

Un projet de recherche



INRAE



Université
de Strasbourg

U
Université
de Toulouse



anr[®]
agence nationale
de la recherche

Retenues d'eau & PESTICIDES



Illustrations par *Uey/12*

PESTIPOND



pestipond.cnrs.fr

Rôle des retenues d'eau artificielles et naturelles dans le transfert et l'impact des pesticides dans les eaux de surface de la zone critique en milieu agricole

LES DONNÉES OBTENUES GRÂCE À PESTIPOND ALIMENTENT DES MODÈLES MATHÉMATIQUES QUI PERMETTENT DE MIEUX QUANTIFIER ET PRÉDIRE LES RISQUES DE TRANSPORT DES PESTICIDES DES PARCELLES AGRICOLES VERS LES RETENUES, AINSI QUE LES MÉCANISMES LIÉS À LEUR DISSIPATION.

Des **prélèvements d'eau, de sédiments et de végétation** ont été réalisés sur le terrain. Des expériences complémentaires en laboratoire et sur sites ont permis de mieux comprendre si les retenues retiennent et dégradent les pesticides, à quelle vitesse et par quels mécanismes.

Le projet a apporté un certain nombre de connaissances sur les processus **hydrologiques** et **biogéochimiques** au sein des retenues. Il a également permis de modéliser des **scénarios de gestion** visant à atténuer les transferts de pesticides dans les eaux de surface.

Ces résultats seront utiles à tous les gestionnaires de terrain dont le rôle est déterminant pour la **protection des captages d'eau sur le territoire**, dans le cadre de la **transition écologique** : les Agences de l'Eau, l'Agence de l'environnement et de la Maîtrise de l'Energie, les syndicats d'eau, les coopératives locales, les bureaux de conseil en ingénierie...

De janvier 2019 à décembre 2023, les scientifiques impliqués dans Pestipond ont cherché à développer une approche pour mieux comprendre le **rôle des retenues d'eau** sur la pollution des eaux de surface par les **pesticides chimiques de synthèse***. Pour cela, ils ont étudié le **transport des pesticides** depuis les parcelles agricoles, leur **interception** par les retenues, et les mécanismes impliqués dans la **dissipation** de ces pesticides.



Retenu artificielle de Rampillon, F. Macary

anr ©
agence nationale
de la recherche

Ces recherches ont été financées en tout ou partie par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) au titre du projet ANR-PESTIPOND -AAPG 2018.

Ce livret est réalisé par la délégation Alsace du CNRS et financé dans le cadre du projet ANR "AActus - Des actions en Alsace pour communiquer, transmettre et unir autour de la science", issu de l'appel à projet Sciences Avec et Pour la Société - Culture Scientifique Technique et Industrielle 2018/2019.

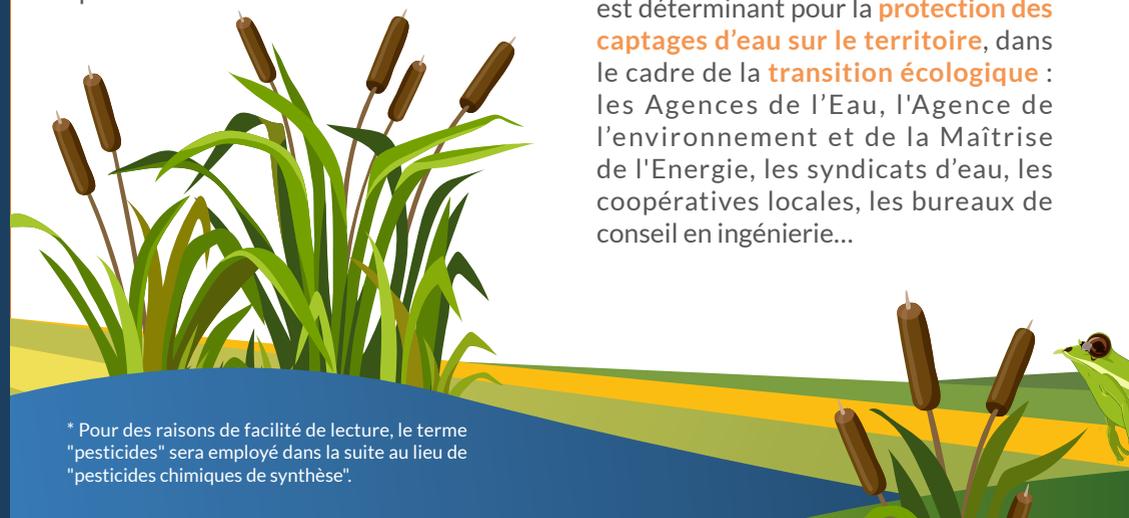
ILLUSTRATIONS : *Uey/12* (dessins), Freepik (roseaux et animaux)

