








## Optimisation du fonctionnement des zones humides artificielles pour réduire les flux de pesticides

"Mitigation of agricultural nonpoint-source pesticide pollution and phytoremediation in artificial wetland ecosystems"

AREAS, 27 novembre 2008

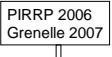

 Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

1

## Contexte

- 1→ Pollution ponctuelle : Sécurisation des installations
- 2→ Pression polluante : Adaptation des stratégies de traitement
- 3→ Zone Tampon et Ouvrage compensateur : Epurer l'eau agricole à l'intérieur des petits bassins versants ruraux.



 ↓  
 Réduction apport

**LIMITER LES TRANSFERTS DE LA PARCELLE AU MILIEU RECEPTEUR**



Aléas : Présence de pesticides dans les eaux de drainage      Vulnérabilité : Utilisation de la ressource pour produire de l'eau potable

**RISQUE** de contamination de la ressource et consommation par la population humaine

Actions pour → risque


 Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

2

## Contexte

DCE : actions pour 2009 pour atteindre le bon état écologique des cours d'eau

Quel type d'action, pour quelle efficacité ?


Parcelle agricole (viticulture, grande culture)

↓



concept de zone tampon : interface entre la source de contaminant et le milieu naturel hydrographique

↓







Eaux superficielles



 Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

3

## Contexte


-  **Diminuer** les concentrations en produits phytosanitaires en provenance des agrosystèmes
-  **Optimiser** le fonctionnement hydrau-bio-chimique de dispositifs éprouvés dans d'autres contextes tels que
  -  les fossés végétalisés
  -  les bassins d'orage
  -  les zones humides naturelles aménagées agricoles ou forestières
-  **Disséminer** la connaissance et faire adopter ces procédés par les états membres


 Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

4

**Généralités**

- Un des 130 nouveaux projets LIFE en 2006
- Le quatrième parmi 53 projets LIFE ENVIRONMENT
- Début : 1er Octobre 2006
- Fin : 30 septembre 2009
- Participation de la commission : 50 %
- 9 Partenaires
- 5 Co-financeurs (F)
  - BASF
  - Région Alsace
  - CONSEIL GENERAL DU BASSIN
  - agence de l'eau Ise - Bretagne
- Coordination sc. et adm.
  - ENGEEES

 Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

5

**Les équipes.1**

**Bénéficiaire :** ENGEEES

**Partenaires**

- Cemagref (Antony, France)
- Université de Haute Alsace (France)
- Université Catholique du Sacré Cœur (Piazenca, Italie)
- Université Albert-Ludwigs (Freiburg, Allemagne)
- Université de Koblenz-Landau (Allemagne)
- Chambre d'agriculture 37 (France)
- BURGEAP (France)
- Ingenieurbüro Dilger GmbH (Dahn, Allemagne)
- Verbandsgemeinde Landau-Land (Allemagne)




*Kick-off meeting, 24 nov. 2006, Strasbourg*

 Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

6

**Résultats attendus**

- Mise au point d'un procédé de **bioaugmentation** couplé à la **phytoremédiation**
- Optimisation des **temps de résidence**
- Modélisation** du procédé de traitement permettant une transposition
- Suivi de l'**écotoxicité** des eaux et des sédiments, analyse **sensorielle**
- Sensibilisation** du monde agricole
- Site **web** en 4 langues,
- Guides** techniques et non techniques
- Stages de **formation** continue ou initiale

 Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize


7

**Ouvrages compensateurs de la qualité des eaux**

**Aspect scientifique**

- Traiter les eaux de surface (drainage, ruissellement) le plus en amont possible : aménager le bassin versant
- Identifier et favoriser les **processus** permettant à un écosystème aquatique équilibré de **transformer** ou **d'éliminer** les substances qui lui sont apportées (pollution). La dilution n'est pas une solution durable.

<b>Auto épuration vraie</b> élimination de la pollution	≠	<b>Auto épuration apparente</b> transformation, transfert dans l'espace ou dans le temps de la pollution
--	---	---

 Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

8

**Revue bibliographique**

- Des expérimentations internationales publiées dans la littérature scientifique
- Définir
  - ce que l'on sait
  - et surtout ce que l'on ne sait pas

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

**Fossé végétalisé**

Les fossés sont déjà présents, les valoriser est une possibilité (15 réf.)



