



HAL
open science

Etude de la contribution des macrophytes (phanérogames, algues) à l'épuration des eaux de drainage agricole

Gérard Bahloul

► **To cite this version:**

Gérard Bahloul. Etude de la contribution des macrophytes (phanérogames, algues) à l'épuration des eaux de drainage agricole. Sciences de la Terre. 2012. hal-01870973

HAL Id: hal-01870973

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01870973>

Submitted on 10 Sep 2018

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

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



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

RAPPORT DE STAGE

Etude de la contribution des macrophytes (phanérogames, algues) à l'épuration des eaux de drainage agricole dans sept dispositifs rustiques en Lorraine.



Gérard BAHLOUL
Année 2011-2012

Responsables de stage :
Alexis DE JUNET (LIMOS)
Sylvie DOUSSET (LIMOS)
Marie-Christine PELTRE (LIEBE)
Tuteur de stage :
Claudine SCHROTZENBERGER (UL)

SOMMAIRE

Introduction	2
1 Contexte et objectif de l'étude	3
1.1 Des mécanismes naturels	3
1.2 ... soumis à de fortes pressions anthropiques	3
1.3 ... que l'Homme s'efforce de corriger	3
1.3.1 Législations sur l'eau	3
1.3.2 Cas particulier des champs drainés	4
1.4 ... en s'appuyant sur des auxiliaires naturels : les macrophytes !.....	4
1.4.1 Rôle des végétaux dans les différents types de dispositifs.....	4
1.4.2 Mécanismes impliqués	6
1.4.3 Limites au traitement des pesticides par les zones humides	7
2 Matériel et Méthodes	8
2.1 Présentation des 7 sites retenus	8
2.2 Protocoles expérimentaux	8
2.2.1 Calendrier	8
2.2.2 Collecte des données	9
2.3 Détermination des espèces collectées	9
3 Résultats	10
3.1 Diversité floristique des sept sites étudiés.....	10
3.2 Caractéristiques physico-chimiques des différents sites étudiés.....	13
3.3 Evolution temporelle du couvert végétal	14
3.4 Comparaison avec les ruisseaux voisins	15
4 Conclusion et perspectives	16
Références bibliographiques	17

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1 : Localisation des sept sites d'étude.....	8
Tableau 1 : Description détaillée des sept sites d'étude.....	8
Tableau 2 : Diversité floristique des dispositifs linéaires	10
Tableau 3 : Diversité floristique des dispositifs surfaciques.....	11
Tableau 4 : Diversité et quantité de macrophytes retrouvés sur les sept sites	12
Tableau 5 : Quelques taxons retrouvés dans les ruisseaux.....	15

INDEX DES PHANEROGAMES MENTIONNES DANS CE RAPPORT

Nom latin	Nom français
<i>Azolla caroliniana</i>	Azolla de Caroline
<i>Bolboschoenus medianus</i>	Scirpe des marais
<i>Cabomba aquatica</i>	Cabombe aquatique
<i>Callitriche palustris</i>	Callitriche palustre
<i>Callitriche platycarpa</i>	Callitriche à fruits plats
<i>Carex acutiformis</i>	Laîche des marais
<i>Ceratophyllum demersum</i>	Cornifle immergé
<i>Cyperus fuscus</i>	Souchet brun
<i>Elodea canadensis</i>	Elodée du Canada
<i>Epilobium hirsutum</i>	Epilobe hirsute
<i>Equisetum arvense</i>	Prêle des champs
<i>Equisetum pratense</i>	Prêle des prés
<i>Glyceria maxima</i>	Grande glycérie
<i>Glyceria plicata (= notata)</i>	Glycérie à feuilles pliées
<i>Iris pseudacorus</i>	Iris des marais
<i>Juncus articulatus</i>	Jonc articulé
<i>Juncus conglomeratus</i>	Jonc aggloméré
<i>Juncus effusus</i>	Jonc épars
<i>Juncus inflexus</i>	Jonc courbé, jonc glauque
<i>Juncus usitatus</i>	Jonc des Alpes
<i>Leersia oryzoides</i>	Leersie faux-riz
<i>Lemna gibba</i>	Lentille d'eau bossue
<i>Lemna minor</i>	Petite lentille d'eau
<i>Ludwigia peploides</i>	Jussie
<i>Mentha aquatica</i>	Menthe aquatique
<i>Myriophyllum papillosum</i>	Myriophylle à feuilles alternes
<i>Myriophyllum spicatum</i>	Myriophylle en épis
<i>Persicaria amphibia</i>	Persicaire amphibie
<i>Phalaris arundinacea</i>	Baldingère faux-roseau
<i>Phragmites australis</i>	Roseau commun
<i>Ranunculus repens</i>	Renoncule rampante
<i>Rorippa amphibia</i>	Rorippe amphibie
<i>Salvinia minima</i>	Petite salvinie
<i>Schoenoplectus californicus</i>	Souchet de Californie
<i>Sparganium americanum</i>	Rubanié d'Amérique
<i>Sparganium erectum</i>	Rubanié dressé
<i>Spirodela polyrhiza</i>	Lentille d'eau à nombreuses racines
<i>Thalia dealbata</i>	Thalie blanchie
<i>Typha domingensis</i>	Massette australe
<i>Typha latifolia</i>	Massette à larges feuilles
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	Véronique mouron d'eau
<i>Veronica beccabunga</i>	Véronique des ruisseaux

PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL

Le LIMOS, Laboratoire des Interactions Microorganismes-Minéraux-Matière Organique dans les Sols, est une Unité Mixte de Recherche (UMR 7137) du CNRS et de l'Université de Lorraine. Elle comporte environ 30 personnes, chercheurs, enseignants-chercheurs, ingénieurs, techniciens, administratifs et étudiants. Le LIMOS fait partie de l'Observatoire Terre et Environnement de Lorraine (OTelo).

Domaines de recherche au LIMOS : Les travaux menés au LIMOS portent sur les interactions bio-physico-chimiques entre les principaux constituants des sols (minéraux, matières organiques, solutions, microorganismes et plantes) et leur dynamique, afin de renforcer la connaissance du fonctionnement et de l'évolution des sols plus ou moins anthropisés.

Ces travaux visent à caractériser les processus biologiques liés aux activités des communautés microbiennes et les processus physico-chimiques associés, en soutenant des objectifs de modélisation. Une meilleure connaissance de ces processus est nécessaire pour:

- mieux comprendre le comportement des éléments minéraux majeurs et en traces et des composés organiques endogènes et exogènes sous l'influence des microorganismes dans les systèmes sol-plante,
- établir des critères de qualité des sols et déterminer leur capacité à agir en tant que « réacteurs » assurant le bon fonctionnement des écosystèmes terrestres,
- réhabiliter et, plus généralement, maintenir les fonctions environnementales essentielles du sol.

REMERCIEMENTS

Je tiens en premier lieu à remercier mes trois directeurs de stage.

Merci à Mme Sylvie DOUSSET de m'avoir proposé ce sujet de stage, source pour moi d'une multitude de découvertes et d'apprentissages, et d'avoir assuré un suivi me guidant tout au long de ces cinq mois passés en laboratoire et sur le terrain.

Merci à M. Alexis DE JUNET, pour ses nombreux et précieux conseils, ainsi que pour sa disponibilité.

Merci à Mme Marie-Christine PELTRE de m'avoir initié au domaine des plantes aquatiques et des algues, tant les bottes au pied que les yeux rivés sur le microscope.

Je remercie également Mme Corinne LEYVAL de m'avoir accueilli au sein du LIMOS, ainsi que Mme Claudine SCHROTZENBERGER, qui a accepté d'être ma tutrice universitaire, et qui m'a prodigué de bons conseils pour le recensement des végétaux.

Merci également à Romain VALLEE, qui a défriché le thème des dispositifs rustiques, et qui m'a aussi fourni de nombreux conseils pendant ce stage. Je lui souhaite bonne chance pour la suite de sa thèse.

Enfin, une pensée pour tout le personnel du LIMOS, pour leur accueil et les signes de sympathie qu'ils m'ont témoignés pendant les cinq mois qui viennent de s'écouler. Je les en remercie.

Introduction

La Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine (CRAL) est à l'origine d'un projet de développement de dispositifs rustiques épurant les eaux de drainage agricole. Soutenue financièrement par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse (AERM), la CRAL fait appel au laboratoire d'hydrologie de l'Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), à la station de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) de Mirecourt et au Laboratoire des Interactions Microorganismes-Minéraux-Matières Organiques dans les Sols (LIMOS) de l'Université de Lorraine (UL), afin d'évaluer les performances épuratoires de sept dispositifs rustiques d'épuration des eaux de drainage agricole, tous situés en Lorraine. Ce projet s'inscrit dans le cadre de la Zone Atelier Moselle (ZAM), structure fédérant 20 laboratoires de recherche ayant pour objectif la sûreté et la sécurité de l'approvisionnement en eau des métropoles régionales.

Au sein du LIMOS, un premier travail a été effectué sur l'évaluation du pouvoir épurateur des dispositifs rustiques de filtration des eaux de drainage. Ce travail a été mené sur deux herbicides — napropamide et isoproturon — et trois fongicides — prochloraze, boscalide et tébuconazole — dans quatre dispositifs rustiques (Vallée, 2011). Cette étude est prolongée par un travail de thèse sur deux dispositifs en particulier. Le pouvoir épurateur y a été évalué en mesurant les quantités de pesticides retrouvés dans les sédiments, sur les berges et dans de la paille installée sur un des dispositifs. L'effet de la végétation a été abordé en discriminant les témoins plantés (sédiments) et les témoins non-plantés (paille, terre des berges).

Plusieurs indices concourent à l'hypothèse que la végétation exerce un rôle sur l'accroissement des performances épuratoires de ces dispositifs rustiques (Rice *et al.*, 1997; Schulz *et al.*, 2003; Rose *et al.*, 2006; Borges *et al.*, 2009; Thomas et Hand, 2011). L'objectif de ce rapport est de qualifier la composition de la couverture végétale sur les sept dispositifs rustiques mis en place. Ce travail de recensement n'a pas été effectué auparavant. Nous essaierons dans un second temps d'apprécier l'évolution de la végétation et son influence éventuelle sur le devenir des pesticides.

Une synthèse des travaux menés sur le sujet est l'objet de la première partie de ce rapport. Suite à la description des sites et des méthodes d'études, la composition floristique des sites étudiés est présentée, ainsi que les paramètres physico-chimiques de chaque site, l'évolution du couvert végétal et une comparaison avec les éléments retrouvés dans les ruisseaux proches des sites d'études. Enfin, des pistes de réflexion seront proposées pour la continuité de ce travail.

1 Contexte et objectif de l'étude

1.1 Des mécanismes naturels ...

La Nature a de tout temps rendu possible la vie sur Terre en rendant à ses habitants – végétaux, animaux – ce que nous appelons désormais les services écologiques (Costanza *et al.*, 1997 ; Jourdan et Mirenowicz 2011). Ces derniers sont nombreux et comprennent notamment la production et le maintien d'une eau de qualité, que nous pouvons qualifier de potable. Cette potabilisation permanente de l'eau est assurée pour partie par les plantes en contact avec cette eau : les plantes aquatiques. Les plus grandes d'entre elles, que nous percevons à l'œil nu, sont dénommées macrophytes. Nous y distinguons les algues, lichens, bryophytes (mousses, hépatiques, sphaignes), ptéridophytes (fougères) et les phanérogames (Haury *et al.*, 2008). Les macrophytes, peuvent être héliophytes, c'est-à-dire avec les racines immergées et les feuilles émergées ; hydrophytes, c'est-à-dire avec les racines et les feuilles immergées ; ou amphiphytes, lorsque le macrophyte peut revêtir une forme entièrement immergée ou une forme entièrement émergée, selon la hauteur d'eau (par exemple : les sagittaires). Les macrophytes sont au contact de l'eau, mais aussi du sol et de l'air, dans les zones humides. Ces zones humides revêtent différentes formes et les phénomènes naturels qui s'y déroulent sont à l'origine d'une eau source de vie pour une multitude d'organismes.

1.2 ... soumis à de fortes pressions anthropiques ...

Quelques sept milliards d'êtres humains utilisent l'eau pour leurs besoins domestiques, industriels et agricoles, et cette utilisation engendre des pollutions. En agriculture, ces pollutions sont principalement de deux ordres : l'application de pesticides et de fertilisants azotés et phosphatés. Concernant les applications de pesticides, 1% de la dose appliquée atteint sa cible, 2% (jusque 50%) sont dispersés dans l'atmosphère, 2% (jusque 20%) sont entraînés par ruissellement avec les eaux de surface et 1% rejoignent les eaux souterraines, tandis que jusque 94% de la dose appliquée restent dans le sol (Doussset, 2005). En Lorraine, lors de la campagne 2000-2001, 5000 tonnes de produits phytosanitaires ont été épandues, totalisant 317 molécules différentes. 57% des quantités utilisées étaient des herbicides (Allemand, 2010). L'environnement est capable de supporter jusqu'à un certain point ces nuisances. Ainsi, les cours d'eau possèdent une capacité autoépuration regroupant l'ensemble des mécanismes leur permettent de traiter et d'assimiler un apport polluant. Cette possibilité de défense permet, après autoépuration, le retour à une situation tendant vers le fonctionnement initial.

1.3 ... que l'Homme s'efforce de corriger ...

1.3.1 Législations sur l'eau

L'Homme, de plus en plus conscient des pressions qu'il engendre sur le milieu naturel, œuvre, légifère, réhabilite afin de limiter la charge polluante affectant les masses d'eau. En 1964, en France, la première loi sur l'Eau n°64-1245 (JORF, 1964) marque la considération des problématiques de l'eau dans leur ensemble, c'est-à-dire à l'échelle du bassin versant et le principe du pollueur-payeur apparaît deux ans plus tard ; les Agences de bassin (aujourd'hui Agences de l'Eau) voient le jour simultanément. La loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau, dite 2^{ème} loi sur l'Eau (JORF, 1992), instaure le principe de solidarité entre les usagers et la prise en compte de l'eau sous toutes ses formes : ressource vitale, écosystème, support d'activités... Des objectifs de qualité sont fixés (taux de nitrates, de phosphates, de métaux, de micropolluants, demande biochimique en oxygène...). Enfin, en 2000, la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) Européenne 2000/60/CE entre en vigueur avec pour objectif affiché l'atteinte du bon état écologique des eaux d'ici 2015 (JOCE, 2000).

1.3.2 Cas particulier des champs drainés

Une des mesures prises pour atteindre ce bon état consiste en la mise en place de bandes enherbées entre le champ cultivé et le cours d'eau. Une autre mesure consiste en la reconstruction de la végétation rivulaire, appelée ripisylve. Bien que ces mesures aient obtenu de bons résultats, le cas des champs drainés rend ces mesures inefficaces. Planter un dispositif enherbé au-dessus d'un réseau de drains enterrés présente un intérêt limité. En effet, l'importance du ruissellement est faible par rapport au volume d'eau drainée qui entraîne la plus grande partie de la contamination (CORPEN, 1997). Dans les champs drainés, représentant 15 à 20% de la surface agricole utile (SAU) et jusqu'à 70% de la SAU sur certains bassins versants de Lorraine (Chartier, 2011), l'eau du sol est collectée dans un drain qui transfère directement cette eau et les polluants qu'elle contient vers le réseau hydrographique de surface. Les mesures citées plus haut sont alors contournées. Pour y remédier, une solution consiste en la recréation de zones humides, alimentées par les drains du champ. Cette zone sert alors de zone tampon, en retenant au moins temporairement l'eau et les polluants qui y transitent. Ces zones humides artificielles (artificial wetland ou constructed wetland en anglais), qu'elles soient linéaires comme les fossés ou surfaciques comme les mares, sont supposées dissiper les polluants qu'elles reçoivent.

1.4 ... en s'appuyant sur des auxiliaires naturels : les macrophytes !

Pour évaluer le rôle des macrophytes dans les dispositifs rustiques, nous présentons les différents types de dispositifs dans lesquels certains macrophytes ont été étudiés, puis les mécanismes en jeu, avant d'exposer les limites de l'utilisation des macrophytes dans ce cadre.

1.4.1 Rôle des végétaux dans les différents types de dispositifs

a) Dans une mare

Une mare a été construite pour recevoir les eaux provenant d'une culture de coton traitée aux pesticides dans la région des Nouvelles Galles du Sud, en Australie (Rose *et al.*, 2006). Cette mare, d'une longueur de 30 mètres, est composée d'une mare ouverte, c'est-à-dire non-végétalisée, et d'une mare végétalisée, disposées en série. Les espèces *Persicaria spp.*, *Ludwigia peploides*, *Myriophyllum papillosum*, *Juncus usitatus*, *Bolboschoenus medianus*, *Typha domingensis* ont été utilisées pour végétaliser la deuxième mare. Ces espèces, inféodées à cette région, recouvraient seulement 20% de la surface de la mare végétalisée lors de la première année, et 95% de la surface de la mare végétalisée lors de la deuxième année d'expérimentation. Les concentrations des eaux en diuron, fluometuron (herbicides), aldicarb et endosulfan (insecticides) ont été mesurées pendant deux ans.

En 2002, lors des périodes d'observations, les concentrations entre l'entrée et la sortie du dispositif ont diminué de 27 à 55% pour le diuron, de 0 à 34% pour le fluometuron et de 15 à 39% pour l'aldicarb. Les concentrations en endosulfan n'ont pas été indiquées. Les temps de 1/2 vie ont été de 21,3 jours \pm 4,2 pour le diuron, de 25,4 jours \pm 8,6 pour le fluometuron et de 26,4 jours \pm 7 pour l'aldicarb. Il n'y a pas de différence notable entre la mare ouverte et la mare végétalisée.