PHOTOS : Cédric Chaumont, Gwenaël Imfeld, Francis Macary, Anne Probst

CONTENU SCIENTIFIQUE : Gwenaël Imfeld - chercheur CNRS et responsable scientifique du projet, et l'ensemble des scientifiques et partenaires de l'ANR PESTIPOND

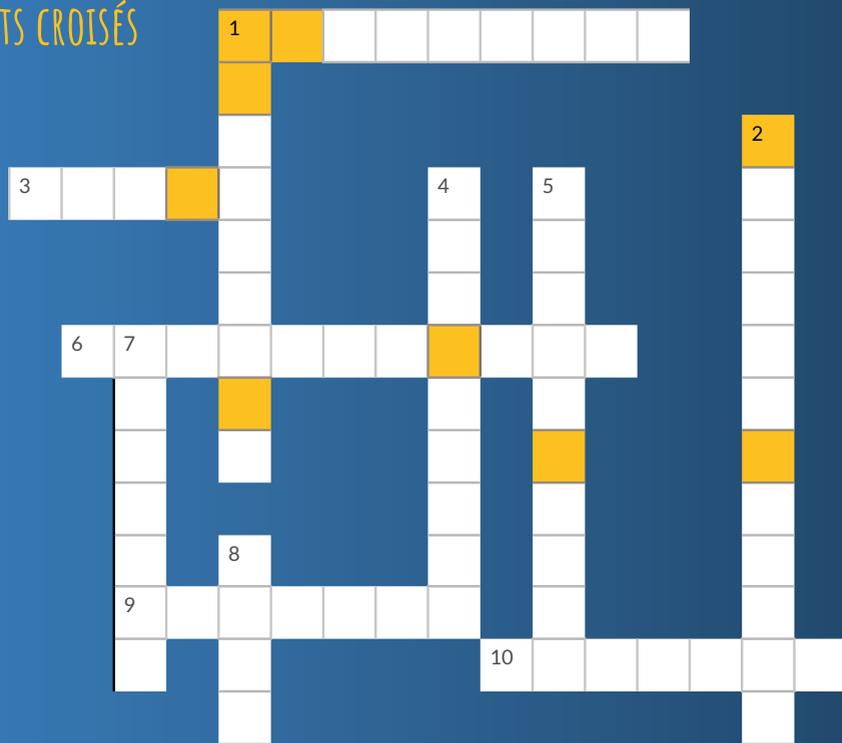
CONCEPTION ET RÉALISATION : Sophie Le Ray - service communication de la délégation Alsace du CNRS, dans le cadre du projet ANR AActus - Science avec et pour la société AAPG 2018-2019.

* Pour des raisons de facilité de lecture, le terme "pesticides" sera employé dans la suite au lieu de "pesticides chimiques de synthèse".



À VOS MARQUES, PRÊTS... LISEZ !

