



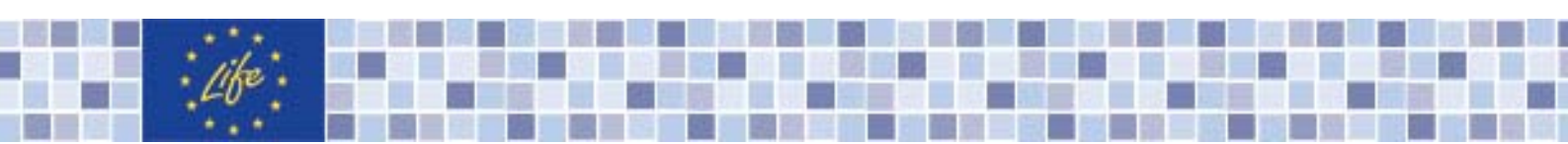
**Réduction de la pollution diffuse due aux
produits phytosanitaires et bioremédiation
dans les ouvrages de rétention**

**GUIDE D'ACCOMPAGNEMENT
A LA MISE EN ŒUVRE**

Aspects juridiques, économiques et sociaux

LIFE 06 ENV/F/000133







ArtWET

Projet LIFE ENVIRONMENT (LIFE 06 ENV/F/000133) 2006 – 2010

Réduction de la pollution diffuse due aux produits phytosanitaires et bioremédiation dans les zones humides artificielles

REMERCIEMENTS

Toute l'équipe d'Artwet tient à remercier les partenaires financiers qui ont soutenu ce programme de 2006 à 2010 : la Commission Européenne, l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, BASF France, le Conseil Général d'Indre et Loire, le Conseil Général du Haut Rhin, le Conseil Régional Alsace, et Landau Land.

Nos remerciements s'adressent également aux communes et acteurs locaux, régionaux ou nationaux français, allemands et italiens qui ont participé activement et se sont investis pour le projet Artwet.

Les rédacteurs remercient le Photoclub de Wasselonne pour les photographies de grande qualité mises à disposition et le regard d'artiste posé sur les éléments du paysage qui nous entourent et que nous aménageons.


Nous remercions par ailleurs, pour leurs critiques et remarques éclairées, les relecteurs de ce guide et tout particulièrement Madame Marina Pitrel de l'Agence de l'Eau Rhin Meuse, Monsieur Jean Marc Jaehn du Conseil Général du Bas Rhin et Monsieur Jean Joël Gril du Cemagref.

Caroline Grégoire, coordinatrice scientifique du projet ArtWET, tient enfin à remercier les partenaires qui se sont plus particulièrement impliqués dans la rédaction de ce guide : Sylvain Payraudeau, Julien Tournebize, Marie Fayen, David Elsaesser, Jens Lange, Tobias Schütz, Ralph Schultz, Karine Jezequel, Thierry Lebeau, Adrien Wanko, Franck Paineau, Marco Trevisan, Federico Ferrari et Martine Bohy.

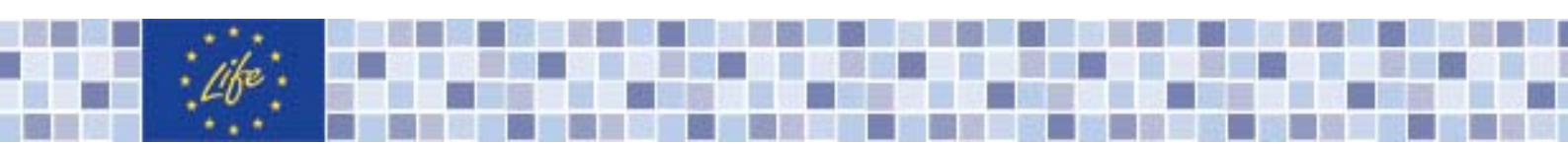
Consultez également ...

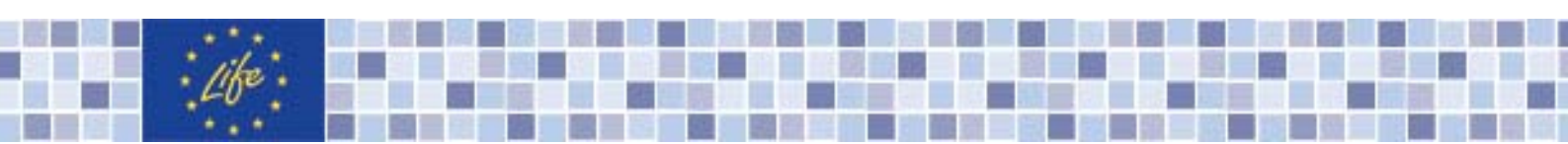
« Le guide d'accompagnement à la mise en œuvre
Aspects techniques »

Très bonne lecture.



Caroline Grégoire





Réduction de la pollution diffuse due aux produits phytosanitaires et bioremédiation dans les zones humides artificielles (LIFE 06 ENV/F/000133)

La réalisation de zones humides artificielles ne soulève pas seulement des questions d'ordre technique telles que le choix du dispositif, son efficacité ou sa conception ; l'initiateur d'un tel projet doit aussi se pencher sur d'innombrables aspects de nature financière, juridique, voire même sociologique.

Réglementation

Le cadre juridique dans lequel s'inscrit la réalisation de zones humides artificielles varie suivant les pays. En France, la transposition de la directive-cadre sur l'eau (DCE 2000/XX) a mené à l'adoption de plusieurs articles déclinés en "Codes" : Code de l'environnement, Code rural et de la pêche maritime, Code de l'urbanisme. Selon le type de dispositif, celui-ci peut être soumis à déclaration ou à autorisation, et doit dès lors s'accompagner d'une étude d'incidence ou étude d'impact. De plus, le statut privé ou public du terrain sur lequel est construit l'ouvrage fait intervenir différentes réglementations. Enfin, le caractère permanent ou non des écoulements d'eau au sein du système modifie la portée des textes.



Les coûts

La réalisation de zones humides artificielles engendre des coûts, de leur conception à leur entretien. Il existe trois postes principaux de dépenses à prendre en considération :

- Études préliminaires: elles incluent la conception, la faisabilité et d'éventuels dossiers réglementaires requis (de 5000 à 10.000 € au total)
- Coûts de réalisation : ils correspondent aux travaux de terrassement, de végétalisation, et d'aménagements hydrauliques. Dans le cas d'un bassin versant de 50 ha, par exemple, les coûts de réalisation d'un bassin d'orage ou d'un bassin de rétention s'élèvent à 10.000 € environ ; pour un fossé végétalisé ou une zone de rétention en forêt, le prix varie entre 1000 et 2000 €.
- Entretien du dispositif: il est en général très simple (défrichage) et donc peu coûteux.

Il est possible que des coûts supplémentaires s'ajoutent pendant la phase de conception ou de réalisation.

Tout d'abord, il se peut que ces frais soient liés à l'emplacement du dispositif. Si l'initiateur du projet n'est pas le propriétaire, deux solutions s'offrent à lui :

- Acquisition du terrain : Le prix du terrain doit alors être ajouté au coût du dispositif (5000 €/ ha en moyenne, mais il peut dépasser les 100.000 €/ ha s'il s'agit d'un vignoble),
- Dialogue avec le propriétaire ou le responsable local en cas de projets multiples : cette démarche peut également engendrer des coûts supplémentaires.

Il s'agit de prendre en considération les récoltes manquantes qui représentent pour les exploitants agricoles possédant le terrain sur lequel est implanté le dispositif un manque à gagner. Même s'il est vrai que ces pertes ne peuvent être comptabilisées, au sens strict, en tant que dépenses, et qu'elles ne sont généralement pas élevées, il est néanmoins possible de les éviter en choisissant un emplacement judicieux, tel que des terrains moins productifs ou moins avantageux.

Enfin, un système de contrôle de la qualité de l'eau peut être envisagé (prélèvements, analyses) et synonyme de frais supplémentaires surtout liés au coût des analyses de produits phytosanitaires qui peuvent s'élever à quelques centaines d'euros.

Ces divers coûts peuvent être amortis en introduisant des demandes de subventions de plusieurs sortes. Les exploitants agricoles bénéficient d'une aide dans le cadre de la PAC et de sa transposition

au sein de chaque État membre, ainsi qu'au niveau local par le biais des structures gouvernementales ou des autorités locales. Les autorités locales peuvent bénéficier d'aides locales, accordées suivant les pays et régions.

Impact

Les zones humides artificielles peuvent remplir d'autres fonctions qu'une simple fonction de bioremédiation. Le rendement socioéconomique est positif lorsque, pour la société, les avantages de ces zones humides artificielles sont supérieurs aux coûts de leur réalisation. Parmi les bénéfices,



PhotoClub de Wasselonne, France

citons : un changement de la biodiversité, un impact sur le paysage ou l'utilisation des terres, de meilleures relations entre les exploitants agricoles et les particuliers, une optimisation de l'espace ...

En effet, des exploitants agricoles ont souligné certaines de ces externalités résultant des dispositifs ArtWET : amélioration de l'image que renvoie l'agriculture, revenus générés par la production de biomasse, amélioration du potentiel agronomique des terres.

Il est donc essentiel de préciser que les zones humides artificielles n'ont aucun impact négatif sur la qualité de l'eau. Les mesures de suivi qui sont d'ailleurs présentées largement dans le guide technique ArtWET ont montré que leurs déversements ne polluent pas en aval et que ces zones remplissent leur rôle d'épuration des eaux vis-à-vis de la pollution diffuse due aux produits phytosanitaires.

La réalisation de zones humides artificielles permet de diminuer les coûts de la lutte contre la pollution des eaux en général puisqu'elles servent à optimiser le traitement des produits phytosanitaires présents dans les eaux de ruissellement en amont des bassins versant et des zones ressources pour l'alimentation et eau potable.

C'est ainsi que les zones humides artificielles de rétention et de remédiation ne se limitent pas à un seul rôle, mais qu'elles remplissent de multiples fonctions sans impact négatif sur l'environnement. Bien gérées, elles apportent un atout supplémentaire aux hydro-systèmes dans la gestion et l'utilisation pérenne de la ressource en eau.



COLLABORATEURS ET PARTENAIRES DU PROJET

Partenaires scientifiques et techniques

ENGEES, <http://engees.unistra.fr>

BURGEAP (France), www.burgeap.fr

Université de Haute Alsace (France), www.uha.fr

Cemagref (Antony, France), www.antony.cemagref.fr

Université Catholique du Sacré Coeur, (Piazenca, Italie), www.unicattolica.it

Université de Freiburg (Allemagne), www.uni-freiburg.de

Université de Koblenz-Landau (Allemagne), www.uni-koblenz-landau.de

Chambre d'agriculture 37 (France), www.indre-et-loire.chambagri.fr

Verbandsgemeinde Landau-Land (Allemagne), www.landau-land.de

Partenaires financiers

Agence de l'Eau Loire Bretagne

BASF France

Conseil Général 37

Conseil Général 68

Conseil Régional Alsace

Landau Land, Allemagne



TABLE DES MATIERES

Réglementation.....	6
Les coûts.....	6
Impact.....	7
COLLABORATEURS ET PARTENAIRES DU PROJET	8
Partenaires scientifiques et techniques	8
Partenaires financiers.....	8
TABLE DES MATIERES.....	9
LISTE DES ILLUSTRATIONS	10
LISTE DES ENCARTS.....	10
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	11
L'EMPLOI DE PRODUITS PHYTOSANITAIRES.....	11
LE PROJET LIFE ENVIRONMENT ARTWET.....	13
1. LA CONTRIBUTION DES ZONES HUMIDES ARTIFICIELLES À LA DÉGRADATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES.....	17
QU'ADVIENT-IL DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES AU SEIN DE L'ENVIRONNEMENT ?.....	17
LES ZONES HUMIDES ARTIFICIELLES DANS LE CADRE DU PROJET ARTWET.....	19
ETAT DE L'ART ET INVENTAIRE	24
2. LA PHYTOREMÉDIATION A UN COÛT	27
DISPOSITIFS DIFFÉRENTS, COÛTS DIFFÉRENTS	27
L'EMPLACEMENT POURRAIT FAIRE LA DIFFÉRENCE.....	30
3. COMMENT FINANCER VOTRE PROJET ?	37
EXPLOITANT AGRICOLE	37
AUTORITÉS LOCALES.....	41
4. LES ZONES HUMIDES ARTIFICIELLES REVÊTENT DE MULTIPLES FONCTIONS	44
MISE EN LUMIÈRE DES AVANTAGES.....	44
PERCEPTION DE CERTAINS DISPOSITIFS ARTWET	46
REDUCTION DES COÛTS DES PLANS D'ACTION POUR LES RESSOURCES EN EAU.....	48
5. CONCLUSION.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
POUR ALLER PLUS LOIN	57
ABBREVIATIONS.....	58
GLOSSAIRE	59
RÉFÉRENCES	62

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Schéma 1 : Répartition de l'emploi de produits phytosanitaires en fonction des cultures (et surfaces consacrées à ces cultures correspondantes).....	11
Schéma 2: Triangle magique pour la protection des eaux.....	14
Schéma 3: Les différentes étapes de la réalisation d'un projet de zone humide artificielle	15
Schéma 4: Devenir des produits phytosanitaires dans l'environnement.....	18
Schéma 5: Les différentes parties constituantes des zones humides (Source: Agences de l'eau françaises).....	20
Schéma 6: représentation géographique des 10 types de zones humides artificielles répertoriés par les Agences de l'eau françaises (Source: Agences de l'eau françaises).....	21
Schéma 7: Exemple de zone humide artificielle ArtWET: bassin d'orage à Rouffach, France	22
Schéma 8: Exemples de fossés végétalisés ArtWET: fossé végétalisée à Landau et Eichstetten, Allemagne.....	23
Schéma 9: Exemples de zones de rétention en forêt ArtWET: fossé et zone d'épandage dans la forêt de Bray (France).....	23
Schéma 10: Exemples de bioréacteur ArtWET: bioréacteur à Piacenza (Italie) représenté dans sa version initiale et finale.....	24
Schéma 11: Répartition (non exhaustive) des ouvrages hydrauliques en Alsace (mai 2010)	25
(Source: projet ENRHY, Photos: C. Regazzoni)	25
Tableau 1: Coût des travaux par type de dispositif	28
Tableau 2: Exemples de coûts de zones humides artificielles	30
Schéma 12: Comparaison du prix des terres agricoles en Europe (Source: Terres d'Europe SCAFR)	32
Schéma 13: Coût des terres et pâturages en 2008 par surface agricole (valeur triennale)	33
(Source: SAFER).....	33
Tableau 3: Estimation des coûts de mise en oeuvre et d'entretien d'une bande enherbée sur des terres cultivées précédemment pour la production de blé	35
Tableau 4: Estimation de la perte de profit suivant le type de culture.....	35
Tableau 5: Coûts des prototypes de présentation et expérimentaux du projet ArtWET.....	36
Tableau 6: Synthèse des aides et mesures proposées par le PDRH 2007-2013.....	40
Tableau 7: actions subventionnées par l'Agence de l'Eau	41
Schéma 14: Prix total moyen de l'eau (distribution et épuration) pour une consommation de 120m ³ / an	50
(Source: <i>Price of water in Europe</i> (Prix de l'eau en Europe), NUS Consulting, 2008)	50
Schéma 15: Décomposition du coût de l'eau en Europe	50
(Source: Office international de l'Eau, http://www.oieau.fr/anglais/gest_eau/part_d.htm).....	50

LISTE DES ENCARTS

Plan d'action préventif et curatif.....	14
Qu'en est-il de la concentration maximale admissible ?	19
Interprétation des résultats d'analyse	30
D'une mono à une bi-fonctionnalité	34
La recherche au service de la phytoremédiation.....	35
Mémo sur la DIG en France	42
L'absence d'impact des rejets des zones humides artificielles : l'exemple de la baie de Calais	48
Ne pas oublier	49

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Pendant longtemps, d'innombrables zones humides ont été détruites parce qu'elles étaient considérées comme étant des zones malsaines, propices à la prolifération de miasmes, et parce que l'agriculture avait besoin d'espace pour les cultures. C'est ainsi que les zones humides furent drainées ; un drainage souvent réglementé et même subventionné. Depuis, deux rapports clés, l'un établi par des ornithologues sur les conséquences pour les oiseaux de cette destruction de zones humides, l'autre rédigé par des écologistes et qui décrit les multiples fonctions que remplissent ces zones, ont permis une évolution de la réglementation et une plus grande considération pour ces environnements exceptionnels.

Les produits phytosanitaires sont utilisés depuis de nombreuses années afin d'améliorer le rendement agricole. Incontournables pour parvenir à une autonomie alimentaire, ces produits ont permis aux pays industrialisés d'acquérir leur indépendance alimentaire grâce à une productivité agricole multipliée par trois depuis les années 60. Si l'opinion et les autorités publiques ne remettent pas en cause leur nécessité, il n'en reste pas moins que leur impact négatif sur la qualité de l'environnement inquiète et interpelle.

Le projet ArtWET répond à cette inquiétude en apportant des solutions concrètes, supplémentaires et complémentaires de celles déjà mises en œuvre à l'échelle de l'exploitation ou des parcelles afin de diminuer la pollution diffuse due aux produits phytosanitaires et transférées par ruissellement de surface des agrosystèmes vers les autres écosystèmes en aval.

L'EMPLOI DE PRODUITS PHYTOSANITAIRES

Situation en Europe

On évalue à 320.000 tonnes la quantité de produits phytosanitaires épanchée sur le sol européen chaque année. Les États membres sont de grands utilisateurs de ces produits. Cinq pays européens rassemblent 80% des épandages de produits phytosanitaires en termes de volume sur le marché européen: France, Italie, Espagne, Allemagne, et Portugal. Les quantités utilisées ne sont pas proportionnelles aux surfaces consacrées aux cultures. Les activités agricoles les plus consommatrices de produits phytosanitaires sont la production de légumes, de fruits, de raisin, de céréales, et de colza (Schéma 1). On a principalement identifié 89 substances actives d'intérêt (Wagner et al., 2010) (63 herbicides, 26 insecticides) au sein de l'EU-27. L'étude a révélé une grande disparité entre les États membres au niveau des substances actives employées. En effet, chaque pays utilise des herbicides et insecticides spécifiques, adaptés à des cultures et à des conditions climatiques bien particulières. Les produits phytosanitaires les plus utilisés sont les herbicides mais tout dépend du type de culture : les fongicides sont principalement employés pour les vignobles, et les herbicides pour le maïs ou le blé.

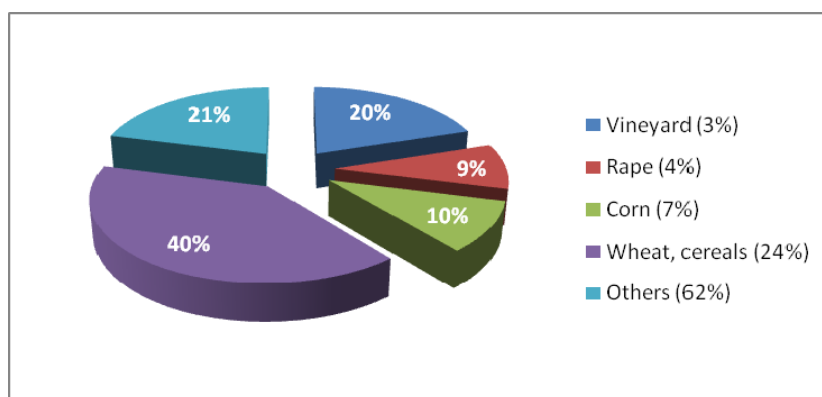


Schéma 1 : Répartition de l'emploi de produits phytosanitaires en fonction des cultures (et surfaces consacrées à ces cultures correspondantes) au sein de l'EU-27

Source: Geophysical Research Abstracts Vol. 12, EGU2010-12273, 2010 – Assemblée générale EGU 2010 - © Auteur(s) 2010 - Quantification of pesticides used in agriculture in the EU-27 - Susanne Wagner, Peter Fantke, Jochen Theloke, et Rainer Friedrich

Les produits phytosanitaires: effets bénéfiques, effets nocifs



Photo : F. Pourségle

Les exploitants agricoles se tournent surtout vers les produits phytosanitaires en raison de leur rentabilité : ils sont économiques et garants de bons résultats. Les produits phytosanitaires permettent de protéger les cultures, même en cas de multiplication soudaine de nuisibles, et assurent donc une production accrue et de meilleur aspect visuel. Les produits phytosanitaires retardent également la décomposition des aliments produits, ce qui permet un allongement des délais de transport et une plus grande durée de vie en rayon des produits frais. L'utilisation des produits phytosanitaires est donc devenue une nécessité technique afin d'obtenir la qualité et la quantité de produits requises et participer à la suffisance alimentaires des peuples.

Toutefois, les produits phytosanitaires sont aussi devenus des agents polluants quasi omniprésents. Le caractère non-sélectif de certains d'entre eux et leur persistance peuvent avoir de graves conséquences sur l'environnement : ils peuvent affecter des organismes non ciblés et contaminer les sols agricoles, les eaux souterraines, les rivières, les lacs et la chaîne alimentaire (Wagner et al. 2010).