En 2003, le fait marquant est l'occurrence d'un bloom algal dans la mare ouverte. Bien que décrites comme étant des algues vertes filamenteuses, la détermination exacte de ces algues n'a pu être réalisée. Avant le bloom, la mare végétalisée a contribué pour 58% à la baisse de la quantité de fluometuron (contre 41% pour la mare ouverte) tandis que le phénomène inverse s'est produit après le bloom. Les temps de 1/2 vie traduisent ce phénomène avec des temps de 10,2 jours \pm 1,3 dans la mare végétalisée avant et après le bloom, et un temps, dans la mare ouverte, de 13,8 jours \pm 1 avant le bloom et 5,5 jours \pm 0,4 après le bloom. Cette tendance a été également observée pour l'aldicarb et l'endosulfan. Les concentrations en aldicarb et en endosulfan ont été réduites à une valeur en-dessous des seuils de quantification, et leurs temps de 1/2 vie respectifs estimés à 4,8 et 6 jours. Le diuron n'a pas été appliqué lors de la deuxième année, et n'a pas été retrouvé dans les eaux. Par ailleurs, les auteurs soulignent l'importance des paramètres de végétalisation et de température (34,4°C en moyenne pour l'air ambiant) pour expliquer les fortes diminutions des teneurs en fluometuron et aldicarb la deuxième année.

b) Dans un fossé

Deux fossés de dimensions 50 x 5,5 x 0,2 mètres simulent un scénario catastrophe, où 6,35 mm de pluie s'abattent sur un champ de 50 hectares directement après application de l'insecticide

methylparathion à la dose de 8,6 kg de matière active pour 20 hectares. Ces fossés ont ainsi été testés en recevant une eau contenant l'insecticide methylparathion à la concentration de 6,6 mg.L⁻¹. L'un des deux fossés est planté de *Juncus effusus* à la densité de 171 pieds au m² et de *Leersia sp.* à la densité de 12 pieds au m² et est végétalisé à plus de 90%. L'autre fossé est végétalisé à moins de 5%. Des pics de concentration de 70 µg.L⁻¹ à 20 m et 8 µg.L⁻¹ à 40 m de l'entrée du dispositif ont été mesurés pour le fossé faiblement végétalisé, tandis que le fossé végétalisé présentait dans le même temps des concentrations de 20 µg.L⁻¹ et <0.1 µg.L⁻¹ à 20 m et 40 m. Les différences n'étaient pas significatives à 5 et 10 mètres de l'entrée du dispositif. La concentration en pesticides est donc influencée par les facteurs de temps, de distance, et de végétalisation du dispositif. Par ailleurs, la concentration moyenne en methylparathion mesurée sur l'ensemble des points de prélèvements et à toutes les dates correspond à 170 ± 50 µg.L⁻¹, 140 ± 40 µg.L⁻¹ et 2020 ± 890 µg.L⁻¹ respectivement dans l'eau, les sédiments et les plantes. 31% du methylparathion injecté est retrouvé, et 87% du methylparathion retrouvé l'est dans les plantes (Schulz *et al.*, 2003).

c) Dans une zone humide à écoulement sub-surfacique

Une zone humide à écoulement sub-surfacique plantée de *Typha latifolia* a également été testée (Borges *et al.* 2009). Ce dispositif, composé de 4 casiers parallèles de dimensions 0,35x1x24 m, présentait des pentes d'écoulement de l'eau différentes (0,5, 1 et 1,5%) et trois casiers recevaient la dose de 1g/m³ d'améthryne (le dernier casier servant de témoin). Les échantillons étaient prélevés deux fois par semaine pendant onze semaines et les temps de rétention hydrauliques étaient identiques pour tous les casiers, et correspondaient approximativement à 3,8 jours. Ce dispositif a contribué en moyenne à la retenue de 39% de l'améthryne entrant sur la zone, ce qui constitue une valeur qualifiée de relativement peu élevée par les auteurs. Ces derniers avancent comme causes de ce résultat la faible volatilité de l'améthryne, ainsi que l'impossibilité de photodégrader le pesticide, celui-ci ayant un écoulement souterrain. Par ailleurs, les auteurs relèvent que le temps de rétention hydraulique est un facteur important, s'appuyant pour cette affirmation sur une étude de Stearman *et al.* (2003). Cependant, le facteur de l'inclinaison du dispositif n'influence pas la performance épuratoire de ce dernier. Enfin, aucun effet néfaste n'a été relevé sur les *Typha latifolia*.

d) En conditions de laboratoire

Dans l'étude menée par Thomas et Hand (2011), trois systèmes sont mis en place afin d'étudier la dégradation de 6 pesticides en leurs métabolites : un système standard, un système planté de macrophytes (*Elodea canadensis*) et un système contenant des algues planctoniques. Ces trois systèmes reçoivent des concentrations de valeurs 19,80 ; 45,90 ; 62,00 ; 106,10 ; 21,65 et 20,25 µg.L⁻¹ de chlorotoluron, fludioxonil, lufenuron, pinoxaden, prometryne et propiconazole respectivement. Après 28 jours, 86% des composés mères sont encore présents dans l'eau et les sédiments du système standard, 44,5% dans l'eau, les sédiments et les macrophytes du système planté de macrophytes et 55,2% dans l'eau, les sédiments et les algues du système contenant des algues. Les temps de dégradation DT50 équivalent à 106 jours pour le système standard, 24 jours pour le système planté de macrophytes et 28 jours pour le système contenant des algues. Les macrophytes et les algues (à un degré moindre) sont ici à l'origine d'une dégradation accrue des composés mères en leurs métabolites par rapport à un système standard.

Rice *et al.* (1997) ont testé l'hypothèse suivante : les plantes aquatiques tolérantes aux herbicides peuvent contribuer à la décontamination d'eaux contenant des herbicides. Les trois macrophytes *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis* et *Lemna minor* ont ainsi montré des efficacités variables sur les pesticides metolachlor et atrazine contenus dans des eaux de surface . Le témoin non planté a contribué à une diminution des deux pesticides marqués au ¹⁴C de respectivement 39% et 15%. Après une période d'observation de 16 jours, *C. demersum* semble être la plus efficace avec une réduction des pesticides metolachlor et atrazine de respectivement 99% et 59%. *E. canadensis* a contribué à une diminution des deux pesticides de 96% et 37%, tandis que *L. minor* a contribué à l'abattement de 77% et 15% des deux pesticides.

Dans les quatre types de dispositifs considérés — mares, fossés, écoulement sub-surfacique et conditions de laboratoire — les végétaux semblent favoriser une dissipation accrue des différents pesticides avec lesquels ils entrent en contact.

1.4.2 Mécanismes impliqués

a) Absorption dans la plante

Les différentes parties des phanérogames exercent une influence sur l'accumulation des pesticides dans leur environnement immédiat. Par exemple, parmi l'ensemble de leurs tissus, les racines des joncs *Schoenoplectus californicus* sont le lieu d'accumulation préférentiel des pesticides organo-chlorés (Miglioranza *et al.*, 2004). Ce constat est renforcé par la faible concentration de pesticides organo-chlorés retrouvés dans les sédiments à proximité des racines. Les pesticides hydrophobes tels que le DDT et le chlordane prédominent dans les sédiments et les racines tout comme l'endosulfan sulfate, alors que des quantités significatives de pesticides ou métabolites hydrophiles – HCH (hexachlorocyclohexanes) et endosulfan sulfate – s'accumulent plutôt dans les tiges immergées. Ceci est probablement dû à l'exposition prolongée des tiges immergées dans la colonne d'eau.

Un unique macrophyte peut donc influencer l'allocation de plusieurs pesticides à différents compartiments du milieu étudié. Inversement, plusieurs macrophytes peuvent allouer un même pesticide à différents compartiments du milieu.

Ainsi, après douze heures d'expérience, dans les mésocosmes contenant les espèces *Leersia oryzoïdes*, *Typha latifolia* et *Thalia dealbata*, 77 à 95% de l'insecticide perméthrine (concentrée à 5 µg.L⁻¹) ont été retrouvés dans les sédiments tandis que dans le mésocosme contenant *Sparganium americanum*, 83% des pesticides ont été retrouvés dans la tige et les feuilles. Ces chiffres traduisent le cas particulier de *Sparganium americanum*, qui a incorporé une quantité élevée de perméthrine dans ses tissus (1144 µg collectés). Dans les sédiments du témoin non végétalisé, la quantité de perméthrine retrouvée (265 µg) est comparable à celle retrouvée dans les sédiments des différents milieux plantés (Moore *et al.*, 2009).

b) Adsorption

Une autre expérience illustre l'importance de la structure du végétal au contact du pesticide, en l'occurrence l'insecticide chlorpyrifos, au contact de quatre macrophytes (Munoz *et al.*, 2009). Un gramme de feuilles de *Phragmites australis*, *Iris Pseudacorus*, *Typha latifolia* et *Equisetum pratense* ont ainsi été préparés sous une forme fraîche, fraîchement tamisée ou séchée, puis mélangés avec une solution contenant l'insecticide. Après trois heures, le pic d'adsorption est atteint ; le chlorpyrifos est alors majoritairement adsorbé sur les feuilles séchées de *Phragmites australis* (49%), *Iris Pseudacorus* (46%) et *Typha latifolia* (34%) tandis que le chlorpyrifos est adsorbé à 28% sur les feuilles fraîchement tamisées d'*Equisetum pratense*. La structure du végétal influence donc le degré de sorption d'un pesticide donné.

c) Dégradation algale

L'étude de Rose *et al.*, (2006) fait référence à trois études pour expliquer le ou les mécanismes pouvant être impliqués dans la dégradation des pesticides par les algues planctoniques : 8 chaînes algales sur les 15 cultivées en conditions de laboratoire ont été capables de métaboliser le fluometuron en desmethyl fluometuron via la N-déméthylation du fluometuron. Il s'agissait d'algues appartenant au genre des *Ankistrodesmus* et *Selenastrum* (Zablotowicz *et al.*, 1998). Sethunathan *et al.* (2004) suggèrent d'après une expérience menée en laboratoire que les algues vertes des genres *Chlorococcum sp.* et *Scenedesmus sp.*, inoculées à hautes doses dans un milieu contenant de l'α-endosulfan, sont capables d'adsorber et de transformer ce pesticide en ses métabolites (endosulfan sulfate et endosulfan ether). Ces métabolites semblent subir une transformation supplémentaire, car un aldéhyde dérivé de l'endosulfan apparaît. Enfin, Friesen-Pankratz *et al.* (2003) émettent l'hypothèse d'une combinaison de facteurs impliquant le transport, l'adsorption et la dégradation des pesticides pour expliquer la diminution des teneurs de lindane et d'atrazine au contact de l'espèce *Selenastrum capricornutum*, cultivée en conditions hydroponiques, aérées et de forte chaleur et luminosité.

d) Transfert des pesticides vers un autre compartiment

Une troisième voie de diminution des teneurs en pesticides via le transfert hydrique a été identifiée (Cessna *et al.*, 2006). La persistance de trois herbicides – thifensulfuron-methyl, ethametsulfuron-methyl & metsulfuron-methyl dans des mares a été étudiée. Les persistances mesurées des trois sulfuronyles sont supérieures à 12 mois, et jusqu'à 50% de la diminution de ces herbicides sont liés aux périodes de décharges hydrauliques des mares, ce qui laisse supposer que la

diminution des concentrations en pesticides relève ici du transfert de ces herbicides vers un autre milieu. Cette étude ne donne pas d'indications quant à la teneur en pesticides dans les sédiments et dans les eaux souterraines.

1.4.3 Limites au traitement des pesticides par les zones humides

a) Variabilité des efficacités en fonction des couples plantes - pesticides

En conditions de laboratoire, certains hydrophytes se montrent plus efficaces pour épurer les fongicides diméthomorphe et pyriméthanile. Ainsi, les deux hydrophytes *Lemna minor* et *Spirodela polyrhiza* ont permis de retirer après 96 heures 48 et 21 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de diméthomorphe et 33 et 17 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de pyriméthanile, tandis que les hélophytes *Cabomba aquatica*, *Elodea canadensis* et *Callitriche palustris* ont permis de retirer 9, 18 et 14 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de diméthomorphe, et 7, 6 et 3 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de pyriméthanile. Les taux de diminution des teneurs varient de 10 à 18% pour le diméthomorphe et de 7 à 12% pour le pyriméthanile (Dosnon-Olette *et al.*, 2009). Ces résultats confirment une étude menée par les mêmes auteurs (Olette *et al.*, 2008) et laissent supposer que *L. minor* présente des meilleurs rendements que *C. aquatica* et *E. canadensis* concernant la diminution de la teneur en sulfate de cuivre (fongicide), en flazasulfuron (herbicide) et en diméthomorphe (fongicide). Pour ces essais réalisés en laboratoire, *L. minor* présente une diminution maximum de 30, 27 et 11 $\mu\text{g.g}^{-1}$ par jour pour respectivement le sulfate de cuivre, le flazasulfuron et le diméthomorphe ; *C. aquatica* présente une diminution maximum de 15, 13 et 4 $\mu\text{g.g}^{-1}$ par jour pour respectivement le sulfate de cuivre, le flazasulfuron et le diméthomorphe et enfin *E. canadensis* présente une diminution maximum de 10, 6 et 3 $\mu\text{g.g}^{-1}$ par jour pour respectivement le sulfate de cuivre, le flazasulfuron et le diméthomorphe.

Ceci confirme une étude plus ancienne au sujet de la quantification de la retenue d'atrazine et de lambda-cyhalothrin par *Juncus effusus*, ainsi que par *Ludwigia peploides*. Il en résulte qu'après 24 heures, l'atrazine a été préférentiellement accumulée dans les sédiments entourant *J. effusus* (1902 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) par rapport à *L. peploides* (752 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ de matière sèche) et le témoin non-végétalisé a présenté une accumulation de l'atrazine dans les sédiments de 1731 $\mu\text{g.kg}^{-1}$; ce phénomène s'est reproduit pour la lambda-cyhalothrine, après trois heures d'expérience : 28 $\mu\text{g.L}^{-1}$ dans l'eau du dispositif planté de *J. effusus* et 4 $\mu\text{g.L}^{-1}$ dans l'eau du dispositif contenant *L. peploides* ; le témoin non-végétalisé a présenté une concentration dans l'eau de 6 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (Bouldin *et al.*, 2005). Ceci est donc un cas où, à deux reprises, un témoin non-végétalisé présente de meilleures performances épuratoires qu'un dispositif planté.

Une autre étude estime que la lemnacée *Lemna gibba* et les hydroptéridales (fougères aquatiques) *Azolla caroliniana* et *Salvinia minima*, et ne sont pas en capacité de retirer l'herbicide atrazine de la solution, testé à des concentrations de 0 ; 0,01 ; 0,1 ; 1 et 10 mg.L^{-1} (Guimaraes *et al.*, 2011).

b) Effet néfaste de certains herbicides sur les macrophytes

Rétroactivement, les pesticides, et notamment les herbicides, ont une action sur les végétaux de mésocosmes. Les effets de la simazine sur les hydrophytes *Myriophyllum spicatum*, *Elodea canadensis*, *Persicaria amphibia* et *Glyceria maxima* ont été étudiés (Vervliet-Scheebaum *et al.*, 2010). Les auteurs concluent à des effets nuisibles observables (augmentation du nombre et de la taille des feuilles, matière sèche) du pesticide pour des concentrations de 0,05 mg.L^{-1} à 28 jours, qui s'estompent ensuite à 84 jours, et supposent l'absence d'effets nuisibles observables à une concentration de simazine de 0,5 mg.L^{-1} .

Des concentrations de métazachlore variant de 0,6 à 64 $\mu\text{g.L}^{-1}$ et de 4,1 à 454 $\mu\text{g.L}^{-1}$ inhibent la croissance des deux hydrophytes *Lemna minor* et *Spirodela polyrhiza* respectivement. Ces concentrations sont proches des doses retrouvées dans les eaux de surface (Mueller *et al.*, 2010).

Si les végétaux semblent en mesure d'accroître les performances épuratoires des dispositifs rustiques grâce à des processus physico-chimiques (adsorption, sédimentation, dégradation algale), il convient de rester prudent sur ces performances car les efficacités sont variables selon la plante et le pesticide étudié.

2 Matériel et Méthodes

2.1 Présentation des 7 sites retenus

Nous étudierons ici les végétaux de quatre dispositifs linéaires : Broussey-en-Woèvre (55), Domprix (54), Jallaucourt (57) et Manoncourt/Seille (54) et ceux de trois dispositifs surfaciques : Avillers-Sainte-Croix (55), Ollainville (88) et Ville/Illon (88) (Cherrier et Chartier, 2010). La localisation des sites est retranscrite dans la figure 1.

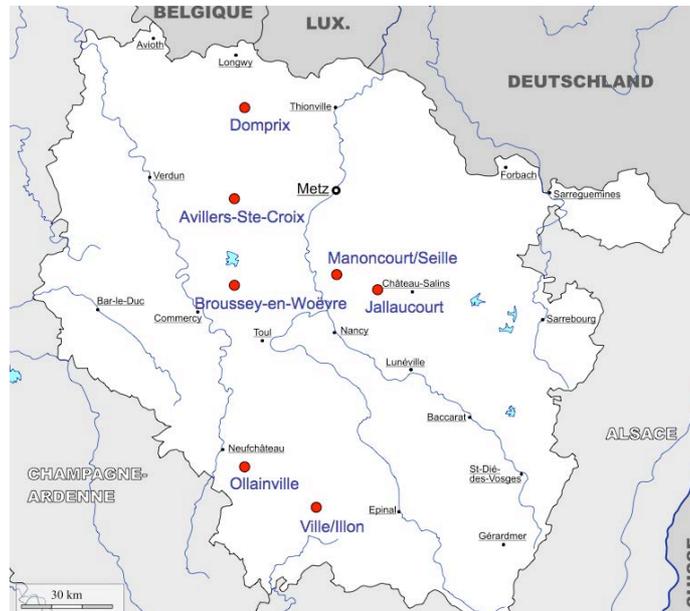


Figure 1 : Localisation des sept sites d'étude

Le tableau 1 décrit les principales caractéristiques de chaque site d'étude.