Fig. 2. (a) Representative vegetation in Class 1 ditch structure. (b) Absence of buffer strip in Class 2 ditch structure. (c) Class 3 ditch structure with diverse vegetation. (d) Riparian forest and riparian buffer strip along Class 4 ditch structure.

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

**Fossé végétalisé**

L'efficacité dépend principalement de

- la vitesse de l'eau (<0.3 m/s, si >1m/s efficacité=0)
- la géométrie : longueur (de 30 à 600 m)
- la végétation (densité de tiges)
- des propriétés des pesticides

Les voies de recherche

- Influence de la vitesse sur la rétention des pesticides
  - facteur géométrique : diminuer la vitesse = élargir le fossé
- Influence de la végétation

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

**Les zones humides artificielles**

Les bassins d'orage

- modifier les bassins existant pour gérer les pollutions diffuses
- s'inspirer des bassins d'autoroute (polluant pétrolier)

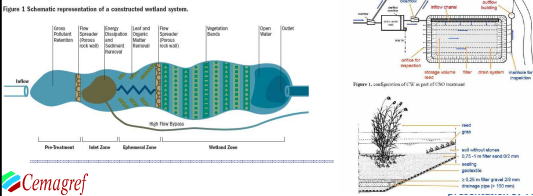


Figure 1. Schematic representation of a connected wetland system.

Figure 1. cross-section of CW in part of 1500 m wetland.

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

## Les zones humides artificielles

zone humide en série

A. Seewen séchant pond

zone humide en parallèle

B. Side pond

zone humide intégré au réseau de drainage

WETPOL 2007

Coordination ENGEEES, station J. Tournebize

Suède : Les 3 types de zones humides artificielles

13

## Les zones humides artificielles

### Design / Ingénierie

- 1 un seuil pour intercepter l'eau
- 2 un bassin de sédimentation 'piégeage'
- 3 un by-pass pour les forts débits
- 4 un bassin à macrophytes

Stormwater enters waterway

Weir diverts some flow into wetland while maintaining sustaining flow in waterway

Spillway and bypass channel protect wetland from higher flows

Treated water is returned to waterway and flows to Bay

Sedimentation pond removes larger particles such as clay

Inlet structure controls flow into wetland

Flat, planted area removes leaf litter

Fine particles stick to plant stems in marshes

Dust structure detains water for the required period (usually 72 hours)

### Végétation typique

Maize (*Zea mays* sp.)

Scirpus (*Scirpus* sp.)

Phalaris (*Phalaris* sp.)

Rosa (*Rosa* sp.)

Clypeus (*Clypeus* sp.)

Juncus (*Juncus* sp.)

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize 14

## Les zones humides artificielles

Actions	Objectif Qualité de l'eau (critère Nitrate)	Aménagement du paysage	Biodiversité
Scénario 1 : <u>Statu quo</u> on ne change rien	>50mg/l	Tout homogène	Faible
Scénario 2 : <u>Réduction</u> On conserve une agri intensive mais réduction apport, action de type Fertimieux	Environ 50mg/l	Tout homogène	Faible
Scénario 3 : + <u>Zone tampon</u> bande enherbée, zone riparienne, zone humide artificielle (ratio 1%)	<50mg/l	Création d'hétérogénéité,	Diversité
Scénario 4 : + <u>Ecologique</u> création de zone humide (ratio 5%)	excellente	Paysage complexe et très hétérogène	Forte diversité

WETPOL 2007

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize 15

## Les zones humides artificielles

### Atrazine, Metolachlor, Glyphosate, Chlorpyrifos, Isoproturon, Alachlore

Ex. Metolachlor (Koc : 108 cm<sup>3</sup>/g, DT50 : 29 jours)  
temps de séjour hydraulique >13 jours en été pour 90% d'abattement