La pollution est dite diffuse lorsque les produits phytosanitaires épanchés sur les champs sont entraînés vers les eaux, sans que cela soit dû à une erreur de l'utilisateur. Dans ce cas, les mécanismes de transferts, les interactions entre l'environnement et les substances actives entrent en jeu (CORPEN, 2006). La pollution ponctuelle, quant à elle, provient d'une mauvaise manipulation des produits (utilisation, stockage, déversement).

Qu'est ce qu'un produit phytosanitaire

Un produit phytosanitaire désigne toute substance ou mélange de substances destinée à prévenir, éradiquer, repousser ou atténuer tout type de nuisibles. Les nuisibles comprennent les insectes, souris, et autres animaux, plantes indésirables (mauvaises herbes), champignons, ou microorganismes tels que les bactéries et virus. Les produits phytosanitaires sont souvent réduits aux insecticides seuls, alors que le terme inclut les herbicides, fongicides, et autres substances, telles que le cuivre. Les caractéristiques des produits phytosanitaires jouent également un rôle essentiel en ce qui concerne le devenir de ces produits au sein de l'environnement. Ces caractéristiques comprennent: la solubilité dans l'eau (hydrosolubilité), la tendance à s'adsorber sur le sol (adsorption sur le sol), et la persistance des produits phytosanitaires dans l'environnement (demi-vie).

Les produits phytosanitaires qui présentent une grande hydrosolubilité, une faible adsorption sur les particules du sol, et une grande persistance ou demi-vie, sont les plus susceptibles de s'infiltrer dans l'eau. Ces trois facteurs (adsorption sur le sol, hydrosolubilité et persistance) sont habituellement utilisés afin de classer les produits phytosanitaires en fonction de leur probabilité de lessivage ou d'entraînement par un ruissellement superficiel après épandage.

L'adsorption sur le sol se mesure par le coefficient Koc, qui représente la tendance des produits phytosanitaires à adhérer aux particules du sol. Des valeurs élevées (supérieures à 1000) indiquent une très grande adsorption sur le sol, ce qui implique qu'il est peu probable que le produit phytosanitaire se déplace, sauf en cas d'érosion des sols. De plus faibles valeurs (inférieures à 300-500) indiquent que les produits phytosanitaires en question ont tendance à se déplacer avec l'eau et sont susceptibles d'être lessivés et/ou d'être entraînés par un ruissellement superficiel.

L'hydrosolubilité se mesure en parties par million (ppm) et permet d'évaluer la facilité avec laquelle un produit phytosanitaire est susceptible d'être emporté loin des cultures, d'être lessivé dans le sol, ou d'être entraîné par le ruissellement superficiel. Les produits phytosanitaires dont la solubilité est inférieure à 1 ppm ont tendance à rester à la surface du sol. Ils ne sont habituellement pas lessivés, mais, s'il y a érosion des sols, ils sont susceptibles d'être emportés avec les sédiments du sol par le ruissellement superficiel. Les produits phytosanitaires dont la solubilité est supérieure à 30 ppm sont plus susceptibles d'être entraînés par l'eau.

La persistance des produits phytosanitaires se mesure en termes de demi-vie, soit le nombre de jours nécessaires à la dégradation de la moitié de la quantité initiale de produit présent au sol. Par exemple, si un produit a une demi-vie de 15 jours, 50 pour cent de la quantité initiale du produit sera encore

présente 15 jours après l'épandage et la moitié de cette quantité (25 pour cent de la quantité initiale) sera encore présente après 30 jours. En règle générale, plus la demi-vie est longue, plus la probabilité d'entraînement du produit est importante. Un produit phytosanitaire dont la demi-vie est supérieure à 21 jours est susceptible de persister suffisamment longtemps pour être lessivé ou entraîné par le ruissellement superficiel avant qu'il ne soit dégradé.

LE PROJET LIFE ENVIRONMENT ARTWET

Objectifs

L'objectif principal du projet LIFE ENVIRONMENT (ArtWET: LIFE 06 ENV/F/000133) est l'atténuation de la pollution diffuse due aux produits phytosanitaires, et la bioremédiation dans les zones humides artificielles de rétention. Le projet ArtWET s'inscrit dans la mise en œuvre de la directive-cadre sur l'eau 2000/60/EC.

La plupart des travaux de recherche consacrés aux zones tampons humides artificielles qui permettent la maîtrise de la pollution diffuse due aux produits phytosanitaires se focalisent sur la bio-atténuation, alors que la bioremédiation et/ou phytoremédiation ne font pas l'objet de nombreuses études.

La bio-atténuation que l'on observe dans les zones humides artificielles révèle l'existence d'une microflore et d'une végétation capables de dégrader les produits phytosanitaires. Néanmoins, la présence de produits phytosanitaires dans les sédiments et l'eau, à des niveaux de concentration qui restent élevés, est la preuve d'une optimisation insuffisante du dispositif. C'est ce qui justifie l'élaboration d'un procédé d'épuration à la fois puissant, contrôlé et que l'on veut rustique. Les dispositifs de traitement biologique sont considérés comme une option intéressante tant au niveau économique qu'écologique. Ils demeurent, cependant, trop peu utilisés, mal connus et c'est la raison pour laquelle ce projet est consacré à ce type de procédé.



Le projet ArtWET a pour objectif de :

- Accroître les services éco-systémiques des zones humides artificielles afin de réduire la pollution diffuse due aux produits phytosanitaires, et de permettre une exploitation durable des ressources en eaux.
- Prévenir et réduire la pollution diffuse due aux produits phytosanitaires; promouvoir une exploitation durable des ressources en eaux.
- Diminuer les concentrations en produits phytosanitaires dans les eaux de ruissellement des bassins versants agricoles, et améliorer la qualité des écosystèmes aquatiques en aval,
- Fournir une zone d'atténuation supplémentaire au sein du paysage,
- Optimiser les procédés hydro-bio-chimiques des divers dispositifs testés dans le cadre du projet ArtWET (fossés végétalisés, bassins d'orage, bassins de rétention),
- Diffuser les connaissances et rendre les technologies accessibles à la Communauté européenne.

Le projet ArtWET doit aboutir à la rédaction de deux guides : un guide technique destiné à fournir des informations au sujet de l'efficacité des zones humides artificielles et des méthodes de conception, et ce guide général abordant les aspects financiers, sociologiques et juridiques liés à la réalisation de ces zones humides artificielles.

Le triangle magique de la protection des eaux

Il est important de souligner que la réalisation de zones humides artificielles s'inscrit dans un cadre de réflexion plus général qui se penche sur la réduction des pollutions diffuses et de la conservation de la ressource en eau. La réduction de la pollution due aux produits phytosanitaires peut être réalisée à trois niveaux :

- Diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires par des épandages moins fréquents, par une réduction des doses, des fréquences d'épandage et par l'adoption de bonnes pratiques ;
- Adaptation des pratiques en fonction des spécificités des régions agricoles ;
- Limitation des risques de transferts vers les eaux superficielles au sein de l'environnement en réalisant les épandages en fonction de la météo et en exploitant les éléments du paysage à même de retenir ou de ralentir le transfert des produits phytosanitaires.

Cette trilogie est représentée selon le schéma 2 qui synthétise cette approche. Il fait noter que ces actions sont complémentaires et qu'elles ne se disqualifient pas entre-elles.

Adaptation régionales des pratiques

- Diminution des doses par épandages
- Limitation des saisons d'épandage
- Études de vulnérabilité selon les régions

Bonnes pratiques agricoles

- Éviter les sources ponctuelles
- Réduire les dérives lors de l'épandage
- Date d'épandage
- Bonne gestion des sols



Bonnes pratiques au niveau du paysage

- Bandes enherbées
- Haies
- Berges enherbées
- *Nouveau!* ArtWET dont bassin d'orage

Schéma 2: Triangle magique pour la protection de la ressource en eau vis à vis de la pollution diffuse due aux produits phytosanitaires

Plan d'action préventif et curatif

Il existe divers types actions qui permettent de restreindre les taux de produits phytosanitaires dans les eaux de surface et les eaux souterraines afin de préserver une qualité d'eau supérieure à la norme établie actuellement : des actions préventives et curatives.

En matière de prévention, les actions se font principalement au niveau de l'exploitation agricole (récupération et traitement de l'eau de lavage utilisée pour les pulvérisateurs ou machines agricoles, stockage adéquat,...), de la parcelle (diminution des doses, épandage effectué en fonction des conditions climatiques, enherbement des inter-rangs,...) et au niveau du bassin versant (bandes enherbées, orientation des rangées de plantations, gestion des fossés ...).

En outre, il est évident que les dispositifs représentés par les zones humides artificielles situées en aval du bassin versant n'incarnent pas "la solution miracle". Les zones humides artificielles ne constituent en aucun cas une excuse pour polluer davantage. Leur réalisation doit s'effectuer en complément des actions locales et préventives telles que la réduction de l'emploi de produits phytosanitaires ou l'application des meilleures pratiques en matière de gestion.

L'ensemble de ces actions devrait permettre d'atteindre un "bon état chimique".

Quelles sont les priorités pour garantir un environnement durable ?

La réflexion générale au sujet de la réduction de la pollution diffuse a établi trois niveaux de priorités :

- Priorité 1 : Éviter les pollutions ponctuelles et accidentelles
- Priorité 2 : Limiter les pollutions diffuses par l'emploi de moyens agronomiques appropriés
- Priorité 3 : Dépolluer les transferts résiduels par la création de zones tampons

Ce guide s'intéresse aux actions entreprises dans le cadre de la priorité 3, et vous apporte des réponses tout au long du processus de prise de décision décrit sur le schéma 3.

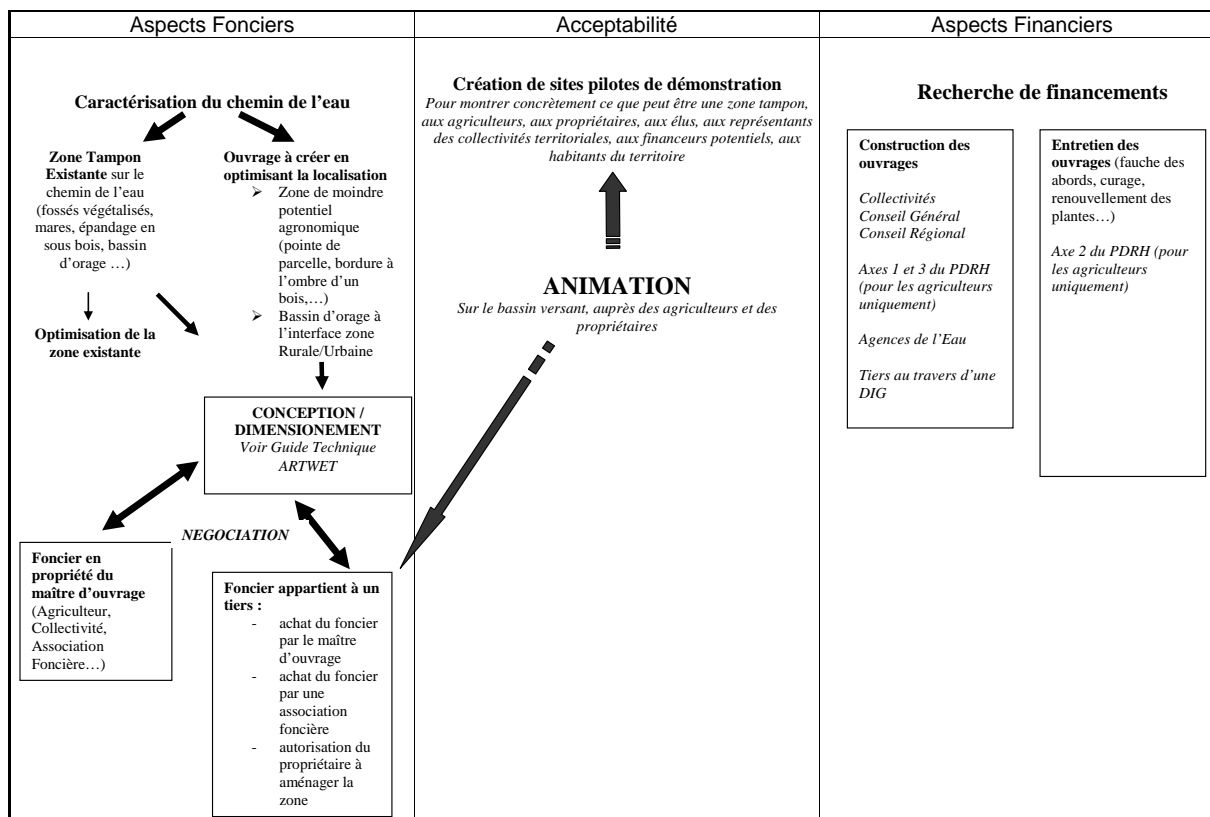


Schéma 3: Les différentes étapes de la réalisation d'un projet de zone humide artificielle

Il existe quatre aspects, dont certains sont étroitement interconnectés, qu'il s'agit de prendre en considération avant et pendant la réalisation d'un dispositif type ArtWET :

- **Aspect juridique** : la réalisation de zones humides artificielles a trait aux habitats aquatiques, et peut donc être soumise à diverses réglementations. Il est essentiel de s'informer à ce sujet une fois que le projet a été conçu, afin de déterminer à quelle catégorie de travaux correspond le dispositif et s'il est nécessaire d'établir des dossiers réglementaires particuliers.
- **Aspect financier** : tout projet comporte des coûts bien particuliers suivant ses spécificités. Le chapitre 2 vous donne un ordre de grandeur des coûts engendrés par les travaux de réalisation d'une zone humide artificielle. De plus, étant donné que ce type de projet relève du secteur agricole et de celui de la préservation des ressources en eaux, certaines aides, énumérées au chapitre 3, peuvent vous être accordées.
- **Aspect territorial** : l'emplacement du projet ne dépend pas, ou très peu, de l'initiateur du projet. Il dépend avant tout du chemin qu'emprunte l'eau et dont il faut tenir compte afin d'optimiser le captage des eaux de ruissellement. Il est donc essentiel de déterminer qui est le propriétaire du terrain une fois que l'emplacement a été précisé sur le plan technique. Ce point est repris au chapitre 2.
- **Aspect social** : on ignore encore souvent que les zones humides artificielles permettent la phytoremédiation/bioremediation; il n'est donc pas certain que leur réalisation suscite l'adhésion. Le projet ArtWET a permis la création de lieux de démonstration qui offrent au public l'opportunité d'une première approche vis-à-vis de l'initiative. Néanmoins, cette sensibilisation devra être considérée comme une priorité lorsque l'installation de ces dispositifs sera généralisée.

S'il est vrai que ce guide se consacre à la priorité 3, il ne faut pas négliger l'importance des autres qui restent primordiales.

Il est, en effet, absolument nécessaire d'éliminer autant que possible tout risque de pollution accidentelle qui est souvent à l'origine d'une pollution massive des eaux par la présence d'une concentration élevée en produits phytosanitaires. En matière de pollution diffuse due aux produits phytosanitaires, il est impératif d'établir et de respecter, en amont, les bonnes pratiques préconisées par les autorités publiques et conseillers agricoles au niveau des champs et terres agricoles. Néanmoins, ces pratiques demeurent insuffisantes pour parvenir au bon état écologique et chimique des eaux d'ici 2015, tel qu'imposé par la directive-cadre de l'eau de l'Union européenne.

La mise en œuvre des prototypes prévus par le projet ArtWET représente donc une opportunité supplémentaire dans le cadre de la lutte contre la pollution diffuse, mais elle ne peut en aucun être dissociée d'une gestion globale au niveau des bassins versants et des paysages.



PhotoClub de Wasselonne, France

1. LA CONTRIBUTION DES ZONES HUMIDES ARTIFICIELLES À LA DÉGRADATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES

Ce chapitre est destiné à vous apporter des informations sur :

- Les processus impliqués dans le devenir des produits phytosanitaires au sein de l'environnement,
- La définition des zones humides artificielles,
- Les objectifs et les résultats du projet ArtWET.

QU'ADVIENT-IL DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES AU SEIN DE L'ENVIRONNEMENT ?

Introduction

Selon les caractéristiques propres à chaque produit phytosanitaire, leur comportement au sein de l'environnement varie grandement. Parfois, ce comportement se révèle bénéfique. Le lessivage de certains herbicides vers les racines, par exemple, peut permettre de mieux maîtriser les mauvaises herbes.

Néanmoins, il se peut que l'épandage de produits phytosanitaires dans l'environnement soit nocif, lorsqu'une partie seulement du produit chimique en question atteint la zone ciblée. Le ruissellement, par exemple, peut emporter un herbicide loin des mauvaises herbes à traiter. Le produit chimique est gaspillé, la maîtrise des mauvaises herbes s'en trouve réduite, et le risque de nuire à d'autres plantes et de polluer le sol et les eaux est accru. Il est également possible qu'une partie des produits phytosanitaires épandus dérive par le vent et n'atteigne pas totalement la zone d'épandage ciblée.

Différents processus

De nombreux processus ont une influence sur le devenir des pesticides au sein de l'environnement. Citons, notamment, l'adsorption, le transfert, la décomposition et la dégradation. Le transfert inclut les processus qui éloignent les produits phytosanitaires de la zone ciblée, à savoir, entre autres, la volatilisation, la dérive de pulvérisation, le ruissellement, le lessivage, l'absorption et la suppression de cultures.

Ces processus sont représentés sur le schéma 4 (cf. aussi le glossaire pour plus d'informations).

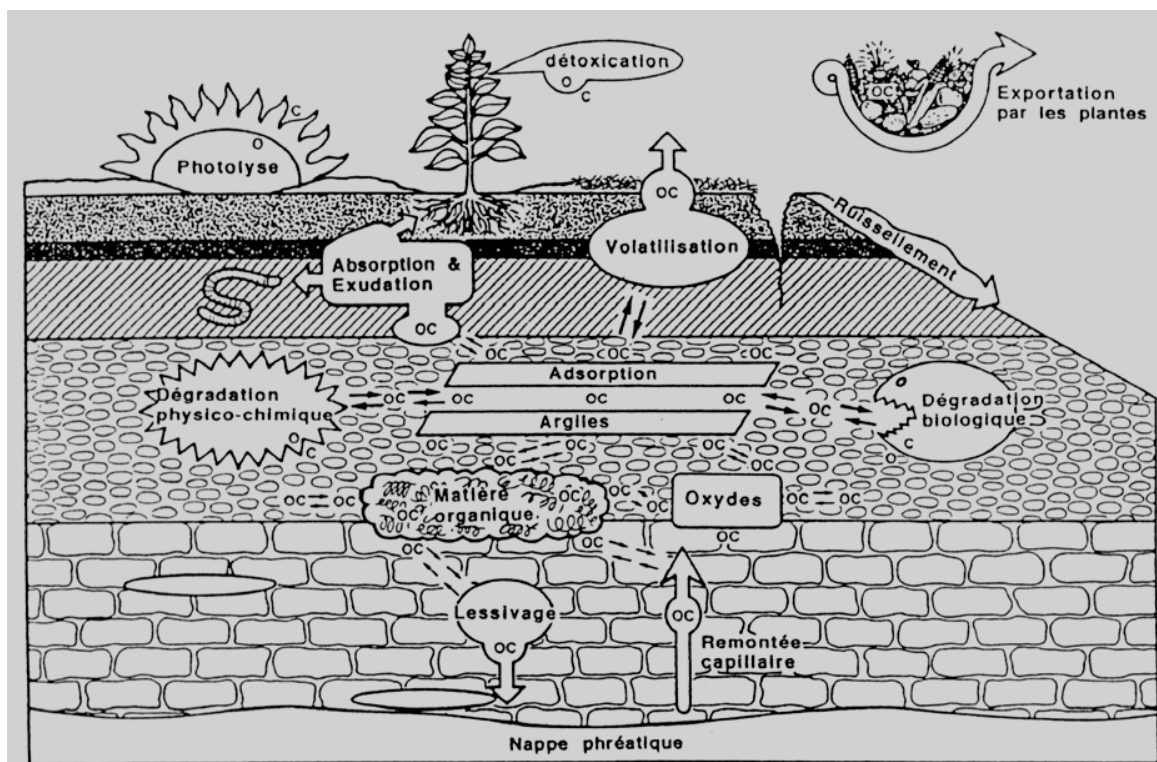


Schéma 4: Devenir des produits phytosanitaires dans l'environnement. D'après DUNINGAN E, Mc INTOSH T. .- Atrazine soil organic matter interactions.- Weed Sci. 1971, 19, 279-282

L'adsorption consiste en la fixation des produits phytosanitaires aux particules du sol.

La volatilisation consiste en la transformation d'éléments solides ou liquides (gouttelettes) en gaz qui sont susceptibles de s'éloigner de la zone d'épandage initiale.

La dérive de pulvérisation est la dérive dans l'air des gouttelettes de pulvérisation en dehors de la zone traitée au cours de l'épandage.