Tableau 1 : Description détaillée des sept sites d'étude

Localisation	Avillers	Broussey	Domprix	Jallaucourt	Manoncourt	Ollainville	Ville/Illon
Type	3 mares	Fossé	2 fossés	Fossé	Fossé	Mare	3 mares
Longueur (m)	7 chacune	20	10 chacun	8	91	17	20 chacune
Largeur (m)	3	3,5	6	3-4	2,5-3	11	7
Hauteur d'eau (m)	1,5	0,2	0,2	0,2-1,2	0,1	1,5	1,5
Caractéristique	Aucune	Planté de <i>Glyceria maxima</i>	Aucune	Présence d'un filtre en paille	Zone élargie au milieu	Mare en triangle + bras mort	Aucune
Année de construction	2011	2010	2011	2010	2010	2010	2011

2.2 Protocoles expérimentaux

2.2.1 Calendrier

Deux campagnes d'échantillonnage ont été menées. La première a eu lieu fin mars et la seconde fin mai, correspondant aux périodes de début du développement de la végétation. Une visite préliminaire fin février ainsi qu'une visite intermédiaire fin avril ont été effectuées sur certains sites afin de suivre le développement des macrophytes de manière plus fine. L'annexe 1 précise les dates d'intervention.

2.2.2 Collecte des données

a) Prélèvements de macrophytes

Pour faire l'inventaire des végétaux en place sur un site, le relevé des différentes espèces de macrophytes (hydrophytes et hélophytes) présentes a été établi. Des prélèvements ont été réalisés à différents endroits des dispositifs pour vérifier la détermination taxonomique. Les plantes hélophytes ont été cueillies à la main sur les berges des dispositifs et des ruisseaux voisins où affluent les eaux de drainage, le cas échéant. Lorsque les plantes étaient au centre du dispositif en eau, la collecte s'est effectuée à l'aide d'un râteau télescopique. La même technique a été utilisée pour le prélèvement d'algues. Dans le cas des dispositifs linéaires, le prélèvement a été réalisé de l'aval vers l'amont, afin de ne pas créer de perturbations dans le milieu suite à la remise en suspension de la vase et des sédiments. Dans le cas des dispositifs surfaciques, les prélèvements ont également été réalisés de l'aval vers l'amont, et de la périphérie (1 mètre du bord) vers l'intérieur des dispositifs.

Des piluliers de 30 ou 100 mL en plastique ont été utilisés pour le prélèvement des plantes totalement immergées (hydrophytes) et des algues. Dans la mesure du possible, les pourcentages de recouvrement de chaque espèce (notamment des algues) et le nombre de pieds d'hélophytes furent estimés.

Simultanément, trois paramètres physico-chimiques, le potentiel hydrogène (pH), la conductivité (σ) et la température de l'eau (T), ont été mesurés à l'amont et à l'aval des dispositifs et dans les ruisseaux, à l'aval du dispositif. Les paramètres physico-chimiques ont été mesurés grâce à un compteur portatif de marque Hach®.

b) Prises de vues

Des photographies ont été prises pour suivre l'évolution du couvert végétal des dispositifs. Les lieux de prises de vue ont été fixés lors de la première campagne, dans le but d'avoir des photographies représentant la même partie de dispositif, à des instants différents. Chacune des photographies a été numérotée et insérée dans l'outil Picasaweb.

c) Transport et conservation

Les échantillons ont ensuite été transportés et conservés à 4°C. Au laboratoire, les piluliers d'algues et les hydrophytes ont été réfrigérés en attendant l'examen de leur contenu, tandis que les hélophytes ont été mises à sécher dans du papier journal pendant 24 à 48 heures.

2.3 Détermination des espèces collectées

Une première détermination a été faite sur site grâce au concours de Marie-Christine Peltre, hydrobiologiste du Laboratoire des Interactions Ecotoxicologie, Biodiversité, Ecosystèmes (LIEBE, UL).

Les premières déterminations émises sur site sont ensuite confirmées (ou infirmées) en laboratoire à l'aide d'ouvrages floristiques (flore et guides) pour les phanérogames (Dethioux, 1989a ; Dethioux, 1989b ; Dethioux, 1989c ; Fitter *et al.*, 1991 ; Lambinon *et al.*, 1992 ; Fare *et al.*, 2001).

Les macro-algues sont déposées dans des boîtes de Pétri pour être ensuite montées entre une lame et une lame mince avec une goutte d'eau pour examen. Elles sont ainsi observées au grossissement 10x10, 10x20 et 10x40 à l'aide d'un microscope de marque Leica®. La détermination des algues est facilitée par le guide pratique de détermination générique des algues macroscopiques d'eau douce (Rodriguez et Vergon, 1996).

3 Résultats

Les résultats complets des études de terrain, comprenant la détermination des espèces retrouvées à l'intérieur des dispositifs ainsi que les paramètres physico-chimiques figurent en annexe 2 et 3.

3.1 Diversité floristique des sept sites étudiés

Les résultats de l'inventaire floristique sont consignés dans les tableaux 2 et 3. Les coefficients d'abondance-dominance utilisés (Braun-Blanquet, 1964) sont les suivants :

- 5 : les individus de l'espèce recouvrent plus de 75% de la surface considérée
- 4 : les individus recouvrent entre 50 et 75% de la surface considérée
- 3 : les individus recouvrent entre 25 et 50% de la surface considérée
- 2 : les individus recouvrent entre 5 et 25% de la surface considérée
- 1 : les individus recouvrent moins de 5% de la surface considérée
- + : les individus sont en petit nombre, leur recouvrement est négligeable
- r : les individus sont rares, leur présence se limite à quelques individus

Tableau 2 : Diversité floristique des dispositifs linéaires

	Espèce	Broussey		Domprix		Jallaucourt		Manoncourt	
		Mars	Mai	Mars	Mai	Mars	Mai	Mars	Mai
PHANEROGAMES	<i>Callitriche platycarpa</i>			1	1				
	<i>Carex acutiformis</i>		+						
	<i>Cyperus fuscus</i>						+		
	<i>Epilobium hirsutum</i>			+	+		1	+	+
	<i>Equisetum arvense</i>								
	<i>Glyceria maxima</i>	2	3				+		
	<i>Glyceria notata (= G. plicata)</i>					1			
	<i>Juncus articulatus</i>	+	+	2	2				
	<i>Juncus conglomeratus</i>				2	1	2	1	1
	<i>Juncus inflexus</i>					1	2		1
	<i>Mentha aquatica</i>		+						
	<i>Phalaris arundinacea</i>		1						
	<i>Ranunculus repens</i>		+	+	1	1	2	1	2
	<i>Rorippa amphibia</i>		r						
	<i>Rumex sp.</i>					+		+	+
	<i>Salix sp.</i>			+	+			1	1
	<i>Sparganium erectum</i>								
	<i>Typha latifolia</i>	+	1						
	<i>Veronica beccabunga</i>			+	+				
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>		+							
ALGUES	Diatomées					4			
	<i>Melosira sp.</i>					2			
	<i>Oedogonium sp.</i>								
	<i>Spirogyra sp.</i>		+	4	2		1	+	+
	<i>Tetraspora sp.</i>							2	
	<i>Tribonema sp.</i>					+		1	
	<i>Vaucheria sp.</i>								

Tableau 3 : Diversité floristique des dispositifs surfaciques

	Espèce	Avillers		Ollainville		Ville/Illon	
		Mars	Mai	Mars	Mai	Mars	Mai
PHANÉROGAMES	<i>Callitriche platycarpa</i>			2	2		
	<i>Carex acutiformis</i>					1	1
	<i>Cyperus fuscus</i>						
	<i>Epilobium hirsutum</i>	+				+	1
	<i>Equisetum cf. arvense</i>				+		1
	<i>Glyceria maxima</i>						+
	<i>Glyceria notata (= G. plicata)</i>			2	2		
	<i>Juncus articulatus</i>				1		1
	<i>Juncus conglomeratus</i>			1		+	1
	<i>Juncus inflexus</i>			1	1	+	1
	<i>Mentha aquatica</i>						
	<i>Phalaris arundinacea</i>						
	<i>Ranunculus repens</i>	1	1				
	<i>Rorippa amphibia</i>						
	<i>Rumex sp.</i>			+	+		
	<i>Salix sp.</i>						
	<i>Sparganium erectum</i>						+
	<i>Typha latifolia</i>			5	5	1	1
	<i>Veronica beccabunga</i>						+
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>		r					
ALGUES	Diatomées					+	
	<i>Melosira sp.</i>	+		+			
	<i>Oedogonium sp.</i>			+			
	<i>Spirogyra sp.</i>					5	
	<i>Tetraspora sp.</i>						
	<i>Tribonema sp.</i>	3		2	r	+	+
	<i>Vaucheria sp.</i>				+		+

Le nombre de taxons présents renseigne sur la diversité floristique de chaque site. Le score est obtenu en additionnant les médianes de chaque classe de recouvrement. Par exemple pour les phanérogames d'Ollainville en Mars, les coefficients d'abondance-dominance ont été de 2, 2, 1, 1 et 5 pour *Callitriche platycarpa*, *Glyceria notata*, *Juncus conglomeratus*, *Juncus inflexus* et *Typha latifolia* respectivement. Les médianes pour les classes de recouvrement sont les suivantes : classe 1 (<5%) = 0,025, classe 2 (5<x<25%) = 0,15, classe 3 (25<x<50%) = 0,375, classe 4 (50<x<75%) = 0,625 et classe 5 (>75%) = 0,875. Ainsi le score attribué aux phanérogames d'Ollainville en Mars sera de : 0,15 + 0,15 + 0,025 + 0,025 + 0,875 = 1,225. Les diversités floristiques et quantités de macrophytes sont consignées à l'aide des deux indicateurs ainsi définis (nombre de taxons, score) dans le tableau 4.

Tableau 4 : Diversité et quantité de macrophytes retrouvés sur les sept sites

		Nombre de taxons		Score	
		Mars	Mai	Mars	Mai
Avillers	Phanérogames	2	2	0,025	0,025
	Algues	2	0	0,375	0
Broussey	Phanérogames	3	9	0,15	0,425
	Algues	0	1	0	0
Domprix	Phanérogames	6	7	0,2	0,4
	Algues	1	1	0,625	0,15
Jallaucourt	Phanérogames	5	6	0,1	0,475
	Algues	3	1	0,775	0,025
Manoncourt	Phanérogames	5	6	0,075	0,225
	Algues	3	1	0,175	0
Ollainville	Phanérogames	6	7	1,225	1,225
	Algues	3	2	0,15	0
Ville/Illon	Phanérogames	5	10	0,05	0,175
	Algues	3	2	0,875	0

a) Tendances générales pour les phanérogames

Nous retrouvons les mêmes tendances dans les sept dispositifs étudiés. Nous observons pour les phanérogames une augmentation du nombre de taxons entre mars et mai, accompagnée d'une élévation de la quantité de ces taxons. Le caractère linéaire ou surfacique du dispositif ne semble pas influencer le nombre de taxons, ni le recouvrement total (estimé par le score) du dispositif concerné.

Ainsi en mai, le site de Ville/Illon présente la plus grande diversité de phanérogames (12), et le score maximum est atteint pour le site d'Ollainville (1,225). Le printemps correspond à une phase intense de photosynthèse chez les végétaux, aboutissant à la phase de croissance de ceux-ci. Ces derniers utilisent les nutriments du milieu, et offrent une plus grande surface de contact. Ces deux phénomènes contribuent également à une retenue des matières contenues dans les eaux.

Comme les plantes ont des effets variables vis-à-vis de la dégradation des pesticides, il semble intéressant de privilégier des sites offrant une grande diversité de macrophytes et d'algues. Dans notre étude, les sites de Ville/Illon et d'Ollainville seraient les plus à même de dégrader les pesticides en période printanière. La végétation du site de Ville/Illon était très développée au mois de Mai, et son exutoire était à sec. Ainsi un maximum de polluants pouvait être dissipé, soit par adsorption sur les végétaux, soit par sédimentation ou volatilisation au niveau de l'exutoire. L'avantage du dispositif d'Ollainville est de disposer à l'année de tiges immergées de *T. latifolia*, offrant même à la fin de la période de croissance des végétaux des possibilités de ralentissement du flux d'eau.

En revanche, le site d'Avillers présente peu de taxons de phanérogames (2). Nous pouvons supposer que la construction récente de ce dispositif en est pour partie responsable. Les anciennetés relatives des dispositifs peuvent en expliquer leur colonisation par des macrophytes, mais leur construction (dimensions, variété des pentes et des hauteurs d'eau) peut également influencer cette colonisation. Nous formulons ici l'hypothèse que plus un dispositif est ancien et présente des variétés de dimensions, pentes et hauteurs d'eau, plus il pourra accueillir d'espèces différentes.

La distinction entre héliophytes et hydrophytes ne semble pas pertinente dans notre cas. En effet, parmi les vingt espèces de phanérogames recensées, seule *Callitriche platycarpa* est une hydrophyte. Toutes les autres sont des hydrophytes.

b) Tendances générales pour les algues

Les algues connaissent un recul généralisé (sur tous les sites, en variété et en nombre) de mars à mai. Nous retrouvons trois espèces d'algues sur les sites de Jallaucourt, Manoncourt, Ollainville et Ville/Illon (score de 0,875) en mars, et seulement deux au maximum en mai, à Ollainville et Ville/Illon, pour un score très faible.

A l'arrivée du printemps, la température s'élève et l'ensoleillement croît. La plupart des dispositifs sont alors recouverts d'algues, subissant le phénomène de bloom algal. Ce bloom peut être

dû à une reprise plus tardive des végétaux, laissant une surface d'eau libre pour l'occupation par les algues. L'accroissement du volume d'algues entraîne une augmentation du nombre de sites de sorption pour les pesticides, ainsi que les possibilités de dégradation de ceux-ci au sein de la masse algale. De plus, à la fin du bloom algal, les filaments sénescents tombent vers le fond de la mare ou du fossé, entraînant avec eux les pesticides adsorbés. Ceux-ci peuvent alors sédimenter dans le dispositif.

c) Cas particuliers de deux dispositifs

Le site de Jallaucourt possède en son milieu une botte de paille jouant le rôle de filtre. Une retenue d'eau s'est créée à l'amont de la botte de paille, formant une sorte de mare avec une hauteur d'eau de 1m20 environ. A l'aval, l'eau s'écoule par un chenal et sa hauteur est de maximum 10 cm. Les algues avaient été retrouvées seulement à l'amont de la botte, tandis que les joncs (*J. conglomeratus* et *J. inflexus*) dominaient à l'aval de la botte. Nous avons pu observer que les joncs avaient tendance à coloniser les bords d'eau, tandis que les algues (diatomées, *Melosira sp.*) colonisaient le milieu des dispositifs, où l'eau est la plus profonde.

Le dispositif de Manoncourt/Seille est un cas particulier, car il présente une très forte domination des graminées terrestres, en diversité (au moins six espèces relevées) et en quantité (recouvrement proche de 90% à Manoncourt/Seille en mai). Cette prédominance de plantes terrestres s'explique par le dimensionnement de ce dispositif : il s'agit d'un fossé long, étroit, et peu profond. Les espèces présentes sur les bandes enherbées ont ainsi pu atteindre aisément le fond du fossé, dans lequel ne s'écoulait que peu d'eau. La question de l'efficacité de dispositifs dominés par des plantes terrestres par rapport à des plantes aquatiques peut alors se poser.

Nous pouvons considérer qu'en présence de plantes terrestres, le flux d'eau est plus lent qu'en leur absence. Ainsi, la probabilité pour les molécules de s'adsorber aux parties immergées et de sédimenter seraient plus importantes que dans un milieu non végétalisé. Nous ne pouvons pas tirer de conclusions vis-à-vis de la dégradation des molécules de pesticides par les racines des plantes terrestres à ce stade.

3.2 Caractéristiques physico-chimiques des différents sites étudiés

En Mars, l'eau des dispositifs est à pH neutre ($7,6 \pm 0,5$), tandis que le pH de l'eau des ruisseaux voisins est légèrement basique ($8,1 \pm 0,3$). La conductimétrie est supérieure dans les dispositifs ($612 \pm 124 \mu\text{S/cm}$) par rapport aux ruisseaux ($537 \pm 72 \mu\text{S/cm}$). Enfin, les températures dans les ruisseaux sont plus élevées ($11,3 \pm 2,1^\circ\text{C}$) que celles relevées dans les dispositifs ($10,1 \pm 1,7^\circ\text{C}$). Ce dernier paramètre est particulièrement marqué pour le dispositif d'Ollainville, avec une température du ruisseau de 15°C et une température dans le dispositif de 9°C environ. Le tableau figurant en annexe 4 présente les caractéristiques physico-chimiques des eaux des sept sites : potentiel hydrogène (pH), conductimétrie (σ) et température (T) pour le relevé de mars.

En Mai, l'eau des dispositifs est à pH neutre ($7,4 \pm 0,4$), tandis que le pH de l'eau des ruisseaux voisins est légèrement basique ($8,2 \pm 0,3$). La conductimétrie est supérieure dans les dispositifs ($700 \pm 141 \mu\text{S/cm}$) par rapport aux ruisseaux ($559 \pm 47 \mu\text{S/cm}$). Enfin, les températures dans les dispositifs sont plus élevées ($15,7 \pm 1,5^\circ\text{C}$) que celles relevées dans les ruisseaux ($13,5 \pm 2,6^\circ\text{C}$). Le tableau figurant en annexe 5 présente les caractéristiques physico-chimiques des eaux des sept sites : potentiel hydrogène (pH), conductimétrie (σ) et température (T) pour le relevé de mai.