Hydraulic Retention Time (d)	Metolachlor Removal (%) - 1998	Metolachlor Removal (%) - 1999
0	0	0
5	~80	~80
10	~90	~90
15	~95	~95
20	~98	~98
25	~100	~100

Schultz, et al, 2003, ADS

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize 16



**Pesticides**

System code	Site	Répartition en pourcentage
AW-Fra FB-Fra DP1-Fra DP1-Ger RC-Ger DP2-Ger BM-Ita	Loches Rouffach Landau Freiburg Piacenza	~ <b>H</b> 84%, ~ <b>F</b> 8%, ~ <b>I</b> 8% ~ <b>H</b> 44%, ~ <b>F</b> 50%, ~ <b>I</b> 6% ~ <b>H</b> 17%, ~ <b>F</b> 61%, ~ <b>I</b> 22% ~ <b>H</b> 4%, ~ <b>F</b> 85%, ~ <b>I</b> 11% ~ <b>H</b> 0%, ~ <b>F</b> 60%, ~ <b>I</b> 40%

➔ **Fongicides sur vignoble**  
**Herbicides sur grande culture**

[Herbicide(H), Fongicide(F), Insecticide(I)]  
(en nombre et non en quantité appliquée)

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebiz

**Task D: New prototypes to be constructed**

Action	Type de prototype	Description	Location	Responsable participant (No.)
D1	Experimental	Fossé végétalisé	Landau, Germany	UKL (6)
D2	Experimental	Ecoulement en forêt	Antony, France	CEMAGREF (2)
D3	Experimental	Bioreacteur	Colmar, France	UHA (3)
D4	Démonstration	Fossé végétalisé	Landau, Germany	IBD (9)
D5	Démonstration	Bassin d'orage	Landau, Germany	IBD (9)
D6*	Démonstration	Bassin d'orage	Eichstetten, Germany	UF (5)
D7	Démonstration	Bioreacteur	Piacenza, Italy	UCSC (4)

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebiz

**Les sites de démonstration**

**Université de Koblenz-Landau**

**Fossé végétalisé Krottenbach (D4)**  
Longueur 1712 m  
Pente moyenne 0.025%  
Bassin versant : 2.729 km<sup>2</sup>  
Débit : HQ 10 1.5 m<sup>3</sup>/s  
                  HQ 100 3.3 m<sup>3</sup>/s