Le ruissellement consiste en l'entraînement des produits phytosanitaires par les eaux de surface. Les produits phytosanitaires se mélangent à l'eau ou se fixent aux particules de sol qui peuvent s'éroder. Le ruissellement peut aussi se produire lorsque l'intensité de pluie arrivant à la surface du sol dépasse la capacité d'infiltration du sol. Les produits phytosanitaires sont donc susceptibles d'être entraînés par les eaux de ruissellement sous forme d'éléments dissous dans l'eau ou attachés aux particules du sol.

Le taux de ruissellement des produits phytosanitaires dépend de :

- L'inclinaison du sol (pente)
- La texture du sol (composition en argile, limon, sable)
- Le taux d'humidité du sol
- La quantité d'eau apportée et le moment où cet apport a lieu (apport par l'irrigation ou les pluies)
- Le type de produit phytosanitaire employé

Le ruissellement provenant de zones traitées avec des produits phytosanitaires est susceptible de polluer les cours d'eau, étangs, lacs et puits. Les résidus de ces produits dans les eaux de surface peuvent être nocifs pour la flore et la faune, et contaminer les eaux souterraines. La contamination de l'eau peut affecter le bétail et les cultures en aval. Il est possible de réduire le ruissellement des produits phytosanitaires par :

- Une utilisation minimale des techniques de labour afin de réduire l'érosion des sols
- Un nivellement des sols afin de réduire les pentes
- Un endiguement afin de contenir le ruissellement



PhotoClub de Wasselonne, France

- La préservation de la végétation en bordure de parcelle ou de chemins afin de ralentir le ruissellement.

Les plus grandes pertes en produits phytosanitaires dues au ruissellement surviennent lorsque de fortes pluies tombent juste après l'épandage. Il est donc possible de limiter les risques de ruissellement en tenant compte des prévisions météorologiques. Si de fortes pluies sont annoncées, il sera préférable de retarder l'épandage afin d'éviter le ruissellement. L'irrigation doit être effectuée conformément aux instructions.

Le lessivage est l'entraînement des produits phytosanitaires par l'eau, à travers le sol. Le lessivage peut avoir lieu de manière ascendante, descendante ou latérale. Les facteurs qui déterminent le lessivage ou non de produits phytosanitaires vers les eaux souterraines comprennent les caractéristiques du sol et des produits phytosanitaires eux-mêmes, ainsi que leur interaction avec les eaux d'irrigation ou pluviales.

L'absorption consiste en l'assimilation des produits phytosanitaires et autres produits chimiques par les plantes ou microorganismes. La plupart des produits phytosanitaires se décomposent suite à leur absorption. Les résidus de produits phytosanitaires vont, soit, se décomposer, soit, demeurer au sein de la plante ou de l'animal et, ensuite, retourner à l'environnement lorsque l'animal meurt ou que la plante se flétrit.

Certains produits phytosanitaires demeurent dans le sol suffisamment longtemps pour être absorbés par des plantes cultivées dans un champ des années plus tard. Ils sont susceptibles de nuire aux cultures futures ou de laisser des résidus au sein de ces cultures.

La dégradation désigne le processus de décomposition des produits phytosanitaires après épandage. Les produits phytosanitaires sont dégradés par des microorganismes, des réactions chimiques, et par la lumière (photodégradation). Ce processus peut durer de quelques heures à quelques jours, voire quelques années, suivant les conditions environnementales et les propriétés chimiques des produits phytosanitaires utilisés.

- **La décomposition microbienne** consiste en la décomposition des éléments chimiques par des microorganismes tels que les champignons et les bactéries.
- **La décomposition chimique** consiste en la décomposition des produits phytosanitaires par des réactions chimiques lorsque ces produits se fixent au sol.
- **La photodégradation** consiste en la décomposition des produits phytosanitaires par le rayonnement solaire.

La suppression de cultures par la récolte ou le pacage peut enfin permettre de faire disparaître les résidus de produits phytosanitaires.

Qu'en est-il de la concentration maximale admissible ?

La Directive Européenne relative à la qualité de l'eau potable a fixé les concentrations maximales admissibles pour chaque substance à 0,1 µg/L, et la concentration totale pour l'ensemble des produits phytosanitaires à 0,5 µg/L. Cette directive impose des valeurs seuil de 0,03 µg/L pour les substances les plus toxiques. Les valeurs seuil pour les concentrations en produits phytosanitaires dans l'eau potable, qui se fondent sur des facteurs toxicologiques, sont moins strictes que les concentrations maximales autorisées par l'UE.

LES ZONES HUMIDES ARTIFICIELLES DANS LE CADRE DU PROJET ARTWET

Le projet ArtWET se fonde sur l'une des nombreuses fonctions des zones humides naturelles : la phyto-bio-remédiation. Néanmoins, il ne faut pas oublier qu'il s'agit là d'ouvrages artificiels et non du patrimoine naturel que représentent les zones humides naturelles. ArtWET ne traitent pas de ce type de zones humides. Toutefois, il est intéressant de rappeler leur intérêt afin de comprendre pourquoi il est utile de s'inspirer des services éco-systémiques apportés par ces zones.

Zones humides naturelles et artificielles

- **Définition des zones humides naturelles**

Les zones humides naturelles sont des systèmes hydrologiques qui abritent des communautés de plantes et d'animaux, et qui incarnent donc un environnement marqué par un équilibre dynamique (Schéma 5).

"Une zone humide est une région où l'eau est le principal facteur qui contrôle le milieu naturel et la vie animale et végétale associée. Elle apparaît là où la nappe phréatique arrive près de la surface ou affleure ou encore, là où des eaux peu profondes recouvrent les terres" (IFEN).

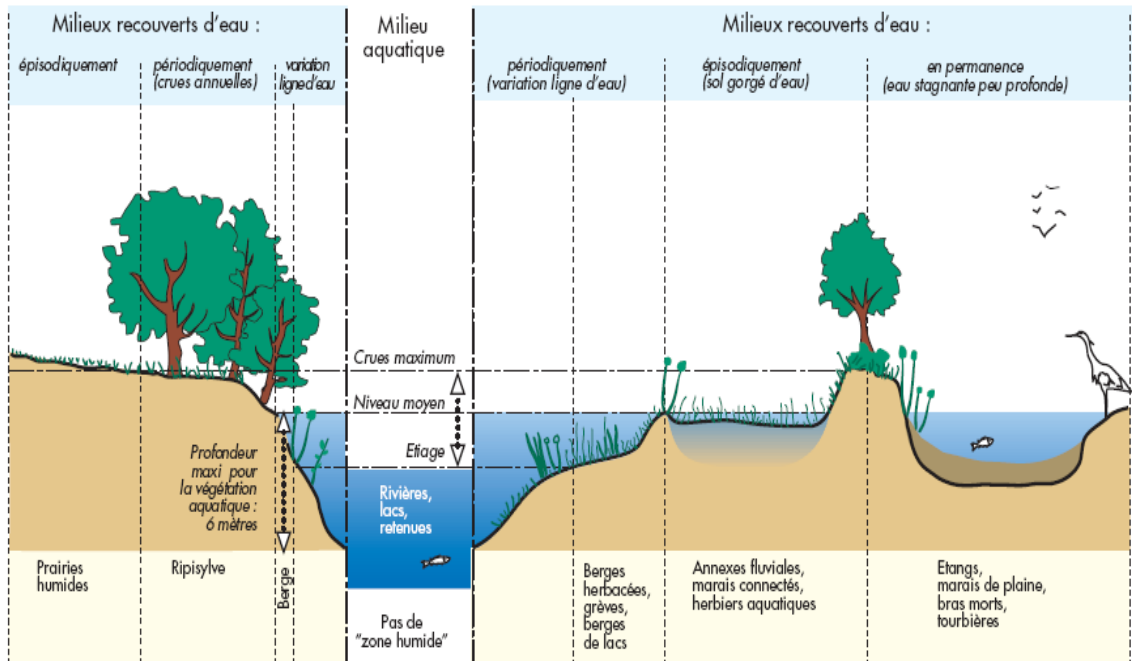


Schéma 5: Les différentes parties constituantes des zones humides (Source: Agences de l'eau françaises)

On retrouve des zones humides à travers tous les pays et toutes les zones climatiques d'Europe. Ces zones humides, souvent surnommées "nurseries", offrent un habitat à des milliers d'espèces de plantes aquatiques et terrestres, et d'animaux (poissons, oiseaux, insectes...).

Il existe également des définitions réglementaires des zones humides. La première a été adoptée par la Convention de Ramsar, traité intergouvernemental (1971) ratifié par la France en 1986. Citons également la directive Oiseaux de 1979, la directive Habitats de 1992, et la directive-cadre sur l'eau de 2000 qui complètent la définition. Le Code de l'environnement français définit les zones humides comme étant "les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année".

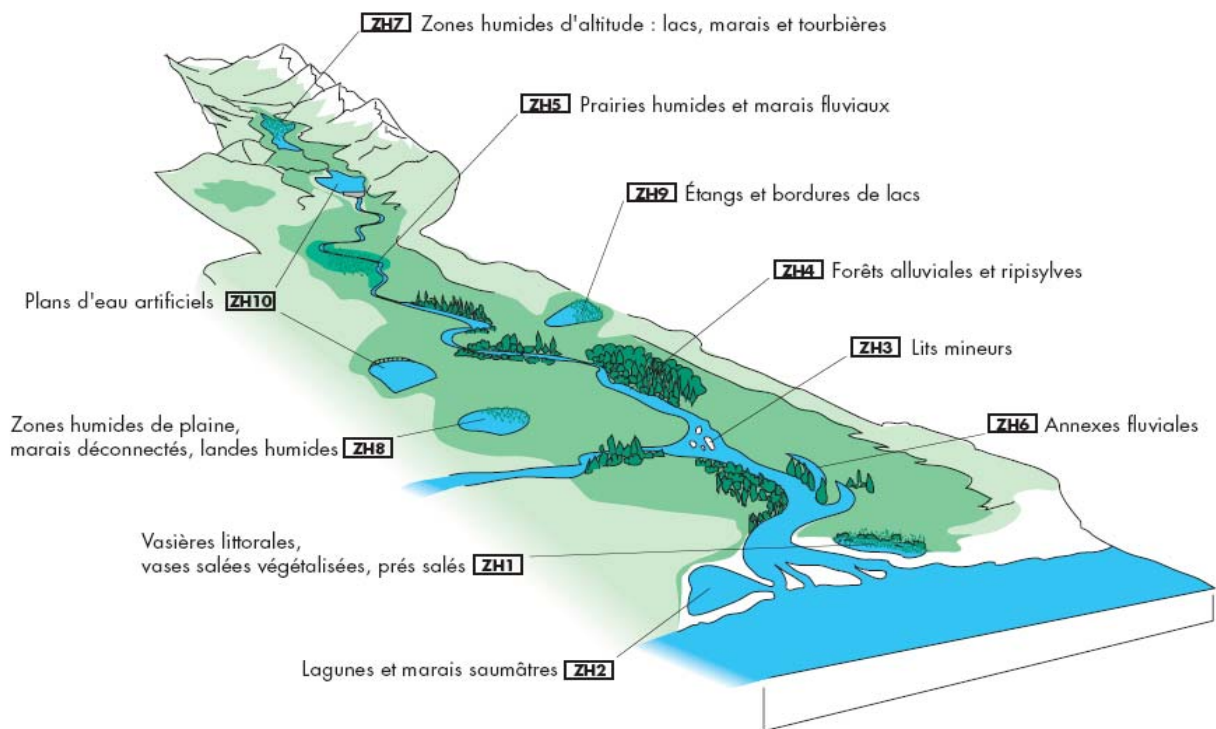


Schéma 6: Représentation géographique des 10 types de zones humides naturelles répertoriés par les Agences de l'eau françaises (Source: Agences de l'eau françaises).

Traduire

Ce schéma représente les types de zones humides naturelles répertoriés par les Agences de l'eau françaises en fonction de leur position géographique, et en particulier du relief. En effet, les zones humides à proximité d'un environnement maritime possèdent des caractéristiques différentes de celles présentes au sein d'un massif montagneux.

• **Spécificités des zones humides artificielles impliquées dans ArtWET**

Les objectifs du projet ArtWET ne sont pas liés à l'utilisation des zones à préserver.

Si les zones humides ont été détruites pendant longtemps, elles sont maintenant prises en compte tant par les défenseurs de l'environnement que par la législation. Présenter les prototypes du projet ArtWET comme étant des « zones humides » risque d'attirer l'attention de ces acteurs sur des « zones construites, artificielles » qui ont pour objectif principal de diminuer la concentration en produits phytosanitaires dans l'eau de surface, et parfois de limiter aussi le risque d'inondation.

C'est pourquoi il est préférable de ne pas mettre en parallèle les dispositifs des zones humides naturelles et ceux du projet ArtWET. La création d'un espace le plus proche possible d'un écosystème naturel est bénéfique mais cet espace sera le résultat d'une intervention de la main de l'homme. Il est donc essentiel que l'installation d'espèces protégées ne fasse pas oublier la vocation première de ces dispositifs et ne les empêche de remplir leur rôle.

Ainsi, le projet ArtWET a pour objectif de comprendre :

- Quels sont les processus actifs, au sein des zones humides et des fossés végétalisés, qui permettent de réduire les transferts des agents polluants ?
- Comment peut-on reproduire, stimuler et optimiser ces processus d'atténuation afin d'améliorer la fonction de dépollution qu'assurent les dispositifs de zones humides artificielles, de fossés ou de zones de rétention ?
- Comment concevoir et réaliser des zones humides artificielles afin d'atténuer la pollution due aux produits phytosanitaires ?
- Comment développer et promouvoir les technologies adéquates, et les adapter aux contraintes locales ?



The nation behaves well if it treats the natural resources as assets which it must turn over to the next generation increased, and not impaired, in value.

(La nation se porte bien lorsqu'elle considère les ressources naturelles comme étant des atouts qu'il s'agit de faire fructifier et non l'inverse, avant de les léguer à la génération suivante.)

Theodore Roosevelt, 1907

Dispositifs ArtWET

Vous retrouverez une description complète de tous ces dispositifs dans le guide technique ArtWET.

- **Aménagement d'un bassin d'orage**

Les bassins d'orages sont des maillons de temporisation des afflux d'eaux pluviales (polluées) dans les réseaux d'assainissement. A l'interface rural/urbain, ils collectent les eaux de ruissellement issus des hydro-systèmes amont. Ils ont alors une fonction première hydraulique de lutte contre les inondations. Placés dans un environnement totalement urbain, ils participent à la gestion des flux pollués dirigés vers la station d'épuration lors d'épisodes pluvieux ruisselants intenses. Ils sont donc dimensionnés à partir d'un niveau de précipitations, de la superficie du bassin versant amont, des coefficients prenant en compte la perméabilité des sols et donc l'aptitude au ruissellement, des capacités d'absorption des réseaux existants (zones urbaines) et des niveaux de protection que l'on assure. En zone agricole, ils résultent bien de l'intervention ciblée de l'homme. Sous réserve de la gestion sécurisée du volume alloué au stockage des flux de crue, ces structures peuvent être aménagées afin d'offrir une seconde fonctionnalité biologique qui miment les fonctions des zones humides naturelles afin de permettre l'amélioration de la qualité de l'eau; à savoir traiter et contenir les agents polluants présents dans les écoulements superficiels, et réduire les charges en produits phytosanitaires des eaux de surface s'écoulant vers l'aval. On estime donc que les bassins d'orage initialement conçus pour la protection contre les inondations peuvent être aménagés afin d'optimiser l'assainissement des eaux pluviales par le biais de divers mécanismes : décomposition microbienne des agents polluants, absorption végétale, rétention, décantation, et adsorption. La réduction de la pollution dépend surtout des concentrations d'entrée et peut être quantifiée par une évaluation des taux de pesticides à l'entrée et à la sortie sans que les processus biologiques ne soient pris en compte (Hares et Ward, 1999; Lundberg et al., 1999).



Schéma 7: Exemple de zone humide artificielle ArtWET : bassin d'orage à Rouffach, France (C. Grégoire)

- **Fossé/ cours d'eau végétalisé(e)**

La présence d'une végétation émergente au sein d'environnements aquatiques canalisés permet de remplir un certain nombre de fonctions biologiques et de modifier l'hydrologie du système. La végétation au sein du canal exerce rugosité, résistance et friction sur le flux du cours d'eau ; le débit est alors réduit, la hauteur d'eau et le temps de rétention hydraulique (RH) augmentent. En raison de l'augmentation de ce dernier paramètre et du contact eau/macrophyte au sein des systèmes d'assainissement agricoles, le temps de résidence augmente lui aussi (TR), ce qui accroît le potentiel d'atténuation des polluants.



Schéma 8: Exemples de fossés végétalisés ArtWET: fossé végétalisé à Landau (1) et Eichstetten(2), Allemagne

- **Zone de rétention en forêt**

Les zones de rétention forestières en tant que zones tampons ont surtout été étudiées dans le cadre des ruisseaux rivulaires tampons et de la réduction des nutriments ou du ruissellement (Willems et al., 1997; Broadmeadow and Nisbet, 2004; Anbumozhi et al., 2005). On retrouve de nombreuses zones forestières au sein du paysage, telles que taillis, bosquets, etc. Une zone humide forestière tampon présente trois avantages majeurs : une amélioration du taux d'infiltration, des systèmes racinaires développés et des matières organiques abondantes (Gril, 2003). Ces caractéristiques jouent un rôle dans le devenir, la rétention et le comportement des produits phytosanitaires et démontrent une efficacité réelle, supérieure à 90% (Lowrance et al., 1997; Vellidis et al., 2002; Gril, 2003).



L'eau arrive dans la forêt grâce au fossé, ensuite elle peut être stockée ou déborder sur le sol forestier

Schéma 9: Exemples de zones de rétention en forêt ArtWET : fossé et zone d'épandage dans la forêt de Bray (France)

- **Bioréacteur**

S'il est vrai que la technique du bioréacteur vise surtout la pollution ponctuelle, cela reste intéressant de s'inspirer de ce système afin d'optimiser les dispositifs consacrés à la pollution diffuse. Cet outil, destiné à la réduction de la pollution ponctuelle et diffuse due aux produits phytosanitaires, est un procédé biologique, surnommé « lit biologique » (Torstensson et Castillo, 1997; Torstensson, 2000), qui permet la captation et la dégradation des produits chimiques (système développé pour la première fois en Suède, en 1993, puis distribué à travers toute l'Europe). L'un des objectifs du projet ArtWET est d'adapter ce type de dispositif pour parvenir, avant tout, à améliorer ponctuellement le traitement des produits phytosanitaires à l'exutoire des zones humides artificielles et pour les faibles débits. Ces dispositifs permettent également une recirculation de l'eau qui augmente les performances des systèmes étudiés.



Schéma 10 : Exemples de bioréacteur ArtWET : bioréacteur à Piacenza (Italie) représenté dans sa version initiale (1) et finale (2 et 3)

ETAT DE L'ART ET INVENTAIRE

Le concept de zone tampon en tant qu'outil de protection des cours d'eau contre de la pollution agricole diffuse est apparu il y a déjà plusieurs années. En France, à l'heure actuelle, les dispositifs les plus fréquemment mis en œuvre sont les bandes enherbées, sans oublier les haies ou fossés dans une moindre mesure.

Il n'existe aucun inventaire à grande échelle qui recense ce type d'ouvrages présents aujourd'hui en France, en Allemagne, et en Italie. Néanmoins, les dispositifs tels que ceux proposés par le projet ArtWET restent peu connus parce qu'ils étaient encore avant 2006 au stade expérimental. Il existe donc une marge de manœuvre importante pour une réelle introduction de ces dispositifs à plus grande échelle sur l'ensemble du territoire européen.

Des dispositifs existants à adapter : les bassins d'orage

Au sein des agrosystèmes, des ouvrages hydrauliques sont présents, notamment afin de protéger les villes des inondations et/ou coulées de boue. Ces dispositifs captent et canalisent les cours d'eau chargés de produits phytosanitaires d'origine agricole. Il est intéressant de pouvoir exploiter leur présence et emplacement afin de leur octroyer une fonction supplémentaire de bio-remédiation tout en préservant leur vocation hydraulique première.

De tels ouvrages sont très répandus en Europe, ce qui implique donc qu'il existe un énorme potentiel de développement pour les systèmes ArtWET en optimisant leur présence au sein du paysage et en leur ajoutant une fonction nouvelle : une fonction d'épuration, de phyto-bio-remédiation.

En Alsace, par exemple, l'élaboration d'un inventaire des dispositifs hydrauliques existants est en cours depuis mars 2010, dans le cadre du projet ENRHY : Evaluation nationale du potentiel de réduction des flux de produits phytosanitaires dans les eaux de surface par des Ouvrages de Rétention et de Remédiation (OR2) (dont l'ONEMA est partenaire). Un recensement a été effectué auprès de 687 municipalités et une réunion a été organisée avec les services des Conseils généraux des deux départements. Fin 2010, 65 municipalités possèdent et/ou envisagent de construire des dispositifs hydrauliques : on recense donc 112 ouvrages hydrauliques en Alsace (75% dans le Haut-Rhin). Parmi eux, 38 % sont implantés dans des zones viticoles, et 62 % dans des zones de cultures annuelles.