Le tableau 5 récapitule les caractéristiques physico-chimiques moyennes des eaux des sept sites étudiés.

Tableau 5 : Caractéristiques physico-chimiques moyennes des eaux des sept sites étudiés

	Dispositifs		Ruisseaux	
	Mars	Mai	Mars	Mai
pH	7,6 ±0,5	7,4 ±0,4	8,1 ±0,3	8,2 ±0,3
σ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	612 ±124	700 ±141	537 ±72	559 ±47
T ($^{\circ}\text{C}$)	10,1 ±1,7	15,7 ±1,5	11,3 ±2,1	13,5 ±2,6

L'eau des ruisseaux est légèrement plus basique que l'eau des dispositifs, mais il n'y a pas d'effet de saisonnalité sur ce paramètre. Nous ne pouvons proposer d'explication à ce phénomène.

Les paramètres de conductivité sont globalement supérieurs dans les dispositifs par rapport aux ruisseaux. Nous observons de plus une augmentation plus marquée de la conductivité en mai par rapport à mars. Ce constat peut traduire une saisonnalité avec des augmentations légères des valeurs pour les ruisseaux, et plus marquées pour les dispositifs. Cette saisonnalité pourrait être due à une augmentation de l'activité des végétaux dans les dispositifs. Ceux-ci, plus nombreux, contribuent par leur nombre au ralentissement des flux d'eau et incorporent des nutriments nécessaires à leur croissance.

L'élévation de température entre mars et mai s'explique par les conditions météorologiques. Cependant, les températures observées en mars étaient supérieures dans les ruisseaux, et plus faibles dans les dispositifs. A l'inverse, la température moyenne de l'eau des dispositifs était plus importante que celle des ruisseaux en mai. Ceci peut s'expliquer par la profondeur plus faible des dispositifs et le caractère lentique (milieu stagnant) de ceux-ci par rapport aux ruisseaux, à caractère lotique (milieu en mouvement). Ainsi, les dispositifs sont plus sensibles aux variations de température que les ruisseaux.

D'autre part, l'éclaircissement joue un rôle sur la température. En mai, la ripisylve des ruisseaux est très développée, assurant ainsi un ombrage du ruisseau et un maintien de la température à des valeurs basses. A contrario, les dispositifs étudiés ont au maximum deux ans ; ils ne possèdent pas de végétation suffisamment haute pour protéger l'eau des dispositifs du soleil.

Enfin, ces différences en termes de température et de conductimétrie entre les eaux des dispositifs et celles des ruisseaux ne semblent pas avoir une influence sur les propriétés du ruisseau, car Nous n'avons pas relevé de différences significatives entre la végétation des ruisseaux avant et après les exutoires. Les paramètres physico-chimiques de l'eau des ruisseaux étaient quasiment identiques avant et après les exutoires. Pour cette raison, nous n'avons retenu qu'une seule valeur des trois paramètres pour chaque ruisseau. Ce faible impact de l'eau des dispositifs sur les paramètres physico-chimiques de l'eau des ruisseaux peut s'expliquer par le fait que les débits à l'exutoire des dispositifs étaient relativement faibles, voire nuls, en comparaison avec les débits des ruisseaux.

3.3 Evolution temporelle du couvert végétal

Les photographies prises sur les dispositifs ont permis d'apprécier l'évolution de la couverture végétale des sites. Un aperçu de chaque site est consigné en annexe 6. Ces aperçus font apparaître une saisonnalité de la couverture végétale sur les dispositifs. Une apparition massive puis une disparition tout aussi importante d'algues sont observées sur la plupart des sites entre février et avril. Par ailleurs, les phanérogames font leur apparition sur chaque site, et la couleur des sites passe du brun (février-mars-avril) au vert (mai), signe de la présence massive de chlorophylle dans les dispositifs à partir du mois de mai. Cela est dû au cycle des végétaux. Nous pouvons nous attendre à une phase d'inflorescence importante pour les végétaux présents en juin, juillet et août.

3.4 Comparaison avec les ruisseaux voisins

Nous avons vu au 3.2 que les propriétés physico-chimiques des dispositifs diffèrent de celles des ruisseaux. Le tableau 5 présente quelques taxons retrouvés dans les ruisseaux à proximité des dispositifs. Nous n'avons pas pu effectuer un relevé exhaustif de l'ensemble des taxons dans les ruisseaux.

Tableau 5 : Quelques taxons retrouvés dans les ruisseaux

<i>Apium sp.</i>	<i>Filipendula ulmaria</i>	<i>Mentha aquatica</i>	<i>V. beccabunga</i>
<i>Berula sp.</i>	<i>Glyceria maxima</i>	<i>Nasturtium officinale</i>	Cyanobactéries
<i>Callitriche sp.</i>	<i>Glyceria plicata</i>	<i>Phalaris arundinacea</i>	<i>Cladophora sp.</i>
<i>Carex acutiformis</i>	<i>Groenlandia densa</i>	<i>Phragmites australis</i>	<i>Vaucheria sp.</i>
<i>Carex sp.</i>	<i>Iris cf. pseudacorus</i>	<i>Silene flos-cuculi</i>	
<i>Cyperus fuscus</i>	<i>Juncus articulatus</i>	<i>Vallisneria sp.</i>	
<i>Epilobium sp.</i>	<i>J. conglomeratus</i>	<i>Veronica anagallis-a.</i>	

Les dispositifs rustiques présentent le plus souvent des taxons différents de ceux retrouvés dans les ruisseaux. Le site de Broussey constitue une exception, avec plusieurs taxons en commun, dont *Glyceria maxima* et *Carex acutiformis*. Cette proximité entre les taxons du ruisseau et ceux du dispositif s'explique par le fait que ce dispositif avait été planté avec des espèces rustiques provenant du ruisseau voisin. Ainsi, les espèces replantées semblent s'être adaptées puisqu'elles recouvrent abondamment ce dispositif (coefficient 3 sur l'échelle de Braun-Blanquet). Il semble donc possible d'accélérer la végétalisation naturelle de ces dispositifs.

De manière générale, il existe plusieurs taxons différents entre les dispositifs et le milieu récepteur. Ces différences trouvent leur origine les critères influençant les paramètres physico-chimiques, à savoir le caractère lentique du dispositif, sa profondeur et son éclaircissement. Les dispositifs étant très proches des ruisseaux, nous supposons que leurs substrats respectifs sont semblables, et que ce dernier critère a un rôle négligeable.

4 Conclusion et perspectives

Ce travail a eu pour but de trouver dans la littérature des exemples de recherches menées afin d'explicitier les éventuels influences des macrophytes sur les pesticides et de recenser sur les sites d'études les macrophytes présents. Bien entendu, ces dispositifs épuratoires rustiques que sont les zones humides artificielles forment une action curative puisqu'ils interviennent en aval de la pollution par les engrais et les pesticides. A l'avenir, la végétation devrait s'y développer et présenter une variété et un volume plus importants qu'actuellement, surtout sur les dispositifs récents, construits en 2010 (Domprix et Avillers). Il convient cependant de rester prudent quant aux performances de tels dispositifs, car ils présentent une saisonnalité calquée sur celle des macrophytes. Si les macrophytes sont effectivement responsables d'un abattement important des pesticides, nous pouvons nous attendre à des performances épuratoires des dispositifs variables au cours de l'année.

De plus, ces dispositifs doivent compléter une action préventive consistant à diminuer les intrants phytosanitaires, conformément au plan Eco-Phyto 2018, ainsi que l'application de meilleures pratiques culturales, et prolonger la réflexion sur la quantité de polluants à disperser sur les champs cultivés.

Il existe plusieurs pistes pour prolonger ce travail. La première consiste à étendre les relevés végétaux sur une saison complète. Les relevés effectués en Mars et en Mai couvrent la phase de croissance des végétaux. Une troisième campagne de prélèvements lors de la maturité des végétaux (en août-septembre) serait pertinente afin de compléter les données déjà établies.

Par ailleurs, les dispositifs présentent des anciennetés différentes. Les dispositifs les plus anciens (Ollainville, Jallaucourt) connaissent des développements végétaux plus importants que ceux situés à Avillers-Sainte-Croix et à Domprix par exemple. Noordijk *et al.* (2011) relèvent que, dans des prairies, les espèces graminées et rudérales sont dominantes dès la première année, les plantes pérennes à partir de la deuxième année et les herbes dominant aux années 5 et 6.

L'étude pourrait également être élargie aux odonates (présents à partir de la campagne de terrain en mai) et aux batraciens (pontes présentes en mars, têtards à partir d'avril).

Les plantes terrestres étant très présentes à l'intérieur même de certains dispositifs (Manoncourt/Seille en Mai par exemple), il peut être intéressant d'étudier les propriétés épuratrices de ces espèces, et comparer leurs aptitudes à dissiper les pesticides avec celles des macrophytes.

La sédimentation se produit dans les fossés et les mares, entraînant à terme un atterrissement des dispositifs. Il peut être utile de réfléchir à la meilleure manière de traiter les sédiments issus du curage futur des dispositifs. Quelles seront leurs teneurs en pesticides ? Pourront-ils être épandus sur la bande enherbée voisine ou devront-ils être traités dans une filière spécialisée ?

Il est également envisageable de sélectionner les macrophytes dominants, tels que *T. latifolia* ou *Spirogyra sp.*, dans lesquels les pesticides pourront être dosés.

En Lorraine, les épandages ont généralement lieu au printemps et à l'automne. Ces saisons correspondent aux phases de croissance et de sénescence des végétaux. Nous avançons l'hypothèse que les pesticides épandus au printemps pourraient être mieux assimilés par les végétaux alors en pleine croissance et par les algues qui recouvrent une majeure partie des dispositifs. Les pesticides seraient moins bien assimilés à l'automne dans les dispositifs, en raison de l'absence d'algues, et de la diminution du nombre de végétaux.

Références bibliographiques

- Allemand R., (2010). La gestion durable des ressources en eau en milieu agricole. Paris: L'Harmattan. 177 p.
- Borges A.C., Calijuri M. do C., de Matos A.T., Lopes Ribeiro de Queiroz M.E., (2009). Horizontal subsurface flow constructed wetlands for mitigation of ametryn-contaminated water. WATER SA 35:441–445.
- Bouldin J., Farris J., Moore M., Smith S., Stephens W., Cooper C., (2005). Evaluated fate and effects of atrazine and lambda-cyhalothrin in vegetated and unvegetated microcosms. ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY 20:487–498.
- Braun-Blanquet J., (1964). Pflanzensociologie: Grundzüge der Vegetationskunde. 3ème édition. Vienne : Springer. 865 p.
- Cessna A.J., Donald D.B., Bailey J., Waiser M., Headley J.V., (2006). Persistence of the sulfonylurea herbicides thifensulfuron-methyl, ethametsulfuron-methyl, and metsulfuron-methyl in farm dugouts (Ponds). JOURNAL OF ENVIRONMENTAL QUALITY 35:2395–2401.
- Chartier N., (2011). [En ligne]. Pourquoi mettre en place des expérimentations en sortie de drainage ? Disponible sur : <http://cra-lorraine.fr/index.php?page=017&rubrique=Eau>. Consulté le 22 Février 2012.
- Cherrier R., Chartier N., (2010). Présentation des dispositifs rustiques de filtration des eaux de drainage. Laxou : Chambres d'agriculture de Lorraine. 31 p.
- CORPEN, (1997). Produits phytosanitaires et dispositifs enherbés. Etat des connaissances et propositions de mise en oeuvre. 88 p.
- Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., Van den Belt M., (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. NATURE 387:253–260.
- Dethioux M., (1989a). Aménagement écologique des cours d'eau - Espèces herbacées du bord des eaux. Ministère de la Région Wallonne. Namur - Gembloux: I.R.S.I.A. 143 p.
- Dethioux M., (1989b). Aménagement écologique des cours d'eau - Espèces aquatiques des eaux courantes. Ministère de la Région Wallonne. Namur - Gembloux: I.R.S.I.A. 72 p.
- Dethioux M., (1989c). Aménagement écologique des cours d'eau - Espèces ligneuses de la berge. Ministère de la Région Wallonne. Namur - Gembloux: I.R.S.I.A. 80 p.
- Dosnon-Olette R., Couderchet M., Eullaffroy P., (2009). Phytoremediation of fungicides by aquatic macrophytes: Toxicity and removal rate. ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY 72:2096–2101.
- Dousset S., (2005). Etude du transfert de pesticides dans les sols. Exemple de divers herbicides organiques de synthèse et d'un produit minéral : le cuivre. Habilitation à diriger des recherches. Dijon : Geosol, Université de Bourgogne. 75 p.
- Fare A., Dutarte A., Rebillard J.-P., (2001). Les principaux végétaux aquatiques du sud-ouest de la France. Toulouse : Agence de l'Eau Adour-Garonne. 190 p.

- Fitter R., Fitter A., Farrer Ann., (1991). Guide des graminées. Carex, joncs et fougères. Neuchâtel - Paris: Delachaux et Niestlé. 255 p.
- Friesen-Pankratz B., Doebel C., Farenhorst A., Goldsborough L., (2003). Interactions between algae (*Selenastrum capricornutum*) and pesticides: Implications for managing constructed wetlands for pesticide removal. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH PART B- PESTICIDES FOOD CONTAMINANTS AND AGRICULTURAL WASTES* 38:147–155.
- Guimaraes F.P., Aguiar R., Karam D., Oliveira J.A., Silva J.A.A., Santos C.L., Sant’anna-Santos B.F., Lizieri-Santos C., (2011). Potential of macrophytes for removing atrazine from aqueous solution. *PLANTA DANINHA* 29:1137–1147.
- Haury J., Thiébaud G., Coudreuse J., Muller S., (2008). Les lichens, bryophytes, ptéridophytes et phanérogames aquatiques. *INGENIERIES EAU-AGRICULTURE-TERITOIRE N° spécial*:23–36.
- Jourdan S., Mirenowicz J., (2011). Les services écologiques à l’honneur. *LA REVUE DURABLE* 39:49-53.
- Journal Officiel de la République Française, (1964). Loi n°64-1245 du 16 décembre 1964 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution.
- Journal Officiel de la République Française, (1992). Loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l’eau.
- Journal Officiel du Conseil de la Communauté Européenne, (2000). Directive 2000/60/CE du conseil du 23 octobre 2000 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.
- Lambinon J, De Langhe J-E, Delvosalle L, Duvigneaud J. 1992. Nouvelle flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des Régions voisines (Ptéridophytes et Spermatophytes). 4ème édition. Meise : Patrimoine du Jardin botanique national de Belgique. 1092 p.
- Miglioranza K., de Moreno J., Moreno V., (2004). Organochlorine pesticides sequestered in the aquatic macrophyte *Schoenoplectus californicus* (C.A. Meyer) Sojak from a shallow lake in Argentina. *WATER RESEARCH* 38:1765–1772.
- Moore M.T., Kroeger R., Cooper C.M., Smith Jr. S., (2009). Ability of Four Emergent Macrophytes to Remediate Permethrin in Mesocosm Experiments. *ARCHIVES OF ENVIRONMENTAL CONTAMINATION AND TOXICOLOGY* 57:282–288.
- Mueller R., Berghahn R., Hilt S., (2010). Herbicide effects of metazachlor on duckweed (*Lemna minor* and *Spirodela polyrhiza*) in test systems with different trophic status and complexity. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH PART B-PESTICIDES FOOD CONTAMINANTS AND AGRICULTURAL WASTES* 45:95–101.
- Munoz A.R., Trevisan M., Capri E., (2009). Sorption and photodegradation of chlorpyrifos on riparian and aquatic macrophytes. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH PART B- PESTICIDES FOOD CONTAMINANTS AND AGRICULTURAL WASTES* 44:7–12.
- Noordijk J., Musters C., Van Dijk J., De Snoo G.R., (2011). Vegetation development in sown field margins and on adjacent ditch banks. *PLANT ECOLOGY* 212:167, 157.
- Olette R., Couderchet M., Biagianti S., Eullaffroy P., (2008). Toxicity and removal of pesticides by selected aquatic plants. *CHEMOSPHERE* 70:1414–1421.
- Rice P., Anderson T., Coats J., (1997). Phytoremediation of herbicide-contaminated surface water with aquatic plants. In: Kruger E, Anderson T, Coats J, editors. *PHYTOREMEDIATION OF SOIL AND WATER CONTAMINANTS*. Vol. 664. ACS Symposium Series. pp. 133–151.

Rodriguez S., Vergon J.-P., (1996). Guide pratique de détermination générique des algues macroscopiques d'eau douce. Ed. Ministère de l'environnement. Besançon: DIREN Franche-Comté. 110 p.

Rose M.T., Sanchez-Bayo F., Crossan A.N., Kennedy I.R., (2006). Pesticide removal from cotton farm tailwater by a pilot-scale ponded wetland. *Chemosphere* 63:1849–1858.

Schulz R., Moore M., Bennett E., Milam C., Bouldin J., Farris J., Smith S., Cooper C., (2003). Acute toxicity of methyl-parathion in wetland mesocosms: Assessing the influence of aquatic plants using laboratory testing with *Hyalella azteca*. *ARCHIVES OF ENVIRONMENTAL CONTAMINATION AND TOXICOLOGY* 45:331–336.

Sethunathan N., Megharaj M., Chen Z., Williams B., Lewis G., Naidu R., (2004). Algal degradation of a known endocrine disrupting insecticide, alpha-endosulfan, and its metabolite, endosulfan sulfate, in liquid medium and soil. *JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY* 52:3030–3035.