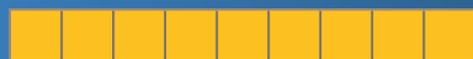
MOTS CROISÉS



HORIZONTAL

1. Introduction de substances nocives dans l'environnement, qui peuvent causer des dommages aux plantes, aux animaux et aux humains
3. En haut du cours d'eau, plus proche de la source (page 9)
6. Activité liée à la culture des plantes et à l'élevage des animaux dans le but de produire de la nourriture et d'autres produits utiles à l'Homme
9. Cours d'eau dans lequel peuvent arriver les pesticides (page 7)
10. Endroit où l'eau est stockée ou conservée artificiellement, souvent pour l'irrigation ou la production d'énergie (page 8)

TROUVE LE MOT CACHÉ !



VERTICAL

1. Substance utilisée pour tuer ou contrôler des organismes tels que des insectes, des mauvaises herbes ou des champignons. (page 6)
2. Personne qui explore et cherche à comprendre le monde qui nous entoure, en utilisant des raisonnements, des observations et des expériences
4. Décomposition chimique d'une substance sous l'effet de la lumière du soleil (page 12)
5. Qui a tendance à se mélanger facilement avec l'eau (page 11)
7. Petit crustacé d'eau douce étudié par les chercheurs de PESTIPOND (page 14)
8. En bas du cours d'eau, plus loin de la source (page 9)

COMPTE LES GRENOUILLES !

Combien de grenouilles se sont glissées dans ce livret ?



SOMMAIRE

- 6 DES PESTICIDES... JUSQUE DANS NOS CHEVEUX !
- 8 LE RÔLE DE FILTRE DES RETENUES D'EAU
- 10 OÙ VONT LES PESTICIDES ?
- 12 LA DISSIPATION DES PESTICIDES
- 14 DES CRUSTACÉS POUR ÉTUDIER LES PESTICIDES
- 16 RÉDUIRE L'USAGE DES PESTICIDES
- 17 EN CONCLUSION...
- 18 SOLUTIONS DES JEUX

Des pesticides JUSQUE DANS NOS CHEVEUX

C'EST DINGUE ! ON RETROUVE
DES PESTICIDES JUSQUE
DANS NOS CHEVEUX...



06/12

Les pesticides sont utilisés dans l'agriculture conventionnelle, pour supprimer les « mauvaises herbes » (**herbicides**), les insectes ravageurs (**insecticides**) et les champignons nocifs pour les plantes (**fongicides**).

La France utilise abondamment les pesticides, en raison de l'importance de ses surfaces cultivées et de son modèle agricole dominant. Cela explique qu'on les retrouve dans les **sols**, l'**eau**, les **aliments** et même... jusque dans nos **cheveux** !

LES PESTICIDES LES PLUS PERSISTANTS ET TOXIQUES ONT ÉTÉ BANNIS, MAIS DES COMPOSÉS DONT LA TOXICITÉ EST PEU CONNUE ET D'AUTRES AVÉRÉS CANCÉRIGÈNES, MUTAGÈNES ET/OU REPROTOXIQUES (CMR) SUBSISTENT.

L'UTILISATION ET LE TRANSPORT DES PESTICIDES DES CHAMPS VERS LES MILIEUX AQUATIQUES GÈNÈRENT UN IMMENSE PROBLÈME DE SANTÉ ENVIRONNEMENTALE ET HUMAINE, QUI COÛTE CHER À LA SOCIÉTÉ.

Lorsqu'il pleut et que l'eau ruisselle des parcelles agricoles, les résidus de pesticides qui n'ont pas été dégradés dans le sol sont transportés vers les **rivières** ou vers les **nappes d'eaux souterraines**.

Cela peut rendre l'eau impropre à la consommation pendant très longtemps, et conduire à la fermeture des captages d'eau potable.



06/12

LA MANIÈRE DONT CES MOLÉCULES DE PESTICIDES SE DÉGRADENT ET LES RÉPERCUSSIONS DE LEURS PRODUITS DE TRANSFORMATION DANS L'ENVIRONNEMENT ÉTAIENT, JUSQU'À CE JOUR, PEU CONNUES.

