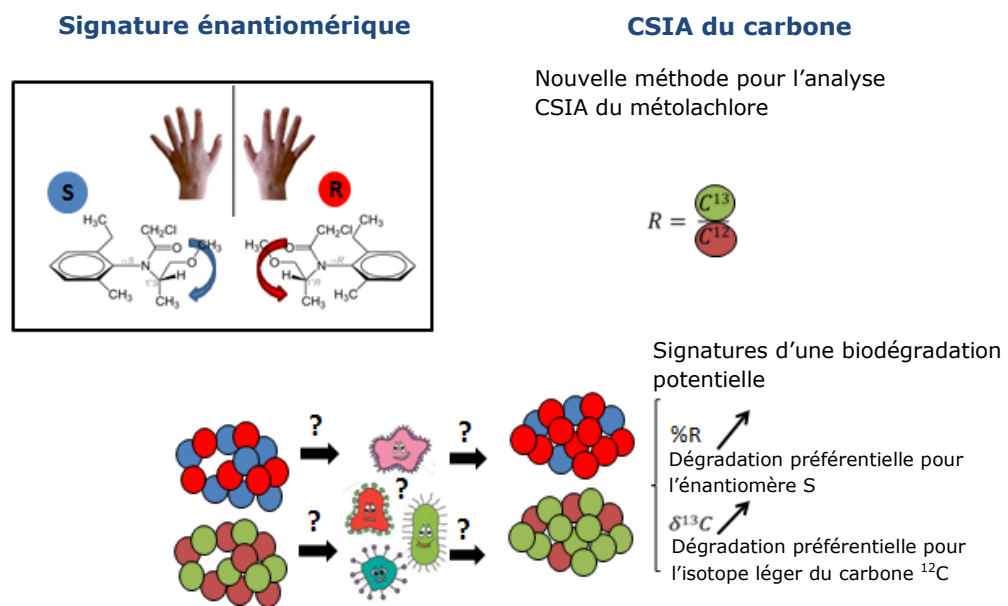


Fig. 3 : Pour suivre la transformation de pesticides dans les milieux humides, plusieurs techniques d'analyse peuvent être couplées, dont l'analyse de ses énantiomères, dans le cas des pesticides chiraux, molécules miroirs, non superposables l'une à l'autre, et l'analyse isotopique composé-spécifique (CSIA), permettant de « signer » la dégradation par les microorganismes.

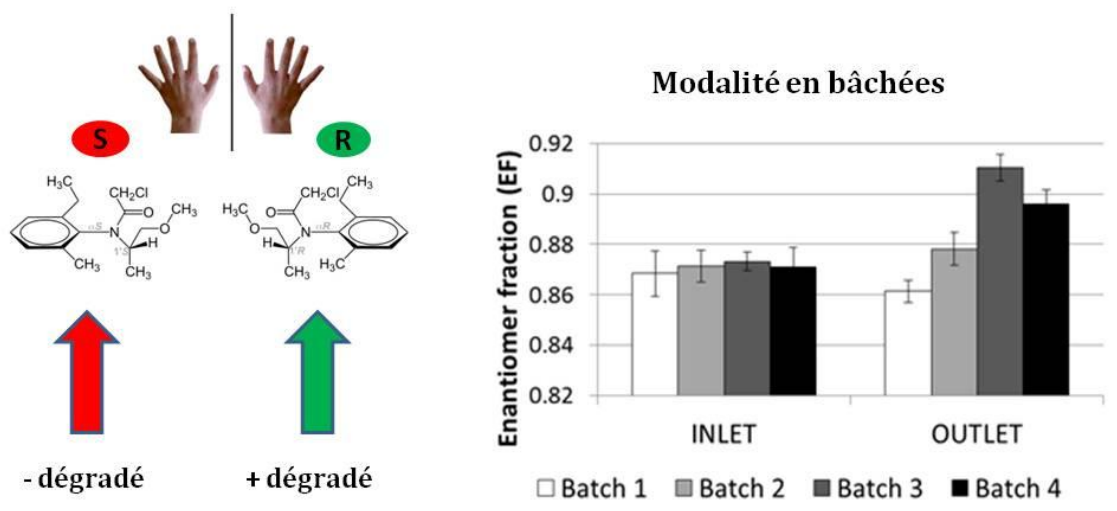
- Pour les molécules achirales ou ne présentant pas une dégradation privilégiée pour l'un des énantiomères, l'analyse des isotopes stables des éléments constituant les molécules de pesticide (CSIA) fournit également un outil précieux pour évaluer leur dégradation dans l'environnement.
- Dans PhytoRET, nous avons développé et appliqué des méthodes d'analyse chirale et l'approche CSIA pour évaluer le devenir d'herbicides couramment utilisés, tels que le S-métolachlore (composé actif par exemple du Dual Gold®).

3 – Pour aller plus loin

Le détail du potentiel des **marqueurs de la dégradation des pesticides** est disponible dans la section résultat du site internet PhytoRet :

- sous forme d'une présentation powerpoint.

Dégradation du *S*-métolachlore: analyses énantiomériques



- Dégradation énantiio-sélective: preuve de biodégradation
- Dégradation préférentielle du *R*-métolachlore
- sous forme de deux articles scientifiques et du manuscrit de thèse d'Elodie Maillard.
 - ✓ Elsayed, O.F., Maillard, E., Vuilleumier, S., Nijenhuis, I., Richnow, H.H., Imfeld, G., 2014a. **Using compound-specific isotope analysis to assess the degradation of chloroacetanilide herbicides in lab-scale wetlands.** Chemosphere. 99, 89-95.
 - ✓ Elsayed, O., Maillard, E., Vuilleumier, S., Imfeld, G., 2014b. **Bacterial communities in batch and continuous-flow wetlands treating the herbicide *S*-metolachlor.** Science of the Total Environment. 499, 327-335.
 - ✓ Maillard, E., 2014. **Transport and degradation of pesticides in wetland systems: a downscaling approach.** Thèse de l'Université de Strasbourg, Strasbourg, p. 289.

4 – Les zones tampons humides artificielles : sources ou puits pour les produits de dégradation des pesticides ?

- La capacité des zones humides à jouer le rôle de « puits » à polluants organiques, dont les pesticides, est une question écologique de longue date, tandis que la notion de zones humides agissant comme « sources » de polluants est plus récente et soulève des questions fondamentales par rapport au relargage potentiel de pesticides ou de produits de dégradation persistants.

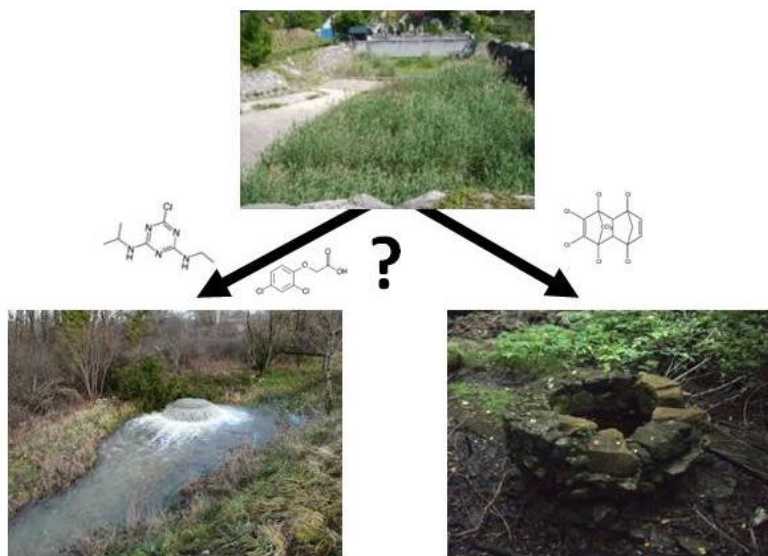


Fig. 4 : Comprendre la dynamique puits-source des zones tampons humides artificielles en ce qui concerne les pesticides est cruciale pour évaluer le service écosystémique fourni par ces zones pour améliorer la qualité de l'eau.