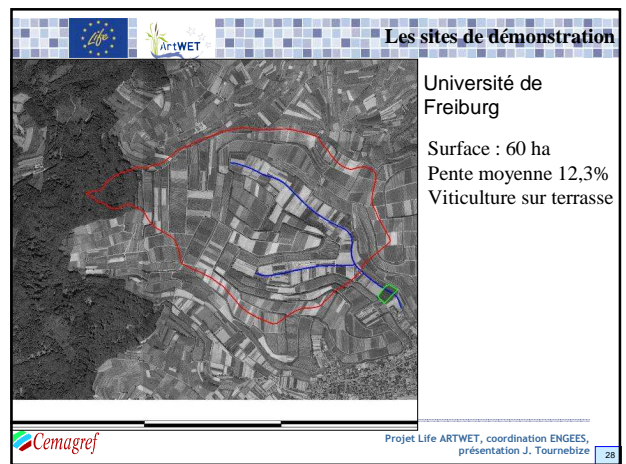
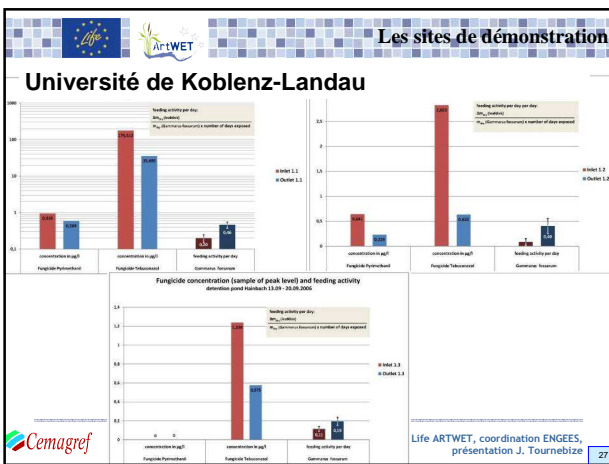
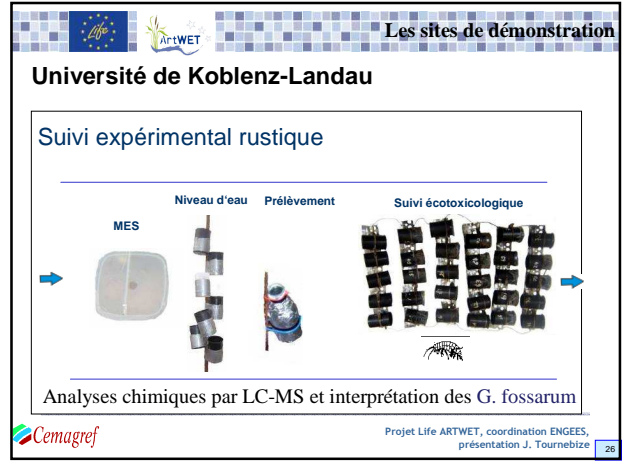
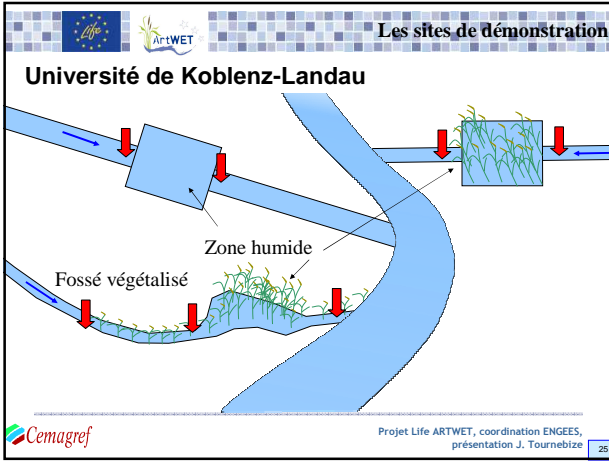
**Bassin d'orage Göcklingen (D5)**  
Surface 4140 m<sup>2</sup>  
Volume 4650 m<sup>3</sup>

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebiz

**Les sites de démonstration**


**Université de Koblenz-Landau**

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebiz




**Les sites de démonstration**

Université de Freiburg  
 Prototype 3 : zone humide aménagée au sein d'un bassin de rétention, Eichstetten (Allemagne)



**Bassin de rétention**

**digue**



**Zone humide artificielle**

Cemagref      Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

29

**Les sites de démonstration**

Université de Freiburg : bassin d'orage aménagé

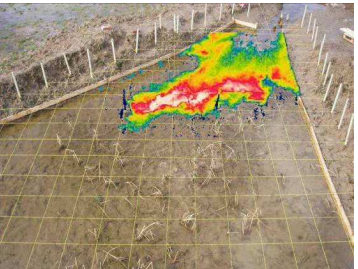


Cemagref      Meeting ArtWET, 20.11.2007, Loches      Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

30

**Les sites de démonstration**

Université de Freiburg : Traçages  
 ↳ test de l'efficacité hydraulique



Cemagref      Meeting ArtWET, 20.11.2007, Loches      Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

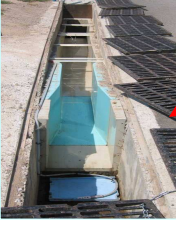


31

**Les sites de démonstration**

ENGEEES, Strasbourg : bassin d'orage aménagé

Bassin versant viticole de 63ha  
 Pente moyenne 12%

Inflow from 2003 to 2007	
Q max	130 l/s
Q average	14 l/s
V max	1050 m3
V average	50 m3

Venturi ENDRESS+HAUSER 5,25 à 248 L/s  
 Débitmètre bulle à bulle DPN 7/2  
 Préleveur réfrigéré fixes Hydrologic (24 flacons 0,9L)