Une partie des pesticides est interceptée et « cassée » par les **microorganismes** présents dans le sol, tels que les champignons, les bactéries et les algues, mais cette dégradation est souvent incomplète. Cela engendre une accumulation de **produits de transformation**, qui peuvent parfois s'avérer encore plus persistants, solubles et toxiques pour les organismes qui peuplent les sols et les eaux.

BON ! LES MICRO-ORGANISMES, ON VA VOUS
LÂCHER DANS L'INTERFACE EAU-SÉDIMENT !
... ET VOUS ME BOUSILLÉZ
LES PESTICIDES !



06/12

LE RÔLE DE FILTRE des retenues d'eau

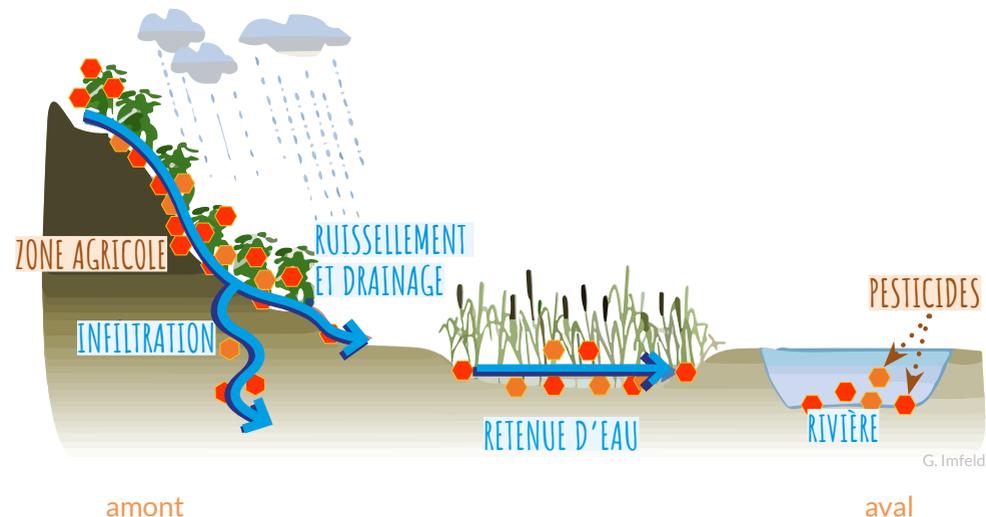
L'eau de ruissellement chargée en pesticides provenant des champs est parfois interceptée par des **retenues d'eau**. Elles sont constituées d'**eau**, de **sédiments** et de **végétaux** et peuvent prendre la forme de zones humides ou de bassins de rétention d'eau. Ces retenues peuvent avoir diverses fonctions : l'**irrigation**, la **prévention des inondations** ou encore les **loisirs** et favorisent la **biodiversité**.



PESTIPOND a permis de mettre en évidence le fait qu'elles présentent également des mécanismes intéressants pour **retenir et dégrader les pesticides** et leurs **produits de transformation**, qui étaient jusqu'à présent peu connus.

CES DONNÉES APPORTENT AUTANT À LA RECHERCHE QU'ÀUX GESTIONNAIRES, AUX ACTEURS DU TERRITOIRE ET AUX AGRICULTEURS, AFIN DE MIEUX VALORISER CES RETENUES DANS LE CADRE DES FUTURS AMÉNAGEMENTS PAYSAGERS DES TERRITOIRES.

L'EFFET DU POSITIONNEMENT DES RETENUES SUR L'INTERCEPTION DES EAUX DE RUISSÈLEMENT OU DE DRAINAGE ET DES PRATIQUES AGRICOLES EN AMONT A ÉGALEMENT ÉTUDIÉ.



Les retenues peuvent parfois agir comme des « stations d'épuration » des pesticides, mais ce n'est malheureusement pas toujours aussi simple. Leur **efficacité varie** selon les conditions climatiques, le temps de séjour des molécules, les types de retenues, leur positionnement, les caractéristiques de leur environnement et les propriétés physico-chimiques des pesticides.