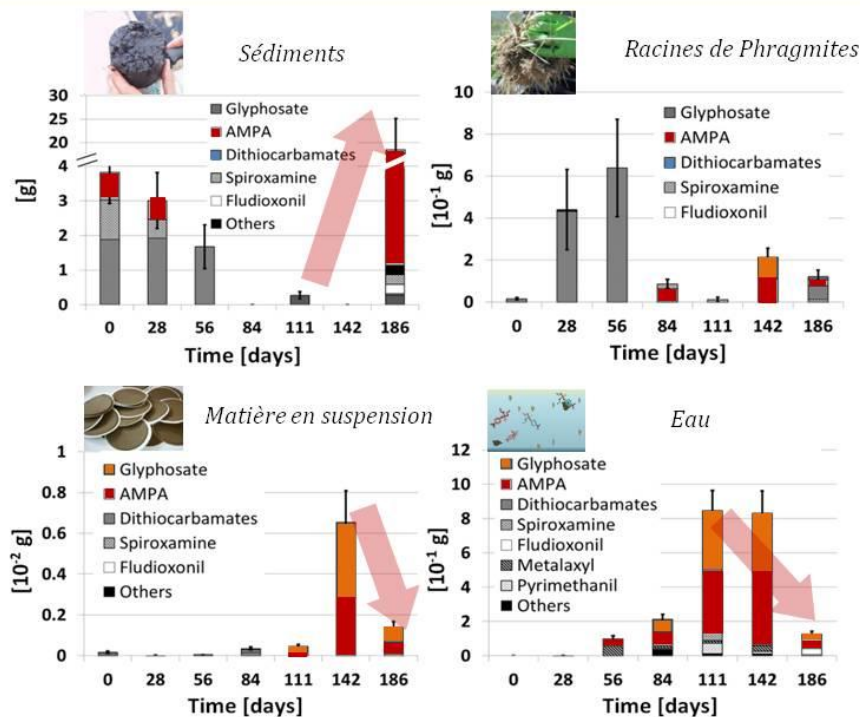
- Basé sur un bilan complet de masse des pesticides, nos travaux mettent en évidence les fonctions de « puits » et de « source » des pesticides des zones tampons humides artificielles et soulignent l'importance du changement saisonnier dans la dégradation et la distribution des pesticides dans les différents compartiments de ces zones (sédiment, végétation, etc...).
- Nos travaux montrent notamment que les zones humides pourraient agir principalement du printemps à l'été comme des « puits » à pesticides associés aux eaux de ruissellement ; en éliminant efficacement les pesticides dissous et associés aux particules en suspension. La dégradation des pesticides par la zone tampon humide artificielle est maximale pendant l'été lorsque la végétation est mature et lorsque des quantités importantes de pesticides sont transférées du bassin versant dans la zone tampon humide artificielle.
- En fin d'été, la zone tampon humide artificielle pourrait constituer une « source » notamment pour les produits de dégradation. Ainsi, l'AMPA (produit de dégradation du glyphosate, composant actif de l'herbicide Roundup ®) s'accumule dans les sédiments fins en fin d'été, ce qui soulève la question du risque écotoxicologique associé au relargage des produits de dégradation des zones humides et la gestion des sédiments de zones humides.

4 – Pour aller plus loin

Le **comportement des ZTHA comme puits et sources de pesticides**, en intégrant les produits de dégradation, est détaillé dans la section résultat du site internet PhytoRet :

- sous forme d'une présentation powerpoint.

Dynamique des pesticides dans la ZTHA



16

- sous forme de deux articles scientifiques et du manuscrit de thèse d'Elodie Maillard.
 - ✓ Maillard, E., Imfeld, G., 2014. **Pesticide mass budget in a stormwater wetland**. Environmental Science & Technology. 43, 8603-8611.
 - ✓ Imfeld G., Lefrancq M., Maillard E., Payraudeau S., 2013. **Transport and attenuation of dissolved glyphosate and AMPA in a stormwater wetland**. Chemosphere. 90 (4), 1333-1339.
 - ✓ Maillard, E., 2014. **Transport and degradation of pesticides in wetland systems: a downscaling approach**. Thèse de l'Université de Strasbourg, Strasbourg, p. 289.

5 – Comment utiliser les traceurs pour évaluer la dissipation des pesticides au sein des zones tampons humides artificielles ?

Les traceurs hydrologiques sont des substances utilisées de longue date qui une fois ajoutées à l'eau permettent de comprendre les chemins de l'eau et le comportement de contaminants dans les milieux aquatiques complexes. Ces traceurs ne présentent pas d'écotoxicité pour les milieux aquatiques et peuvent être détectés à très faibles concentrations.

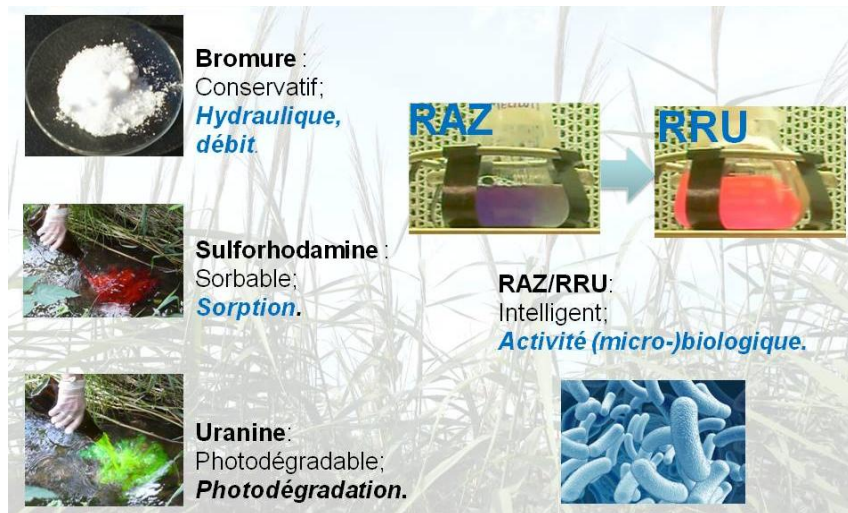


Fig. 5 : Combinaison de traceurs utilisés pour évaluer le fonctionnement hydraulique (Bromure) et le potentiel de dissipation des pesticides via la sorption (Sulforhodamine), la photodégradation (Uranine) et la biodégradation (RAZ/RRU).

Dans le projet PhytoRet, une combinaison spéciale de différents traceurs a été utilisée réagissant chacun différemment selon la capacité de sorption, de photodégradation et de biodégradation des zones tampons humides artificielles. Que ce soit dans des modèles réduits de laboratoire ou à l'échelle grande nature de zones tampons humides artificielles, cette combinaison de traceurs a montré le même comportement que les pesticides étudiés. Par conséquent, les traceurs permettent d'évaluer les principaux processus de rétention et de dégradation des pesticides au sein des zones tampons humides artificielles. Cette approche dite des « traceurs de référence » permet de réduire les coûts d'une évaluation du potentiel de dissipation d'une zone tampon humide artificielle, en raison de très faible coût des analyses de ces traceurs. Durant le projet PhytoRet, des méthodes d'injection ont été testées et répétées sur différentes zones tampons humides artificielles à différentes périodes de l'année et avec des conditions d'écoulements différentes. Il a été montré que les conditions hydrologiques qui permettent d'inonder la surface maximale des zones tampons humides artificielles permettent la meilleure réduction des masses de pesticides (principalement par photolyse mais aussi par biodégradation). Dans le cas où plusieurs chenaux sont connectés uniquement en période de hautes eaux, on observe durant l'été une diminution de l'efficacité de la zone tampon en raison de la concentration des écoulements dans un nombre réduit de chenaux. En terme de préconisation, une attention particulière doit être apportée lors de la construction et de l'entretien (curage) des zones tampons humides artificielles, pour garantir le maximum de connections hydrauliques.

5- Pour aller plus loin

Le potentiel et les limites de l'**utilisation de traceurs hydrologique** pour estimer la dissipation des pesticides sont détaillés dans la section résultat du site internet PhytoRet :

- sous forme d'une présentation powerpoint.