Cemagref      Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

32

### Bassin d'orage du Waldweg, Rouffach, Alsace, France

325 m<sup>2</sup>  
1400 m<sup>3</sup>

2002 (initial) 2005

Storm basin Waldweg, Rouffach, France

Hiver 2005

Cemagref

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

33

### Au fil des saisons 2007

été 2007

hiver 2007

Cemagref

présentation J. Tournebize

34

### Les sites de démonstration

La remédiation du Glyphosate et du Diuron au sein d'un bassin d'orage aménagé

➤ Enjeux : augmenter la remédiation des pesticides au sein du bassin d'orage

- ✓ adapter les temps de séjour de l'eau aux dynamiques de biodégradation des pesticides
  - ↳ optimiser temps de séjour
- ✓ favoriser le contact entre pesticides/micro-organismes et pesticides/végétaux présents au sein du bassin d'orage
  - ↳ optimiser dissipation

↓

Mise en place d'un filtre à sable au sein du bassin d'orage

Cemagref

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

35

### Les sites de démonstration

#### Expérimentation de traçage hydraulique

Cemagref

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

36

**Les sites de démonstration**

**Paniers**

Sable 2/8      Galets 80x120  
Vide pour matériau adsorbant  
Galets 80x120

Zone de stockage (eau, sédiments)

Filterre à sable (2/8), roulé (15x8x0.6m<sup>3</sup>)

Gabions (maille 80mmx80mm; galets 80x120)  
Dim : 15m x 8m x 0.6m<sup>3</sup>

Paniers de 1 x 1 m, divisés en 3 cases

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

37

**Les sites de démonstration**

**La remédiation du Glyphosate et du Diuron au sein d'un bassin d'orage aménagé**

Longueur du filtre à mettre en place, en considérant un événement pluvieux moyen (50m<sup>3</sup>) et un niveau d'eau de 60cm dans le filtre

longueur filtre (m)	temps de séjour de l'eau (h)	% variation relative
0	3.5	20
2	4.5	15
4	5.5	10
6	6.5	5
8	7.5	2
10	8.0	1
12	8.5	1
14	8.8	1
16	9.0	1
18	9.2	1
20	9.5	1

Mise en place d'un filtre de 8 m de long sur les 24 m de long du BO

38

**Les sites de démonstration**

Cemagref & Chambre d'Agriculture (37) : zone humide aménagée, forestière en région drainée, Tours (France)

Forêt (P6)      Zone humide (P4)

Ouvrage de répartition

Exploitation de Mr. CREPIN Bernard

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

39

**Les sites de démonstration**

Cemagref & Chambre d'Agriculture (37) : zone humide aménagée, forestière en région drainée, Tours (France)

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

40

**Les sites de démonstration**

Cemagref & Chambre d'Agriculture (37) : zone humide aménagée, forestière, Tours (France)

Gestion hydraulique impliquant l'agriculteur : Impossibilité de traiter toutes les eaux superficielles en région drainée ➔ piéger le maximum de flux de pesticide dans le minimum d'eau

**Gestion dynamique de l'ouvrage**

↑ Fermé      ↑ Ouvert

Cemagref

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebiz

41

**Les sites de démonstration**

Cemagref & Chambre d'Agriculture (37) : zone humide aménagée, forestière, Tours (France)

Cemagref

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebiz

42

**Les sites de démonstration**

Cemagref & Chambre d'Agriculture (37) : zone humide aménagée, forestière, Tours (France)

Ingénierie améliorée pour une gestion hydraulique optimale

Cemagref

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebiz

43

**Les sites de démonstration**

Cemagref & Chambre d'Agriculture (37) : zone humide aménagée, forestière, Tours (France)

Premiers résultats

Efficacité globale pour l'isoproturon (molécule très mobile dans l'environnement) : ZHA 40%, zone forestière 80%

**Tracer recovery (%)**

Tracer	AW1	AW1-AW2	AW1-AW2-AW3	Global AW	Forest outlet
Isoproturon	63,8	54,6	31,3	61,6	21,2
Uranine	83,2	71,5	37,3	84,3	47,7
Sulfarhodamine B	46,9	59,9	29,5	63,5	39,1
Nitrate	7,1	4,3			