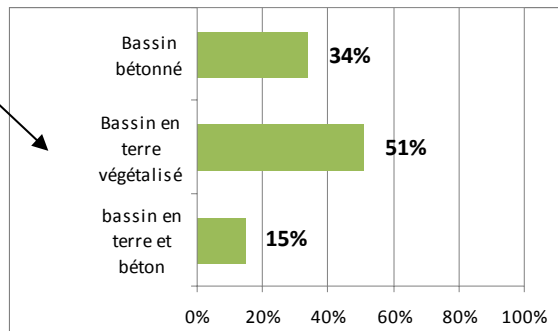
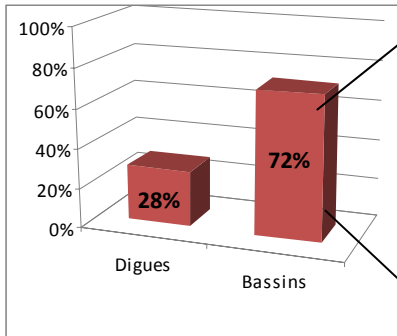
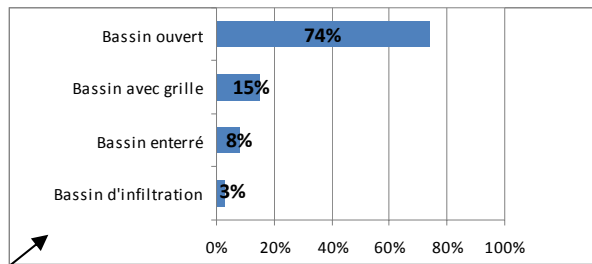


Schéma 11: Répartition (non exhaustive) des ouvrages hydrauliques en Alsace (mai 2010)

(Source: projet ENRHY, Photos: C. Regazzoni)

La typologie de ces dispositifs dépend de leur structure géométrique, matérielle et hydraulique. On fait ainsi la distinction entre bassins d'orage et digues. Parmi les bassins d'orage, on distingue: bassin d'infiltration, bassin enterré, bassin doté d'un grillage et bassin ouvert. Les matériaux utilisés sont la terre et le béton, et parfois un mélange des deux.

Il est important de souligner que, parmi les 112 ouvrages répertoriés, 16 ont déjà débordé. La connaissance actuelle du terrain révèle que 14 % des dispositifs ne peuvent être adaptés afin d'assurer également une fonction de phytoremédiation car les capacités hydrauliques présentées ne sont pas suffisantes.

Un contexte favorable : les zones de drainage

Il est indéniable que le drainage est le garant d'une amélioration des terres et d'un développement économique de l'agriculture. Dans le secteur de Loches Montrésor (France), le drainage a permis :

- l'augmentation des récoltes de blé et d'orge, puis l'obtention des mêmes taux de productivité que dans d'autres régions naturelles du département (+ 10 à 40 % pour les cultures céréalières) ;
- la diversification des systèmes de rotation des cultures, en particulier l'introduction importante de colza, et, dans une moindre mesure, de cultures de protéagineux;

- l'amélioration et la stabilisation de la valeur ajoutée des exploitations agricoles de la région entre 1980 et 1990, de l'ordre de 5 à 10 %, exprimé en pourcentage des produits de l'exploitation.

Outre ces aspects quantifiables, le drainage a également permis :

- d'augmenter la période d'intervention dans les champs, ce qui offre une plus grande flexibilité dans l'organisation des travaux de culture, tant pour les producteurs céréaliers que pour les éleveurs qui peuvent ainsi sortir le bétail plus tôt, ce qui permet de mieux exploiter les pâturages ;
- de protéger la structure des vasières (sensibles à l'agglomération) grâce à de meilleures conditions de travail.

Néanmoins, le drainage est aussi à l'origine d'une accélération du transfert des intrants agricoles vers les rivières (nitrates et produits phytosanitaires). C'est la raison pour laquelle l'administration exige une analyse fonctionnelle pour chaque nouveau projet de drainage soumis à autorisation, tel que stipulé par la loi française sur l'eau (1992).

Les exploitants agricoles et bureaux d'études experts-conseils ont été déçus de constater que les connaissances scientifiques et techniques sur le sujet étaient quasi-nulles avant le lancement du projet ArtWET. Les réponses apportées par ce projet sont donc de première importance pour ces acteurs de terrain.

Les zones humides artificielles permettent, en effet, de limiter l'impact du drainage et d'en conserver les avantages économiques. Il existe donc un contexte favorable à la réalisation de zones humides artificielles, ainsi qu'un grand potentiel de mise en œuvre de tels dispositifs.



2. LA PHYTOREMÉDIATION A UN COÛT

Ce chapitre répond aux questions suivantes :

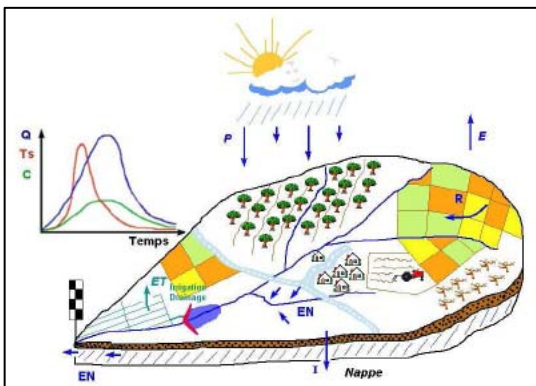
- Quels sont les coûts engendrés par une zone humide artificielle ?
- À quoi faut-il penser lors d'un projet de conception ?
- Quels sont les divers postes de dépenses ?

DISPOSITIFS DIFFÉRENTS, COÛTS DIFFÉRENTS

Dépenses préliminaires

Il existe des dépenses préliminaires qu'il s'agit de prendre en considération avant même d'entamer la réalisation de tels ouvrages et d'évaluer le coût des travaux. Ces dépenses sont liées aux études de faisabilité et de pertinence, à l'identification du dispositif le plus approprié et du meilleur emplacement, ou encore aux exigences de conception en fonction des conditions environnementales locales.

- **Diagnostic de ruissellement**



Afin de s'assurer de la pertinence de la mise en œuvre de systèmes de rétention et de dépollution, il est essentiel de réaliser un diagnostic de ruissellement qui permet de définir quel est le chemin qu'emprunte l'eau au sein du bassin versant et à sa sortie.

Ce diagnostic inclut une analyse hydrologique qui permet de définir le fonctionnement hydraulique de la zone étudiée, ainsi qu'une analyse des risques inhérents aux eaux de ruissellement ; de nombreux paramètres sont à prendre en considération tels que les données pluviométriques, le sens d'écoulement, le type de sol et l'occupation du sol..... Cette étude permet de déterminer l'emplacement idéal pour l'implantation de ces

dispositifs, et les volumes de ruissellement générés afin que la conception des ouvrages soit optimale (cf. guide technique). Les estimations de coûts pour ce type d'étude varient entre 4000 et 6000 € hors taxes pour un bassin versant de 100 ha.

- **Conception de l'ouvrage**

Une fois le diagnostic de ruissellement établi, le coût de la conception du dispositif peut varier de 1500 à 2500 € hors taxes suivant le type de dispositif choisi et sa taille. La supervision de la conception et de la réalisation de l'ouvrage représente 10 à 20 % du prix des travaux.

- **Dossier réglementaire**

Dans certains cas, il est nécessaire d'introduire une demande d'autorisation pour la mise en œuvre de tels dispositifs, conformément au Code de l'environnement français (cf. chapitre précédent). Les services d'experts-conseils auxquels il est indispensable de faire appel pour une telle demande sont facturés entre 2000 et 5000 € hors taxes.

- **Sensibilisation**

La mise en œuvre de zones humides artificielles requiert très souvent un dialogue préliminaire afin que ces dispositifs soient mieux connus et acceptés. Il est, en effet, primordial que les planificateurs, les bureaux d'étude ou d'experts-conseils, et les hommes politiques en charge de la politique agricole sensibilisent davantage les propriétaires fonciers ou exploitants agricoles concernés.

Il faudra donc fédérer les projets de manière collective, optimiser l'efficacité des dispositifs, et parfois privilégier des zones du bassin versant intéressantes au niveau topographique (zones boisées, zones moins productives qui ne sont pas répertoriées en tant que zones humides). L'acceptation de ces zones humides artificielles implique donc qu'il faut tenir compte de l'opinion des propriétaires fonciers et des exploitants agricoles lorsqu'il s'agit de définir l'emplacement de ces zones humides artificielles

Enfin, étant donné que ces ouvrages sont novateurs et encore peu connus du grand public, il est nécessaire d'encadrer les projets, de superviser leur évolution, et d'accompagner les propriétaires fonciers et maîtres d'ouvrage dans le suivi de leur projet. Le dialogue et le suivi ont un coût qu'il n'est

pas facile d'évaluer; ce dernier peut varier suivant la structure en charge de la sensibilisation et de la durée de celle-ci. Ces structures peuvent être diverses : structures de conseils agricoles, autorités locales, associations en charge des ressources en eaux,...

Travaux et aménagements du sol

• Coûts des travaux

Les zones humides artificielles, spécialement conçues pour assainir les eaux de ruissellement, impliquent la réalisation d'un certain nombre de travaux qui engendrent des coûts de réalisation. Ces coûts dépendent de nombreux paramètres. Une décomposition des coûts totaux en divers postes de dépenses permet de mieux les évaluer. Il suffit d'additionner les postes de dépenses afférents au projet afin de parvenir au coût total de celui-ci.

Coûts de réalisation	Coût (€ hors TVA)	
	mini	maxi
Bassin de rétention		
Travaux de terrassement (curage)	10 €/m ³	15 €/m ³
Imperméabilisation (installation d'une couche de PVC ou d'argile)	45 €/m ²	60 €/m ²
Construction du système de sortie assurant la vidange de l'ouvrage (cloison, conduite)	650 €/unité	800 €/unité
Engazonnement (approvisionnement en semences et ensemencement)	0,5 €/m ²	1 €/m ²
Plantation d'arbres (approvisionnement en plants, plantation et protection)	15 €/plant	20 €/plant
Plantation d'hélophytes (approvisionnement en plantes et plantation)	25 €/m ²	30 €/m ²
Bassin d'orage		
Construction d'un bassin d'orage	35 €/m ³	60 €/m ³
Curage de l'ouvrage existant	10 €/m ³	15 €/m ³
Installation de gabions	300 €/ml	400 €/ml
Installation des drains sous le lit de sable filtrant	20 €/ml	30 €/ml
Approvisionnement en sable/graviers pour le lit de sable/gravier	5 €/m ³	10 €/m ³
Plantation d'hélophytes (approvisionnement en plantes et plantation)	25 €/m ²	30 €/m ²
Fossé végétalisé		
Travaux de terrassement (défrichage, curage)	10 €/ml	15 €/ml
Engazonnement (approvisionnement en semences et ensemencement)	0,5 €/m ²	1 €/m ²
Plantation de haies	1,83 €/ml	2,44 €/ml
Travail de la terre (labour, ensemencement)	30 €/ha	180 €/ha
Bioréacteur		
Construction d'une cuve enterrée en béton (travaux de terrassement, béton ...)	400 €/m ³	700 €/m ³
Approvisionnement en terre et paille	15 €/m ³	20 €/m ³
Sécurisation de la cuve (barrières et recouvrement de la cuve)	6 €/m ²	10 €/m ²

Tableau 1: Coût des travaux par type de dispositif, projet ArtWET

Ces coûts correspondent soit aux travaux réalisés par les entreprises de génie civil, soit à la durée de location et au coût des machines utilisées par l'exploitant agricole lorsqu'il décide d'effectuer lui-même les travaux.

• Et l'entretien ?

Il ne faut pas négliger les coûts d'entretien qui viennent s'ajouter aux coûts de réalisation. L'entretien de tels dispositifs se révèle assez simple en général, et peut être évalué de la façon suivante :

- curage: 2 à 5 €/ m³ dans le cas d'un marais au sein d'un environnement naturel, 12 à 14 €/ m³ pour le curage d'un bassin d'orage ;

- fauche (fossés végétalisés): de 35 à 80 €/ ha;
- entretien des plantations: de 2 à 4 €/ km.

Ces travaux d'entretien doivent être effectués régulièrement; ils sont, en effet, indispensables au bon fonctionnement de la zone humide artificielle. Il conviendra de maintenir l'écosystème responsable de la bio-remédiation en fonction tout en gardant disponible le volume de rétention des eaux dans le cas d'un ouvrage à double vocation (hydraulique et biologique).

- **Précautions obligatoires**

Les dangers pour la sécurité publique que présente le dispositif sont liés à la fonction de rétention des flux d'eau de l'ouvrage et à la qualité de l'eau contaminée par des produits phytosanitaires.

Afin d'éviter ces risques, le propriétaire est tenu d'engager sa responsabilité, et il est recommandé de prévoir des aménagements pour garantir la sécurité et éviter tout accident (des barrières ou panneaux "baignade interdite", par exemple).

Cela peut sembler contraignant mais permet d'éviter les accidents.



Contrôle du dispositif

Des coûts supplémentaires peuvent s'ajouter lorsqu'un contrôle est exigé afin de vérifier l'efficacité des dispositifs mis en œuvre.

La manière la plus simple de contrôler l'efficacité des ouvrages est de réaliser des analyses de concentration des produits phytosanitaires en aval de ces dispositifs. En France, par exemple, le contrôle de la qualité de l'eau des rivières est effectué grâce à un suivi échelonné de six analyses par an (une tous les deux mois).

- **Comment?**

Le contrôle consiste en un prélèvement d'échantillons d'eau au sein du dispositif ou en aval afin de réaliser des analyses du taux de produits phytosanitaires. L'échantillonnage est effectué manuellement ou automatiquement.

L'échantillonnage manuel est très simple à réaliser et il vous est possible de l'effectuer vous-même. Les récipients ou flacons destinés à l'échantillonnage doivent vous être fournis au préalable par le laboratoire en charge des analyses. Des flacons en plastique sont utilisés pour l'analyse du glyphosate, et des flacons en verre pour l'analyse des autres paramètres de ces produits phytosanitaires. Il vous faut remplir les récipients d'échantillonnage de l'eau prélevée au sein de la zone humide artificielle et les conserver au frais dans une glacière. La quantité d'eau à échantillonner peut varier suivant le nombre de paramètres que vous souhaitez analyser. Respectez les instructions fournies par le laboratoire ! Ou demandez une prestation complète : prélèvement, analyses, interprétation.

Les prélèvements automatiques nécessitent un équipement spécifique. L'échantillonneur peut être standard ou réfrigéré, et son prix varie donc de 3000 ou 4000 € à 10.000 ou 15.000 €. Il vous est possible de régler l'échantillonneur suivant la fréquence des prélèvements désirés. Attention ! Tout équipement doit être entretenu : comptez environ 500 € par an pour l'entretien de votre équipement.

Il faut tout de même préciser que le suivi décrit ici n'est que partiel et que la concentration en produits phytosanitaires dans les eaux de ruissellement superficiel varie en fonction du temps, selon les épisodes pluvieux et le temps écoulé entre les épandages et la prise d'échantillons. C'est pourquoi, l'interprétation des résultats doit être menée avec précaution et confiée à des experts. Il est de toute manière utile de prélever en entrée et en sortie de l'ouvrage afin d'avoir une estimation de son efficacité épuratoire relative. La mesure des flux est plus pertinente que celle des concentrations.

- **Coûts ?**

Une analyse de l'eau réalisée d'après le paramètre "totalité des produits phytosanitaires" (qui inclut plus de 300 molécules) coûte approximativement 600 €.

Cette analyse coûte moins cher si l'on a déjà une idée du type de molécules présentes dans l'eau (en fonction des produits agricoles cultivés aux alentours et des produits phytosanitaires utilisés par les exploitants agricoles).

Interprétation des résultats d'analyse

Les résultats peuvent être interprétés différemment suivant la manière dont le contrôle a été effectué. Il est donc indispensable de faire appel à un expert.

- Une analyse ponctuelle fournira uniquement des informations sur la présence de produits phytosanitaires à un moment précis. Ce moment peut correspondre à un pic de pollution ou à une période sans pollution. Il est donc impossible d'interpréter un tel résultat; il s'agit uniquement d'une donnée.

- Un suivi régulier permet d'observer l'évolution des taux de concentration au cours du temps. Néanmoins, une interprétation de ces résultats n'est possible que si l'échantillonnage est très fréquent et que l'on possède des données contextuelles (ex: pluie, débit, etc.) ; il s'agit dès lors d'un suivi scientifique qui ne peut plus être réalisé seulement par le propriétaire du projet.

Coûts des dispositifs

Les coûts de certaines zones humides artificielles sont repris ci-dessous dans le tableau 2, calculés sur la base d'un bassin versant en amont de 50 ha. Il ne s'agit là que d'exemples ; chaque cas est unique et doit être examiné en détail.

Type de dispositif	Bassin versant de 50 ha	
	Taille de l'ouvrage	Coût de l'ouvrage
Aménagement d'un bassin d'orage	700 m ³ (superficie : 200 m ²)	12000 € (terrassment : 5000 €, installation de dessablage et gabions : 4000 €, plantation d'hélophytes: 3000 €)
Bassin de rétention	1200 m ³ (superficie : 800 m ² et profondeur : 1.5m)	9600 € (terrassment : 5400 €, système d'exutoire : 800 €, plantation d'hélophytes sur la partie immergée et engazonnement partout ailleurs: 3400 €)
Fossé végétalisé	250 m	2250 € (terrassment : 2200 €, engazonnement : 250 €)
Zone de rétention en forêt	3200 m ² avec rigole d'alimentation de 80 m	920 € (terrassment : 840 €, engazonnement : 80 €)

Tableau 2: Exemples de coûts de zones humides artificielles, projet ArtWET

Au total, la construction de tels ouvrages ne représente pas un investissement lourd pour les exploitants agricoles, d'autant que les pertes encourues en raison de leur mise en œuvre restent minimes. A l'échelle communale, la pris en charge collective répartit les charges.

L'aménagement d'un bassin d'orage afin de lui ajouter une fonction de bioremédiation engendre des frais supplémentaires assez peu élevés quand on les compare aux économies que l'on peut réaliser grâce à de tels dispositifs ; d'autant plus que, pour certaines molécules, ces ouvrages permettent une élimination totale des produits phytosanitaires (cf. guide technique).

L'EMPLACEMENT POURRAIT FAIRE LA DIFFÉRENCE

Outre les questions liées aux aspects juridique et réglementaire, il s'agit de réfléchir avant tout au choix de l'emplacement d'une zone humide artificielle pendant sa mise en œuvre.

En effet, même si le trajet qu'emprunte l'eau au sein d'un bassin versant permet d'ores et déjà de définir l'emplacement le plus propice, il demeure possible d'optimiser financièrement le lieu choisi.

Les propriétaires de projets potentiels et la question des terrains

Les exploitants agricoles et les autorités locales incarnent les principaux propriétaires de projet potentiels lorsqu'il s'agit de dispositifs tels que les ouvrages ArtWET ; les premiers le sont en raison de

leur présence à la source d'éventuelles pollutions (épandage de pesticides), les seconds en raison de leur rôle d'utilité publique et de leur engagement dans le traitement des eaux et dans l'approvisionnement en eau potable.

À qui appartiennent les terrains ?

L'étude du trajet qu'emprunte l'eau au sein d'un bassin versant permet de déterminer quel sera l'emplacement le plus adapté et utile pour la réalisation d'une zone humide artificielle. Des questions foncières peuvent apparaître en fonction du propriétaire qui possède le terrain sur lequel est situé l'emplacement envisagé.

Dans les cas les plus simples, les dispositifs sont, soit, aménagés sur des terrains qui appartiennent aux exploitants agricoles qui possèdent aussi les champs du bassin versant, soit, sur un terrain municipal, lorsqu'il s'agit d'un projet initié ou porté par une municipalité. Si le terrain appartient à l'initiateur du projet, ceci permet d'éviter tout problème foncier. Néanmoins, suivant la topographie du terrain, il se pourrait que le terrain en aval appartienne à une tierce personne. Dans ce cas, trois solutions sont à envisager :

- Achat du terrain par le propriétaire du projet,
- Achat du terrain par une association foncière,
- Autorisation d'aménagement du terrain accordée par le propriétaire.

Pour chaque projet, les planificateurs, les bureaux d'études ou d'experts-conseils et les hommes politiques en charge de l'agriculture devront tenir compte des propriétaires ou exploitants agricoles présents en aval.

Coûts des terres agricoles

Le coût des terres agricoles doit uniquement être inclus dans le coût du dispositif lorsque des terrains sont achetés, par une municipalité, par exemple, afin de permettre l'installation de tels dispositifs. En règle générale, les exploitants agricoles n'ont pas besoin d'acheter des terrains supplémentaires pour réaliser ce type d'ouvrages. Il se peut, néanmoins, que cela soit le cas lorsque ce sont les autorités locales qui mettent en œuvre le projet.