14

PhytoRet
Interreg IV

ENGEES

iHf
HYDROLOGIE
FREIBURG

LEUPHANA
UNIVERSITÄT LÜBBECK

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

CNRS

Laboratoire Chronologie et Géochimie de Strasbourg

Interreg
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND



2. Experiment: 23.09.2013: Q = 0.8 l/s



- Tiefer Wasserstand, *faible niveau d'eau*
dichte Vegetation, *végétation dense*
warmer Sommertag, *chaude journée d'été*

Dépasser les frontières, projet après projet - Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt
Cofinancé par l'Union Européenne / Fonds européen de développement régional (FEDER) - Von der Europäischen Union kofinanziert / Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)

- sous forme de 3 articles scientifiques.
 - ✓ Durst R., Imfeld G., Lange J., 2013. **Transport of isoproturon, metalaxyl and artificial tracers in lab-scale wetlands**. Water Resources Research. 49 (1), 554-564.
 - ✓ Schuetz T., Weiler M., Lange J. 2012. **Multitracer assessment of wetland succession: Effects on conservative and nonconservative transport processes** Water Resources Research, 2012; 48 (6), W06538. DOI: 10.1029/2011WR011292.
 - ✓ Schuetz T., Weiler M., Lange J., Stoelzle M., 2012: **Two-dimensional assessment of solute transport in shallow waters with thermal imaging and heated water** Advances in Water Resources 43: 67-75. DOI: 10.1016/j.advwatres.2012.03.013

6 – Comment prédire le transport des pesticides depuis les bassins versants jusqu'aux zones tampons humides artificielles ?

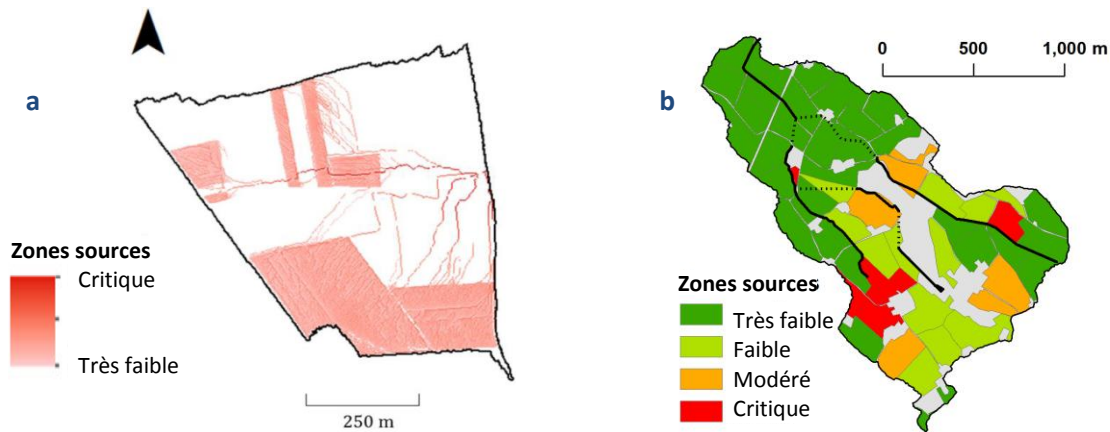


Fig. 6 : Exemples de zones « sources » critiques en terme d'export de pesticides estimées (a) par OpenLisem-Pest sur le bassin versant d'Alteckendorf (France) et (b) par ZIN-AgriTra sur le bassin versant du Ror (Suisse).

Les outils d'évaluation du transport de pesticides depuis les bassins versants jusqu'aux écosystèmes aquatiques peuvent aider les acteurs en charge de la protection de la qualité des eaux de surface à optimiser leurs programmes d'actions.

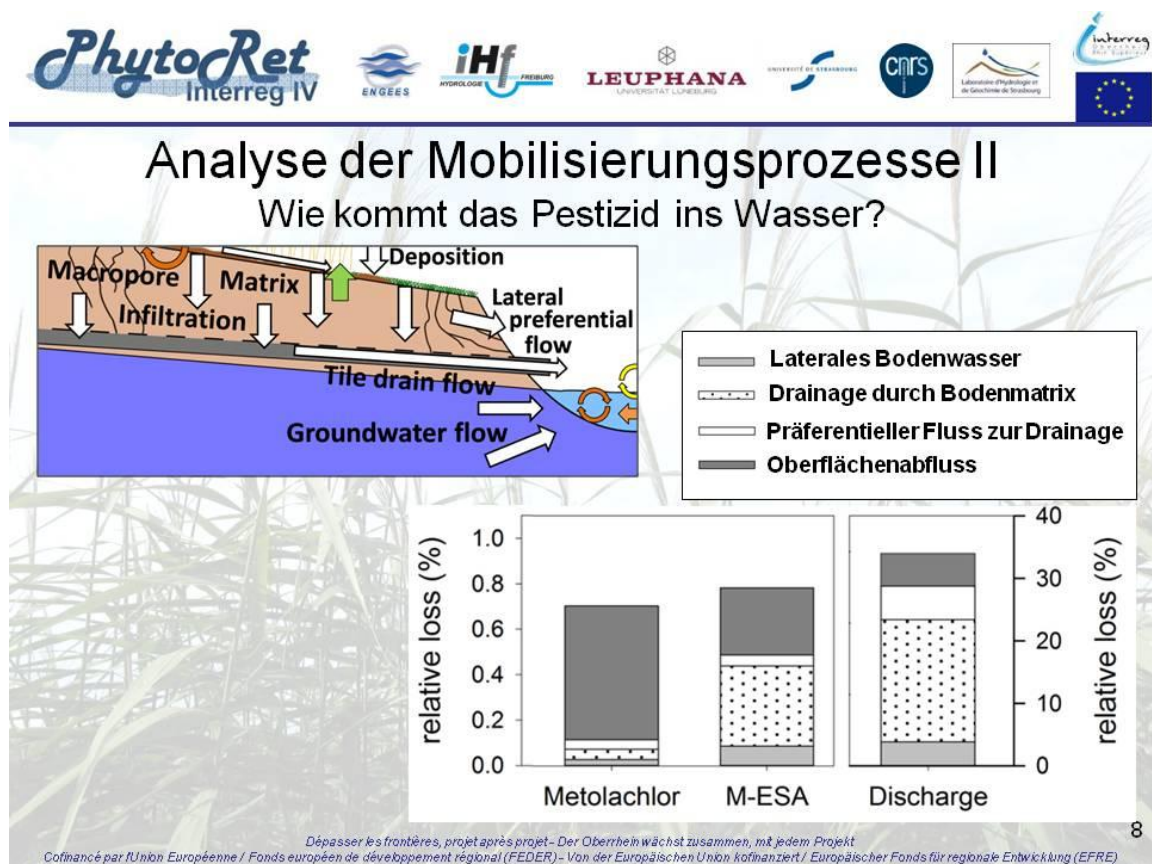
Sur la base des sites expérimentaux du projet PhytoRet et d'équations mathématiques, deux modèles d'évaluation du risque d'exportation des pesticides ont été développés : OpenLisem-Pest and ZIN-AgriTra. Ces deux modèles ont été spécifiquement conçus pour prédire où et quand les pesticides appliqués sur les cultures peuvent être mobilisés et transportés vers les écosystèmes aquatiques. L'intérêt majeur de ces 2 modèles est de pouvoir hiérarchiser au sein des paysages agricoles les zones en terme de risque d'exportation de pesticides (Zones « sources » critiques) (Figure 6). Ces modèles, en caractérisant le ruissellement, l'érosion et le transport de pesticides, peuvent aider les conseillers agricoles, les bureaux d'études et les gestionnaires de l'eau à choisir et cibler des pratiques efficaces pour réduire ce transport et à optimiser l'utilisation de zones tampons dont les zones tampons humides artificielles.

OpenLisem-Pest et ZIN-AgriTra peuvent être obtenus gratuitement auprès du LHyGeS (Fr) et de l'université de Leuphana (Gr). Ces outils vont être progressivement intégrés dans les cours de Master dédiés à la modélisation hydrologique et au transport de contaminants proposés par les 3 partenaires scientifiques de PhytoRet.

6 – Pour aller plus loin

Le descriptif, le potentiel et les limites de ces outils sont détaillés dans la section résultat du site internet PhytoRet :

- sous forme d'une présentation powerpoint.