**Résultats encourageant en année 1 mais quelle évolution avec le temps ???**

- saturation du substrat
- relargage

Cemagref

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebiz

44

**Les prototypes de laboratoire**

### Université de Koblenz-Landau : fossé végétalisé

Experimental Site Landau: vegetated ditches

Détails hydrauliques :

Nombre et longueur :	6 x 65m (2 x 195m or 1 x 325m)
Largeur :	0.5 m
Profondeur d'eau :	0.1 m
Profondeur de sédiment :	0.1 m
Débit :	0.01 – 0.03 m <sup>3</sup> /s

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebiz

**Les prototypes de laboratoire**

### CEMAGREF, zone forestière

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebiz

**Les Bioréacteurs**

### Favoriser les réactions :

- 1. chimique (hydrolyse, photolyse, oxydo-réduction),
- 2. biologique (phytoremédiation et bactérie)

Un atout l'aérenchyme des macrophytes

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebiz

**Les prototypes de laboratoire**

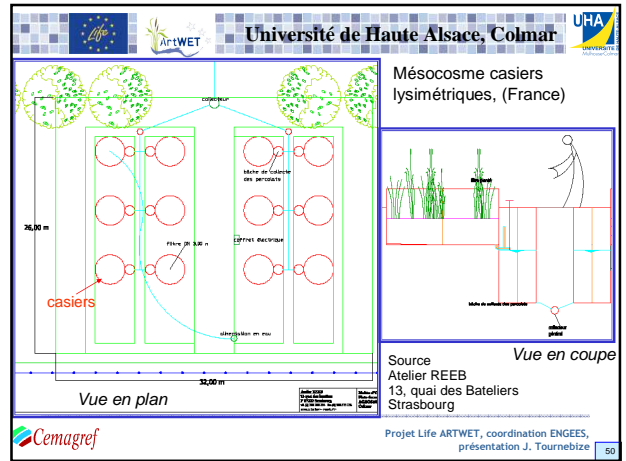
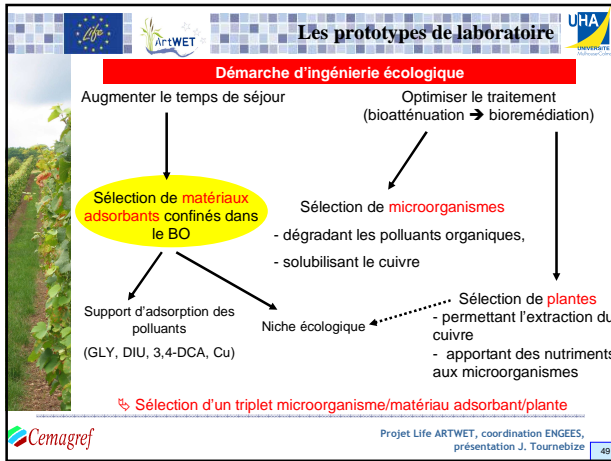
### Bassins d'orage (BO) : structures hydrauliques régulant le flux d'eau

**Biophytoatténuation** observée, impliquant plantes et microorganismes du BO

**Constats :**  temps de séjour et vitesse de traitement variables  
 vitesse de traitement < temps de séjour (dans certains cas)

**Stratégies :**  augmenter le temps de séjour  
 optimiser le traitement (bioatténuation → bioremédiation)

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebiz



### Les prototypes de laboratoire

## Université de Haute Alsace, Colmar : Bioréacteur

Quelques images...

1,00 m diameter collector installed

positioning of the basins

equipments and protocol deliberations

water-outlet at the bottom of a 3,00 m diameter basin

**Investment costs:**

- earthworks : 12 000
- masonry and pilot-units : 86 000
- pipes : 5 000
- aggregates : 2 400
- equipments : 9 600
- circulation paths : 4 800
- work management : 7 200
- **Total (€ VAT): 127 000**

final aspect

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebiz

### Les prototypes de laboratoire

## Etude de cinétique d'adsorption des polluants en mélange dans l'extrait de sédiments

**Maximum d'adsorption (%)**

Polluant en mélange / Matériau adsorbant	Betterave	Mais	Perlite	Vermiculite	Sédiment	Sable
Diuron	57%	57%	9%	47%	76%	76%
3,4-dichloroaniline	86%	86%	33%	74%	52%	81%
Glyphosate	59%	65%	59%	66%	72%	47%
Cuivre	55%	19%	2%	43%	33%	7%