Stearman G., George D., Carlson K., Lansford S., (2003). Pesticide removal from container nursery runoff in constructed wetland cells. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL QUALITY* 32:1548–1556.

Thomas K.A., Hand L.H., (2011). Assessing the potential for algae and macrophytes to degrade crop protection products in aquatic ecosystems. *ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY* 30:622–631.

Vallée R., (2011). Evaluation du pouvoir épurateur des dispositifs rustiques de filtration des eaux de drainage. Vandoeuvre-lès-Nancy: LIMOS, Université Henri Poincaré. 28 p.

Vervliet-Scheebaum M., Straus A., Tremp H., Hamer M., Maund S.J., Wagner E., Schulz R., (2010). A microcosm system to evaluate the toxicity of the triazine herbicide simazine on aquatic macrophytes. *ENVIRONMENTAL POLLUTION* 158:615–623.

Zablotowicz R., Schrader K., Locke M., (1998). Algal transformation of fluometuron and atrazine by N-dealkylation. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH PART B-PESTICIDES FOOD CONTAMINANTS AND AGRICULTURAL WASTES* 33:511–528.

ANNEXE 1 : Calendrier des visites de terrain.....I
 ANNEXE 2 : Résultats de la 1ère campagne d'étudesI
 ANNEXE 3 : Résultats de la 2ème campagne d'études..... VI
 ANNEXE 4 : Mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau des dispositifs en mars X
 ANNEXE 5 : Mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau des dispositifs en mai X
 ANNEXE 6 : Evolution du couvert végétal sur les sept sites étudiés.....XI
 ANNEXE 8 : Tableau des références bibliographiques..... XXI

ANNEXE 1 : Calendrier des visites de terrain

	Avillers	Broussey	Domprix	Jallaucourt	Manoncourt	Ollainville	Ville/Illon
Visite préliminaire	n.e.	n.e.	n.e.	27 Février	27 Février	27 Février	27 Février
1 ^{ère} campagne	04 Avril	27 Mars	04 Avril	27 Mars	27 Mars	28 Mars	28 Mars
Visite intermédiaire	n.e.	23 Avril	n.e.	23 Avril	23 Avril	23 Avril	23 Avril
2 ^{ème} campagne	31 Mai	04 Juin	31 Mai	04 Juin	04 Juin	05 Juin	05 Juin

n.e. : non effectuée

ANNEXE 2 : Résultats de la 1ère campagne d'études

Campagne effectuée les 27-28/3 et 4/4/12

Légende

- 000 N° de photographie
- S Position du collecteur de sortie
- E Position du collecteur d'entrée
- M N° du pilulier
- pH =;
- σ =;
- T° = Relevé des propriétés physico-chimiques du milieu

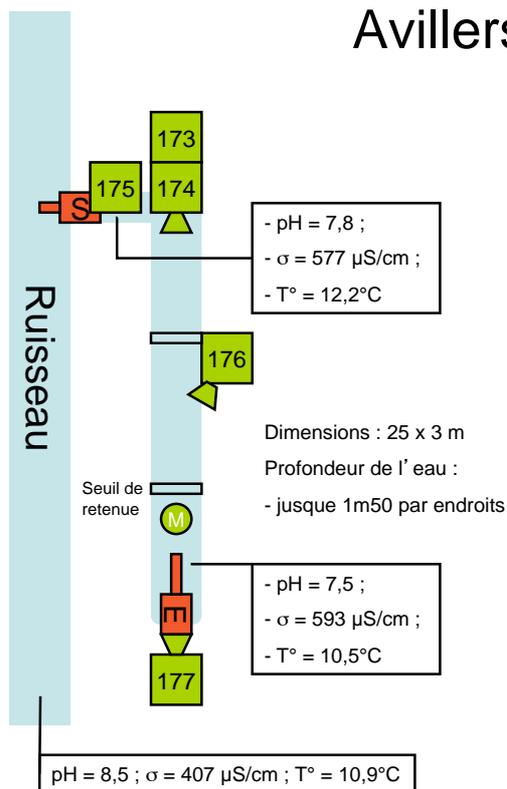
Relevé végétal

- Phanérogames :
 - Phanérogame 1
 - Phanérogame 2
 - ...
- Algues - Pilulier M :
 - Algue 1
 - Algue 2
 - ...



Date et heure :
 Météo :
 Température extérieure :
 Aspect de l'eau :
 Débit de l'eau à l'entrée :

Avillers-Sainte-Croix



Relevé végétal

Phanérogames :

- *Epilobium hirsutum*,
- *Ranunculus repens*,
- *Galium sp.* gaillet (plante terrestre)

Algues - Pilulier M :

- *Tribonema sp.* +++ (70% de recouvrement dans le fond, 25% en surface dans le 1er secteur, 2% en surface dans le 2ème secteur)
- *Melosira sp.*

Date et heure : 04.04.2012 à 15H30

Météo : Nuageux, quelques gouttes de pluie

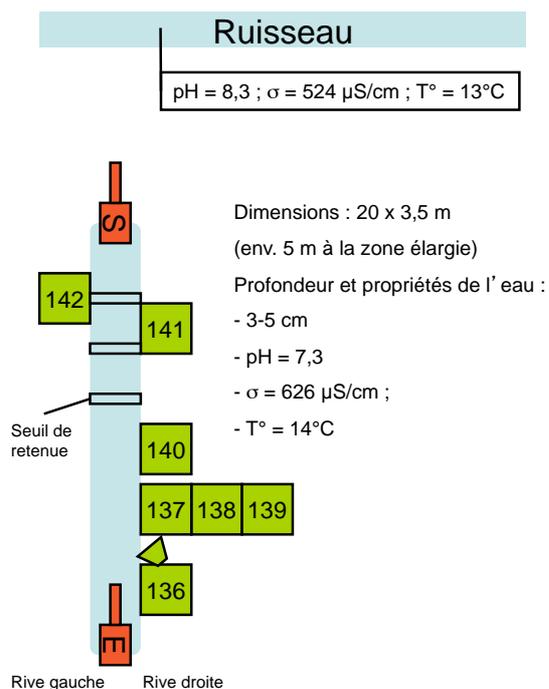
Température extérieure : env. 10°C

Aspect de l' eau : limpide

Débit de l' eau à l' entrée : faible



Broussey-en-Woëvre



Relevé végétal

Phanérogames :

- *Typha latifolia* (cf. 136),
- *Juncus articulatus* (cf. 142),
- Plante en rosette (cf. 137 à 139, 141),
- *Glyceria maxima*

Algues : aucune

Date et heure : 27.03.2012 à 15H00

Météo : Ensoleillé

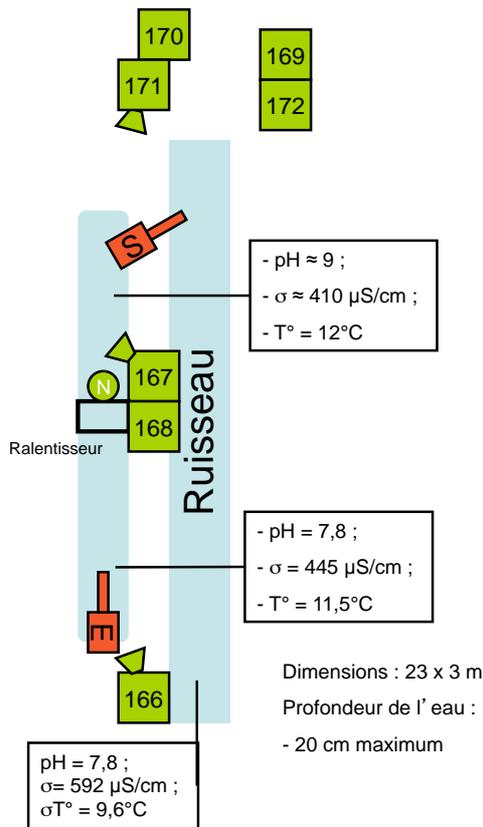
Température extérieure : env. 15°C

Aspect de l' eau : limpide

Débit de l' eau à l' entrée : faible

+ fourreaux de trichoptères





Domprix

Relevé végétal

Phanérogames :

- *Veronica anagallis-aquatica*,
- *Epilobium hirsutum*,
- *Juncus conglomeratus*,
- *Juncus articulatus*,
- *Ranunculus repens*,
- *Salix sp.*,
- *Callitriche platycarpa*

Algues - Pilulier N :

- *Spirogyra sp.* +++ (60% de recouvrement de la surface en eau dans le 1er secteur, 70% de la surface en eau dans le 2ème secteur)

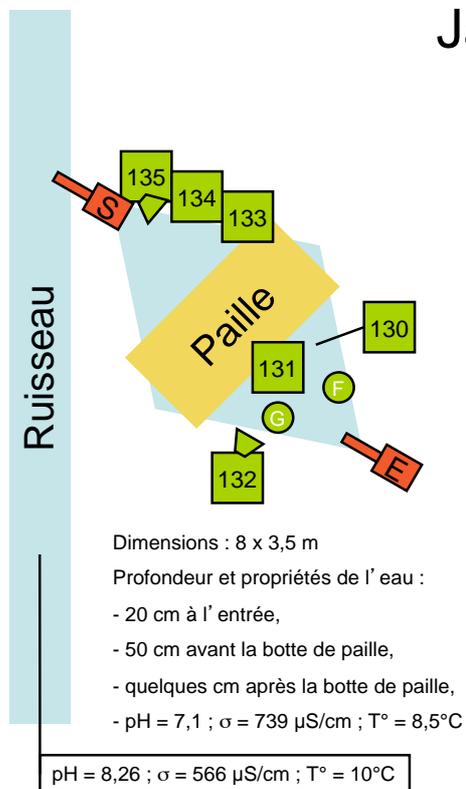
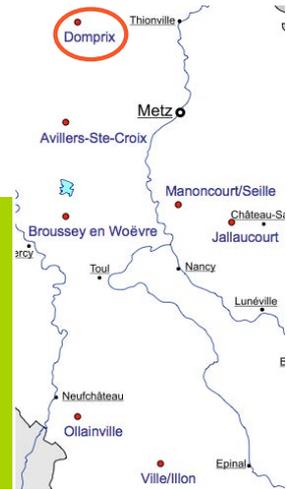
Date et heure : 04.04.2012 à 11H15

Météo : Nuageux

Température extérieure : env. 10°C

Aspect de l'eau : clair

Débit de l'eau à l'entrée : faible



Jallaucourt

Relevé végétal

Phanérogames :

- *Juncus conglomeratus*
- *Juncus inflexus*,
- *Epilobium hirsutum*,
- *Glyceria notata* (cf. 130),
- *Ranunculus repens*,
- *Rumex sp.*,
- Chardon sur berge

Algues - Piluliers F et G :

- Diatomées ++, *Melosira sp.* en colonies,
- *Tribonema sp.* (présent)

Date et heure : 27.03.2012 à 12H00

Météo : Ensoleillé

Température extérieure : env. 15°C

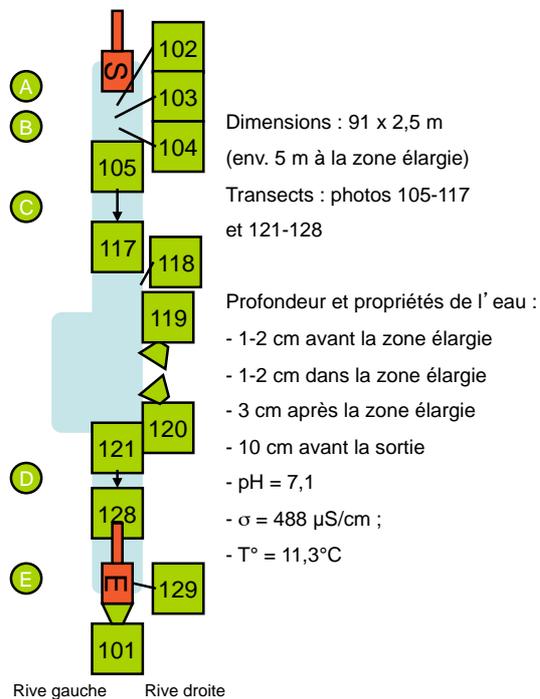
Aspect de l'eau : sombre avant, sale après la paille

Débit de l'eau à l'entrée : faible

+ ponte de grenouilles ou crapauds (cf. 130)



Manoncourt/Seille



Relevé végétal

Phanérogames :

- *Rumex sp.* (cf. 103),
- *Juncus conglomeratus* (cf. 104),
- Fraisiers en rive droite (cf. 118),
- *Ranunculus repens*,
- Graminées, bryophytes de berge,
- *Salix sp.*,
- *Epilobium hirsutum*,
- Pilulier A : plantule, à déterminer

Algues :

- Pilulier B : ?
- Pilulier C (sur pont) : *Tetraspora sp. ++*, *Spirogyra sp.*,
- Pilulier D : *Tribonema sp. +*,
- Pilulier E : *Tetraspora sp.*,

Date et heure : 27.03.2012 à 10H15

Météo : Ensoleillé

Température extérieure : env. 15°C

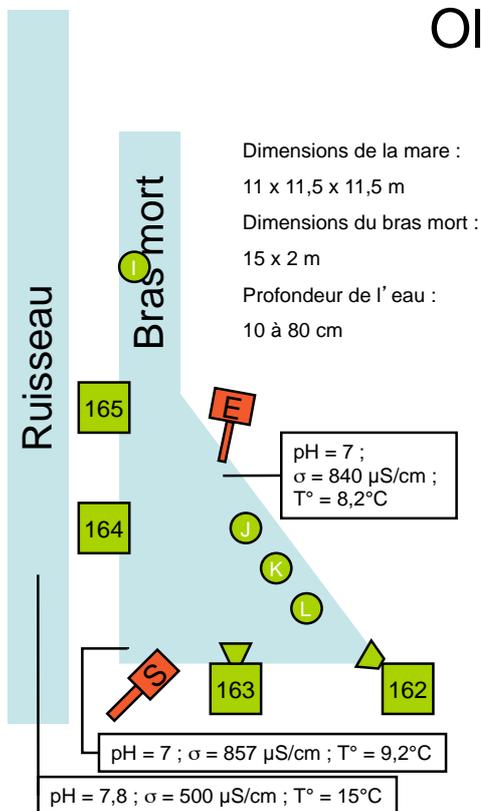
Aspect de l' eau : clair

Débit de l' eau à l' entrée : faible

+ têtards et ponte de grenouilles ou crapauds (cf. 102)



Ollainville



Relevé végétal

Phanérogames :

- *Typha latifolia* (cf. 162-163) 80-85%,
- *Callitriche platycarpa* (cf. 164) 5%,
- *Glyceria plicata* 5%,
- *Juncus conglomeratus*,
- *Juncus inflexus*,
- *Rumex sp.* (quelques touffes)

Algues :

- Pilulier I : amas rouge, à déterminer,
- Pilulier J : *Callitriche cf. platycarpa* (attendre la fructification),
- Pilulier K : *Tribonema sp. ++*, *Melosira sp.*,
- Pilulier L (relevé sur une feuille de typha) : *Oedogonium sp.*, *Tribonema sp.*

Date et heure : 28.03.2012 à 14H30

Météo : Ensoleillé

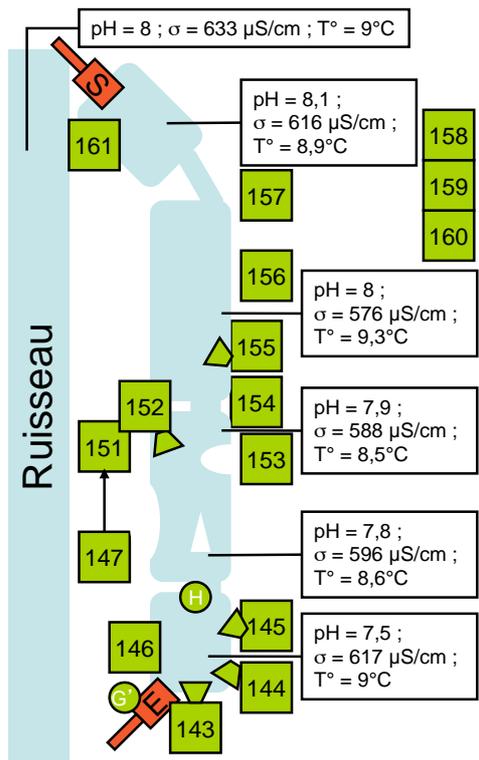
Température extérieure : env. 15°C

Aspect de l' eau : louche

Débit de l' eau à l' entrée : faible (filet d' eau)



+ ponte de grenouilles ou crapauds dans le bras mort



Dimensions : 63 x 7 m

Profondeur de l' eau : de 20 cm à 1m50

Ville/Illon

Relevé végétal

Phanérogames :

- *Carex acutiformis*.
- *Typha latifolia* (cf. 149),
- *Epilobium hirsutum*,
- *Juncus inflexus*
- *Juncus articulatus*,
- *Scirpus sp. ?*

Algues :

- Pilulier G' : Diatomées, *Ulothrix sp.* ou *Tribonema sp.*
- Pilulier H : *Spirogyra sp. +++*, *Tribonema sp.*

Date et heure : 28.03.2012 à 10H00

Météo : Alternance de nuages et d' éclaircies

Température extérieure : env. 15°C

Aspect de l' eau : clair, louche par endroits

Débit de l' eau à l' entrée : faible

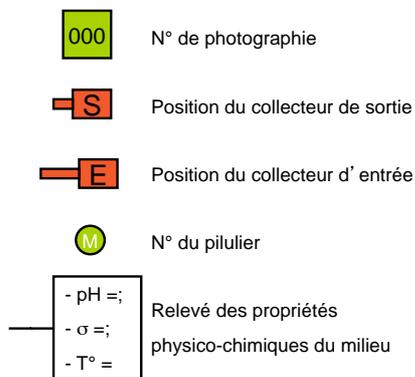
+ ponte de grenouilles ou crapauds (cf. 149 et 156)



ANNEXE 3 : Résultats de la 2ème campagne d'études

Campagne effectuée les 31/5, 4-5/6/12

Légende



Relevé végétal

Phanérogames :

- Phanérogame 1
- Phanérogame 2
- ...