- sous forme d'un article scientifique et des manuscrits de thèse de Marie Lefrancq et Matthias Gassman.
 - ✓ Gassmann M., Stamm C., Olsson O., Lange J., Kümmerer K., Weiler M., 2013. **Model-based estimation of pesticides and transformation products and their export pathways in a headwater catchment**. Hydrology and Earth System Sciences, 17, 5213-5228.
 - ✓ Lefrancq, M., 2014. **Transport and attenuation of pesticides in runoff from agricultural headwater catchments: from field characterisation to modelling**. Thèse de l'Université de Strasbourg, Strasbourg, p. 263.
 - ✓ Gassmann M., 2013. **Environmental fate modelling of agrochemicals and their transformation products at catchment scale**. Thèse de l'Université Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg im Breisgau, Allemagne. 118 pp.

7 – Comment localiser les emplacements potentiels des nouvelles zones tampons humides artificielles et aider à leur conception ?

Les acteurs en charge de la qualité des eaux de surface peuvent être amenés à identifier l'emplacement optimal de nouvelles zones tampons et/ou à étudier la faisabilité d'utiliser des ouvrages existants notamment dédiés à la protection contre les crues pour également intercepter les flux de contaminants. Deux outils ont été développés spécifiquement pour aider ces acteurs dans les deux phases précédemment décrites.

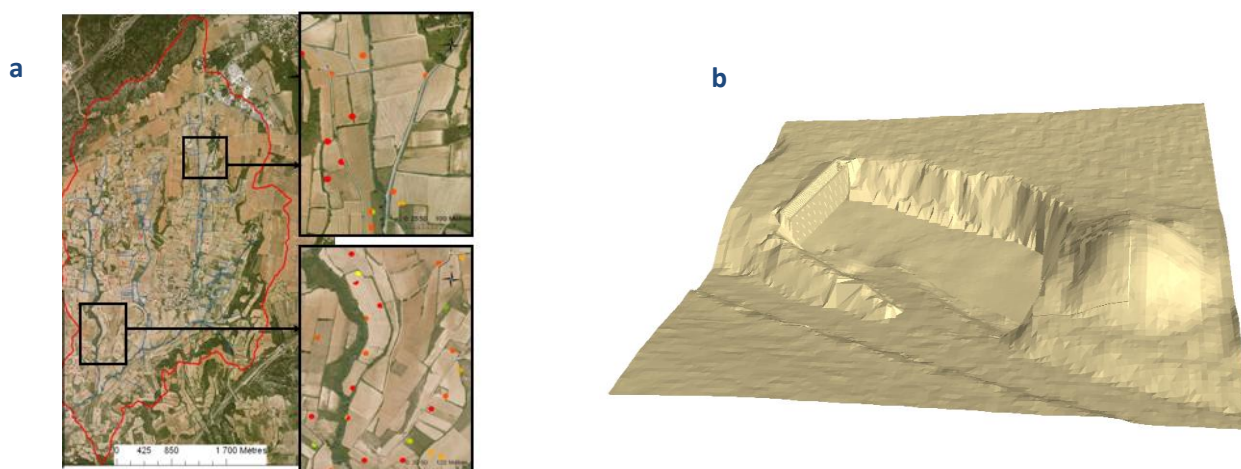


Fig. 7 : Exemples (a) de la localisation possible de zones tampons humides artificielles sur le bassin du Briançon (Fr) obtenue par l'outil SIG développé et (b) de l'utilisation d'information topographique de précision sur le bassin versant de Rouffach (Fr) pour évaluer la faisabilité d'aménagement d'un bassin d'orage en zone tampon humide artificielle.

Le premier outil (Figure 7, a) a été créé pour identifier l'emplacement optimal de nouvelles zones tampons humides artificielles par une approche multicritère. Les localisations dépendent de l'hydrologie du bassin versant étudié, de l'option de remédiation choisie, c'est-à-dire stockage de tous les écoulements ou seulement d'un pourcentage d'épisodes ruisselants, de l'acceptation sociale, de la faisabilité économique et des restrictions d'usage en fonction des réglementations européennes. Cet outil s'intègre dans l'environnement du Système d'Information Géographique ArcGIS et nécessite des données spatiales du site d'étude.

Le deuxième outil a été développé pour simuler les dynamiques de remplissage et vidanges de zones tampons humides artificielles connectées à des bassins versants agricoles (Figure 7, b). Cet outil fournit une évaluation statistique du degré de protection contre les crues d'un ouvrage de rétention (appelé aussi bassin d'orage) avec ou sans aménagements destinés à dissiper les pesticides. Par exemple, cet outil permet de tester l'effet sur le degré de protection d'un débit de vidange plus faible permettant d'augmenter le temps de contact entre les eaux contaminées, les sédiments et la végétation.

Ces 2 outils et leur guide d'utilisation sont disponibles sur le site PhytoRet et sur le site du Groupe Technique National sur les Zones Tampons <http://zonestampons.onema.fr/qui-sommes-nous> (**voir encart suivant**).

PhytoRet et les gestionnaires de la qualité de l'eau

Point de vue ONEMA et du LUWG

L'ONEMA (Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques), partenaire du projet PhytoRet, mène depuis plusieurs années une action d'appui à la recherche scientifique et opérationnelle pour une meilleure intégration des zones tampons dans la gestion des bassins versants.

Les zones tampons font partie des outils de remédiation complémentaires à mettre en œuvre pour répondre aux exigences de la DCE. Couplées à de bonnes pratiques agronomiques, les zones tampons apparaissent comme une solution pertinente pour atténuer les risques de contamination des milieux aquatiques par les pollutions diffuses d'origine agricole. Pour une efficacité de l'action, la mise en place de ces zones tampons doit s'inscrire dans un projet de territoire. Une démarche collective et intégrée à l'échelle du bassin versant est indispensable.

Dans ce sens, un groupe technique « Intégration des zones tampons dans la gestion des bassins versants » a été créé en 2011 à l'initiative de l'ONEMA. Il regroupe les chercheurs et les gestionnaires travaillant sur cette thématique. S'inscrivant en partie dans la lignée des travaux du CORPEN, sa mission est avant tout centrée sur la mise à disposition d'outils à portée opérationnelle destinés à (i) mieux comprendre le fonctionnement et l'intérêt des zones tampons et (ii) fournir des éléments de méthodologie pour permettre leur implantation efficace dans les bassins versants dans l'objectif de protection des eaux vis-à-vis des pollutions diffuses d'origine agricole. Ce groupe est co-animé par l'ONEMA et l'IRSTEA.

De plus, un site internet a été mis en ligne en 2013. Ce site web est consacré à la diffusion des connaissances aujourd'hui disponibles en matière d'intégration des zones tampons dans la gestion des bassins versants, principalement dans un objectif de protection des milieux aquatiques. Il donne les clés de compréhension des enjeux et processus à l'origine de la contamination des ressources en eau par les pollutions diffuses et promeut les dispositifs tampons comme moyen d'action et d'atténuation des risques.

Claire Billy, Chargée de mission "Qualité de l'eau et territoires ruraux"
Direction de l'Action Scientifique et Technique Onema - Office national de l'eau et des milieux aquatiques

Guy le Henaff, co-animateur du groupe Zone Tampon, Irstea, Lyon

Clotilde Catalogne, Chargée de mission "Intégration des zones tampons dans la gestion des bassins versants", Irstea, Lyon

Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (LUWG) Kaiser-Friedrich-Straße 7, 55116 Mainz (Allemagne/Deutschland)

Lors de la rencontre scientifique PhytoRet du 9 octobre 2012, le Dr. Ingrid Ittel du Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht (LUWG) a présenté les dernières données relatives à la qualité de l'eau en Rhénanie-Palatinat et les enjeux qui en découlent. Ont ainsi été mis en évidence une présence ubiquitaire de nombreux produits phytosanitaires dans le cycle de l'eau et un besoin urgent d'intervention à tous les niveaux pour atteindre les objectifs de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau. L'approche PhytoRet a été perçue comme un élément majeur.