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebiz

Les prototypes de laboratoire

### Unviersité de Piacenza : Bioréacteur



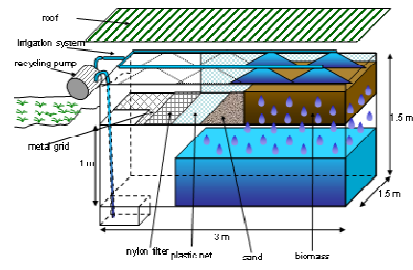
Cemagref

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebiz

53

Les prototypes de laboratoire

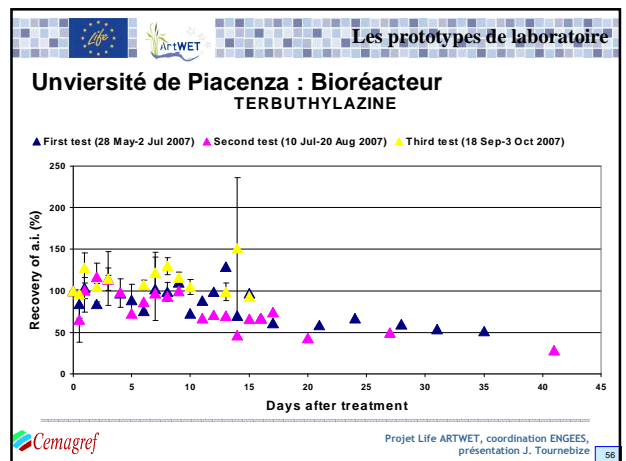
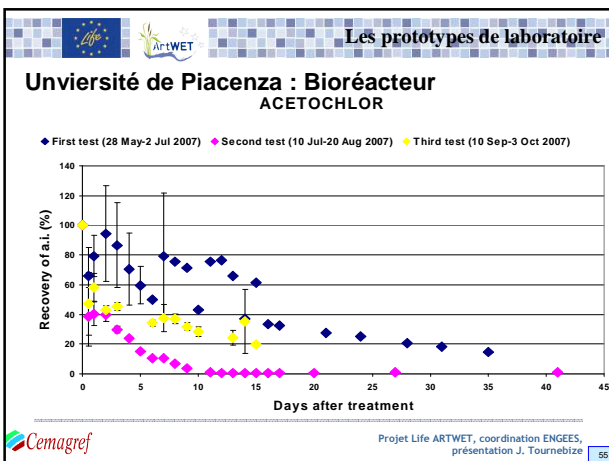
### Unviersité de Piacenza : Bioréacteur