Algues - Pilulier M :

- Algue 1
- Algue 2
- ...



Date et heure :

Météo :

Température extérieure :

Aspect de l'eau :

Débit de l'eau à l'entrée :

Avillers-Sainte-Croix

Relevé végétal

Phanérogames :

- *Veronica anagallis-aquatica*,
- *Ranunculus repens*,
- *Galium* sp. (gaillet gratteron)
- *Urtica dioïca* (Orties)
- Chardons
- Graminées

Algues :

- *Tribonema* sp. n' est plus présent

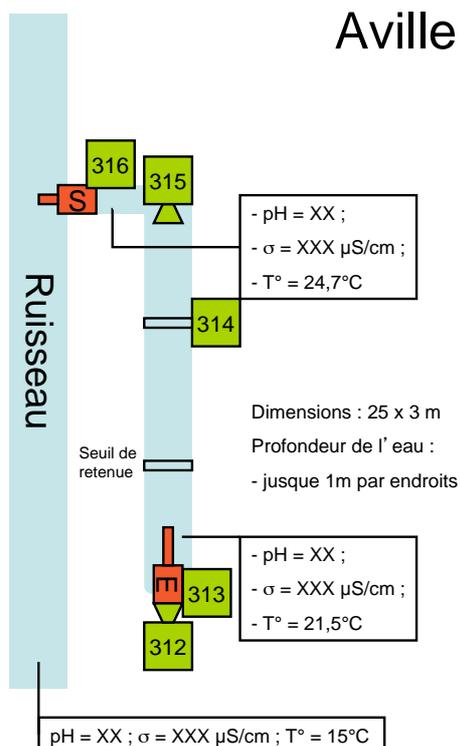
Date et heure : 31.05.2012 à 14H00

Météo : Nuageux

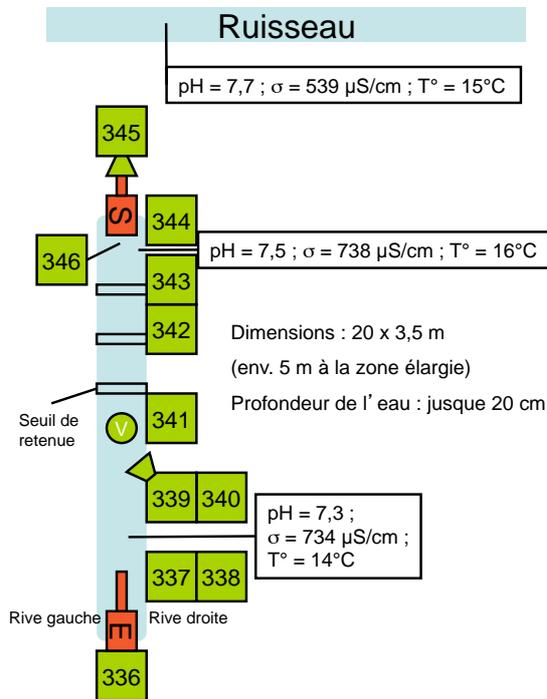
Température extérieure : 25°C

Aspect de l'eau : transparent, parfois trouble en surface, fond verdâtre

Débit de l'eau à l'entrée : faible



Broussey-en-Woëvre



Relevé végétal

Phanérogames :

- *Glyceria maxima* (cf 337-338),
- *Typha latifolia*,
- *Juncus articulatus*,
- *Carex acutiformis*,
- *Veronica anagallis*
- *Phalaris arundinacea*
- *Rorippa amphibia* (cf. 346)
- *Mentha aquatica*
- *Ranunculus cf. repens*

Algues – pilulier V :

- *Spirogyra sp.*

Date et heure : 04.06.2012 à 16H00

Météo : Nuageux, quelques gouttes de pluie

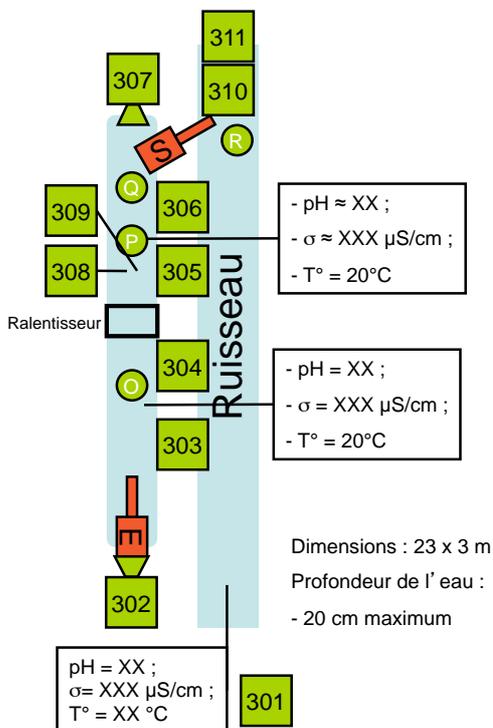
Température extérieure : env. 15°C

Aspect de l'eau : clair

Débit de l'eau à l'entrée : faible



Domprix



Relevé végétal

Phanérogames :

- *Veronica beccabunga*,
- *Epilobium hirsutum*,
- *Juncus conglomeratus*
- *Juncus articulatus*,
- *Ranunculus repens*,
- *Salix sp.*,
- *Callitriche platycarpa* (pilulier Q)

Algues – Piluliers O et P :

- *Spirogyra sp. +++*, *Closterium*

Date et heure : 31.05.2012 à 10H30

Météo : Nuageux

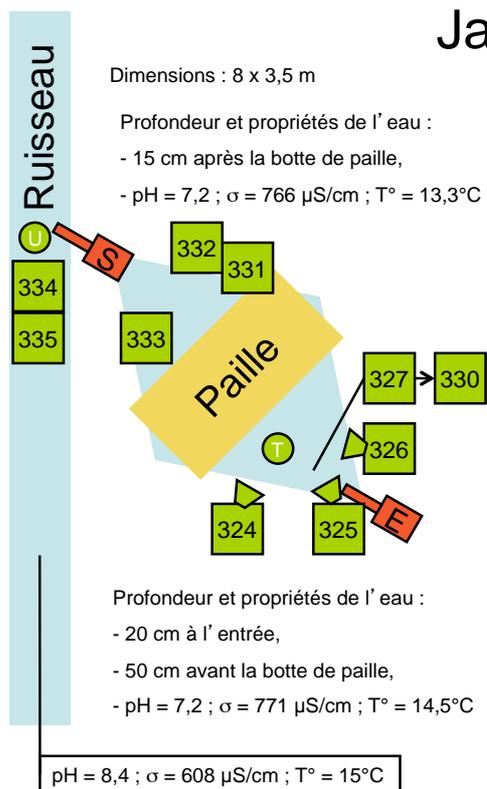
Température extérieure : env. 10°C

Aspect de l'eau : clair, trouble par endroits

Débit de l'eau à l'entrée : faible



Jallaucourt



Relevé végétal

Phanérogames :

- *Juncus conglomeratus*,
- *Juncus inflexus*,
- *Epilobium hirsutum*,
- *Glyceria maxima*,
- *Ranunculus repens*,
- *Cyperus fuscus*

Algues :

- *Spirogyra* sp. (pilulier T)
- *Cladophora* sp. ++ et *Vaucheria* sp. dans le ruisseau (pilulier U)

Date et heure : 04.06.2012 à 14H00

Météo : Nuageux

Température extérieure : env. 15°C

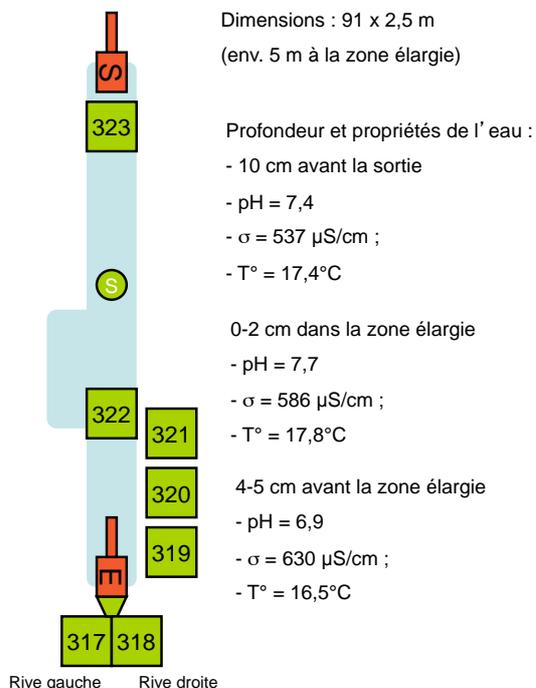
Aspect de l' eau : clair avant et après la paille

Débit de l' eau à l'entrée : faible

- + têtards de grenouilles ou crapauds à un stade avancé (cf. 327-> 330)
- + revêtement blanchâtre dû à la pourriture de la paille ?



Manoncourt/Seille



Relevé végétal

Phanérogames :

- Graminées (cf. 319), dominant
- *Rumex* sp.,
- *Juncus conglomeratus* (cf. 321),
- *Juncus inflexus* (cf. 320)
- Fraisiers en rive droite,
- *Ranunculus repens*,
- *Salix* sp.,
- *Epilobium hirsutum*,

Algues :

- Pilulier S : *Spirogyra* sp.

Date et heure : 04.06.2012 à 11H15

Météo : Nuageux

Température extérieure : env. 15°C

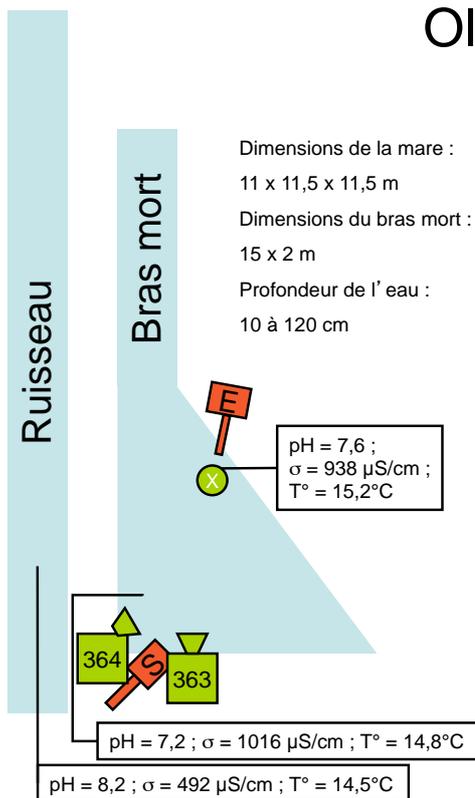
Aspect de l' eau : clair

Débit de l' eau à l'entrée : faible

- + têtards de grenouilles ou crapauds
- + beaucoup de graminées descendues de la terre
- + zone élargie à sec



Ollainville



Relevé végétal

Phanérogames :

- *Typha latifolia* 85-90%,
- *Callitriche platycarpa* 5%,
- *Glyceria notata* 3%,
- *Juncus articulatus*,
- *Juncus inflexus*,
- *Rumex sp.* (quelques touffes)
- *Equisetum arvense*

Algues - Pilulier X :

- *Vaucheria sp.* ++,
- *Tribonema sp.*

Date et heure : 05.06.2012 à 13H30

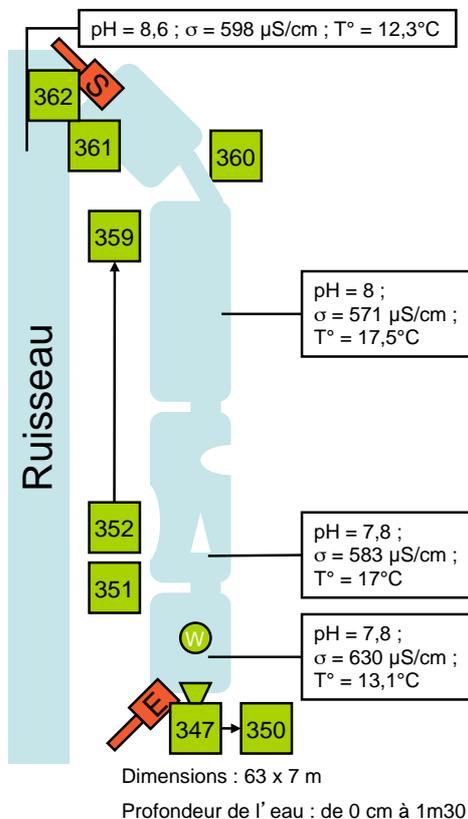
Météo : Nuageux

Température extérieure : env. 15°C

Aspect de l' eau : sale

Débit de l' eau à l'entrée : faible (filet d' eau)

+ têtards



Ville/Ilion

Relevé végétal

Phanérogames :

- *Carex acutiformis*,
- *Typha latifolia*,
- *Epilobium hirsutum*,
- *Juncus inflexus*, *J. articulatus* et *J. conglomeratus*,
- *Equisetum arvense*,
- *Veronica beccabunga*
- *Ranunculus repens*
- *Sparganium erectum*
- *Glyceria maxima*

Algues - Pilulier W :

- *Vaucheria sp.*
- *Tribonema sp.*

Date et heure : 05.06.2012 à 10H15

Météo : Alternance de nuages et d' éclaircies

Température extérieure : env. 15°C

Aspect de l' eau : clair,

Débit de l' eau à l'entrée : faible

+ têtards avec 4 pattes (cf.), exutoire à sec



ANNEXE 4 : Mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau des dispositifs en mars

	Station d'étude		pH	σ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
Relevé de mars	Avillers-Ste-Croix	amont du dispositif	7,5	593	10,5
		aval du dispositif	7,8	577	12,2
		ruisseau	8,5	407	10,9
	Broussey-en-Woëvre	dispositif	7,3	626	14
		ruisseau	8,3	524	13
	Domprix	amont du dispositif	7,8	445	11,5
		aval du dispositif	9	410	12
		ruisseau	7,8	592	9,6
	Jallaucourt	amont du dispositif	7,1	739	8,5
		ruisseau	8,3	566	10
	Manoncourt/Seille	amont du dispositif	7,3	488	11,3
		aval du dispositif	7,2	488	11,3
		exutoire	7,1	488	11,3
	Ollainville	amont du dispositif	7	840	8,2
		aval du dispositif	7	857	9,2
		ruisseau	7,8	500	15
	Ville/Ilion	mare amont	7,5	617	9
		amont de la mare centrale	7,8	596	8,6
aval de la mare centrale		7,9	588	8,5	
mare aval		8	576	9,3	
déversoir de sortie		8,1	616	8,9	
ruisseau		8	633	9	

ANNEXE 5 : Mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau des dispositifs en mai

	Station d'étude		pH	σ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)
Relevé de mai	Avillers-Ste-Croix	amont du dispositif	n.e.	n.e.	n.e.
		aval du dispositif	n.e.	n.e.	n.e.
		ruisseau	n.e.	n.e.	n.e.
	Broussey-en-Woëvre	amont du dispositif	7,3	734	14,4
		aval du dispositif	7,5	738	15,7
		ruisseau	7,7	539	15,3
	Domprix	amont du dispositif	n.e.	n.e.	n.e.
		aval du dispositif	n.e.	n.e.	n.e.
		ruisseau	n.e.	n.e.	n.e.
	Jallaucourt	amont du dispositif	7,2	771	14,5
		aval du dispositif	7,2	766	13,3
		ruisseau	8,4	608	15
	Manoncourt/Seille	bac collecteur entrée	6,8	600	16,5
		1 ^{ère} partie	6,9	630	16,5
		zone élargie	7,7	586	17,8
		2 ^{ème} partie	7,4	537	17,4
	Ollainville	amont du dispositif	7,6	938	15,2
		aval du dispositif	7,2	1016	14,8
		ruisseau	8,2	492	14,5
	Ville/Ilion	mare amont	7,8	630	13,1
mare centrale		7,9	583	17	
mare aval		8	571	17,5	
déversoir de sortie (à sec)		n.e.	n.e.	n.e.	
ruisseau		8,6	598	9	

ANNEXE 6 : Evolution du couvert végétal sur les sept sites étudiés



Site d'Avillers. A gauche : 04/04/2012, à droite : 31/05/2012



Site de Broussey. A gauche : 27/03/2012, à droite : 04/06/2012



Site de Domprix. A gauche : 04/04/2012, à droite : 31/05/2012



Site de Jallaucourt. En haut à gauche : 27/02/2012, en haut à droite : 27/03/2012, en bas à gauche : 23/04/2012, en bas à droite : 04/04/2012



Site de Manoncourt. De gauche à droite : 27/02/2012, 27/03/2012, 23/04/2012 et 04/04/2012



Site d'Ollainville. En haut à gauche : 27/02/2012, en haut à droite : 28/03/2012, en bas à gauche : 23/04/2012, en bas à droite : 05/04/2012



Site de Ville/Illon. En haut à gauche : 27/02/2012, en haut à droite : 28/03/2012, en bas à gauche : 23/04/2012, en bas à droite : 05/04/2012

ANNEXE 7 : Fiches des taxons retrouvés sur les sites

TAXINOMIE
 Nom latin : *Callitriche platycarpa*
 Nom vernaculaire : Callitriche à fruits plats
 Famille : Callitrichaceae

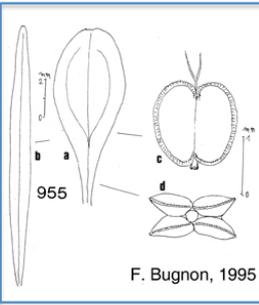
MORPHOLOGIE

Aspect : Plantes en rosette
 Couleur : Vert
 Longueur : Jusqu'à 20 cm
 Toucher : Doux
 Inflorescence : Epi simple
 Période de floraison : Avril à Octobre

Plante entière



Fruit



F. Bugnon, 1995

ECOLOGIE
 Herbiers vivaces enracinés dulçaquicoles européens, des eaux stagnantes peu profondes méso à eutrophiles

Retrouvé sur les sites de :
 Domprix – Ollainville

TAXINOMIE
 Nom latin : *Carex acutiformis*
 Nom vernaculaire : Laïche des marais
 Famille : Cyperaceae

MORPHOLOGIE

Aspect : Tiges triquêtes (angles aigus), feuilles larges de 6-10 mm
 Couleur : Bleu-vert
 Longueur : 50 à 120 cm
 Toucher : Rude
 Inflorescence : Brune, 2-3 épis mâles (à l'apex), 3-4 épis femelles
 Période de floraison : Mai à Juin

Plante entière



Inflorescence



ECOLOGIE
 Bords des eaux, se retrouve presque sur tout le globe.