PhytoRet et les gestionnaires de la qualité de l'eau

Point de vue de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse

Les luttes contre les pollutions diffuses agricoles occupent une place prépondérante dans les risques de non atteinte du bon état de la qualité des eaux fixé par la DCE. C'est pourquoi, il est indispensable de mobiliser l'ensemble des outils et réflexions permettant d'apporter une réponse opérationnelle, efficace et pérenne.

Les zones tampons (bandes enherbées, zones tampons humides, etc.) s'avèrent d'emblée intéressantes car elles permettent, dès leur mise en œuvre, d'atteindre des résultats intéressants relatifs à 1- une limitation des flux hydriques majoritaires aux cours d'eau (diversification et freins des écoulements, ajouts d'annexes hydrauliques rustiques et diversifiés, déconnection avec le milieu récepteur), 2- une diminution potentielle de la quantité globale de pesticides transportée vers les milieux (en interceptant le flux polluant). C'est pourquoi, l'Agence de l'Eau Rhin Meuse se propose de soutenir leur généralisation, moyennant toutefois un certain nombre de précautions.

Ces solutions sont en effet à réfléchir globalement :

- Les zones tampons sont des outils à mobiliser de concert avec une réflexion globale en termes de lutte contre les pollutions agricoles, visant en premier lieu la réduction des pesticides à la source, puis dans un second temps, seulement, la réduction des transferts. Les zones tampons sont donc complémentaires à la mise en place de systèmes agricoles économes en intrants (prairie, agriculture biologique, pratiques visant des réductions d'utilisation de pesticides)

- La mise en œuvre de ces zones tampons doit également se raisonner à l'échelle du bassin versant, via un diagnostic préalable tenant compte des caractéristiques hydrauliques et hydrogéologiques du bassin versant et de l'ensemble des enjeux de ce territoire (coulées d'eaux boueuses, inondation, captages d'eau potable, programme de renaturation de cours d'eau, préservation de zones humides, etc.). Cette étude préalable permettra de définir précisément les types de zones tampons les mieux adaptées au contexte et leur localisation la plus efficiente.

A ces réflexions globales, s'ajoute la nécessité de viser la simplicité et la rusticité des systèmes afin de permettre leur généralisation et leur intégration au sein du bassin versant.

L'Agence de l'eau Rhin-Meuse a donc inscrit la possibilité de soutenir la mise en œuvre de ces zones tampons dès son 10^{ième} programme d'interventions, sur ces bases, en ces termes : « Les aides peuvent concerner la limitation des pollutions par l'aménagement du territoire, par la mise en place de zones tampons, de type dispositifs de remédiation, boisement des zones à risques, talus, haies, etc. Une mise en cohérence des enjeux de préservation des milieux et de réduction des pollutions diffuses sera recherchée. Ces opérations sont conditionnées à la réalisation d'une étude préalable et pourront être aidées, à un taux maximum de 80 % et sous la forme d'une subvention. »

Philippe Goetghebeur, Directeur adjoint de la Direction de la politique des Interventions (DPI), Agence de l'Eau Rhin-Meuse (AERM)

Marina Pitrel, Ingénieur d'études pollutions agricoles, DPI, AERM

7 – Pour aller plus loin

Le potentiel et les limites de ces outils sont détaillés dans la section résultat du site internet PhytoRet :

- sous forme d'une présentation powerpoint.

Guide d'aménagement et d'implantation Etude de localisation

IMPLANTATION D'OUVRAGE

● Objectif de l'outil

- Localiser les points d'accumulation de ruissellement
- Maximiser le contrôle hydrologique

● Que fait-il ?

- Reproduit l'hydrologie du bassin versant à l'échelle globale de l'événement

● Résultats obtenus

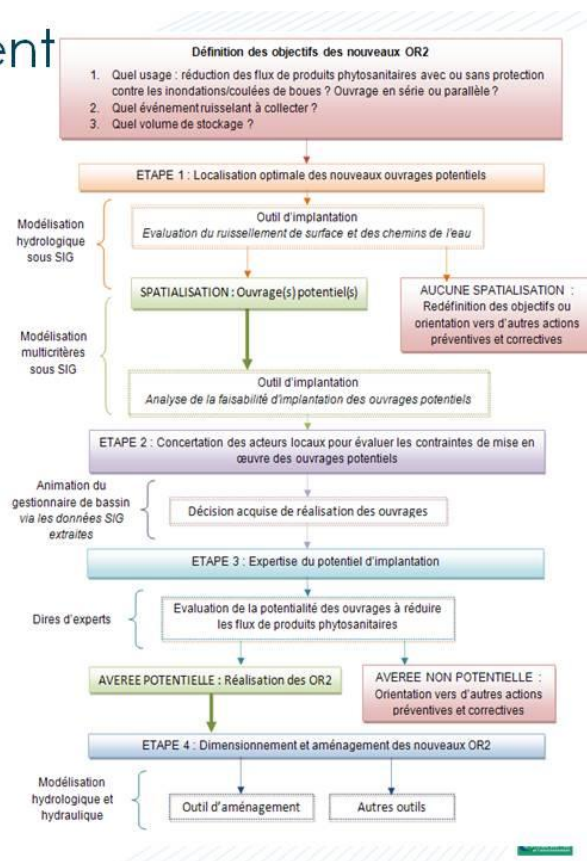
- Caractérisation des systèmes 'bassin versant - ouvrage'
- Extraction de critère de faisabilité d'implantation

● Comment deviennent-ils des OR2 (ou ZTHA) ?

- Optimisation du temps de séjour hydraulique (Aménager)



13



8 – Quelle diversité des zones tampons humides artificielles au sein de la Région du Rhin Supérieur ?

Une carte interactive a été créée pour stocker et partager en ligne la localisation et les caractéristiques des zones tampons humides artificielles au sein de la Région du Rhin Supérieur.

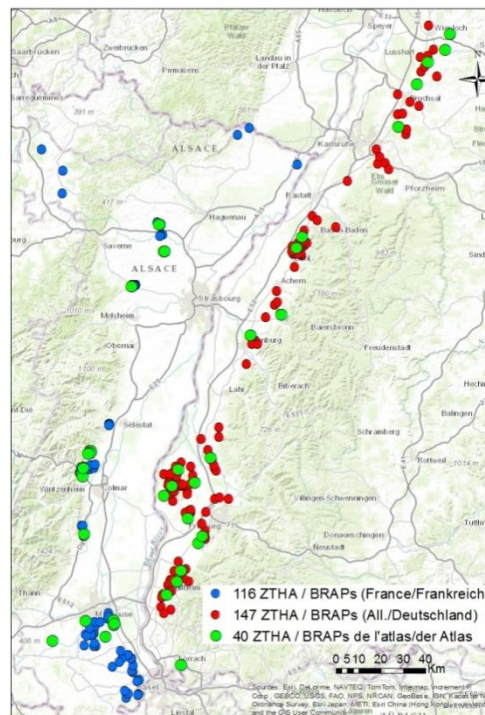


Fig. 8 : Cartographie interactive des zones tampons humides artificielles (ZTHA) de la Région du Rhin Supérieur (en bleu pour la France et en rouge pour l'Allemagne). Parmi des 263 zones tampons, 40 (en vert) ont été caractérisées du point de vue de la diversité de la végétation et de la qualité physico-chimique des eaux de surface.