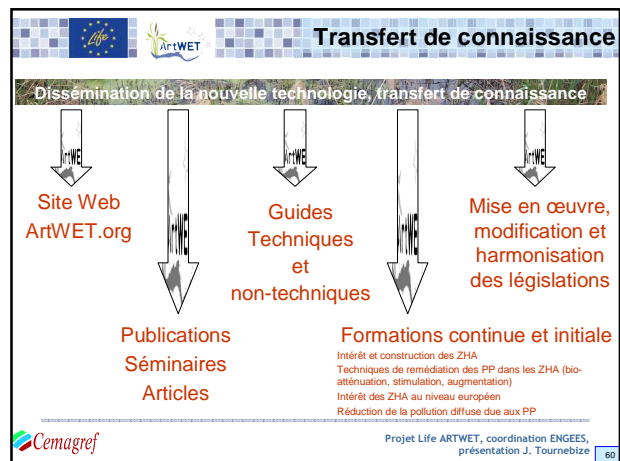
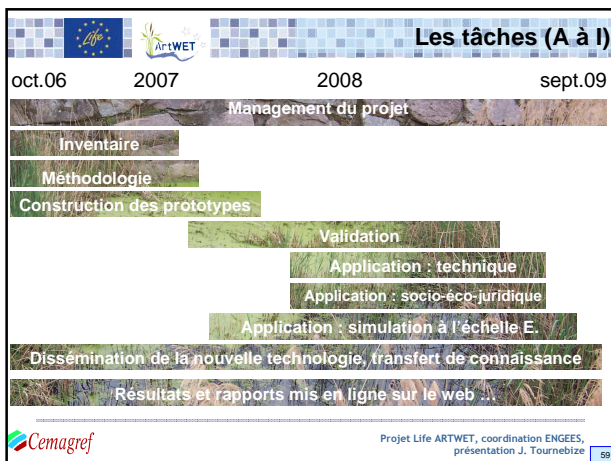
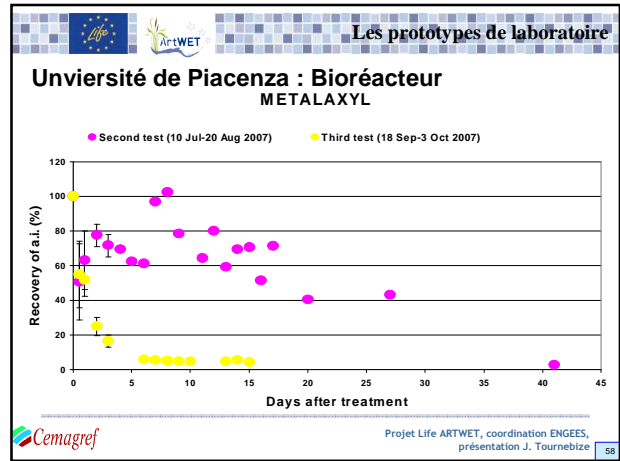
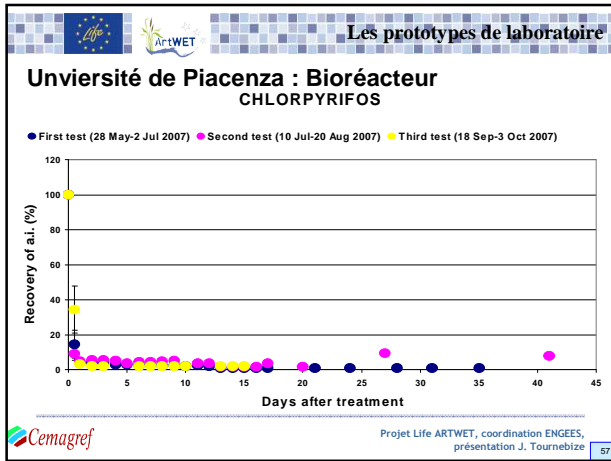


Cemagref

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebiz

54





**WEB SITE**  
www.artwet.fr

Le projet LIFE ENVIRONMENT ARTWET  
Réduction de la pollution diffuse due aux produits phytosanitaires et phytoremédiation dans les zones humides artificielles  
Mitigation of agricultural nonpoint-source pesticide pollution and phytoremediation in artificial wetland ecosystems

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

**WEB SITE**

In progress ...

Type	N°	Titre	Mise en œuvre	Financement
A	1	Diagnostic des zones humides	1 Janvier 2007	30 Décembre 2007
B	2	Aménagement	1 Janvier 2008	31 Mars 2008
C	3	Validation des protocoles de gestion	1 Janvier 2008	31 Mars 2008
D	4	Maintenance des zones humides	1 Janvier 2008	31 Mars 2008
E	5	Appréhension des enjeux agricoles	1 Janvier 2008	31 Mars 2008
F	6	Mitigation agricole et agricole	1 Janvier 2008	31 Mars 2008

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

**Conclusion**

- Un projet ambitieux, pertinent
- Des équipes motivées et complémentaires
- Des prototypes différents et démonstratifs
- Des résultats transposables à faible coût pour la réduction des transferts de pesticides issus des agrosystèmes
- Des évolutions possibles (molécules, dispositifs, ...)
- Le territoire européen concerné

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize

Merci pour votre attention

Projet Life ARTWET, coordination ENGEEES, présentation J. Tournebize