Retrouvé sur les sites de :
 Broussey – Ville/Ilion

TAXINOMIE
 Nom latin : *Cyperus fuscus*
 Nom vernaculaire : Souchet brun
 Famille : Cyperaceae

MORPHOLOGIE

Aspect : Glabre, tiges en touffes
 Couleur : Brun
 Longueur : 5-35 cm
 Toucher : Doux
 Inflorescence : Cyme d'épis, en ombelles
 Période de floraison : Juillet à Septembre

Plante entière



Inflorescence et fruit



ECOLOGIE
 Lieux sablonneux humides ou fangeux, dans toute la France et en Europe ; Asie occidentale et boréale ; Afrique septentrionale.

Retrouvé sur les sites de :
 Jallaucourt

TAXINOMIE
 Nom latin : *Epilobium hirsutum*
 Nom vernaculaire : Epilobe hirsute
 Famille : Onagraceae

MORPHOLOGIE

Aspect : Tige dressée et poilue, feuilles poilues à limbe denticulé
 Couleur : Vert
 Longueur : 60 à 150 cm
 Toucher : Doux
 Inflorescence : Fleurs en frappes de couleur rose
 Période de floraison : Juin à Septembre

Plante entière



Inflorescence et feuille



ECOLOGIE
 Bords des eaux, fossés, aulnaies.

Retrouvé sur les sites de :
 Avillers – Domprix – Jallaucourt – Manoncourt – Ville/Ilion

TAXINOMIE

Nom latin : *Equisetum arvense*
 Nom vernaculaire : Prêle des champs
 Famille : Equisetaceae

MORPHOLOGIE

Aspect : Tige verticillée, tige en étoile à env. dix branches, creuse
 Couleur : Vert clair
 Longueur : Jusque 1 m
 Toucher : Doux
 Inflorescence : A l'apex,
 Période de floraison : Mars à Mai
 Plante entière



Inflorescence et section de tige



ECOLOGIE

Friches vivaces rudérales pionnières.

Retrouvé sur les sites de :
 Ollainville – Ville/Ilion

TAXINOMIE

Nom latin : *Glyceria maxima*
 Nom vernaculaire : Grande glycérie
 Famille : Poaceae

MORPHOLOGIE

Aspect : Feuilles carénées, à l'apex en forme de «coque de bateau»
 Couleur : Vert
 Longueur : Jusque 2m50
 Toucher : Rêche
 Inflorescence : Panicule d'épillets
 Période de floraison : Juin à Août
 Plante entière



Inflorescence



ECOLOGIE

Eaux douces stagnantes à faibles courants, canaux, ruisseaux,
 marécages, petits plans d'eau

Retrouvé sur les sites de :
 Broussey – Jallaucourt – Ville/Ilion

TAXINOMIE

Nom latin : *Glyceria notata ou plicata*
 Nom vernaculaire : Glycérie à feuilles pliées
 Famille : Poaceae

MORPHOLOGIE

Aspect : Feuilles carénées
 Couleur : Vert
 Longueur : Jusque 1 m
 Toucher : Rêche
 Inflorescence : Panicule d'épillets
 Période de floraison : Mai à Août
 Plante entière



Inflorescence



ECOLOGIE

Sols mouillés ou humides

Retrouvé sur les sites de :
 Jallaucourt – Ollainville

TAXINOMIE

Nom latin : *Juncus articulatus*
 Nom vernaculaire : Jonc articulé
 Famille : Juncaceae

MORPHOLOGIE

Aspect : Tiges peu souples, à moelle continue et couchées
 Couleur : Vert, rouge à la base des tiges
 Longueur : 15 à 60 cm
 Toucher : Lisse
 Inflorescence : Glomérules de 3 à 10 fleurs
 Période de floraison : Juin à Septembre
 Plante entière



Inflorescence



ECOLOGIE

Marais, landes et prairies humides

Retrouvé sur les sites de :
 Broussey – Domprix – Ollainville – Ville/Ilion

TAXINOMIE

Nom latin : *Juncus conglomeratus*
 Nom vernaculaire : Jonc aggloméré
 Famille : Juncaceae

MORPHOLOGIE

Aspect : Port herbacé en touffes, tiges finement striées sur le frais, à moelle continue
 Couleur : Vert vif Longueur : 30 à 100 cm
 Toucher : Lisse,
 Inflorescence : Très compacte, sphérique
 Période de floraison : Mai à Août

Plante entière

Inflorescence



ECOLOGIE

Chemins, fossés, friches et prairies humides

Retrouvé sur les sites de :
 Domprix – Jallaucourt – Manoncourt – Ollainville – Ville/Illon

TAXINOMIE

Nom latin : *Juncus inflexus*
 Nom vernaculaire : Jonc glauque
 Famille : Juncaceae

MORPHOLOGIE

Aspect : Tiges striées, fines, remplies de moelle avec des lacunes
 Couleur : Vert glauque
 Longueur : 40 à 80 cm
 Toucher : Lisse, sillons peuvent être sentis au toucher
 Inflorescence : Fleurs groupées, latérales à la tige
 Période de floraison : Juin à Août

Plante entière

Inflorescence



ECOLOGIE

Chemins, fossés, friches et prairies humides

Retrouvé sur les sites de :
 Jallaucourt – Manoncourt – Ollainville – Ville/Illon

TAXINOMIE

Nom latin : *Mentha aquatica*
 Nom vernaculaire : Menthe aquatique
 Famille : Lamiaceae

MORPHOLOGIE

Aspect : Velue à glabre, odeur caractéristique, feuilles dentées
 Couleur : Vert à rougeâtre
 Longueur : 30 à 80 cm
 Toucher : Doux
 Inflorescence : Fleurs roses ou blanches, peu de verticilles
 Période de floraison : Mai à Août

Plante entière

Inflorescence et feuilles



ECOLOGIE

Lieux humides

Retrouvé sur les sites de :
 Broussey

TAXINOMIE

Nom latin : *Phalaris arundinacea*
 Nom vernaculaire : Baldingère faux roseau
 Famille : Poaceae

MORPHOLOGIE

Aspect : Tiges fortes et dressées, feuilles pointues, ligule
 Couleur : Vert
 Longueur : 50 à 200 cm
 Toucher : Tige lisse, feuilles scabres
 Inflorescence : En panicule à épillets possédant 2-3 fleurs
 Période de floraison : Mai à Juillet

Plante entière

Inflorescence



ECOLOGIE

Rives de plans d'eau et de rivières calmes

Retrouvé sur les sites de :
 Broussey

TAXINOMIE

Nom latin : *Ranunculus repens*
Nom vernaculaire : Renoncule rampante
Famille : Ranunculaceae

MORPHOLOGIE

Aspect : Tige à souche stolonifère, feuilles composées de 3 folioles
Couleur : Vert
Longueur : 10 à 50 cm
Toucher : Doux
Inflorescence : Pédoncules floraux, fleurs jaunes de 2-3 cm
Période de floraison : Mai à Juillet
Plante entière



Inflorescence



ECOLOGIE

Prés, champs, fossés, bois, lieux frais et humides

Retrouvé sur les sites de :
Avillers – Broussey – Domprix – Jallaucourt – Manoncourt

TAXINOMIE

Nom latin : *Rorippa amphibia*
Nom vernaculaire : Roripe ou cresson amphibie
Famille : Brassicaceae

MORPHOLOGIE

Aspect : Tige à souche stolonifère, feuilles incisées-dentées
Couleur : Vert
Longueur : 40 à 80 cm
Toucher : Doux
Inflorescence : Fleurs jaunes assez grande
Période de floraison : Juin à Septembre



Plante entière

Inflorescence



ECOLOGIE

Bords des rivières et des marais

Retrouvé sur les sites de :
Broussey

TAXINOMIE

Nom latin : *Sparganium erectum*
Nom vernaculaire : Rubanier dressé
Famille : Sparganiaceae

MORPHOLOGIE

Aspect : Tige triangulaire, raide, feuilles rubanées, cellules carrées
Couleur : Vert clair
Longueur : jusqu'à 120 cm
Toucher : Lisse
Inflorescence : Capitules sphériques sessiles
Période de floraison : Juin à Juillet
Plante entière



Inflorescence



ECOLOGIE

Plans d'eau, eaux douces, canaux, marais, fossés, vase, eaux calmes, eaux stagnantes

Retrouvé sur les sites de :
Ville/Illon

TAXINOMIE

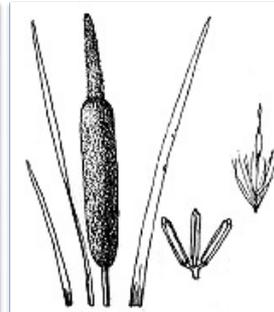
Nom latin : *Typha latifolia*
Nom vernaculaire : Massette ou quenouille à larges feuilles
Famille : Typhaceae

MORPHOLOGIE

Aspect : Colonies denses, feuilles emboîtées en « jeu de cartes »
Couleur : Bleu-vert
Longueur : 100 à 200 cm
Toucher : Rêche
Inflorescence : Fruit oblong brun d'un diamètre de 3 cm (« cigare »)
Période de floraison : Juin à Juillet
Plante entière



Fruit oblong caractéristique



ECOLOGIE

Mares, étangs, rivières

Retrouvé sur les sites de :
Broussey – Ollainville – Ville/Illon

TAXINOMIE

Nom latin : *Veronica anagallis-aquatica*
 Nom vernaculaire : Véronique mouron d'eau
 Famille : Scrophulariaceae

MORPHOLOGIE

Aspect : Tige quadrangulaire et creuse, feuilles dentées et aiguës
 Couleur : Vert foncé
 Longueur : 20 à 80 cm
 Toucher : Lisse
 Inflorescence : Fleurs d'un bleu pâle ou lilacé, petites, en grappes
 Période de floraison : Mai à Septembre

Plante entière



Inflorescence et feuilles



ECOLOGIE

Lieux inondés, bords des eaux

Retrouvé sur les sites de :
 Avillers – Broussey

TAXINOMIE

Nom latin : *Veronica beccabunga*
 Nom vernaculaire : Véronique des ruisseaux
 Famille : Scrophulariaceae

MORPHOLOGIE

Aspect : Tige cylindrique, feuilles crénelées-dentées obtuses
 Couleur : Vert
 Longueur : 20 à 60 cm
 Toucher : Lisse
 Inflorescence : Fleurs en grappes à corolle bleue
 Période de floraison : Mai à Septembre

Plante entière



Inflorescence et feuilles



ECOLOGIE

Sources, fossés, suintements, bords des ruisseaux

Retrouvé sur les sites de :
 Domprix – Ville/Illon

TAXINOMIE

Nom latin du genre : *Melosira*
 Famille : Melosiraceae
 Embranchement : Chromophytes

MORPHOLOGIE

Aspect : Feutrage – chevelure fine ou épaisse
 Couleur : Brun
 Longueur : Jusqu'à 20 cm
 Toucher : Doux, «impalpable»

Aspect macroscopique



Aspect microscopique



ECOLOGIE

Faciès lentique, pierres, galets, macrophytes immergés, bois, bords cimentés

Retrouvé sur les sites de :
 Avillers – Jallaucourt – Ollainville

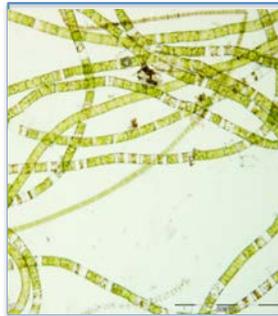
TAXINOMIE

Nom latin du genre : *Oedogonium*
 Famille : Oedogoniaceae
 Embranchement : Chlorophytes

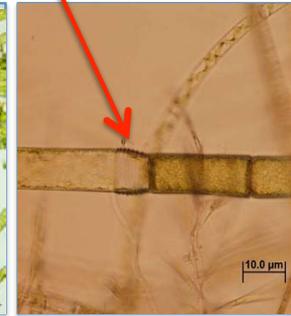
MORPHOLOGIE

Aspect : Duvet fixé (jeune) – masse floconneuse (adulte)
 Couleur : Jaune – vert-jaune – brun-vert
 Longueur : Jusqu'à 30 cm
 Toucher : Doux ou légèrement visqueux
 Caractéristique : présence de stries d'accroissement

Aspect à la loupe binoculaire



Aspect microscopique



ECOLOGIE

Majoritairement faciès lentique, pierres, galets, dalles de ciment

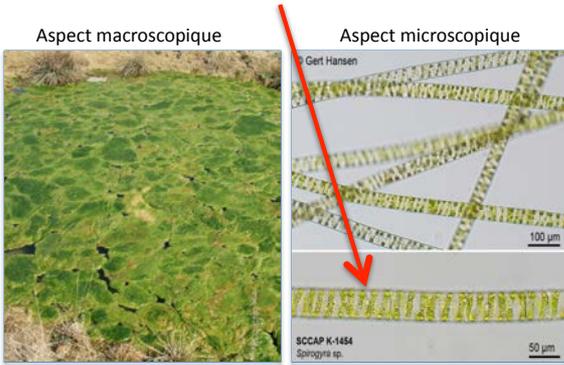
Retrouvé sur les sites de :
 Ollainville (sur une tige de *T. latifolia*)

TAXINOMIE

Nom latin du genre : *Spirogyra*
 Famille : Zygnemataceae
 Embranchement : Chlorophytes

MORPHOLOGIE

Aspect : Masse floconneuse
 Couleur : Vert brillant
 Longueur : 5 à 20 cm
 Toucher : Visqueux
 Caractéristique : présence de spires



ECOLOGIE

Faciès lentique, eaux stagnantes, vases, graviers, pierres, galets

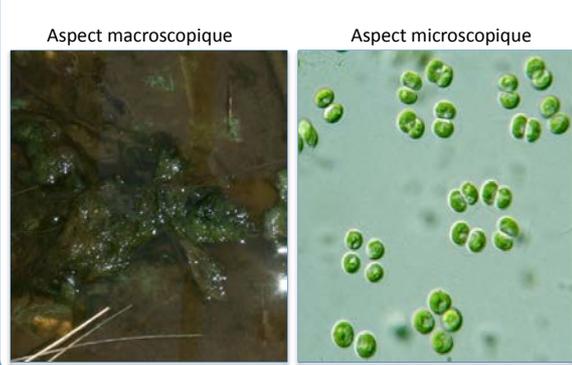
Retrouvé sur les sites de :
 Domprix – Jallaucourt – Manoncourt – Ville/Illon

TAXINOMIE

Nom latin du genre : *Tetraspora*
 Famille : Tetrasporaceae
 Embranchement : Chlorophytes

MORPHOLOGIE

Aspect : En cordon ou masse sphérique gélatineuse
 Couleur : Vert très clair
 Longueur : Jusqu'à plusieurs dm
 Toucher : Gélatineux
 Caractéristique : cellules groupées par deux ou par quatre



ECOLOGIE

Eaux froides, galets, pierres, blocs

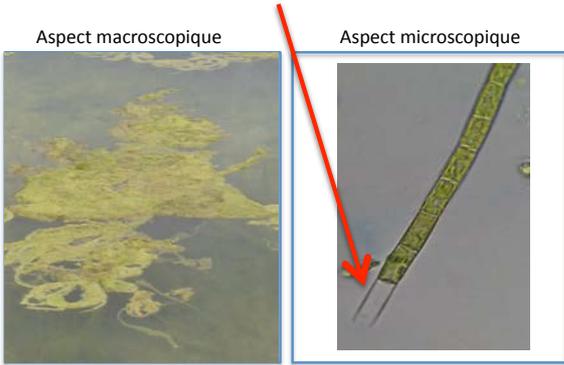
Retrouvé sur les sites de :
 Manoncourt (bac de collecte des eaux de drainage)

TAXINOMIE

Nom latin du genre : *Tribonema*
 Famille : Tribonemataceae
 Embranchement : Chromophytes

MORPHOLOGIE

Aspect : Filaments ou masse compacte
 Couleur : Vert grisâtre, brun-vert
 Longueur : Jusqu'à 20 cm
 Toucher : Doux
 Caractéristique : Pièce en H à l'extrémité du filament