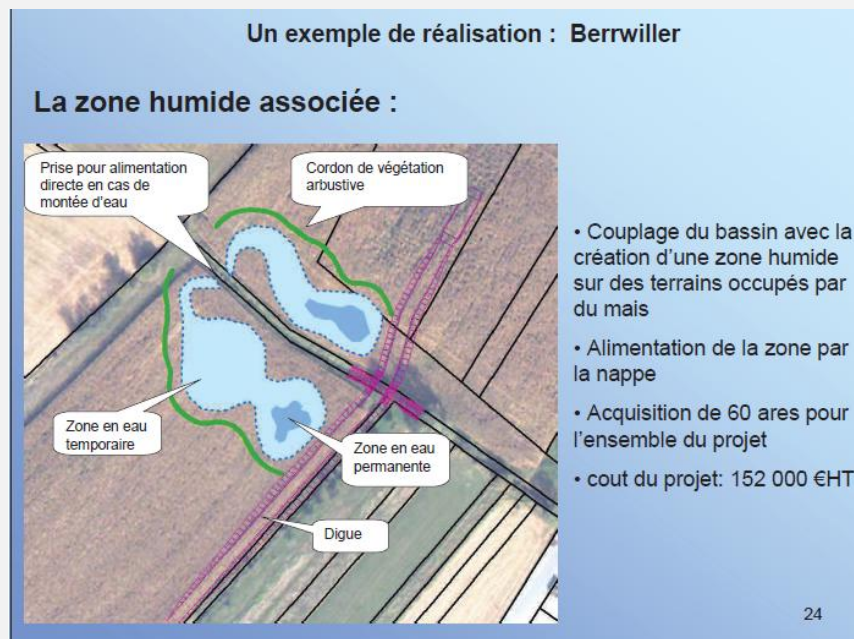
Cette cartographie est en ligne sur le site PhytoRet. Parmi les 263 zones tampons humides artificielles, 40 ont été étudiées durant le projet pour créer le premier atlas de la végétation de ces zones. De nombreuses études ont montré le lien entre la diversité et la structure des communautés végétales et le potentiel de dissipation des contaminants. A notre connaissance, aucune caractérisation de ces communautés n'a été réalisée à l'échelle de la Région du Rhin Supérieur. L'atlas produit dans le cadre du projet PhytoRet est essentiel pour évaluer la diversité végétale qui caractérise ces zones et pour souligner les liens entre les caractéristiques de la végétation et le potentiel de dissipation des contaminants.

Sur la base des 40 zones tampons humides artificielles, les résultats montrent 3 degrés d'artificialisation depuis des bassins de rétention au couvert herbacé jusqu'aux bassins d'orage partiellement en béton avec des parois en enrochement. Il a été démontré que la qualité physico-chimique des eaux et la diversité de la végétation ne sont pas corrélées avec le degré d'artificialisation des zones tampons humides artificielles. Aucun gradient dans la diversité de la végétation n'a pu être mis en évidence d'ouest en est ou du nord au sud de la Région du Rhin Supérieur. La qualité physico-chimique des eaux de surface au sein de ces zones tampons est principalement déterminée par les caractéristiques des bassins versants amont.

Plusieurs dizaines de projets de bassins d'orage incluant des ZTHA sont en cours de conception et réalisation avec le soutien financier du Conseil Général du Haut-Rhin (**voir encart suivant**).

Le Conseil Général du Haut-Rhin et les ZTHA

Le Conseil Général du Haut Rhin a réalisé dans le cadre du Gerplan (Plan de Gestion de l'espace Rural) le diagnostic hydraulique de la majorité des bassins versants périurbains sur son territoire. Ces études ont permis de confirmer ou d'identifier des zones à risques d'inondation par ruissellement. Sur ces zones à risque, les solutions consistent soit à réduire les ruissellements à la parcelle en incitant au changement de pratique cultural par le biais des Mesures Agro Environnementales Territoriales soit à mettre en place des bassins de rétention. Cette solution est nécessaire lorsque les débits générés sont trop importants par rapport aux capacités de l'exutoire. Ainsi près de 100 projets de bassins de rétention existent sur le Département à différent stade d'avancement et plus de 60 bassins ont été réalisés ces 20 dernières années. En plus d'un soutien financier (subvention de 40%), le Département propose d'assurer la maîtrise d'ouvrage déléguée de ces travaux à titre gratuit. Selon le contexte, l'aménagement de zones humides est proposé en amont des bassins afin de favoriser la biodiversité du site. Les acquisitions foncières sont souvent limitantes pour l'aboutissement de ce type de projet. Néanmoins, ces cinq dernières années plusieurs zones humides de ce type ont été réalisées (Bisel, Emlingen, Eteimbès, Berrwiller) et d'autres sont en projet à cours terme (Jettingen, Soultz...).

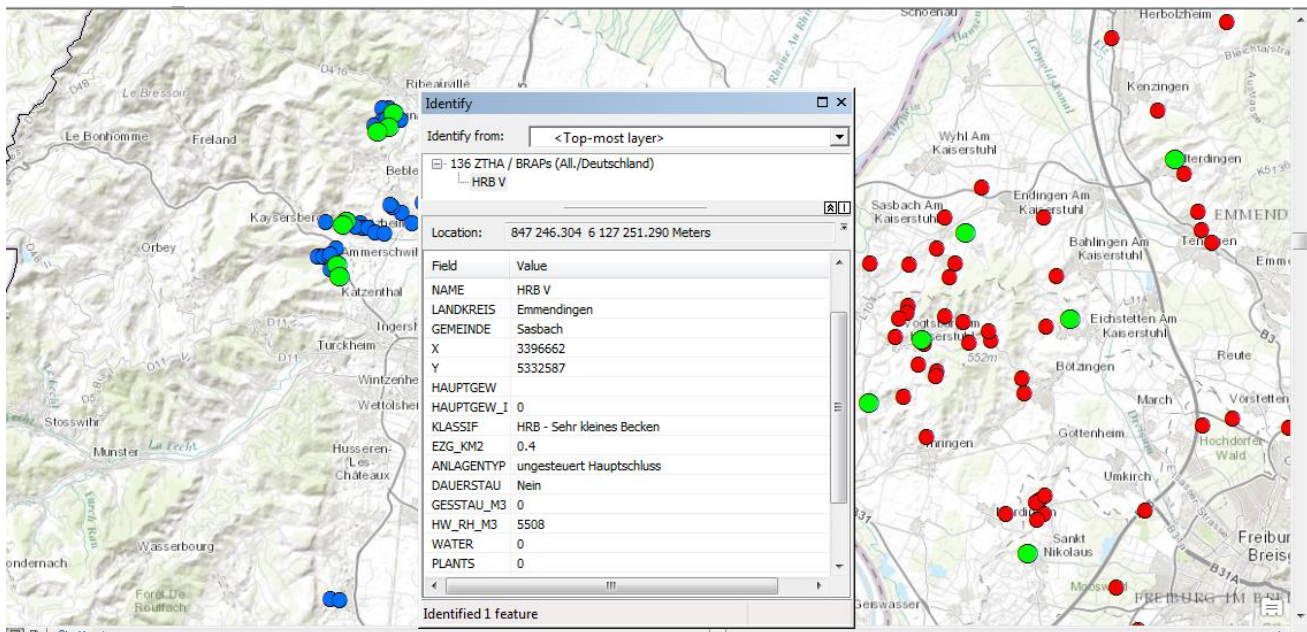


Les résultats obtenus par PhytoRET permettront à l'avenir de justifier d'avantage l'intérêt de ces zones auprès des élus et des propriétaires pour faire aboutir plus de projets.

Olivia Ghazarian et **Nicolas Kreis**, Service Rivières et Barrages, Conseil Général du Haut-Rhin

8 – Pour aller plus loin

La base de données associée aux ZTHA identifiées dans le Rhin Supérieur est accessible en **cartographie dynamique** sur le site PhytoRet.



Les caractéristiques des 40 ZTHA de l'Atlas de végétation sont disponibles sous forme d'une **base de données ACCESS**.