COMME DANS LES SOLS, LA DÉGRADATION DES PESTICIDES DANS LES RETENUES GÈNÈRE DES PRODUITS DE TRANSFORMATION, SOUVENT MAL CONNUS, POTENTIELLEMENT TOXIQUES.



Piégeage, dégradation... OÙ VONT LES PESTICIDES ?

Les retenues permettent de dissiper les pesticides, grâce à deux processus : l'**adsorption**, qui consiste à capturer temporairement les pesticides au sein de la retenue, et la **dégradation**, qui consiste à « casser » les molécules des pesticides.

Dans les deux cas, cela se traduit par une diminution de la concentration de pesticides dans l'eau mesurée en sortie de retenue...

...mais en réalité, **seule la dégradation entraîne une diminution réelle de la quantité de pesticides dans la retenue !**

LES PRODUITS DE TRANSFORMATION ISSUS DE LA DÉGRADATION DES PESTICIDES ONT DES PROPRIÉTÉS DIFFÉRENTES DES MOLÉCULES INITIALES : ILS SONT MOINS PIÉGÉS PAR LES SÉDIMENTS, ET DONC PLUS FACILEMENT EXPORTÉS EN AVAL DES RETENUES.

UNE DIMINUTION DE LA CONCENTRATION DE PESTICIDES MESURÉE DANS L'EAU N'IMPLIQUE PAS NÉCESSAIREMENT UNE BAISSSE DE LA QUANTITÉ DE PESTICIDES AU SEIN DE LA RETENUE, QUI INCLUE L'EAU MAIS AUSSI LES SÉDIMENTS, LES PLANTES ET LES ORGANISMES !

Au sein des retenues, les pesticides **hydrophobes** (insolubles dans l'eau) ont tendance à se fixer aux sédiments et à s'y accumuler, avant de se dissiper. Leur adsorption dépend notamment de l'épaisseur, de la texture et de la quantité de matière organique présente dans les sédiments. Cela a pour conséquence immédiate une plus faible concentration de pesticides dans l'eau. Sur le long terme, la remise en suspension des sédiments lors d'événement de crue ou de désorption de pesticides peut entraîner des pollutions secondaires.

Les pesticides **hydrophiles** (solubles dans l'eau) sont quant-à-eux peu dissipés et se retrouvent généralement transportés tels quels en aval des retenues. Une partie peut néanmoins être absorbée par la végétation de la retenue.



LA TENDANCE NATURELLE DES PESTICIDES À SE FIXER SUR LES SÉDIMENTS ET LA VITESSE DE DÉGRADATION DES PESTICIDES DANS LES DIFFÉRENTS COMPARTIMENTS DES RETENUES SONT DES CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES À CONNAÎTRE POUR PRÉDIRE LEUR DEVENIR.



Quels facteurs influencent la DISSIPATION DES PESTICIDES ?



Les **conditions climatiques** : la température agit sur l'activité microbienne et donc la dégradation des molécules, mais aussi sur l'adsorption des molécules sur le sédiment.

L'**intensité des crues**, la **saisonnalité** et la **circulation de l'eau** au sein des retenues influent directement sur le temps de séjour des molécules, et donc leur dissipation.

Les résultats des suivis expérimentaux et des travaux de modélisation ont permis de proposer des **abaques de dimensionnement** qui tiennent compte du **temps de séjour des pesticides**. Ces outils permettent de déterminer la taille idéale d'une rétention d'eau en fonction du temps nécessaire pour que les pesticides disparaissent. Cela permet de proposer soit des **volumes de stockage**, soit des **surfaces d'emprise foncière** en fonction d'un objectif de rétention souhaité.

Dans le cas de transfert de pesticides par drainage agricole, **1% du bassin versant amont consacré en retenue artificielle** pourrait **diminuer de plus de 70% les flux de pesticides en sortie**.