ECOLOGIE

Galets, végétaux, vase

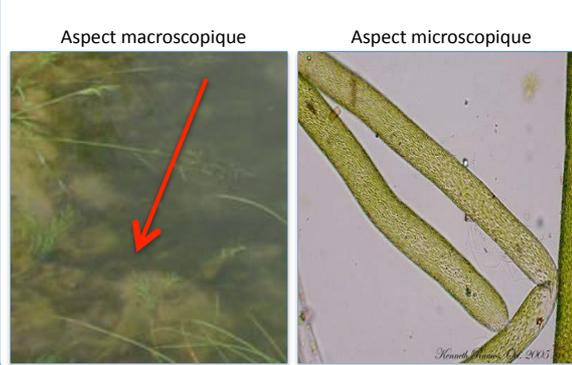
Retrouvé sur les sites de :
 Avillers – Jallaucourt – Manoncourt – Ollainville – Ville/Illon

TAXINOMIE

Nom latin du genre : *Vaucheria*
 Famille : Vaucheriaceae
 Embranchement : Chromophytes

MORPHOLOGIE

Aspect : Coussinet ou natte
 Couleur : Vert clair au centre, vert foncé à la périphérie
 Longueur : 10 à 30 cm
 Toucher : Soyeux



ECOLOGIE

Eaux alimentées par une résurgence, pierres, galets, sables, vase, bryophytes

Retrouvé sur les sites de :
 Ollainville – Ville/Illon

ANNEXE 8 : Tableau des références bibliographiques

Type d'exp	Titre	Date	Revue	Auteur(s)	Pesticide	Type de pesticide	Macrophyte	Efficacité / %age retrouvé	Commentaire
?	Sorption and photodegradation of chlorpyrifos on riparian & aquatic macrophytes	2009	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE & HEALTH PART B	MUNOZ, TREVISAN, CAPRI	chlorpyrifos	insecticides	<i>Phragmites australis</i> , <i>Iris pseudacorus</i> , <i>Equisetum pratense</i> , <i>Typha latifolia</i>		Projet ArtWET
Général	Mitigating NPSF in agriculture with constructed and restored wetlands	2010	ADVANCES IN AGRONOMY	O'GEEEN, BUDDGAN, PARIKH, MAYNARD, DAHLGREN	?	?			Très général, site #6
Général	Comparative study using ECD, NPD, and MS/MS chromatographic techniques in the determination of pesticides in wetland waters	2001	ANALYTICAL LETTERS	ESPADA, FRENICH, VIDAL, PARRILLA	fenamiphos, metalaxy, malacthon	insecticides			Quels outils sont les plus adaptés pour la détermination des C ^o en pesticides ?
Général	Phytoremediation by constructed wetlands	2000	PHYTOREMEDIATION OF CONTAMINATED SOIL AND WATER	HORNE	?	?			Pesticides peu mentionnés
In situ	Norflurazon & Simazine Removal from Surface Water using a CW	2011-10	BULLETIN OF ENVIRONMENTAL CONTAMINATION AND TOXICOLOGY	WILSON, LU, LIN	Simazine, Norflurazone	herbicides	<i>Panicum repens</i> , <i>Alternanthera philoxeroides</i> , <i>Bacopa caroliniana</i>		CW : 1,34 ha
In situ	The effect of vegetation on pesticide dissipation from ponded treatment wetlands								graphical model, Sont étudiés :
In situ	Quantification using a simple model	2008-07	CHEMOSPHERE	ROSE, CROSSAN, KENNEDY	endosulfan, fuometuron	insecticides			- sédimentation, - biofilm contact - photolyse
In situ	Algal transformation of fuometuron and atrazine by N-dealkylation	1998	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE & HEALTH PART B	ZABLOTOVICZ, SCHRADER, LOCKE	fuometuron, atrazine	herbicides	<i>Ankistrodesmus sp.</i> , <i>Chlorella sp.</i> , <i>Pediastrum sp.</i> , <i>Scenedesmus sp. and Selenastrum sp.</i>		Ankistrodesmus et Selenastrum présentent la meilleure activité de N-déméthylation du fuometuron. Résultats peu probants avec l'atrazine
In situ	Algal degradation of a known endocrine disrupting insecticide, alpha-endosulfan, and its metabolite, endosulfan sulfate, in liquid medium and soil.	2004-05	JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY	SETHUNATHAN, MEGHARAJ, CHIEH, WILLIAMS, LEWIS, NAIDU.	alpha-endosulfan, endosulfan sulfate	insecticides	<i>Chlorococcum sp.</i> , <i>Scenedesmus sp.</i>		
In situ	Persistence of the sulfonylurea herbicides thifensulfuron-methyl, ethametsulfuron-methyl & metsulfuron-methyl in farm dugouts (Ponds)	2006-11	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL QUALITY	CESSNA, DONALD, BAILEY, WAISER, HEADLEY	thifensulfuron-methyl, ethametsulfuron-methyl, metsulfuron-methyl	herbicides			Test sur des mares (ponds)
In situ	Pesticide removal from cotton farm tailwater by a pilot-scale ponded wetland	2006-06	CHEMOSPHERE	ROSE, SANCHEZ-BAYO, CROSSAN, KENNEDY	diuron, fuometuron, aldicarb, endosulfan	D, F : herbicide A, E : insecticide	<i>Parsicaria spp.</i> , <i>Ludwigia peploides</i> , <i>Myriophyllum papillosum</i> , <i>Juncus usitatus</i> , <i>Bolboschoenus medianus</i> , <i>Typha domingensis</i>	1ère année : D : -27 à -35% A : -15 à -39% F : 0 à -34% Incidence du bloom algal sur le temps de 1/2 vie	Tests effectués sur une mare ouverte + végétalisée Espèces natives d'Australie, 20% couv. la 1 ^{re} année, 95% couv. la 2 ^e année
In situ	Mitigation of AZP azinphos-methyl in a vegetated stream: Comparison of runoff- and spray-drift	2006-01	CHEMOSPHERE	DABROWSKI, BENNETT, BOLLEN, SCHULZ	AZP azinphos-methyl	insecticides			
In situ	Vegetated agricultural drainage ditches for the mitigation of pyrethroid-associated runoff	2005-09	ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY	BENNETT, MOORE, COOPER, SMITH, SHIELDS, DROUILLARD, SCHULZ	bifenthrin, λ-cyhalothrin	insecticides			Fossé de 650 m Caractérisation de 36 fossés agricoles : - bandes enherbées - hauteur d'eau - pratiques culturales - couvert végétal - paramètres φ-x
In situ	Vegetative and structural characteristics of agricultural drainages in the Mississippi Delta landscapes	2004-12	ENVIRONMENTAL POLLUTION	BOULDIN, FARRIS, MOORE, COOPER	atrazine, chlorpyrifos, ...	A : herbicide C : insecticide	<i>Polygonum sp (dominant)</i> <i>Leersia sp</i> Poaceae		
In situ	Organochlorine pesticides sequestered in the aquatic macrophyte <i>Schoenoplectus californicus</i> (C.A. Meyer) Sojak from a shallow lake in Argentina	2004-04	WATER RESEARCH	MIGLIORANZA, DE MORENO, MORENO	DDTs, chlordanes, endosulfan	insecticides	<i>Schoenoplectus californicus</i> (Jonc des chaisiers)		
In situ	A review of the aquatic environmental fate of triolopy and its major metabolites	2003-07	JOURNAL OF AQUATIC PLANT MANAGEMENT	PETTY, GETSINGER, WOODBURN	Triolopy & métabolites	herbicide			Utilisé pour lutts vs plates invasives
In situ	Movement and retention of propanil N-(3,4-dichlorophenyl)propanamide in a paddy-riverine wetland system in Sri Lanka	1999-02	AGRICULTURE ECOSYSTEMS & ENVIRONMENT	PERERA	propanil N-(3,4-dichlorophenyl)propanamide	herbicide	<i>Ipomoea aquatica</i> , <i>Isonon d'eau</i> <i>Limnorcharis flava</i> <i>Limnorcharis jaune</i>		
In situ	Phytoremediation of herbicide-contaminated surface water with aquatic plants	1997	PHYTOREMEDIATION OF SOIL AND WATER CONTAMINANTS	RICE, ANDERSON, COATS, LOCKE	Metolachlor, atrazine	herbicides	<i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>Elodea canadensis</i> , <i>Lemma minor</i>	NPxMET: -39 NPxATR: -15 CDxMET: -99 CDxATR: -59 ECxMET: -96 ECxATR: -37 LMxMET: -77 LMxATR: -15	
In situ	Constructed wetlands as a component of the agricultural landscape: Mitigation of herbicides in simulated runoff from upland drainage areas	2011-06	CHEMOSPHERE	WEAVER, ZABLOTOVICZ, STEINRIEDE, BRYSON, CULLUM	atrazine, fuometuron	herbicide			Results indicate CWs can improve downstream water quality through sequestration or processing of pollutants
In situ	The behavior of Isopyrazam in aquatic ecosystems	2010-12	ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY	HAND, OLIVER	isopyrazam	fungicide			Recherche sur l'influence des microalgues et des macrophytes

Type d'exp	Titre	Date	Revue	Auteur(s)	Pesticide	Type de pesticide	Macrophyte	Efficacité / %age retrouvé	Commentaire
Mésocosme	Assessing the potential for algae and macrophytes to degrade crop protection products in aquatic ecosystems	2011-03	ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY	THOMAS, HAND	chlorotoluron, fludioxonil, lufenuron, pinoxaden, prometryne, propiconazole	herbicide, fongicide, insecticide, herbicide, herbicide, fongicide	<i>Elodea canadensis</i>	A 28 jours, %age de composés-mères ds le système : 86% macrophytes : 44,5% algues : 55,2% DT50 106, 24 et 28jrs resp	77%-95% of permethrin with sediment with <i>L. oryzoides</i> , <i>T. latifolia</i> , & <i>T. dealbata</i> . <i>S. americanum</i> had 83% of permethrin with the plant material. 5 mu g.L-1
Mésocosme	Ability of Four Emergent Macrophytes to Remediate Permethrin in Mesocosm Experiments	2009-08	ARCHIVES OF ENVIRONMENTAL CONTAMINATION & TOXICOLOGY	MOORE, KROGER, COOPER, SMITH	permethrin	insecticide	<i>Leersia oryzoides</i> , <i>Typha latifolia</i> , <i>Sparganium americanum</i> , <i>Thalia dealbata</i>		
Mésocosme	Horizontal subsurface flow constructed wetlands for mitigation of ametryn-contaminated water	2009-07	WATER SA	BORGES, CALJURI DE MATOS DE QUEIROZ	ametryne	herbicide	<i>Typha latifolia</i> L.		Subsurface flow (SSF CW), cité par #7
Mésocosme	Acute toxicity of MeP methyl-parathion in wetland mesocosms: Assessing the influence of aquatic plants using laboratory testing with <i>Hyalella azteca</i>	2003-10	ARCHIVES OF ENVIRONMENTAL CONTAMINATION & TOXICOLOGY	SCHULZ, MOORE, BENNETT, MILAM, BOULDIN, FARRIS, SMITH, COOPER	Methyl-parathion	insecticide	90 % : <i>Juncus effusus</i> (Jonc spirale ou épars)		Triple interaction : temps X végétation X location
Mésocosme	Effects of herbicides on two submersed aquatic macrophytes, <i>Potamogeton pectinatus</i> L and <i>Myriophyllum sibiricum</i> Komarov, in a prairie wetland	1997	ENVIRONMENTAL POLLUTION	FORSYTH, MARTIN, SHAW	Clopyralid, picloram, 2,4-D, mix of 2,4-D + picloram	herbicide	<i>Potamogeton pectinatus</i> L, <i>Myriophyllum sibiricum</i> Komarov		
Mésocosme	Fate and effects of the herbicide atrazine in flow-through wetland mesocosms	1996-06	ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY	DETENBECK, HERMANUTZ, ALLEN, SWIFT	atrazine	herbicide	<i>Ceratophyllum demersum</i> <i>Zizania aquatica</i>		Test sur périphyton et micro-algues
Mésocosme	Herbicide effects of metazachlor on duckweed (<i>Lemna minor</i> and <i>Spirodela polyrhiza</i>) in test systems with different trophic status and complexity	2010	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE & HEALTH PART B	MULLER, BERGHAHN, HILT	metazachlor	herbicide	<i>Lemna minor</i> , <i>Spirodela polyrhiza</i>		C° au g/L
Mésocosme	Endpoint 'floating leaves' of <i>Potamogeton natans</i> : A new method to evaluate the development of macrophytes in pond mesocosms	2007-05	ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH	BERGHAHN, MOHR, FEIBLCKE, MEINECKE, SPERFELD	?		<i>Potamogeton natans</i>		Comparison entre : - Prise de photos et - Poids frais et sec
Microcosme	Assessment of plant-driven removal of emerging organic pollutants by duckweed	2010-08	CHEMOSPHERE	REINHOLD, VISHWANATHAN, PARK, OH, SAUNDERS	atrazine, meta-N,N-diethyl toluamide (DEET), picloram, clofibric acid, fluoxetine, ibuprofen, 2,4-dichlorophenoxyacetic acid, and triclosan		Duckweed <i>Lemna minor</i> , <i>Spirodela polyrhiza</i> , <i>Cabomba aquatica</i> (?), <i>C. palustris</i> (?), <i>Elodea canadensis</i>		Examen des voies actives (dégradation microbienne) et passive (sorption)
Microcosme	Phytoremediation of fungicides by aquatic macrophytes: Toxicity and removal rate	2009-11	ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY	DOSNON-OLETTE, COUDERCHET, EULAFFROY	dimethomorph, pyrimethanil	fongicide	<i>Lemna minor</i> , <i>Spirodela polyrhiza</i> (?), <i>C. palustris</i> (?), <i>Elodea canadensis</i>		<i>L. minor</i> & <i>S. polyrhiza</i> showed the highest removal efficiency for the two fungicides.
Microcosme	Toxicity and removal of pesticides by selected aquatic plants	2008-02	CHEMOSPHERE	COUDERCHET, BIAGIANTI, EULAFFROY	sulfate de cuivre, flazasulfuron, dimethomorph	fongicide	<i>Lemna minor</i> , <i>Elodea canadensis</i> , <i>Cabomba aquatica</i>		<i>L. minor</i> : the most efficient uptake capacity, followed by <i>E. canadensis</i> and then <i>C. aquatica</i>
Microcosme	Hydroponic uptake of atrazine and λ-cyhalothrin in <i>Juncus effusus</i> and <i>Ludwigia peploides</i>	2006-11	CHEMOSPHERE	BOULDIN, FARRIS, MOORE, SMITH, COOPER	atrazine λ-cyhalothrin	herbicide	<i>Juncus effusus</i> , <i>Ludwigia peploides</i>		
Microcosme	Evaluated fate and effects of atrazine and λ-cyhalothrin in vegetated and unvegetated microcosms	2005-10	ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY	BOULDIN, FARRIS, MOORE, SMITH, STEPHENS, COOPER	atrazine λ-cyhalothrin	herbicide	<i>Juncus effusus</i> , <i>Ludwigia peploides</i>		
Microcosme	Interactions between algae <i>Selenastrum capricornutum</i> & pesticides: Implications for managing CWs for pesticide removal	2003	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE & HEALTH PART B	FRIESEN-PANKRATZ, DOEBEL, FARENHORST, GOLDSBOROUGH	atrazine, lindane	herbicide	<i>Selenastrum capricornutum</i>		Micro-algue, recommandations pour la construction d'un CW ?
Microcosme	Potential of Macrophytes for removing atrazine from aqueous solution	2011	PLANTA DANINHA	GUJARAES, AGUIAR, KARAM, OLIVEIRA, SILVA...	atrazine	herbicide	<i>Azolla caroliniana</i> , <i>Salvinia minima</i> , <i>Lemna gibba</i>		
Microcosme	A microcosm system to evaluate the toxicity of the triazine herbicide simazine on aquatic macrophytes	2010-02	ENVIRONMENTAL POLLUTION	VERVLIET-S., STRAUS, TREMP, HAMER, MAUND, WAGNER, SCHULZ	simazine	herbicide	<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Elodea canadensis</i> , <i>Persicaria amphibia</i> , <i>Glyceria maxima</i>		0,05 - 0,5 - 5mg/L

Etude de la contribution des macrophytes (phanérogames, algues) à l'épuration des eaux de drainage agricole dans sept dispositifs rustiques en Lorraine.

Résumé

Les eaux agricoles contiennent souvent des polluants organiques (herbicides, pesticides, fongicides), qui ont été préalablement épanchés sur les champs cultivés. Ces eaux contournent les dispositifs enherbés lorsqu'elles sont drainées, ce qui est le cas dans 70% des champs en Lorraine. Pour y remédier, sept dispositifs rustiques surfaciques (mares) et linéaires (fossés) ont été mis en place sur les quatre départements lorrains. Ces dispositifs reçoivent les eaux de drainage et sont supposés dissiper les polluants qui y sont contenus.

L'effet des macrophytes (algues, phanérogames) sur la diminution des teneurs en pesticides est encore mal connu et varie fortement en fonction du pesticide et de la plante étudiés. Cette étude se porte dans un premier temps sur la recherche d'expériences passées sur le sujet, et sur les mécanismes pouvant impliquer une dégradation des pesticides par les végétaux. Les résultats d'études réalisées sur des mares, des fossés, sur des mares à écoulement subsurfacique et en conditions de laboratoire sont présentés ici.

Les végétaux présents sur les sept dispositifs ont été recensés lors de deux campagnes, au début du développement de la végétation. Ce recensement a commencé par une phase de terrain, où les surfaces immergées et les berges des sept sites ont été étudiées. Une première détermination a eu lieu sur le terrain, confirmée par la suite en laboratoire. Vingt taxons de phanérogames et six taxons d'algues ont été recensés.

Un bloom algal a été constaté, suivi de la phase de croissance des végétaux. Des hypothèses ont été établies pour essayer de corréliser ces phénomènes à une efficacité accrue des dispositifs à épurer les eaux de drainage agricole.

Mots-clef : macrophytes, algues, pesticides, bloom algal, dispositifs rustiques, eaux agricoles