Même s'il n'est pas nécessaire d'acquérir une parcelle de terre, les données suivantes permettent de donner une idée de la valeur intrinsèque d'une zone ciblée, en partant du principe que le système est implanté dans une zone ayant une valeur agricole.

- **Variation des prix suivant les pays**

Le rapport prix/ RAB (Revenu Agricole Brut) souligne la corrélation qui existe entre le prix des terres et la rentabilité des activités entreprises sur ces terres.

Entre 1990 et 2006, les ratios ont, dans leur ensemble, augmenté à travers l'Europe: 14% en Italie, et 50% en France, à l'exception de l'Allemagne qui enregistre un déclin de 3%. Ce déclin se poursuit depuis lors, un déclin de l'ordre de 10%, dû à l'augmentation simultanée de la valeur des terres et des rendements agricoles bruts.

L'ouverture du marché foncier explique l'écart constaté entre les valeurs du marché qui correspond à la part de surface agricole vendue chaque année.

En 2008, le prix national moyen des terres et pâturages en France était de 5170 €/ha. À l'inverse, un hectare de surface agricole en Allemagne est vendu en moyenne 12.200 €, alors que le rapport prix/RAB est similaire à celui de la France où le prix des terres est deux fois moins élevé. Ceci s'explique par le fait que la part de surfaces agricoles exploitables vendue en Allemagne n'est que de 0.66% (contre 1.39% en France).



De plus, ces valeurs moyennes cachent de grandes disparités entre les régions d'un même pays : en France, par exemple, 1 ha vaut, en moyenne, 1920 € en Loire-Atlantique alors qu'il atteint 32.850 € dans le Var. En Allemagne, les disparités sont dues à une ouverture du marché qui varie au sein du territoire, et divise les régions de l'Est et de l'Ouest : les terres à l'Est sont vendues en moyenne 4000 €/ha, tandis que le prix des terres à l'Ouest s'élève à 16.200 €/ha, alors que l'ouverture des marchés y est trois fois moindre.

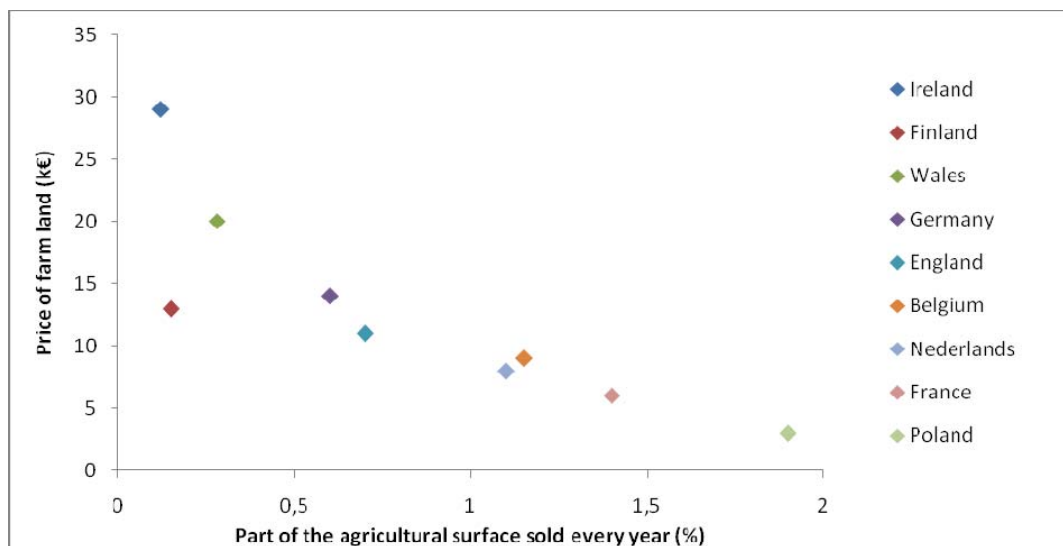


Schéma 12: Comparaison du prix des terres agricoles en Europe (Source : Terres d'Europe SCAFR)

- **Variation au sein d'un pays : l'exemple de la France**

La carte de France, présentée schéma13, révèle la variation des prix suivant les départements :

- On constate deux pôles majeurs où les prix dépassent souvent 6000 €/ha : le nord de la France (bassin parisien, Nord-Pas-de-Calais, Picardie, Haute-Normandie, terres consacrées aux grandes cultures), et le bassin méditerranéen (littoral et vallée du Rhône) où l'on retrouve des cultures et terres à grande valeur ajoutée, qui bénéficient d'une irrigation régulière ; le prix de ces terres est également soumis à la pression résidentielle. Ajoutons à ces deux pôles la Savoie, les Pyrénées-Atlantiques et les Landes, ainsi qu'un pôle centré sur l'Aveyron.
- À l'inverse, trois pôles consacrés à l'élevage se démarquent par leurs prix bas (inférieurs à 3000 €/ha) : l'un dans l'ouest de la France (Vendée, Deux-Sèvres, Loire-Atlantique et Maine-et-Loire); un autre à l'Est, qui englobe une grande partie de la Franche-Comté et de la Bourgogne ; et un troisième au nord du Massif Central.

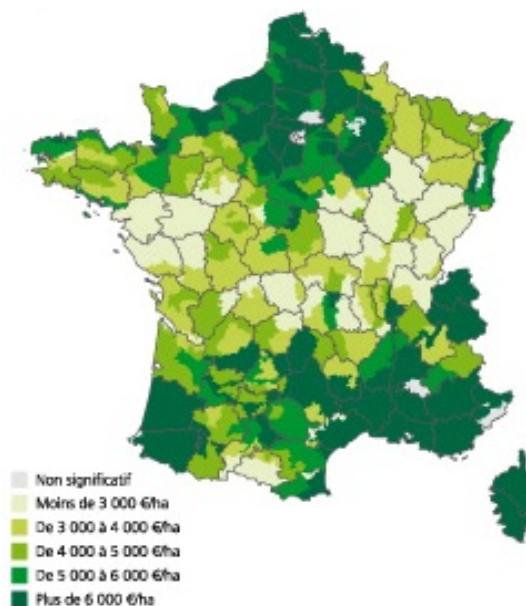


Schéma 13: Coût des terres et pâturages en 2008 par surface agricole (valeur triennale)
(Source: SAFER)

- **Disparition de terres agricoles**

En Europe, ce sont, chaque année, plusieurs milliers d'hectares qui ne servent plus à la production agricole mais à d'autres fins.

Les exploitants agricoles sont, bien entendu, les premiers à acquérir davantage de terres afin d'étendre leurs cultures : leur nombre a diminué au cours des 50 dernières années mais la superficie moyenne d'une exploitation agricole a augmenté sur la même période.

Néanmoins, les terres agricoles servent aussi à l'extension urbaine, à la construction de logements, d'installations, de zones industrielles ou commerciales, de structures de loisirs...

Et les zones artificielles s'étendent régulièrement, sans que l'on puisse apparemment endiguer ce phénomène, au détriment des terres agricoles mais aussi des zones naturelles dans la plupart des cas.

Comment optimiser l'emplacement

- **Privilégier les terres à faible potentiel agronomique**

Il s'agit donc de faire preuve de bons sens en choisissant en priorité les zones moins productives ou peu avantageuses pour la construction de l'ouvrage : extrémités des parcelles, zones humides cultivées, zones ombragées...

Certaines zones situées le long du trajet qu'emprunte l'eau peuvent être envisagées pour la réalisation de zones humides artificielles. Il pourrait s'agir de :

- zones présentant un potentiel agronomique plus faible. Les planificateurs pourront faire appel à un agronome pédologue afin de localiser ces surfaces.
- endroits d'une parcelle, où il est plus difficile pour l'exploitant agricole de travailler la terre.
- endroits d'une parcelle situés à l'ombre de zones boisées,
- terres en friche qui ne sont pas répertoriées en tant que zones humides.

- **Intégration de certaines zones dans la surface équivalente topographique**

Dans le cadre des bonnes pratiques agricoles, qui entrent dans les conditions d'obtention des aides accordées par la PAC (Politique Agricole Commune), les exploitants agricoles sont tenus de conserver certains éléments naturels au sein de leur exploitation, tels que des haies, étangs, zones boisées,... L'objectif est de préserver la biodiversité et les ressources en eau. Ces éléments naturels sont appelés SET: "surface équivalente topographique".

On retrouve des éléments de zones humides artificielles parmi les SET, notamment les bandes enherbées, des éléments de fossés, les berges d'étangs ...

Lorsque certaines zones humides artificielles sont déclarées en tant que SET, le manque à gagner peut être compensé, sauf si la bande enherbée se trouve sur une terre à fort potentiel agronomique.

D'une mono à une bi-fonctionnalité

Certains systèmes sont d'ores et déjà existants et il suffit alors de les aménager afin de leur donner une fonction supplémentaire. C'est le cas, par exemple, des bassins d'orage hydrauliques qui ont pour rôle principal de protéger des inondations. L'idée consiste dès lors à utiliser une partie de ce bassin pour le traitement des eaux. Le défi principal est de parvenir à combiner ces deux fonctions avec les aspects hydrauliques, chimiques et biologiques. Il n'est donc pas nécessaire de rechercher de nouvelles superficies car l'emprise foncière existe déjà.

Le coût de réalisation d'un bassin d'orage est quatre à cinq fois plus élevé que le celui d'un simple aménagement: pour un bassin versant de 50ha, l'aménagement d'un bassin d'orage revient à environ 10.000 € alors que sa construction peut coûter jusqu'à 40 ou 50.000 € selon le volume.

Évaluation de la perte de profit



L'implantation de zones humides artificielles posent problème en matière de récolte agricole puisqu'elles empiètent sur les terres agricoles : il est donc nécessaire de comptabiliser la perte de profit liée à la production agricole dans le coût des travaux et de la maintenance. D'où l'importance d'identifier le meilleur emplacement pour les zones humides d'un point de vue technique mais aussi économique, afin d'augmenter les bénéfices cités précédemment tout en limitant la superficie agricole qui ne pourra plus être cultivée.

Une étude menée par l'INRA (UMR Biologie et Gestion des Adventices, 2009), fondée sur des sondages effectués auprès d'exploitants agricoles dans deux régions françaises (Franche-Comté et Poitou Charente), a révélé que la mise en œuvre de bandes enherbées entraîne une perte de profit (comprise entre 110 et 708 € / ha suivant les cultures). Les résultats de cette étude peuvent être étendus à tous les dispositifs de bioremédiation puisque ces ouvrages empiètent systématiquement sur des terres qui étaient exploitées auparavant, et que cela entraîne donc une certaine perte de profit.

Le tableau 3 ci-dessous décrit, par le biais de statistiques, les changements en termes d'intrants et de rendement dus à la mise en œuvre d'une bande enherbée :

- Moins de rendement : primes agricoles, produits de la récolte ;
- Moins d'intrants: frais de mécanisation agricole, investissements pour l'amélioration de la croissance.

Les frais supplémentaires engendrés par l'achat de semences et l'entretien de la bande enherbée ne sont pas comptabilisés ici puisqu'ils ont déjà été pris en compte au paragraphe précédent.

	Moins de rendement (€/ha)	Moins d'intrants (€/ha)
Mise en oeuvre	- cultures : de 600 à 1300	engrais : 130 à 300 épandage de lisier : 16 produits phytosanitaires : 180 traitement : 48 récolte : 85 ensemencement : 50 à 90
TOTAL	de 600 à 1300 €/ha	509 à 719 €/ha
Entretien	- cultures : de 600 à 1300	engrais : 130 à 300 produits phytosanitaires : 180 traitement : 48 labour : 57 récolte : 85 ensemencement : 50 à 90
TOTAL	de 600 à 1300 €/ha	607 à 817 €/ha

Tableau 3: Estimation des coûts de mise en œuvre et d'entretien d'une bande enherbée sur des terres cultivées précédemment pour la production de blé

(La perte de profit est très variable en raison des fortes fluctuations du prix du blé ces dernières années)

La mise en œuvre et l'entretien par la fauche d'une bande enherbée qui occupe une partie de surface agricole destinée à la production de blé engendre une perte de profit de 111 à 321 €/ha au cours de la première année, et de 13 à 223 €/ha les années suivantes. Ces chiffres n'incluent pas les coûts de mise en œuvre et d'entretien de la bande enherbée.

La perte de profit varie principalement en fonction du type de culture puisque cette perte est avant tout liée à la disparition d'une partie des récoltes.

Culture	Herbe	Blé	Maïs
Mise en œuvre (€/ha)	229	321	788
Entretien (€/ha)	229	223	370
Coûts calculés sur 4 ans	229	247	474

Tableau 4: Estimation de la perte de profit suivant le type de culture

Il est néanmoins nécessaire de relativiser ces chiffres, l'étude ayant également démontré que les exploitants agricoles n'en tiennent généralement pas compte (seuls 30 % d'entre eux l'auraient remarqué). En outre, l'idée d'exploiter les produits dérivés de ces zones de rétention n'a pas encore été soulevée ici (la vente du foin après la fauche d'un fossé végétalisé, par exemple), alors que cela permettrait de réduire d'autant les coûts de mise en œuvre des dispositifs ArtWET.

La recherche au service de la phytoremédiation

Les divers dispositifs mis en œuvre dans le cadre du projet ArtWET peuvent être répartis en deux catégories. Les premiers sont des **prototypes de démonstration** de taille réelle : par une approche multidisciplinaire qui recouvre l'hydrologie, l'hydraulique, la chimie, la biochimie, l'écotoxicologie, la microbiologie, la biologie végétale et la socio-économie, l'objectif du projet est d'évaluer l'efficacité de ces dispositifs en termes de réduction du transfert des produits phytosanitaires, de préservation de la biodiversité aquatique, et de l'acceptation de tels dispositifs par les différentes parties prenantes.

Les seconds sont des **prototypes expérimentaux** : à travers ces dispositifs, le projet a pour vocation de déterminer quels sont les paramètres clés impliqués dans les processus de disparition des produits phytosanitaires. En règle générale, les dispositifs expérimentaux sont plus onéreux que ceux destinés à la démonstration ; en effet, d'une part, ces ouvrages expérimentaux sont mis en œuvre à des fins de

recherche scientifique, et, d'autre part, de nombreux instruments de mesure sont nécessaires afin d'identifier les paramètres impliqués dans le traitement des produits phytosanitaires. La métrologie mise en place est donc lourde par rapport à une surveillance classique des masses d'eau.

Type	Emplacement	Études préliminaires	Construction	Aménagement	Coût moyen	Entretien
Zone humide	Bray 2 (France)	717	7200	1408	de 28 € à 54 €/m ³	100
	Eichstetten (Allemagne)		350			
Fossé en forêt	Bray-1 (France)	717	600		32 €/m	50
Bassin d'orage	Rouffach (France)			15000	10 €/m ³	2000
Bassin de rétention	Chemillé (France)	1500	6912	1100	de 22 € à 25 €/m ³	100
	Le Liège (France)	1600	6831	500		100
	Verneuil (France)	1500	7197	1200		100
Bioréacteur	Piacenza-1 (Italie)		3600			600

Type	Emplacement	Construction	Coût moyen	Entretien
Zone humide mésocosme et microcosme	Colmar (France)	81 110	965 €/m ²	50
Bioréacteurs de laboratoire	Piacenza-2 (Italie)	12 000		2000
Fossés végétalisés	Landau-3 (Allemagne)	170 000	436 €/m	5 000

Tableau 5 : Coûts des prototypes de présentation et expérimentaux du projet ArtWET

3. COMMENT FINANCER VOTRE PROJET ?

Ce chapitre répond aux questions suivantes :

- Puis-je obtenir des aides afin de financer mon projet ?
- Quelles sont les conditions de cette aide ?
- Qui dois-je contacter ?

EXPLOITANT AGRICOLE

Les subventions accordées aux exploitants agricoles en Europe sont soumises aux conditions de la PAC (Politique Agricole Commune), qui s'applique différemment suivant les pays.

Quelques informations sur la Politique Agricole Commune

- **Évolution de la PAC**

La politique agricole commune (PAC) est une politique de l'Union européenne qui vise à moderniser et développer l'agriculture. Elle relève de la Direction générale de l'Agriculture et du Développement rural de la Commission européenne. La PAC est mise en œuvre par le biais de primes et de subventions, financées par le Fond européen agricole pour le développement rural (FEADER). Ce Fond s'articule selon 4 axes :

- Axe 1 : amélioration de la compétitivité du secteur agricole,
- Axe 2 : amélioration de l'environnement et de l'espace rural,
- Axe 3 : qualité de vie dans les espaces ruraux et diversification de l'économie rurale,
- Axe 4 : coordination des actions pour le développement de l'économie rurale (désormais intégré au Règlement de Développement Rural).

Il est très probable qu'un exploitant agricole de l'EU perçoive le versement de paiements directs, principale forme de financement européen de l'agriculture. La réforme de la Politique Agricole Commune en 2003 a conduit à l'introduction d'un nouveau système de paiements directs, connu sous le nom de Régime de paiement unique, en vertu duquel l'aide n'est plus calculée en fonction de la production.

L'objectif premier du paiement unique est de soutenir les revenus des exploitants agricoles en échange de leur engagement à respecter les normes de protection environnementale, le bien-être des animaux, la sécurité alimentaire, et à maintenir les terres agricoles en bon état. Les exploitants agricoles sont encouragés à prendre leurs décisions en fonction de l'évolution du marché.



Sous certaines conditions restreintes, les États membres peuvent décider de réduire la valeur des droits à paiement unique et de poursuivre le versement de paiements directs calculés en fonction de la production.

Dans le cadre de la politique de développement rural pour la période 2007-2013, les États membres de l'EU vont investir plus de 91 milliards d'euros afin d'accroître la compétitivité dans l'agriculture et la sylviculture, de protéger l'environnement et les espaces ruraux, et enfin, d'améliorer la qualité de vie et la diversification de l'économie rurale. Le volet intitulé Leader introduit des possibilités de financement pour les approches locales en matière de développement rural.

- **Type de subventions**

Ce sont des organismes payeurs désignés par les autorités nationales qui sont en charge des paiements directs.

Afin de pouvoir bénéficier du paiement unique, un exploitant agricole doit posséder des droits au paiement ainsi que des terres. Les droits au paiement sont calculés sur la base des versements perçus

par l'exploitant au cours d'une période de référence (modèle historique) ou selon le nombre d'hectares cultivés éligibles (modèle régional).

Les fonds FEADER sont distribués par le biais de programmes menés à l'échelle nationale : le gouvernement nomme une autorité de gestion dont le rôle, au niveau de la gestion de projet, est d'informer les bénéficiaires potentiels sur les modalités d'obtention de l'aide, les règles en vigueur et le montant de l'aide européenne disponible.



Attention ...

Il existe des dépenses préliminaires qu'il s'agit de prendre en considération avant même d'entamer la réalisation de tels ouvrages et d'évaluer le coût des travaux. Ces dépenses sont liées aux études de faisabilité et de pertinence, à l'identification du dispositif le plus approprié et du meilleur emplacement, ou aux exigences de conception en fonction des conditions environnementales locales.

- **Mise en œuvre par les pays européens**

En France, le Programme de Développement Rural Hexagonal (PDRH) est le document qui sert de référence en termes d'aides et de mesures prévues afin de remplir les objectifs fixés par la PAC. Ce programme a été adopté le 20 juin 2007 (article (CE) n°1698/2005 du 20 septembre 2005) pour une durée de 5 ans. Il établit une évaluation de référence du territoire et définit les plans d'action stratégique. En Allemagne, c'est le Programme d'amélioration des structures agricoles et de la protection des côtes (GAK) qui sert de document de référence en termes d'aides et de mesures prévues afin de remplir les objectifs fixés par la PAC. Il a été adopté en 2009 pour une durée de 4 ans. Il établit une évaluation de référence du territoire et définit les plans d'action stratégique.

Les diverses aides en France

- **Aides de la PAC**

Les mesures du PDRH se déclinent en deux catégories :

- Les mesures regroupées au sein d'un catalogue national, qui sont élaborées pour chaque région qui souhaite bénéficier de leur mise en œuvre sur une partie au moins de leur territoire. Chaque région précise dès lors les termes de référence et le montant des aides conformément aux recommandations du catalogue national ;
- Les mesures nationales : Les spécifications et le montant des aides sont fixés à l'échelle nationale.

Afin de réduire l'impact de l'agriculture sur l'environnement et de limiter les transferts de pollution vers les aquifères et cours d'eau, le PDRH 2007-2013 prévoit les mesures suivantes :

Axe 1

- Mesure n°121 : Modernisation des exploitations agricoles / Action B : Plan végétal pour l'environnement

Ce plan vise à financer des investissements pour l'environnement qui vont au-delà des normes exigées en termes de qualité de l'eau. L'objectif est de soutenir des investissements spécifiques qui permettent aux exploitants agricoles de satisfaire aux exigences environnementales sur chaque territoire. Le champ d'application de ce plan comprend les actions qui visent à :

- Réduire la pollution par les produits phytosanitaires et les engrais,
- Réduire l'impact des zones d'emprunt existantes sur les ressources en eau,
- Lutter contre l'érosion.
- Mesure n°125 : Amélioration et développement des infrastructures liées à l'évolution et à l'aménagement des secteurs agricole et forestier. Actions B et C : soutien aux retenues collectives collinaires ou de substitution, et soutien aux infrastructures autres

L'objectif de ces mesures est d'améliorer et de développer les infrastructures liées à la gestion de l'eau. Cette mesure vise à réduire les prélèvements d'eau utilisant des volumes de substitution ; et donc de parvenir à réconcilier les notions de production et de protection de l'environnement.