PLUS LES MOLÉCULES RESTENT LONGTEMPS DANS LES RETENUES, PLUS ELLES PEUVENT SE DISSIPER ; EN REVANCHE, SI ELLES TRAVERSENT RAPIDEMENT LA RETENUE, ELLES NE SONT QUE PEU OU PAS DISSIPÉES.



L'EFFICACITÉ DES RETENUES POUR DISSIPER DES MOLÉCULES DE PESTICIDES VARIE DANS LE TEMPS ET L'ESPACE.

L'interface entre l'eau et les sédiments joue un rôle majeur dans la dissipation des pesticides. Cette zone impacte leur adsorption, mais aussi la quantité et l'activité des **microorganismes** capables de dégrader les molécules.

À la surface de l'eau, les molécules de pesticides sont dégradées par l'**énergie du soleil** ; ce processus se nomme la **photolyse directe**. En profondeur ou si l'eau est trouble, la photolyse a peu d'effet direct sur la dégradation des pesticides. Cependant, l'énergie solaire peut activer d'autres paramètres, comme les **nitrites** et la **matière organique**, qui peuvent transférer cette énergie pour dégrader les pesticides de manière indirecte : on parle alors de **photolyse indirecte**.



DES CRUSTACÉS

pour étudier les pesticides

DES FLUCTUATIONS IMPORTANTES DES TAUX DE PESTICIDES ABSORBÉS PAR LES GAMMARES ONT ÉTÉ OBSERVÉES AU COURS DES PÉRIODES. ELLES TRADUISENT LES VARIATIONS DE FLUX DE PESTICIDES TRANSITANT DANS LA RETENUE, EN LIEN AVEC LES PRATIQUES AGRICOLES ET L'HYDROLOGIE DU BASSIN.

Les **gammares** sont des crustacés très présents dans les cours d'eau tempérés d'Europe. Ils sont très utiles pour évaluer si les pesticides sont toxiques et combien de ces produits chimiques peuvent être ingurgités par d'autres organismes et se retrouver à l'intérieur de leurs tissus.

Les chercheurs ont étudié des gammares du site de Rampillon pendant des **périodes de fort drainage**, au printemps. Ils ont mesuré leurs niveaux d'accumulation de différents herbicides, fongicides et insecticides et les ont comparés entre les gammares situés en amont et ceux en aval des retenues.



Des paramètres **biochimiques** et **comportementaux** ont également été mesurés sur les gammares pour évaluer la toxicité de différentes zones au sein de la retenue.

Les chercheurs ont montré que les gammares en **amont** de la retenue ingurgitent des **concentrations de pesticides plus élevées** que ceux situés en aval. Cela témoigne du fait que les concentrations de pesticides sont plus faibles à la sortie des retenues.

Au niveau cellulaire, des effets néfastes sur la capacité des gammares à digérer leurs aliments ont été constatés. Cela s'accompagne au niveau individuel d'une **diminution de l'alimentation**, suggérant des effets en cascade. Ces premiers résultats révèlent des **effets toxiques potentiels** chez les gammares soumis aux influx de pesticides. Ces effets s'estompent en sortie de retenue, probablement du fait de la **dissipation des pesticides dans la retenue**.

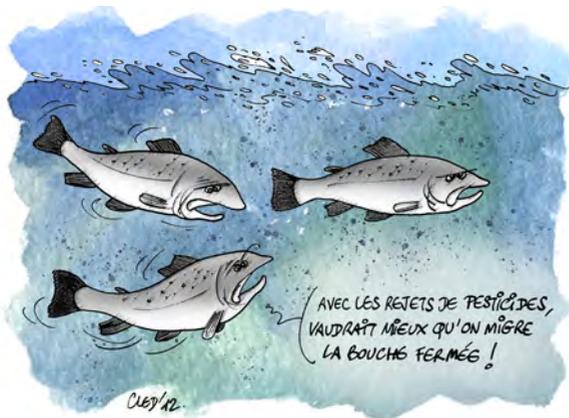
LA PRÉSENCE DE RETENUES D'EAU SEMBLE AMÉLIORER LES CONDITIONS DE VIE AQUATIQUE EN SORTIE DE SYSTÈME.