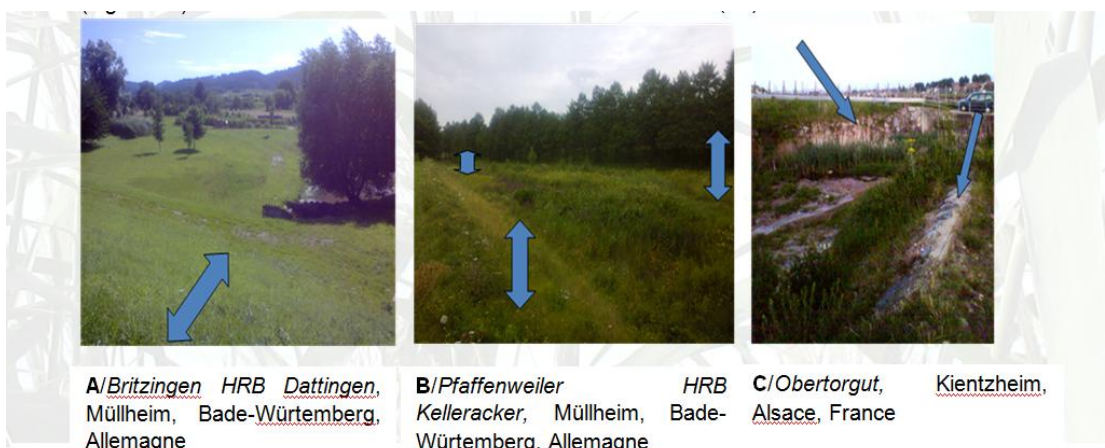


Figure 4 : Illustrations des trois degrés d'artificialisation existants dans la région du Rhin Supérieur / Abbildungen der drei Grade künstlichen Eingriffe in der Region des Oberrheins (Flèche bleue = intervention humaine/ Blauer Pfeil = menschliches Eingreifen) **A** : ZHT de degré d'artificialisation 1, **B** : ZHT de degré d'artificialisation 2, **C** : ZHT de degré d'artificialisation 3 / A: Eingriffsmaß der FPZ 1, B: Eingriffsmaß der FPZ 2 C: Eingriffsmaß der FPZ 3

9 – Comment mettre en réseau les acteurs concernés par la gestion de la qualité des eaux ?

Le projet visait à favoriser le transfert de la connaissance, du savoir-faire et des outils produits durant le projet PhytoRet auprès des acteurs en charge de la gestion de la qualité des eaux dans la Région du Rhin Supérieur.



Fig. 9 : Exemples de moments clés du projet PhytoRet pour la construction d'un réseau d'acteurs concernés par la gestion des eaux de surface dans la région du Rhin Supérieur (a et b: rencontre scientifique et technique à Teningen (AI) en octobre 2013 sous le parrainage du Pillier Science de la Région Métropolitaine tri-Nationale ; c: Inauguration de la nouvelle zone tampon humide artificielle sur la commune d'Eichstetten (AI) en septembre 2013 et d: rencontre scientifique et techniques à Herbolzheim en Juin 2012.

Cinq rencontres scientifiques et techniques organisées à Rouffach (2011), Herbolzheim (2012), Colmar (2012), Teningen (2013) et Strasbourg (2014) ont permis des échanges directs entre les partenaires scientifiques et les différents acteurs présents lors de ces rencontres. De nouvelles zones tampons humides artificielles ont été construites ou envisagées après interaction avec les partenaires de PhytoRet à la fois en France (Berrwiller, Jettingen) et en Allemagne (Eichstetten, Pfaffensweiler) (**voir encart suivant sur des pilotes de PhytoRet**). Le projet PhytoRet a ainsi permis de réunir des acteurs depuis les conseillers agricoles, les bureaux d'études en charge de la conception de ces zones, les communes, les départements et régions et les agences de l'eau permettant de discuter du potentiel et des limites de ce type de zones tampons. Dès **2015**, une **formation continue** sera proposée annuellement aux **prescripteurs et concepteurs de ZTHA** pour pérenniser les connaissances, savoir-faire et outils du projet PhytoRet en lien avec les agences de l'eau française et allemande. Les inscriptions peuvent se faire en suivant le lien suivant qui sera réactualisé sur le site internet : <http://engees.unistra.fr/formations/formation-continue/>

Zoom sur des communes pilotes de PhytoRet

Commune d'Eichstetten / Gemeinde Eichstetten am Kaiserstuhl, Hauptstraße 43, 79356 Eichstetten (Allemagne/Deutschland)

La commune d'Eichstetten avait déjà érigé, avant la mise en route du projet, une zone humide artificielle dans le bassin de rétention des crues de Breitenweg. Divers tests de traçages y ont été réalisés dans le cadre de PhytoRet pour déterminer la capacité de rétention. Il en ressort que les zones d'eau calme peu profondes sont particulièrement efficaces pour dégrader les produits phytosanitaires. Ces résultats ont été pris en considération lors de la nouvelle conception d'une zone humide dans le bassin de rétention des crues de Steinenweg. Celui-ci se trouve dans la vallée voisine ; il a été conçu selon les prescriptions PhytoRET et peut servir d'exemple typique de l'idée du projet PhytoRet. Depuis la fin du projet PhytoRet, la commune travaille en étroite collaboration avec l'université de Fribourg et veille au maintien des mesures de protection contre les crues et à l'entretien des zones humides intégrées.



La zone humide réaménagée selon les prescriptions PhytoRet dans le bassin de rétention des crues de Steinenweg, commune d'Eichstetten

Zoom des communes pilotes de PhytoRet

Commune de Herbolzheim / Stadt Herbolzheim, Hauptstraße 26 79336 Herbolzheim, (Allemagne/Deutschland)

Le maire de la commune de Herbolzheim, Ernst Schilling, était présent à toutes les rencontres relatives au projet PhytoRet, à une exception près, et a participé dès le départ à la réalisation de l'idée du projet par sa contribution active aux discussions. Il a en outre joué un rôle déterminant dans l'organisation de la rencontre PhytoRet du 12/06/2012. À cet égard, il a présenté les projets de protection contre les crues de la commune de Herbolzheim qui se prêtent à la réalisation de l'idée du projet PhytoRet.

Commune de Kenzingen / Stadt Kenzingen, Hauptstraße 15 79341 Kenzingen (Allemagne/Deutschland)

Voisine de la commune de Herbolzheim, la commune de Kenzingen a également activement participé à la réalisation de PhytoRet et s'est montrée ouverte dès le départ à l'idée du projet. Ainsi des zones d'eau peu profonde qui contribuent à la rétention des déchets ont été créées lors de la construction d'un déversoir de crue. Lors de la rencontre PhytoRet du 12/06/2012, les bassins de rétention des crues existants sur le territoire de la commune ont également été présentés.

Zoom des communes pilotes de PhytoRet

Commune de Teningen / Gemeinde Teningen, Riegeler Straße 12, 79331 Teningen (Allemagne/Deutschland)

La commune de Teningen a également réalisé des projets PhytoRet. Dans le cadre des futurs travaux d'assainissement du bassin de rétention des crues de Seebach, un élargissement du passage des écoulements par des zones humides submergées a été inclus dans le planning. Ces zones humides se situent à proximité de la digue, sont souvent submergées et sont donc particulièrement efficaces pour retenir les produits phytosanitaires. Des zones humides sont déjà intégrées dans d'autres installations hydrauliques. Des visites y ont été effectuées lors d'une excursion dans le cadre de la rencontre PhytoRet du 11/10/2013. Elles servent déjà à retenir et dégrader les contaminants présents dans les eaux de ruissellement de surface provenant non seulement de l'agriculture intensive mais également du réseau routier. Les zones de roseaux contribuent également à dégrader l'excès d'éléments nutritifs (azote et phosphore) provenant de l'agriculture. La qualité de l'eau d'un lac artificiel a ainsi pu être considérablement améliorée. La rencontre PhytoRet du 11/10/2013 a largement été coorganisée par la commune de Teningen.



Visite d'une vaste zone de roseaux dans la commune de Teningen qui sert aussi bien à la protection contre les crues qu'à l'amélioration de la qualité de l'eau

Zoom des communes pilotes de PhytoRet

Commune de Malterdingen / Gemeinde Malterdingen, Hauptstraße 18, 79364 Malterdingen (Allemagne/Deutschland)

La commune de Malterdingen a également montré un grand intérêt pour le projet et a organisé une présentation du projet au conseil municipal. Assistait également à cette séance une représentante d'un bureau d'études qui réalise de nombreux projets de protection contre les crues. Deux bassins de rétention des crues potentiels ont été repérés : Autal et Ferneckertal. Les futurs travaux d'assainissement prendront en considération les aspects PhytoRet.