Axe 2

- Mesure 214 : paiements agro-environnementaux - Action I: Mesures Agro-Environnementales territorialisées (MAEt)

Les MAEt forment un dispositif qui a vocation à s'appliquer sur des territoires précis à enjeux ciblés au sein de zones d'actions prioritaires. Cet outil sert avant tout à préserver ou restaurer la qualité de l'eau et à limiter la dégradation de la biodiversité. Il s'agit là de mesures à mettre en œuvre dans chaque région par le biais d'engagements unitaires. Parmi ces engagements unitaires, quatre s'appliquent aux dispositifs ArtWET : (1) mise en œuvre et entretien d'un couvert herbacé, (2) entretien mécanique des chemins, (3) entretien des fossés et rigoles de drainage et d'irrigation, des fossés et canaux en marais, et enfin (4) restauration et entretien des mares.

- Mesure 216 : aide aux investissements non productifs

Cette mesure vise à préserver ou à restaurer la qualité de l'eau.

Axe 3

- Mesure 323 : conservation et mise en valeur du patrimoine rural - Action D : conservation et gestion du patrimoine naturel

Cette mesure vise à préserver et à mettre en valeur le patrimoine naturel. Elle a pour objectif de permettre des investissements physiques et l'élaboration de plans de gestion.

Champ d'application	Bénéficiaires	Investissements éligibles	Montant de l'aide	Dispositifs ArtWET
Axe 1 - mesure 121 - B : Retrouver une qualité de l'eau satisfaisante par le biais d'investissements pour l'environnement				
- Réduction de la pollution due aux produits phytosanitaires et engrais, - Réduction de la pression exercée par le captage des eaux existant - Lutte contre l'érosion	Exploitants agricoles individuels, propriétaires fonciers qui louent des champs, instituts de recherche impliqués dans le développement agricole, coopératives d'utilisation du matériel agricole...	Dépenses liées à l'installation de haies et de dispositifs végétalisés dans des zones plus exposées aux problèmes environnementaux	30.000 € max. Le taux de subvention tous financeurs est plafonné à 40%.	Réduction des produits phytosanitaires: installation d'un dispositif végétalisé le long des berges de rivières.
Axe 1 - mesure 125 - B et C : Mise en valeur des infrastructures liées à la gestion des eaux				
	Syndicats autorisés, institutions publiques, syndicats des eaux, réserves naturelles régionales, autorités locales.	Opérations de réhabilitation en lien avec l'hydraulique agricole.	80% (n'est pas cumulable avec la mesure 216)	Tout type d'ouvrages hydrauliques (bassin de stockage, fossé, bassins...).
Axe 2 - mesure 214 - I : Préservation de l'eau et amélioration de sa qualité				
Dispositif agro-environnemental territorialisé.	Personne morale ou morale qui exerce des activités agricoles.		Montant max.: - 158 €/ha de couverture végétale - 0,1 €/m de haie - 2,84 €/m de fossé - 135 €/marais	- Mise en œuvre et entretien d'une couverture végétale et de bassins - Entretien de berges végétalisées et de fossés

Axe 2 - mesure 216 : Préservation ou restauration de la qualité de l'eau				
Zones d'actions prioritaires: zones humides et autres zones d'intérêt écologique.	Personne morale ou morale qui exerce des activités agricoles.	Ouvrages liés à ces zones (petits ouvrages hydrauliques), matériel d'entretien, et restauration de marais.	De 60% à 80% des investissements	Mise en œuvre de bassins ou autres ouvrages hydrauliques.
Axe 3 - mesure 323 – D : Préservation de la qualité des paysages et de la biodiversité				
Actions de préservation et plans de gestion, opérations de sensibilisation et investissements de matériel non productif	Propriétaires privés, associations, autorités locales, institutions publiques, réserves naturelles régionales.	Réhabilitation mise en valeur du patrimoine paysager.	40 à 100%.	Mise en œuvre de bassins.

Tableau 6 : Synthèse des aides et mesures proposées par le PDRH 2007-2013

▪ Aides locales

Les aides directes aux exploitants agricoles ne peuvent être versées que par le biais du PDRH. Les mesures prévues par cet instrument d'aménagement sont donc financées à 55% par des fonds européens (FEADER), et à 45% par des fonds nationaux. Ces fonds nationaux peuvent être apportés par le gouvernement, les Agences de l'Eau ou les régions. En effet, un Document Régional de Développement Rural (DRDR) a été élaboré pour chaque région, en collaboration avec tous les partenaires régionaux. Il sert de document de référence pour la mise en œuvre d'aides au développement rural au sein des régions.



Néanmoins, il est nécessaire de préciser que les aides qui relèvent du PDRH sont accordées suivant le lieu où s'appliquent les mesures : en effet, les mesures adoptées font seulement l'objet de subventions lorsqu'elles s'appliquent à des territoires considérés prioritaires en termes de qualité de l'eau (à savoir principalement les réservoirs de stockages destinés à l'approvisionnement en eau) ou de qualité de l'habitat (à savoir principalement les zones Natura

2000).

D'autres aides et subventions peuvent être accordées au secteur agricole lorsqu'elles ne concernent pas directement les individus mais permettent plutôt de financer des projets collectifs.

En région Rhône-Alpes, par exemple, ce type de projets peut bénéficier des financements suivants :

- Aide de la région Rhône-Alpes pour la mise en œuvre de projets expérimentaux innovants ; dans le cadre d'un appel à projets pour la réduction de la pollution due aux produits phytosanitaires, la région contribue à hauteur de 50 % au financement de projets qui proposent des solutions innovantes et reproductibles ;
- Aide du département du Rhône pour la réalisation d'un couvert herbacé : le Conseil Général, en collaboration avec les associations de chasseurs, subventionne la mise en œuvre de couverts herbacés (prairies, bandes enherbées, et fossés végétalisés).

Contacts

Les financeurs potentiels peuvent varier suivant les pays, voire même au niveau local au sein d'un même pays. Voici donc une liste des organismes auxquels il est possible de s'adresser afin d'introduire une demande de subvention pour un projet de zone humide artificielle. Il s'agit d'une liste non

exhaustive et il faudra s'adresser à chacune de ces structures en particulier afin de connaître la possibilité de financement réelle.

Pour la France :

- Les Agences de l'Eau
- Conseils régionaux, conseils départementaux, autorités locales
- Parcs naturels régionaux, parcs nationaux, associations pour la protection des rivières
- Conseils agricoles, syndicats d'exploitants agricoles, DDT (Direction Départementale des Territoires) via le gouvernement et le FEADER

Exemple de deux MAEt à Loches Montrésor, France

Deux MAEt ont été adoptées à Loches afin de financer des zones humides artificielles

- Mise en œuvre et entretien de zones végétalisées : dans le cas de la réalisation de bandes enherbées, conversion de terres agricoles en prairies ou réalisation de zones végétalisées pour la dépuración des zones de drainage **450 €/ha**
 - o Une seule inversion en 5 ans
 - o Interdiction des produits phytosanitaires
 - o Apports d'engrais limités à 60 U N et interdits en bordure de cours d'eaux
- Entretien de marais **75 €/marais**
 - o Élaboration d'un plan de gestion
 - o maintenance interdite en hiver, pas de produits chimiques
 - o pas de couche en plastique

AUTORITÉS LOCALES

Aides locales en France

Les autorités locales (municipalités, communauté de communes) peuvent être initiatrices de projet pour la réalisation de dispositifs ArtWET, notamment lorsque le projet en question associe une fonction de bioremédiation à une fonction de protection hydraulique. Dans ce cas, il existe deux financeurs principaux : les Agences de l'Eau et les autorités régionales (Conseil Général, Conseil régional).

L'un des principaux objectifs des Agences de l'Eau françaises est de restaurer la qualité de l'eau dans les secteurs touchés par une pollution diffuse.

L'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse s'est fixé, par exemple, l'objectif de réduire fortement la pollution diffuse (due essentiellement aux nitrates et produits phytosanitaires) qui affecte les bassins versants d'approvisionnement en eau afin de préserver de manière durable la qualité de l'eau potable. L'agence contribue financièrement aux études et diagnostics réalisés, aux activités de mobilisation, de sensibilisation, au suivi des actions, et à l'achat de terres.

La restauration de la qualité de l'eau au sein des bassins versants doit être mise en œuvre par les municipalités en charge de la production d'eau potable. Les actions soutenues par l'Agence dans ce domaine sont les suivantes :

Type d'intervention	Taux de subventions
Achat de terres au sein du bassin versant	de 50 à 80%
Investissements dans des machines non agricoles	50%

Tableau 7: Actions subventionnées par l'Agence de l'Eau, France



dépollution.

Sur le territoire qui relève de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse, la réalisation de zones humides artificielles permet de satisfaire à trois objectifs de la politique locale de préservation de l'eau :

- Eau et Pollution : lutte contre tous types de pollution,
- Eau et Santé : amélioration de la qualité sanitaire de l'eau réservée à la consommation humaine.
- Eau et gestion territoriale : lutte durable contre les inondations.

Par exemple, L'Agence contribue financièrement à hauteur de 30 % maximum des montants éligibles investis afin de rendre l'utilisation des produits phytosanitaires plus sûre.

Les aides accordées par les autorités locales (Conseil Général, Conseil régional) varient en fonction des caractéristiques régionales, des politiques et objectifs spécifiques adoptés. En règle générale, il est plus probable d'obtenir des subventions locales pour la mise en œuvre de zones humides artificielles en raison de leur fonction de stockage (maîtrise des inondations) qu'en raison de leur fonction de

En Alsace, par exemple, le Conseil Général ne finance aucun projet qui contribue à la réduction de la pollution mais subventionne certains ouvrages qui permettent de protéger la population : ici, seuls des bassins d'orage pourraient donc être subventionnés. Suivant le même principe, le Département de l'Ain développe une stratégie qui vise la maîtrise des eaux de ruissellement : il finance jusqu'à 50 % des investissements pour la réalisation de fossés végétalisés, et jusqu'à 30% des investissements destinés à la mise en œuvre de bassins de stockage.

Mémo sur la DIG en France

En France, la procédure de Déclaration d'Intérêt Général (DIG) permet aux propriétaires de projets de faire participer aux dépenses ceux qui les ont rendus nécessaires ou qui ont un intérêt en la matière. Dans le cas de zones humides artificielles, ces dispositifs s'imposent en raison de l'utilisation de produits phytosanitaires. Étant donné que ces ouvrages permettent de réduire la concentration de ces produits dans l'eau, il semblerait logique que les exploitants agricoles soient impliqués dans l'approche environnementale de la municipalité et qu'ils contribuent financièrement au projet.

Le coût de la mise en œuvre de ces dispositifs est relativement élevé lorsqu'il est assumé par les seuls exploitants agricoles, mais en s'unissant, exploitants agricoles et autorités locales peuvent parvenir à un compromis, les uns s'attachant à la fonction de dépollution tandis que les autres s'attacheront à la fonction de rétention des inondations. Les propriétaires de terres en bordure d'eau, mais aussi toute personne physique ou morale (entreprises), autorité publique ou particulier peut contribuer au financement des ouvrages. Le propriétaire du projet dispose d'une totale liberté dans la fixation du taux de participation des personnes impliquées dans le financement des travaux suivant leur intérêt en la matière.



Contacts

Les financeurs potentiels peuvent varier suivant les pays, voire même au niveau local au sein d'un même pays. Voici donc une liste des organismes auxquels il vous est possible de vous adresser afin d'introduire une demande de subvention pour un projet de zone humide artificielle. Il s'agit d'une liste non exhaustive et il faudra s'adresser à chacune de ces structures en particulier afin de connaître la possibilité de financement réelle.

France:

- Agences de l'Eau
- Conseils régionaux, conseils départementaux, autorités locales
- Parcs naturels régionaux, parcs nationaux, associations pour la protection des rivières

4. LES ZONES HUMIDES ARTIFICIELLES REVÊTENT DE MULTIPLES FONCTIONS

La mise en œuvre de zones humides artificielles a aussi un impact sur l'environnement immédiat de la zone concernée. Outre leur rôle de traitement des eaux de ruissellement, les zones humides artificielles, en raison de leur nature et de leur emplacement, peuvent aussi avoir une influence sur des domaines très divers tels que la biodiversité, les relations entre exploitants agricoles et promeneurs, etc.

MISE EN LUMIÈRE DES AVANTAGES

Les activités agricoles génèrent des produits dotés d'une valeur marchande mais ont aussi des effets sur diverses parties prenantes qui ne sont pas pris en compte sur les marchés (et qui ne possèdent donc pas de prix déterminé) ; c'est ce que l'on appelle les externalités (qu'il s'agisse d'effets involontaires ou parallèles). Pour tout projet agricole ou de politique agricole, il est nécessaire d'inclure ces externalités afin d'obtenir le meilleur rendement socio-économique possible. Les zones humides artificielles représentent un moyen parmi d'autres de réduire une externalité négative qui découle de l'agriculture, à savoir le rejet de produits phytosanitaires dans l'environnement. Le rendement socio-économique s'avère positif lorsque les avantages pour la société, dans le cas de la réalisation de zones humides artificielles, sont supérieurs aux coûts que cela engendre pour l'exploitant agricole qui les met en œuvre.

Les possibles externalités des zones humides



Lorsque l'eau en aval a une valeur utilitaire explicite (l'eau destinée à la consommation, par exemple), les coûts épargnés par une station de potabilisation représentent une évaluation grossière et minimale des avantages attendus. Ce montant, même s'il demeure approximatif, devrait idéalement permettre de définir le coût des dispositifs spécifiques requis afin de réduire les produits phytosanitaires (charbon actif,...). Seuls les responsables de ces stations sont en mesure de fournir des données à ce sujet. Un tel avantage ne peut être considéré comme une externalité puisque le rôle même des bassins de rétention consiste à améliorer la qualité de l'eau en aval. Néanmoins, il faut ajouter à cet avantage explicite d'autres externalités possibles qui ne seraient, elles, pas intentionnelles.

Lorsque l'eau en aval ne possède pas de valeur utilitaire explicite (qualité de l'eau pour l'écosystème, ou pour la baignade), une étude spécifique menée afin d'évaluer cette utilité non marchande permet alors de mesurer les avantages attendus. Ce type d'étude n'est généralement possible que si l'on parvient à réunir suffisamment de

données en la matière.

Parmi les autres coûts et bénéfices externes possibles (involontaires pour la société), nous pourrions citer :

- **Un impact sur la biodiversité** : un seul dispositif (dont la superficie est bien inférieure à un ha) ne peut entraîner de grands changements au niveau de la biodiversité et ne représente donc pas une grande valeur ajoutée, alors qu'un réseau de dispositifs répartis de manière judicieuse au sein du bassin versant en question peut avoir de nombreuses répercussions positives et donc représenter une grande plus-value. Le même constat s'impose lorsqu'il s'agit d'évaluer l'impact des bassins sur la biodiversité : un seul bassin n'aura qu'un impact limité, mais un réseau de bassins est susceptible d'avoir des répercussions majeures, non seulement par l'addition des plus-values modestes de chacun de ces bassins, mais aussi par un effet de synergie, notamment en matière de biodiversité potentielle.

- **Une utilisation des terres au niveau local** (citons, par exemple, un potentiel de chasse plus important et de plus beaux paysages) : cette externalité n'est toutefois possible que dans le contexte de nombreuses zones humides artificielles constituant un véritable réseau de bassins susceptible de modifier le paysage général du bassin versant. Nous estimons qu'un tel réseau pourrait aboutir à un nombre d'externalités suffisamment important pour être pris en considération, notamment dans la perspective de la « trame verte » mise en place en France..
- **De meilleures relations entre les exploitants agricoles et les autres parties prenantes** ; il est difficile de quantifier cette externalité, mais de telles externalités de gouvernance jouent un rôle clé dans la confiance entre les acteurs au niveau local, et, permettent, au final, une diminution des coûts de transaction. Citons, par exemple, l'exemple de la région bretonne, où les éleveurs de porc sont parfois si mal perçus que leurs enfants sont traités « d'agents polluants » par leurs concitoyens. Cette méfiance apparemment banale entraîne une augmentation de l'ensemble des coûts de transaction sur le territoire, à travers des poursuites judiciaires onéreuses, de tribunaux locaux en cours de justice européennes. Ces effets secondaires existent aussi à proximité des régions urbaines (en Ile-de-France, par exemple).

Évaluation économique des zones humides artificielles

- **Valeurs utilitaires et non utilitaires**

Lorsque les avantages des zones humides artificielles sont liés à une valeur utilitaire, il est toujours possible d'en évaluer la valeur monétaire en se fondant sur les prix du marché ; il s'agit d'interroger les pêcheurs, chasseurs voire même les promeneurs au sujet de la contribution effective ou éventuelle qu'ils seraient prêt à payer pour l'utilisation d'une zone humide (une contribution dont la valeur peut parfois être évaluée en fonction des frais de déplacement implicites correspondants).

Lorsque les avantages ne sont pas liés à une valeur utilitaire (la satisfaction de constater que la biodiversité a augmenté ou qu'elle augmentera à l'avenir grâce à la présence d'une zone humide, par exemple), il est nécessaire de déterminer quel est le montant que les gens seraient prêts à déboursier afin de pouvoir évaluer la valeur de ces avantages. Le caractère assez artificiel d'un tel sondage est critiqué parce que la crédibilité des réponses apportées n'est pas certaine. Il s'agit là, en outre, d'un aspect qui se révèle crucial dans le cadre de problèmes très spécifiques tels que celui des espèces menacées (baleines, ours,...), mais qui ne l'est pas lorsqu'il s'agit de la biodiversité souvent ordinaire des petites surfaces où l'on retrouve des zones humides.

Il est essentiel d'identifier les fonctions que remplissent les zones humides artificielles afin de pouvoir évaluer le potentiel économique de ces zones.

- **Peut-on attribuer une valeur marchande aux avantages que présentent les zones humides artificielles telles que les dispositifs ArtWET ?**

Étant donné que ce ne sont pas les utilisateurs de ces dispositifs qui définissent la majeure partie (70%) de la valeur de ces avantages environnementaux, la meilleure façon d'évaluer les zones humides artificielles d'un point de vue économique serait de prendre en considération le consentement à payer pour la mise en œuvre de ces zones humides :

La première étape d'une évaluation économique consiste à identifier les différentes fonctions du réseau de zones humides au sein du bassin versant. En effet, les informations qui sont transmises aux gens sur les avantages qui découlent de la mise en œuvre de zones humides influencent grandement leur consentement à payer.

La deuxième étape consiste à délimiter la zone géographique au sein de laquelle l'étude sera menée. Cette zone représente, bien entendu, l'espace sur lequel le réseau de zones humides aura un impact. Nous partons du principe que les zones humides permettent une amélioration des conditions environnementales dans l'ensemble du bassin versant. L'étude devra donc inclure la population de toute la zone concernée. L'échantillon de la population interrogée dans le cadre de l'étude devra être représentatif de la population présente au sein du bassin versant.

Le fait d'attribuer une valeur marchande aux avantages évoqués demeure un concept novateur, et les procédés théoriques en la matière ne sont que rarement appliqués dans la réalité. Nous espérons toutefois que les quelques pistes proposées pourront guider le lecteur dans sa réflexion sur l'évaluation économique des zones humides artificielles.



PERCEPTION DE CERTAINS DISPOSITIFS ARTWET

La perception et l'opinion que l'on a de la mise en œuvre de tels dispositifs peuvent s'articuler autour de trois thèmes : sociétal, environnemental, et agronomique.

Pourtant, il arrive que les personnes impliquées ne perçoivent ni avantages, ni inconvénients. Nous avons exposé ci-dessous deux points de vue qui se fondent sur des sondages d'opinion et l'avis d'experts en relation avec les personnes concernées par le projet ArtWET.

Points de vue de maires et d'exploitants agricoles dans le cadre d'un vignoble : l'exemple de Rouffach (France)



L'enquête a concerné la mise en œuvre de la double fonctionnalité (régulation des débits d'eau et traitements des flux de pollution) au sein d'un même ouvrage : un bassin d'orage converti en ouvrage de rétention à l'exutoire d'un bassin versant viticole.

- **Des connaissances diverses**

Les maires et les exploitants agricoles semblent partager le même point de vue sur les aspects techniques et les solutions que l'on peut envisager et mettre en œuvre grâce à de tels ouvrages. Néanmoins, aucun

maire (hormis celui de Rouffach, commune sur laquelle est implanté le prototype) n'était au courant de l'existence du projet avant l'envoi du questionnaire, alors que la moitié des exploitants agricoles l'était.