RÉDUIRE L'USAGE DES PESTICIDES

une nécessité

Les résultats de PESTIPOND montrent que **certaines molécules restent pendant des décennies** dans les sols et sont transportées lors des événements pluvieux.

Les retenues ne captent qu'une partie des pesticides provenant des champs ; les pesticides qui s'infilrent ne sont ainsi pas interceptés, et l'efficacité de dissipation des retenues reste limitée pour certaines molécules.



LA RÉDUCTION DE L'USAGE DES PESTICIDES SUR LES PARCELLES AGRICOLES EST DONC ESSENTIELLE.



D'autres modèles agricoles réduisent l'utilisation de pesticides de synthèse, et tirent parti des bénéfices de la lutte biologique. C'est par exemple le cas des **systèmes agrobiologiques** et **agroécologiques**.

L'agriculture biologique se passe totalement de l'utilisation de pesticides de synthèse.

Pour accompagner la transition vers une adoption à plus large échelle de systèmes agricoles novateurs, la **présence de retenues atténue les pics de pollution** lors des événements pluvieux et **améliore la qualité de l'eau à la sortie**, à condition d'optimiser leur environnement.



SOLUTIONS

En comptant celle de la couverture et celle de présentation de ce jeu, dix grenouilles se sont glissées dans ce livre !

COMPTE LES GRENOUILLES !

P E S T I P O N D

MOT CACHE

E									L											
E	U	N	E	N	R	E	R		A											E
Q					L			E	R	E				R	I	V				
I					I			S						A						A
F					H			Y												M
I					P			L						E						M
T					O			O						D						A
N					E			T						A	G	R	I	C	U	L
E					D			O						C						
I					Y			H						I						
C					H			P						T	N	O	N			
S														S						
														E						
														P	O	L	L	U	T	I

MOTS CROISES



Le projet a été mené en étroite collaboration avec des partenaires socio-économiques qui ont participé, avec les scientifiques, à l'élaboration des différents scénarios de structure et d'organisation des éléments du paysage.

Merci à eux !

Agence de l'Eau Adour-Garonne (AEAG)
Agence de l'Eau Seine- Normandie (AESN)
Agence de l'Eau Rhin-Meuse (AERM)
Agence Française de la Biodiversité AFB
Direction Régionale de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Forêt (DRAAF) Occitanie et Grand Est
Entreprise Jean-Voisin – Beaumont La Rone (37)
EPLEFPA Les Sillons de Haute Alsace – Rouffach (67)
Association AQUI'Brie – Dammarie Les Lys (77)
Entreprise Aquatiris – Bréal-sous-Montfort (35)
Coopérative UNICOQUE (KOKI) – Cancon (47)
Coopérative Agricole de Stockage de Céréales et d'Approvisionnement (CASCAP) – L'Isle Jourdain (32)
Groupement des Agriculteurs de la Gascogne Toulousaine (GAGT) – Auradé (32)
Chambre d'Agriculture du Gers
Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt

Financé par l'**Agence Nationale pour la Recherche**, PESTIPOND a rassemblé 3 partenaires institutionnels : le **CNRS** (Toulouse et Strasbourg), l'**INRAE** (Antony et Bordeaux) et l'**Université de Strasbourg**.

Le projet a réuni des chercheurs du **Laboratoire d'Écologie Fonctionnelle et Environnement** (CNRS, Université de Toulouse), de l'**INRAE** et de l'**Institut Terre et Environnement de Strasbourg** (CNRS, Université de Strasbourg, ENGEES).



RAMPILLON

ROUFFACH

AURADÉ

Les prélèvements ont été effectués à Auradé dans le Gers, sur le territoire de la Brie à Rampillon en Seine-et-Marne, et en Alsace à Rouffach.



Ne pas jeter sur la voie publique