Commune de Pfaffenweiler / Gemeinde Pfaffenweiler, Rathausgasse 4, 79292 Pfaffenweiler (Allemagne/Deutschland)

La commune de Pfaffenweiler, en qualité de membre de l'intercommunalité Schallstadt/Ebringen/Pfaffenweiler, a participé activement à la mise en œuvre de PhytoRet. Quatre campagnes de mesure intensive ont ainsi été réalisées dans le bassin de rétention des crues assaini de Kelleracker. L'objectif était d'analyser l'efficacité des zones humides dans la dégradation des produits phytosanitaires à différentes époques de l'année. La commune a exprimé un grand intérêt pour ces essais et les a annoncés dans le bulletin d'information de la commune. Le cours renaturé du ruisseau Duffernbach s'est révélé un sujet d'observation idéal et a montré des taux de rétention élevés à toutes les époques de l'année. Alors qu'en hiver les phénomènes de sorption et de dégradation à la lumière prédominaient, les traceurs hydrologiques utilisés indiquaient une domination de la dégradation biologique en périodes d'étiage en été.



Zones humides en hiver dans le bassin de rétention des crues de Kelleracker, commune de Pfaffenweiler.

Zoom des communes pilotes de PhytoRet

Commune de Rouffach / Gemeinde Rouffach, 6 place Clémenceau 68250 Rouffach (France/Frankreich)

La Ville de Rouffach a entamé depuis les années 90 une réflexion sur la gestion du ruissellement, des coulées d'eau boueuse. 5 bassins d'orage ont ainsi été construits entre le piémont viticole et le centre-ville de Rouffach, ainsi qu'un réseau de collecte des eaux du vignoble, pour intercepter les eaux et terres provenant des vignobles lors des orages. Le vignoble s'étend sur une superficie de 500 hectares d'un seul tenant qui surplombe la ville.

En 2006, après discussion avec le LHyGeS, la ville a souhaité participer à l'étude du comportement des pesticides associés à la viticulture dans ses bassins d'orage. L'objectif était d'appréhender les contraintes techniques en termes de gestion de ses bassins d'orage et de pouvoir suivre l'efficacité de réduction des pesticides dans le ruissellement. La ville a donc été partenaire du projet LIFE ArtWET comme site pilote puis du projet Interreg PhytoRet.

Les échanges avec les communes pilotes françaises (Alteckendorf, ville du CG67) allemandes (Eichstetten, Pfaffenweiler, Teningen et Herbolzheim) ont permis à la commune de confronter les points de vue en termes de contraintes et choix techniques d'implantation et de gestion des bassins d'orage. La configuration du bassin d'orage du Waldweg étudié dans le projet PhytoRet s'est avérée idéale pour la rétention des pesticides avec 1) un surdimensionnement lors de sa conception permettant d'espacer les curages, 2) un fond du bassin naturellement peu perméable en raison du dépôt des particules fines provenant du vignoble, 3) un surcreusement permettant de conserver de l'eau entre les épisodes de pluie qui a favorisé le développement d'une végétation fournie, 4) un ouvrage de vidange avec des orifices multiples qui permet d'augmenter le temps de séjour de l'eau. Pour la commune de Rouffach, cette collaboration démontre donc que la gestion particulière pour le maintien de conditions favorables à la dégradation des pesticides (végétation, espacement et déroulement des curages) est compatible avec la protection contre les crues. Plus globalement, la municipalité souhaite maintenant réduire le risque de transfert de pesticides avec le concours de l'ensemble des acteurs. Cette approche a montré son efficacité sur la réduction du risque de coulée d'eau boueuse obtenue principalement par l'adoption de l'enherbement du vignoble par les viticulteurs.

La ville de Rouffach remercie le projet PhytoRet et toutes les personnes qui ont travaillé sur ce projet. Les résultats de l'étude permettent aux collectivités de trouver des réponses concrètes et pertinentes à leurs préoccupations et d'intégrer cette nouvelle fonctionnalité des bassins d'orage dès la conception de l'ouvrage.

Mme Paris, adjointe à la Mairie de Rouffach

M. Toucas, Maire de Rouffach

10 – Comment partager les connaissances avec les futurs acteurs de l'eau ?

Durant le projet, plus de 500 étudiants à l'ENGEES et des formations universitaires de Strasbourg, Fribourg et Lünebourg ont pu améliorer leurs connaissances et savoir-faire sur le devenir des contaminants depuis les bassins versants jusqu'aux milieux aquatiques.



Fig. 10 : Groupe d'étudiants mettant en pratique les connaissances et outils du projet PhytoRet sur les sites expérimentaux (a et b caractérisation du potentiel de dissipation des pesticides à l'aide d'une combinaison de traceurs à Pfaffenweiler ; c et d mise en œuvre des outils de dimensionnement à Rouffach)

Des travaux pratiques et visites de terrain ont été organisés sur les sites expérimentaux de Rouffach (Fr), d'Alteckendorf (Fr), d'Eichstetten (Al) et de Pfaffenweiler (Al). Des enseignements spécifiques ont été conçus et mis à jour grâce à l'amélioration de la compréhension de la dissipation des pesticides et au développement de méthodes et d'outils de prédiction du transport de pesticides et d'aide à la localisation et conception. Ces futurs acteurs seront à même de répondre aux défis complexes de préservation et de reconquête de la qualité des eaux grâce à ces enseignements approfondis sur le comportement des micropolluants. Les cours mis en place durant le projet PhytoRet vont se poursuivre et s'enrichir des nouvelles connaissances, savoir-faire et outils que les partenaires vont continuer à acquérir et développer. 35 étudiant(e)s de Master et 4 doctorant(e)s ont été associés au projet PhytoRet, en provenance du Brésil, des USA, d'Allemagne, de France et de Pologne. Travaillant en réseau, ils ont contribué de façon déterminante au succès du projet PhytoRet. Ils vont maintenant partager et transférer les résultats du projet dans la Région du Rhin Supérieur et plus largement dans leur pays respectif.

PhytoRet et le contexte suisse

La pollution diffuse des eaux d'origine agricole constitue un thème important en matière de protection des eaux depuis des décennies. En fonction de leur utilisation par l'agriculture, les nutriments ou produits phytosanitaires peuvent être au cœur de cette problématique, comme ils le sont pour le projet PhytoRet. La mise en place ciblée de zones humides est une mesure de réduction des apports de substances dans les eaux qui fait toujours l'objet de discussions. Pour bien utiliser ces zones humides, il est essentiel de comprendre ce qu'elles peuvent et ne peuvent pas faire. À cet égard, PhytoRet a apporté une importante contribution. Pour la Suisse cette information arrive à point nommé : d'ici fin 2016 un plan d'action national visant à réduire les risques liés aux produits phytosanitaires et à les utiliser de manière durable sera élaboré. Les expériences en matière de rétention des produits phytosanitaires notamment dans des régions viticoles sont intéressantes pour la Suisse. Les études dans les régions viticoles sont rares. Les résultats de PhytoRet concernant l'importance de la dérive des routes et des chemins sont donc également très importants. Toutefois, la pression liée aux surfaces est forte en Suisse - pour les zones humides artificielles, la question se posera de savoir où leur trouver une place.

Christian Stamm, Eawag (Institut Fédéral des Sciences et techniques Aquatiques), Dübendorf, Suisse

Conclusion

Le projet PhytoRet a démontré clairement le **potentiel de dissipation des pesticides au sein des zones tampons humides artificielles** mais aussi **leurs limites** et la nécessité d'agir d'abord en amont sur les bassins versants **par des approches préventives**.



Quatre outils ont été développés pour aider à la **prédiction du transport de pesticides** depuis les **bassins versants agricoles** jusqu'aux **zones tampons humides artificielles** et pour optimiser le **potentiel** de dissipation de ces zones afin de protéger les écosystèmes aquatiques



Durant les 4 années de ce projet, un **réseau associant chercheurs, enseignants, étudiants et acteurs de l'eau** a été développé pour transférer les **connaissances, savoir-faire et outils du projet PhytoRet**. Les interactions au sein de ce réseau vont se poursuivre grâce **aux contacts avec les réseaux, régionaux et nationaux** sur les zones tampons et lors des formations diplômantes et continues proposées par les partenaires du projet



*Zone tampon Humide Artificielle de Rouffach
(Haut-Rhin, Alsace, France)*



*Dépasser les frontières, projet après projet - Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt
Cofinancé par l'Union Européenne / Fonds européen de développement régional / Von der Europäischen
Union kofinanziert / Europäischer Fonds für regionale Entwicklun*

www.phytoret.eu