Les opinions de ces deux groupes divergent quant à leur perception initiale de la qualité de l'eau, notamment de l'eau de ruissellement ; la majorité des maires reconnaît que la qualité des eaux de ruissellement pose problème, alors que les exploitants agricoles affirment ne pas avoir perçu ce problème.

La moitié des maires estime que l'on ne prête pas suffisamment d'attention aux problèmes liés à l'eau alors que 80 % des exploitants agricoles considèrent que l'on y prête beaucoup, voire trop d'attention.

Ceci explique le fait que l'ensemble des maires se montrent intéressés par la mise en œuvre des dispositifs ArtWET, alors que ce n'est le cas que pour 50% des exploitants agricoles.

- **Tout le monde s'accorde**

Cependant, tout le monde s'accorde sur :

- La nécessité d'agir en amont et en aval des écosystèmes,
- La nécessité d'agir afin d'améliorer la qualité de l'eau,
- L'intérêt d'un tel projet en termes de paysage, de réduction des coûts et de la pollution,
- L'aspect dissuasif des démarches administratives, de l'affectation des terres, et de l'entretien des dispositifs,
- Le fait que les aspects techniques ne sont pas un facteur dissuasif.

Les maires estiment que la mise en œuvre pourrait être réalisée sur une période de 2 à 5 ans. En conclusion, les résultats de cette étude se révèlent assez positifs en ce qui concerne la manière dont les maires et les exploitants agricoles perçoivent ce système de reconversion de bassin d'orage. La contrainte sociale liée à la mise en œuvre de tels dispositifs semble découler des démarches administratives, de l'affectation des terres, et de l'entretien des ouvrages, bien que cette contrainte n'ait pas été étudiée en détail.

Les craintes et motivations des exploitants agricoles dans le cadre de la production céréalière : l'exemple de Loches (France)

- **Motivations**

L'enquête a concerné la mise en œuvre d'une zone humide tampons artificielles à l'exutoire d'un bassin versant drainé et dédié à la production céréalière.

Les exploitants agricoles ont trois motivations principales :

- La mise en œuvre d'un bassin tampon, et la possibilité de drainer leur terrain lorsque c'est nécessaire.
- Les zones humides artificielles permettent aux exploitants agricoles de présenter leur métier à ceux qui ne travaillent pas dans le secteur agricole. Bernard Crespin, par exemple, est exploitant agricole à Bray, où un projet ArtWET est mené ; il organise des journées de chasse sur son exploitation, et estime que les personnes qui s'y rendent jugent ces dispositifs très positifs. D'autre part, les ouvrages ArtWET, tels que les fossés en forêt ou les zones humides, sont visibles : ils se distinguent d'autres actions pour l'environnement qui sont des mesures invisibles aux yeux des personnes extérieures, comme la réduction de la quantité de produits phytosanitaires épandus sur les champs.
- La production de biomasse peut aussi apporter des avantages économiques. Citons, par exemple, la zone humide artificielle de Chemillé, bordée de saules, de trembles et de chênes. Il est donc envisageable d'exploiter cette zone pour la production de bois. Néanmoins, l'exploitation du bois n'est rentable que pour les grandes superficies. C'est là un des objectifs du projet LIFE Environment intitulé Wilwater; à savoir la mise en œuvre de bassins tampons pour l'épuration des effluents provenant de stations de traitement des eaux ou de l'élevage.



- **Craintes**

Les exploitants agricoles ont deux craintes principales :

- Les zones humides artificielles empiètent sur une portion de terrain exploitée auparavant pour les cultures, ce qui entraîne donc une certaine perte de profit. Les exploitants agricoles restent en effet très vigilants vis-à-vis de la réduction des terres agricoles au profit de la construction de zones commerciales, de structures immobilières, ou de routes.
- Les propriétaires qui ne sont pas exploitant agricole ne souhaitent pas perdre le statut de leur terrain, à savoir un espace destiné à la production. De plus, au bout de quelques années, certaines zones humides artificielles peuvent parfois présenter une biodiversité remarquable.

Ceci ne doit, en aucun cas, transformer son statut de zone artificielle, créée par l'homme, en un statut de zone protégée.

L'absence d'impact des rejets des zones humides artificielles : l'exemple de la baie de Calais

Certaines personnes pensent que la réalisation d'une zone humide artificielle peut être la source d'une augmentation de la pollution en raison d'une concentration des produits phytosanitaires dans l'eau. L'impact du rejet d'une zone humide artificielle a été mesuré à Loches en comparant les résultats de divers indices en amont et en aval du rejet. L'échantillonnage a été réalisé le 15/06/2009, après une semaine ensoleillée.

Indices NBGI: 14 - 13

Taux de taxons: 21 - 19

Indice Shannon-Weaver: 3.12 – 0.28

Indice Wihlm et Doris: 3.12 – 3.11

Le premier nombre correspond à la valeur obtenue en amont, le deuxième à celle obtenue en aval.

La qualité de l'eau mesurée grâce à l'indice Wilm et Doris montre qu'il n'y a pas de pollution dans le ruisseau le Calais, que ce soit en amont ou en aval du rejet. La zone humide, qui sert de zone tampon, ainsi que les activités agricoles du bassin versant, ne sont pas sources de pollution ponctuelle à cette période.

REDUCTION DES COÛTS DES PLANS D'ACTION POUR LES RESSOURCES EN EAU

De moindres coûts en matière de lutte contre la pollution

Les dispositifs ont pour objectif d'optimiser le traitement des produits phytosanitaires contenus dans les eaux de ruissellement ou eaux de drainage grâce aux zones humides artificielles. Il est donc indéniable que leur mise en œuvre a un impact sur les dépenses liées à la lutte contre la pollution des eaux.

La tarification de l'eau est l'un des outils employés afin de faire baisser la demande en eau. La directive-cadre sur l'eau impose aux États membres de s'assurer que, d'ici 2010, la part des coûts qui provient des services liés à l'utilisation de l'eau (tels que le pompage, les déversoirs, barrages, chenaux et systèmes d'approvisionnement qui ont un impact négatif sur l'environnement) soit assumée par les consommateurs (par exemple, l'agriculture, l'hydroélectricité, les ménages, et la navigation).



Les États membres sont tenus de répartir les coûts suivant le principe du "pollueur-payeur" afin de réduire l'impact sur l'environnement et de promouvoir des instruments économiques destinés à faire face au déclin des ressources naturelles. Si les États membres incluent uniquement dans leurs analyses économiques les infrastructures qui permettent l'approvisionnement en eau et le traitement des eaux usées, le risque est grand que les infrastructures qui ont d'ores et déjà été identifiées comme sources de problèmes environnementaux majeurs ne soient pas inclus. Par conséquent, le fardeau économique que représente l'obligation d'atteindre un "bon état" des plans d'eau d'ici 2015 restera celui des citoyens, alors qu'ils paient déjà un prix élevé pour les services liés à l'utilisation de l'eau.

En France, la redevance pollution versée aux Agences de l'eau représente, chaque année, un coût d'environ 7 millions d'euros pour le secteur agricole, et 10 millions d'euros pour les collectivités; on peut imaginer que si les exploitants agricoles prennent l'initiative de développer leur propres procédés de lutte contre les agents polluants, notamment les produits phytosanitaires, leur redevance pourrait diminuer. En outre, les Agences de l'eau investissent 1.5 milliard d'euros dans la lutte contre la pollution



(source: Agence de l'eau – données de 2007), un investissement qui pourrait être moins élevé s'il existait des solutions « naturelles » de traitement de l'eau.

Ne pas oublier ...

Sur 6 milliards d'êtres humains, 4 milliards n'ont pas accès à l'eau courante.
Un être humain a besoin de 50 à 200 litres d'eau par jour afin de s'hydrater et de se laver.
Le secteur agricole consomme 70% des ressources en eau, le secteur industriel 22%, et la population 8%.
Les exploitants privés approvisionnent moins de 10% de la population mondiale et 3.5% des pays émergents, le reste de l'approvisionnement étant assuré par les exploitants publics locaux.
Coût d'une unité de désalinisation : 0.5 - 1.2 \$/m³.
Coût d'une unité de traitement de l'eau : 0.05 - 0.2 \$/m³.
Coût de raccordement d'une habitation à l'eau potable : de 100 à 200 \$.
(Source : the New Plant, n°3184, à l'occasion de la journée mondiale de l'eau : 22 mars 2010)

Coûts épargnés sur le traitement de l'eau

Les aspects qualitatif et quantitatif de l'eau potable sont importants pour la santé publique. En effet, lorsque l'hygiène est insuffisante en raison d'un manque d'approvisionnement en eau, la transmission directe des maladies d'une personne à une autre, ou par le biais de nourriture contaminée, est plus importante.

De nombreux pays européens bénéficient d'une alimentation en eau potable de grande qualité. En revanche, dans certains pays, notamment dans ceux qui ont connu des bouleversements économiques/politiques qui ont mené à une détérioration des infrastructures, le traitement et la désinfection de l'eau sont insuffisants. La mise en service de stations d'épuration de pointe augmente dans de nombreux pays, notamment en Europe occidentale.

- **Le coût de l'eau**

L'eau du robinet coûte rarement plus que 0,5 centimes par litre. La consommation de l'eau du robinet ne coûte, en règle générale, pas plus de 1,50 € par an et par personne. À l'heure actuelle (Schéma 14), en Europe, la France est au sixième rang (3,01 €/m³), l'Allemagne au second (5,16€/m³), et l'Italie au dixième (0,84 €/m³). Le prix moyen de l'eau en Europe est de 3,40 €/m³. Néanmoins, ce prix peut varier de quelques euros à 6 €/m³. En règle générale, la facture d'eau ne représente que la moitié de la facture de téléphone, ou un cinquième des dépenses consacrées à une voiture.

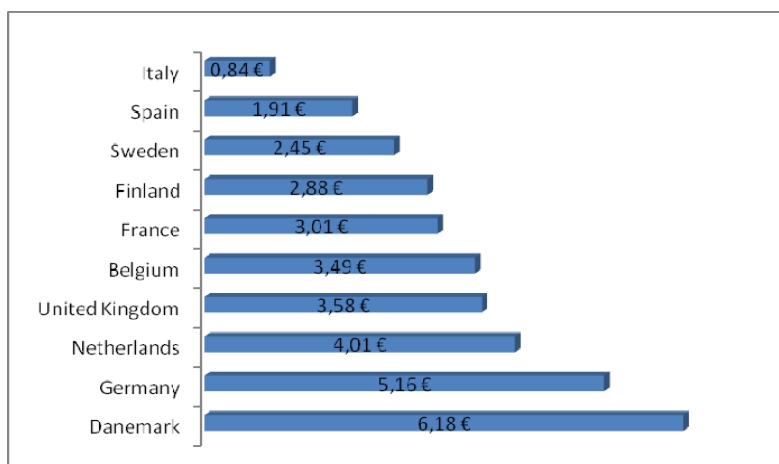


Schéma 14 : Prix total moyen de l'eau (distribution et épuration) pour une consommation de 120m³ / an

(Source: *Price of water in Europe* (Prix de l'eau en Europe), NUS Consulting, 2008)

Néanmoins, on observe une augmentation continue du prix de l'eau : 3,8% d'augmentation entre 2003 and 2008 en France, 4,9% en Italie, et 3,3% en Allemagne. L'augmentation totale en Europe est de 5,2%.

Le prix de l'eau dépend de plusieurs facteurs :

- Les coûts des investissements et de l'entretien des installations
- Les coûts d'exploitation, de traitement, et de distribution de l'eau
- Les coûts d'évacuation des eaux usées et le traitement des eaux d'égout

WATER COST

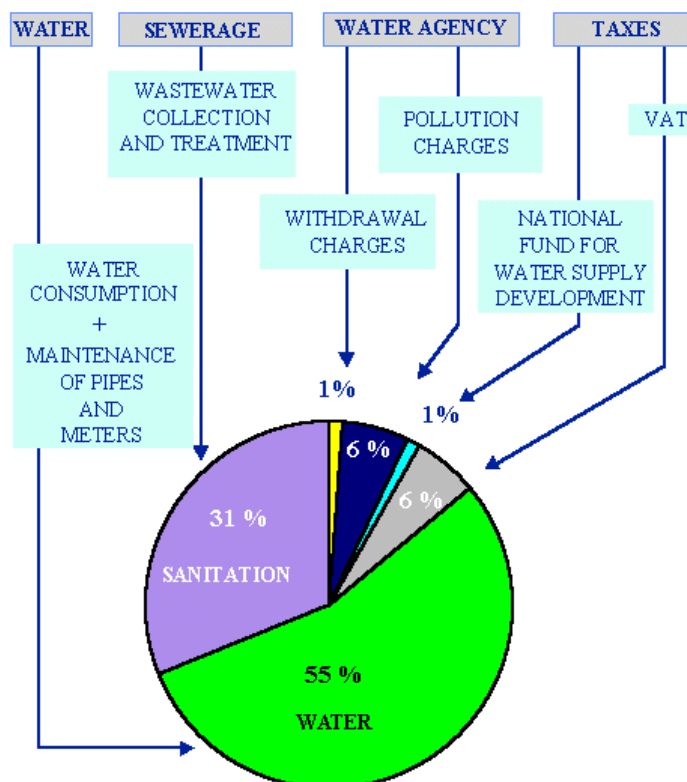


Schéma 15: Décomposition du coût de l'eau en Europe

(Source: Office international de l'Eau, http://www.oieau.fr/anglais/gest_eau/part_d.htm)

Par exemple, le coût du traitement des eaux usées représente, en France :

- 11.8 milliards d'euros en termes d'exploitation des infrastructures,
- 5.6 milliards d'euros en termes de nouvelles constructions (création de nouveaux réseaux ou réservoirs de stockage/stations d'épuration),
- 835 millions d'euros en termes de traitement individuel des eaux usées.

- **Coûts de traitement des eaux pour la production d'eau potable**

La mise en œuvre de dispositifs ArtWET contribue à la réduction de produits phytosanitaires présents dans l'eau. Pourtant, le volume d'eau traitée, les concentrations en produits phytosanitaires dans l'eau d'entrée, et le taux de réduction que l'on observe pour les zones humides artificielles ne sont en rien comparables à ceux des systèmes d'épuration des eaux.

De plus, il n'est pas facile d'évaluer le volume d'eau traité par les zones humides artificielles parce que ces ouvrages n'interceptent qu'une partie des eaux de ruissellement et qu'une partie de l'eau contenue dans ces dispositifs disparaît en raison de l'évapotranspiration.

Il est donc impossible de comparer les coûts du traitement de l'eau par les zones humides artificielles avec ceux du traitement de l'eau par les stations d'épuration qui utilisent l'osmose inverse, l'ozone ou le charbon actif. En outre, dans le cas du traitement industriel, il n'est pas possible d'isoler les coûts liés à la filtration des produits phytosanitaires seuls.

Il est donc intéressant de disposer des prix de ces dispositifs de traitement des eaux à titre d'exemple.

- Osmose inverse : de 60 €/m³ pour une installation industrielle à 300 €/m³ pour une installation individuelle
- bioréhabilitation (d'un bassin d'orage par exemple) : 0,1 €/m³

On ne peut donner de prix moyen pour un dispositif de traitement industriel parce que chaque unité représente un cas particulier qui intègre un environnement spécifique lié à la qualité initiale de l'eau, le secteur de traitement des eaux, l'implantation géographique de la station d'épuration, l'architecture, les contraintes du sol, les dispositifs de stockage et les équipements, les conditions d'approvisionnement en énergie,...

À titre d'exemple, une unité de traitement spécifique des produits phytosanitaires par filtration sur charbon actif, récemment construite, et dont la capacité est de 30 000 m³ / jour et la filtration de 2 µg / l de pesticides sur la valeur totale, requiert un investissement de 8 M€ H.T. (génie civil, bâtiments, équipements de traitement des eaux, dispositifs d'évacuation).



5. QUELS STATUTS POUR LES ZONES HUMIDES ARTIFICIELLES

L'utilisation de zones construites, aménagées du paysage en vue de traiter la pollution diffuse due aux produits phytosanitaires est une démarche novatrice qu'il faut maintenant intégrer dans la gestion courante des zones agricoles et des pratiques moderne de l'agriculture. Si leur fonctionnement est inspiré de celui des zones humides naturelles, elles ne leur empruntent que l'image mais pas l'espace qui doit être dédié à chacune.

Le principal constat dans l'identification du statut de ces zones est la difficulté de les insérer dans une législation existante. Pour l'instant, leur mis en œuvre n'est liée qu'à la bonne volonté de chacun et à la conscience écologique développée par les acteurs partenaires.

En effet, ce ne sont pas des zones humides naturelles, ce ne sont pas des cours d'eau, ce ne sont pas des aires naturelles d'intérêt écologique, ce ne sont pas des bassins de stockage de l'eau ou de sédiments. Elles peuvent être implantées sur propriétés privées ou non. Elles reçoivent un flux d'eau permanent ou non. Selon les pays, elles sont perçues comme des zones humides qui peuvent s'assécher ou des zones pouvant recevoir un flux d'eau temporairement. Devant cette diversité qui peut tendre à la confusion très rapidement, l'enjeu européen serait de leur ménager un statut identitaire, statut d'autant plus justifié que le projet ArtWET a pu démontrer leur utilité et les services qu'elles rendent en matière de conservation et de reconquête de la qualité de l'eau superficielle.

Le tableau suivant récence les différents points de vue français, italiens et allemands concernant le cadre législatif, le statut potentiel de ces zones dans chaque pays partenaires du projet, les actions complémentaires menées à différentes échelles autour de l'exploitation agricole et les sources de financement possibles.



	France	Italy	Germany
Water framework	SDAGE, SAGE 1992	The transposition of WFD in Italian legislation ²¹ has been approved with the Law Decree 152/2006, after three years by the deadline established in the art. 24 of the directive.	
Declination of the European Water Directive, 2000 and main consequences	LEMA, 2006 - Water agencies taxes - Creation of the ONEMA - Traceability of the phytosanitary products and control of atomizers Programme de Développement Rural Hexagonal (PDRH), document qui sert de référence en termes d'aides et de mesures prévues afin de remplir les objectifs fixés par la PAC. Ce programme a été adopté le 20 juin 2007 (article (CE) n°1698/2005 du 20 septembre 2005) pour une durée de 5 ans.	Creation of The Institute for Environmental Protection and Research, ISPRA by Decree no. 112 of 25 June 2008, converted into Law no. 133 (with amendments) on 21 August 2008. ISPRA performs, with the inherent financial resources, equipment and personnel, the duties of: - ex-APAT, Italian Environment Protection and Technical Services Agency; - ex-INFS, National Institute for Wildlife; - ex-ICRAM, Central Institute for Scientific and Technological Research applied to the Sea The Institute acts under the vigilance and policy guidance of the Italian Ministry for the Environment and the Protection of Land and Sea	Implementation of measures to improve quality of surface waters concerning agricultural diffuse pollution is obligatory in 2012
Declination of the PAC	Programme de Développement Rural Hexagonal (PDRH), document qui sert de référence en termes d'aides et de mesures prévues afin de remplir les objectifs fixés par la PAC. Ce programme a été adopté le 20 juin 2007 (article (CE) n°1698/2005 du 20 septembre 2005) pour une durée de 5 ans.		Programme d'amélioration des structures agricoles et de la protection des côtes (GAK). Il sert de document de référence en termes d'aides et de mesures prévues afin de remplir les objectifs fixés par la PAC. Il a été adopté en 2009 pour une durée de 4 ans. Il établit une évaluation de référence du territoire et définit les plans d'action stratégique.
Status of the storm detention pond	?	Not mandatory. Competence of Municipalities and Basin authorities (only for hydraulic preservation purpose)	?--> Main (official) purpose: flood detention
Status of the buffer strips	Obligation of 5m minimum in edge of stream	Obligation of 150 m from relevant stream listed according law decree 22 January 2004 n. 42 For other water bodies, 5m minimum in edge of stream could be required by written recommendation on the commercial formulation.	Obligation of 5m minimum in edge of stream: (§38 Wasserhaushaltsgesetz)
Declination of the European Directive concerning pesticides (2008, 2009)	Grenelle1 (2008) Grenelle 2 (2010)	Recipement of SUP Dir.128/09: December 2011. National action plans: December 2012. IPM mandatory: January 2014. Sprayers inspections: December 2016.	There are only recommendations for reduced application: If there is a risk of pesticide leaching several preventive actions are recommended: Official preventive actions: 1. Follow the rules of organic farming 2. Drift reduced nozzles 3. obligatory registration of applied pesticides 4. No use of pesticides on grasslands 5. No use of pesticides on fields
Preventive actions At the farm scale At the plot scale	Non prescribed: area of wash and filling, management of the empty packagings Prescribed: equipment of the atomizer, formation of all the pesticides users called Certiphyto Non prescribed: reasoning of the practices (dose, passage), management of the pesticides rests Prescribed: respect for the non treated zone according to river classement by DDT Non prescribed : taken into account outdoor factors (weather, ground), crop rotation	Several recommendations, and several action will be taken after National actions plans will entry into force. Local (regional) authorities will disseminate the guidelines on how to proceed.	Best Management Practices: 'Gute Fachliche Praxis – Pflanzenschutz' Ministry of Food, Agriculture and consumer-protection In general it is recommended to question application and to reduce applied amounts.



At the catchment scale			
At the landscape scale			
Curative actions			
At the farm scale	Prescribed : secured storage (retention tank)	Several recommendations, and several action will be taken after National actions plans will entry into force. Local (regional) authorities will disseminate the guidelines on how to proceed.	Management practises recommend mixing, application and cleaning in field --> no contamination of farm areas
At the plot scale	Non prescribed : zone of remediation		
At the catchment scale At the landscape scale	Non prescribed : buffer zone plug		
In order to build a artificial wetland			
Authorisation required	<p>Water law Works subjected to declaration (study of incidence):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Water put in a wetland > 0.1ha - Creation of pond > 0.1ha - Discharge of rainwaters of a surface > 1ha <p>Works subjected to authorisation (study of impact):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Water put in a wetland > 1ha - Creation of pond > 3ha - Discharge of rainwaters of a surface > 20ha <p>Urbanism code</p> <ul style="list-style-type: none"> - Preliminary declaration: excavation > 2m and surface between 2ha and 100 m² - Development license: excavation > 2m and surface > 2ha <p>Classified installations (drainage):</p> <ul style="list-style-type: none"> - 0 - 20 ha: regime of freedom - 20 - 100 ha: file of incidence - Upper to 100 ha: study of impact 	Federal States – Water authorities (upper and lower water authority)	All measures which change water flows in space and time, in quantity or physical or chemical water quality require autorisation.
Financial assistance	CAP + transcription by state members Water agencies Local authorities (region, department)		
Owner	Private owner, famer or not Municipality Land association		

6. CONCLUSION

Au sein de l'EU, la directive-cadre sur l'eau (2000/60/CE) se fonde sur l'idée qu'une gestion de l'eau moderne doit tenir compte des fonctions écologique, économique (dont la fixation des prix) et sociale de l'ensemble d'un bassin versant.

Les zones humides artificielles sont des « outils » qui s'inscrivent pleinement dans l'idée de cette directive. Elles permettent, en effet, de réduire la pollution due aux pesticides au travers des caractéristiques suivantes :

- Traitement de l'eau favorable à l'environnement
- Développement potentiel de la biodiversité
- Bonne intégration au paysage (ouvrage rural)
- Coûts de construction et de gestion modérés
- Dispositifs à fonctions multiples (le plus souvent, fonctions de contrôle des débits et de dépollution)

La directive-cadre sur l'eau (2000/60/CE) considère que "l'eau n'est pas un bien marchand comme les autres mais un patrimoine qu'il faut protéger, défendre et traiter comme tel." Néanmoins, cette nouvelle législation européenne sur l'eau encourage également l'emploi d'instruments économiques afin d'atteindre des objectifs environnementaux.

L'article 9 de la directive-cadre sur l'eau oblige les États membres à s'assurer que, d'ici 2010, les politiques de tarification de l'eau permettent la récupération des coûts des services liés à l'utilisation de l'eau, et à proposer des incitants adaptés pour une utilisation durable des ressources en eau ; ceci afin de contribuer à la poursuite des objectifs environnementaux de cette directive.



POUR ALLER PLUS LOIN

Sites internet

<http://www.atwet.fr>

<http://ec.europa.eu/environment/water/>

<http://www.teebweb.org>

http://www.avignon.inra.fr/les_recherches__1/liste_des_unites/ecodeveloppement__1/programme_1/operations_en_cours_p1/mitigation_and_conservation_banking

Ouvrages

Brahic E., Terreaux J.P, 2009, "Evaluation économique de la biodiversité, méthodes et exemples pour les forêts tempérées", Editions Quae, 200p.

La valeur économique des hydrosystèmes - Méthodes et modèles d'évaluation des services délivrés, Patrick Point , Collectif, ed. Economica, 1999



ABBREVIATIONS

MAEt: Mesure Agro-Environnementale territorialisée

RAB: Revenu Agricole Brut

PAC: Politique Agricole Commune

TR: Temps de résidence

DDT: Direction Départementale des Territoires

DIG: Déclaration d'Intérêt Général

GAK: Gemeinschaftsaufgabe verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes (Programme d'amélioration des structures agricoles et de la protection des côtes)

FEADER: Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural

IFEN: Institut Français de l'Environnement

LEADER: Liaison Entre les Actions pour le Développement de l'Economie Rurale

PDRH: Programme de Développement Rural Hexagonal

DRDR: Document Régional de Développement Rural

SET: Surface Equivalente Topographique

GLOSSAIRE

Absorption : Assimilation des produits phytosanitaires et d'autres produits chimiques par les plantes ou microorganismes. La plupart des produits phytosanitaires se décomposent suite à leur absorption. Des résidus de produits phytosanitaires sont susceptibles d'être dégradés ou de rester au sein de la plante ou de l'animal, et de retourner au sein de l'environnement lorsque l'animal meurt ou que la plante se flétrit.

Adsorption : Fixation des produits phytosanitaires aux particules du sol. Le taux d'adsorption d'un produit phytosanitaire sur le sol varie en fonction du type de produit phytosanitaire, du sol, de l'humidité, du pH du sol, et de la texture du sol. L'adsorption des produits phytosanitaires sur le sol est importante lorsque les sols présentent un taux élevé d'argile ou de matière organique. L'adsorption est moindre lorsqu'il s'agit de sols sableux.

Agrosystème : Ensemble agricole fonctionnellement et spatialement cohérent, incluant ses composantes vivantes et non-vivantes ainsi que leurs interactions.

Bassin versant : Le terme "versant" désigne une surface de terre sur laquelle toutes les eaux souterraines et/ou de surface s'écoulent vers le point le plus bas, en aval, en suivant la pente naturelle du terrain (Schéma 2). L'eau se déplace grâce à un réseau de voies d'écoulement qui peuvent être souterraines ou à la surface. En règle générale, ces voies convergent vers un point du bassin versant appelé "exutoire", et qui consiste le plus souvent en un cours d'eau ou réseau hydrographique qui s'élargit progressivement au fur et à mesure que l'eau s'écoule en aval. Néanmoins, dans certaines régions arides, l'eau s'écoule vers une zone de dépression centrale, telle qu'un lac ou marécage, dépourvue d'exutoire pour les eaux de surface.

Caractéristiques du sol : Elles jouent un rôle important dans le déplacement des produits phytosanitaires. Les sols argileux ont une grande capacité d'adsorption de nombreux produits chimiques dont les produits phytosanitaires et éléments fertilisants destinés aux terres. Les sols sableux ont une capacité d'adsorption des produits phytosanitaires bien moins élevée. La matière organique présente dans le sol peut aussi adsorber les produits phytosanitaires. La structure du sol influence le déplacement de l'eau et des produits phytosanitaires. Des sols sableux aérés dont la texture est rugueuse permettent un déplacement de l'eau plus rapide que les sols à texture fine ou sols compacts et moins aérés. D'autres caractéristiques du site en question sont à prendre en compte telles que la profondeur jusqu'aux eaux souterraines, ou la distance jusqu'aux eaux de surface. Enfin, la manière dont l'eau pénètre dans les sols est essentielle, que ce soit par l'irrigation ou les pluies. De petits volumes d'eau à intervalles sporadiques sont moins susceptibles de provoquer un entraînement des produits phytosanitaires que de grands volumes d'eau à intervalles plus fréquents.

Décomposition chimique : Décomposition des produits phytosanitaires par des réactions chimiques dans le sol. Le taux et le type de réactions chimiques qui se produisent dépendent de :

- La fixation des produits phytosanitaires au sol
- La température du sol
- Les taux de pH – De nombreux produits phytosanitaires, notamment les insecticides organophosphorés, se dégradent plus rapidement dans des sols alcalins ou dans de l'eau à taux de pH élevé qui provient d'un réservoir de pulvérisation.
- L'humidité

Décomposition microbienne : Consiste en la décomposition des éléments chimiques par des microorganismes tels que les champignons et les bactéries. La décomposition microbienne tend à augmenter lorsque :

- Les températures sont élevées
- Le pH du sol est favorable
- L'humidité du sol et l'oxygène sont adaptés
- La fertilité du sol est bonne

Dérive de pulvérisation : Dérive par les airs des gouttelettes de pulvérisation en dehors de la zone traitée au cours de l'épandage.

Directive cadre sur l'eau : Directive européenne (2000/60/CE) qui vise plusieurs objectifs tels que la prévention et la réduction de la pollution, l'encouragement à une utilisation durable de l'eau, la protection de l'environnement, l'amélioration des écosystèmes aquatiques, et l'atténuation des conséquences des inondations et sécheresses. Son objectif ultime est de parvenir à un « bon état écologique et chimique » de toutes les eaux d'ici 2015.

Drainage : Consiste à faciliter de manière artificielle l'évacuation de l'eau présente dans la macroporosité du sol. Cette évacuation des eaux superficielles peut s'effectuer par le biais de conduites enterrées, et dans les zones plus humides, grâce à des fossés, voire même des réseaux de petits chenaux.

Externalité : Désigne le fait que l'action d'un agent économique puisse avoir une influence sur la situation des autres agents, sans que cela n'ait été l'objectif de l'agent économique en question, et au moment précis où les autres agents ne sont pas activement impliqués.

Exutoire : L'exutoire d'un bassin versant est l'endroit unique de sortie des eaux superficielles du bassin. C'est en fait sa définition qui conditionne la limite amont du bassin versant. Il y a autant de bassins versants que d'exutoires. L'exutoire est souvent identifié au droit d'une section de rivière dans le cas de cours d'eau permanent ou à un endroit où les flux de ruissellement se concentrent.

Fongicide : Produit phytosanitaire qui lutte contre les maladies apportées par des champignons microscopiques (ex: oïdium de la vigne).

Herbicide : Produit phytosanitaire qui lutte contre les adventices (les mauvaises herbes des plantes cultivées) ; ces produits sont épandus sur le sol et non sur les cultures.

Insecticide : Produit phytosanitaire qui lutte contre les insectes.

Koc: Coefficient de partage carbone organique/eau, qui permet de mesurer la capacité d'une molécule à être adsorbée ou désorbée sur une matière organique.

Lessivage : Entraînement des produits phytosanitaires par l'eau, à travers le sol. Le lessivage peut avoir lieu de manière ascendante, descendante ou latérale. Les facteurs qui déterminent le lessivage ou non de produits phytosanitaires vers les eaux souterraines comprennent les caractéristiques du sol et des produits phytosanitaires, ainsi que leur interaction avec les eaux d'irrigation ou pluviales.

Natura 2000 : Réseau européen de sites naturels ou semi-naturels dotés d'une grande valeur patrimoniale en raison de la faune et de la flore exceptionnelles qu'ils contiennent. La création du réseau Natura 2000 a pour objectif de maintenir la diversité biologique des biotopes, tout en tenant compte des exigences économiques, sociales, culturelles et régionales, dans une logique de développement durable.

Photodégradation : Décomposition des produits phytosanitaires par le rayonnement solaire. Tous les produits phytosanitaires sont susceptibles de subir une photodégradation dans une certaine mesure. Le taux de décomposition varie suivant l'intensité et le spectre du rayonnement solaire, la durée de l'exposition, et les propriétés du produit phytosanitaire en question. Les produits phytosanitaires épandus sur du feuillage sont plus exposés au rayonnement solaire que ceux qui sont épandus sur le sol. Il est possible que les produits phytosanitaires se dégradent plus rapidement au sein de serres recouvertes de bâches en plastique que dans celles en verre ; le verre repousse, en effet, une grande partie des rayons ultraviolets qui sont à l'origine de la dégradation des produits phytosanitaires.

Pollution diffuse : Entraînement des produits phytosanitaires épandus sur les champs vers les eaux, sans que cela soit dû à une erreur de l'utilisateur. Dans ce cas, les mécanismes de transferts, les interactions entre l'environnement et les substances actives entrent en jeu.

Processus de dégradation ou de décomposition : Décomposition des produits phytosanitaires après épandage. Les produits phytosanitaires sont dégradés par des microorganismes, des réactions chimiques, et par la lumière ou photodégradation. Ce processus peut durer de quelques heures à quelques jours, voire quelques années, suivant les conditions environnementales et les propriétés chimiques des produits phytosanitaires utilisés. Les produits phytosanitaires qui se décomposent rapidement ne persistent généralement pas au sein de l'environnement ou sur la parcelle. Néanmoins, les produits sanitaires qui se décomposent trop rapidement impliquent que seul un contrôle à court terme est possible.

Produit phytosanitaire : Produit destiné à lutter contre les organismes nuisibles (mauvaises herbes, animaux - insectes, arachnides, mollusques, et petits mammifères) ou les maladies (champignons). Ces

produits peuvent être constitués de composés minéraux (soufre, cuivre, arsenic), de substances organiques naturelles (ex: la nicotine), ou de substances de synthèse (composés organochlorés, triazines, organophosphates, urées).

Ruissellement : Entraînement des produits phytosanitaires par l'eau le long d'une surface en pente. Les produits phytosanitaires se mélangent à l'eau ou se fixent aux sols qui s'érodent. Le ruissellement peut aussi se produire lorsque l'intensité de l'eau apportée au champ dépasse la capacité d'absorption du sol. Les produits phytosanitaires sont susceptibles de se déplacer avec les eaux de ruissellement sous forme d'éléments dissous dans l'eau ou attachés aux particules du sol.

Suppression de cultures par la récolte ou le pacage peut permettre de faire disparaître les résidus de produits phytosanitaires.

Volatilisation : Transformation d'éléments solides ou liquides en gaz qui sont susceptibles de s'éloigner de la zone d'épandage initiale. On appelle ce déplacement la dérive des vapeurs.

Zone humide : Région où l'eau est le principal facteur qui contrôle le milieu naturel et la vie animale et végétale associée. Elle apparaît là où la nappe phréatique arrive près de la surface ou affleure ou encore, là où des eaux peu profondes recouvrent les terres.

Zone tampon : Zone située entre la rivière et les cultures, et qui contribue à limiter le transfert de polluants depuis la zone d'épandage jusqu'aux eaux superficielles.

RÉFÉRENCES

Articles scientifiques publiés dans le cadre du projet ArtWET

- **Passeport**, E.; Tournebize, J; Jankowsky, S; Prömse, B; Chaumont, C, Coquet, Y; Lange, J ; 2009. Artificial wetland and forest buffer zone: hydraulic 1 and tracer 2 characterization. *Vadoze Zone Journal*. Special Issue, Journal 9, 73-84.
- **Lange**, Jens; Schütz, Tobias; Grégoire, Caroline; Elsässer, David; Schulz, Ralf; Passeport, Elodie; Tournebize, Julien: "Multi-tracer experiments to characterize contaminant mitigation capacities for different types of artificial wetlands", *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, still in review
- **Fait** G., Nicelli M., Fragoulis G., Trevisan M., Capri E. 2007. Reduction of Point Contamination Sources of Pesticide from a Vineyard Farm. *Environmental Science and Technology*, 41(9): 3302-3308
- **David Elsaesser**, Anne-Grete Buseth Blankenberg, Anna Geist, Trond Mæhlum, Ralf Schulz: Assessing pesticide retention in experimental surface flow constructed wetlands: application of the toxic units approach. Submitted to *Ecological Engineering*. Elsevier
- **Huguenot** D., Bois P., Jézéquel K., Cornu J-Y., Lebeau T., Selection of low cost materials for the sorption of copper and herbicides as single or mixed compounds in matrices of increasing complexity. Accepted in *Journal of Hazardous Materials*
- **Paul Bois**, David Huguenot, Marie-Paule Norini, Muhammad Farhan Ul Haque, Stéphane Vuilleumier, Thierry Lebeau, Herbicide dissipation and copper complexation by bacterial consortia isolated from vineyard stormwater basins. Submitted to *FEMS Microbial Ecology*
- **Julien Tournebize**, Bernard Vincent, Cedric Chaumont, Elodie Passeport, Christelle Gramaglia, Pascal Molle, Jean-Joel Gril, Nadia Carluer. Lessons Gained From French R&D Programs For Pesticides Dissipation By Use Of Constructed Wetlands
- **C Grégoire**, S Payraudeau and N. Domange, 2009. Use and fate of 17 Pesticides applied on a vineyard catchment., *Inter. J. Environ. Anal. Chem.*, 90, 404-418, 2010.
- **A. Wanko**, Z. Zhang, R. Mose, C Grégoire and A. Sadowski, 2009. Hydraulic parameters and statistical RTD moments correlations - a lysimeter study for pesticides mitigation. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, Accepted.
- **Adrien Wanko**, Gabriela Tapia, Robert Mosé
- **Caroline Gregoire**, 2009. Adsorption distribution impact on preferential transport within horizontal flow constructed wetland (HFCW). *Ecological Modelling*, Volume 220, Issue 23, Pages 3342-3352.
- **C Gregoire**, D Elsaesser, D Huguenot, J Lange, T Lebeau, A Merli, R Mose, E Passeport, S Payraudeau, Tobias Schütz, R Schulz, G Tapia-Padilla, J Tournebize, M Trevisan and A Wanko, 2008. Mitigation of agricultural nonpoint-source pesticide pollution in artificial wetland ecosystems. *Environmental chemistry letters*, Springer Berlin, available on line August 26, pp 169-178.

BARON S., 2008, Caractérisation de l'érosion hydrique sur le bassin versant de Rouffach (Haut-Rhin, Alsace) et conséquences sur le bassin d'orage associé : mémoire de fin d'études présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de l'ENGEES. ENGEES, 101 p.

BAUX , P. 2008. L'application de la loi N° 2006-1772 adoptée le 30 décembre 2006 relative à l'eau et les milieux aquatiques, à la mise en place d'un bassin de rétention de polluants agricoles à l'aval de bassins versants, UNIVERSITE Paris 11 faculté Jean Monet, Mémoire rédigé pour l'obtention du diplôme de Master 2 Développement Agricole Durable Économie internationale et sécurité alimentaire ; direction Pr. Jérôme Fromageau, doyen de l'Université et Bernard Vincent, Cemagref.

BERAHOU M., TOULLEC G., 2009, Guide pour l'Evaluation de la valeur économique de la Biodiversité des zones humides ArtWET, Projet d'ingénieur, AgroParisTech-Cemagref, février 2009

BLIN C., 2009, "Evaluation écologique des zones tampons agricoles": rapport de stage Master 1 Ingénierie des Hydrosystèmes et des bassins Versants. Université François Rabelais de Tours, 25p + annexes.

BLOTTIERE C., 2007, La bioremédiation dans les bassins d'orage d'Alsace : du prototype à la généralisation : mémoire présentée pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de l'agriculture et de l'environnement de l'ENGEES. ENGEES, 74 p.

CORDEAU S., GIBOT LECLERC S., CHAUVEL B., Mise en place de bandes enherbées : Quels ressentis et quelles craintes malherbologiques de la part des agriculteurs, XIIIème colloque international sur la biologie des mauvaises herbes, 8-10/09/2009.

COSTANZA R et al., 1997, The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature 387:253-260

DARSES O. et HUOT M., 2008, Des zones humides artificielles pour améliorer la qualité des eaux des bassins versants agricoles : Insertion dans la réglementation et évaluation économique des services environnementaux : rapport de travail de groupe d'élèves. ENGREF-CEMAGREF, 87 p.

EC, 2005, "Externalities of Energy : Methodology 2005 Update", European Commission, EUR 21951 (<http://www.externe.info/>)

LUCAS N., 2009, Statut juridique des zones humides artificielles dans leur fonction de remédiation des produits phytosanitaires : de la définition scientifique du concept à la nécessité d'adaptation locale : rapport de travail de fin d'étude. ENGEES, 95 p.

LLORET C., 2007, Cadre juridique de la transformation d'un bassin de rétention des eaux pluviales à des fins de remédiation des phytosanitaires – cas pratique du bassin de Waldweg à Rouffach (68) : rapport de stage de fin d'études. ENGEES-CEMAGREF, 88 p.

Nature centre, 2003, Les bandes enherbées et les zones tampons d'après le séminaire technique organisé à Orléans, le 21 juin 2002, les cahiers techniques de Nature centre, 15p (http://www.naturecentre.org/IMG/pdf/Cahier_Technique_Bandes_Enherbees.pdf).

MERY J. et al, 2008, Monétarisation des externalités liées à la mise en décharge : le cas des impacts locaux des installations de stockage de déchets ménagers et assimilés vers le sol et l'eau, Rapport final pour le programme APR S3E du ministère chargé de l'écologie

SAC E., 2008, La création de zones humides artificielles : Un outil pour la réduction des effets polluants des réseaux de drainage agricole ? : rapport de stage Master GESMARE 2^{ème} année. Université Paul Verlaine – Metz, 138 p + annexes.

TEEB, 2009, The Economics of Ecosystems and Biodiversity

Exploring the hedonic value of ambient water quality : a local watershed-based study, Ecological Economics, 2007

Valuing watershed quality improvements using conjoint analysis, Ecological Economics, 2000

Valuation and management of wetland ecosystems, Ecological Economics, 1989