



Le Cemagref

Quantification et maîtrise des flux de pesticides de la parcelle au bassin versant : intérêt et limites des zones tampons enherbées et boisées


Véronique GOUY

eau - territoires - développement durable



Journée scientifique et technique ENGEES – ASTEE
8 février 2007

► Plan de l'exposé

- 
- **Bref rappel du contexte et des enjeux**
 - **Origine, modalités et flux hydriques de la contamination par les pesticides**
 - **Intérêt des zones tampons enherbées ou boisées pour limiter les flux**
 - **Éléments pratiques pour une efficacité accrue**

Rappel du contexte et des enjeux

- Les espaces agricoles modifient les flux d'eau, de matière et de solutés vers les milieux aquatiques
 - Les fertilisants et pesticides peuvent :
 - menacer la ressource en eau et les activités humaines
 - générer des perturbations importantes des écosystèmes
 - La Directive Cadre sur l'Eau implique
 - d'identifier les causes
 - de mettre en œuvre des actions correctives
- pour atteindre le bon état chimique et écologique à échéance de 2015

3

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



► Origines de la contamination par les pesticides

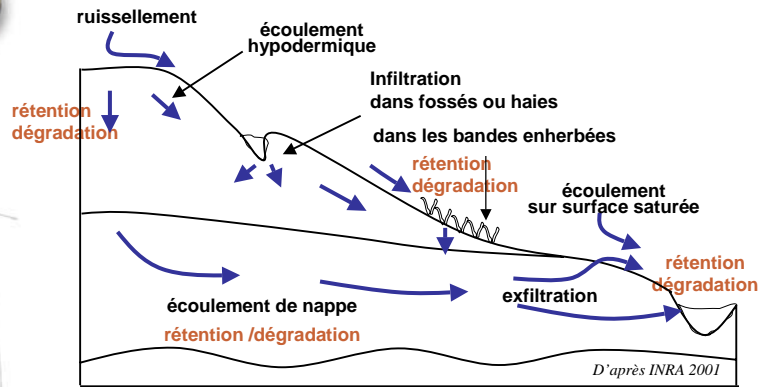
- **Au moment de la manipulation**
 - Préparation de la bouillie
 - Elimination du fonds de cuve
 - Rinçage du matériel
 - Produits non utilisés
 - Application : dérive / accident
- **Après la manipulation**
 - Entraînement par volatilisation
 - Entraînement au cours d'une pluie

4

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



► Multiplicité des modalités de transfert au BV



Temps de transfert, forme du transport
et atténuation des flux variables

Diversité des modes de contamination

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



5

► Gammes de flux de la parcelle au BV


Site / substance	BV Hydrologie	Pertes parcelaires	Pertes au BV	Référence
BV viticole méditerranéen Diuron	91 ha transferts rapides avec ré-infiltration dans les fossés	Par ruissellement hortonien de 1,3 à 4,8 % Cmax 700 µg/L	0,50 % Cmax 500 µg/L	Bilan 97 Louchart, 1999

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007




6

► Gammes de flux de la parcelle au BV				
Site / substance	BV Hydrologie	Pertes parcelaires	Pertes au BV	Référence
BV viticole méditerranéen Diuron	91 ha transferts rapides avec ré-infiltration dans les fossés	Par ruissellement hortonien de 1,3 à 4,8 % Cmax 700 µg/L	0,50 % Cmax 500 µg/L	Bilan 97 Louchart, 1999
BV en plateau crayeux à couverture limoneuse grandes cultures, bois, prairies Isoproturon Diflufénicanil	90 à 1070 ha substrat karstique à processus de réinfiltration important	Par ruissellement hortonien 0,1 à 4,8% Cmax : 340 µg/L	de 0 à 0,002% Cmax : 12 µg/L	Bilans 97-98 Lecomte, 1999

7 Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007 

► Gammes de flux de la parcelle au BV				
Site / substance	BV Hydrologie	Pertes parcelaires	Pertes au BV	Référence
BV viticole méditerranéen Diuron	91 ha transferts rapides avec ré-infiltration dans les fossés	Par ruissellement hortonien de 1,3 à 4,8 % Cmax 700 µg/L	0,50 % Cmax 500 µg/L	Bilan 97 Louchart, 1999
BV en plateau crayeux à couverture limoneuse grandes cultures, bois, prairies Isoproturon Diflufénicanil	90 à 1070 ha substrat karstique à processus de réinfiltration important	Par ruissellement hortonien 0,1 à 4,8% Cmax : 340 µg/L	de 0 à 0,002% Cmax : 12 µg/L	Bilans 97-98 Lecomte, 1999
BV à sols limoneux drainés à 90 % grandes cultures, bois, prairies Atrazine Métolachlore	3470 ha transferts par drainage agricole et ruissellement sur sol saturé sans effet tampon de nappe	Par ruissellement et drainage agricole de 1,2 à 1,8 % Cmax : 53 µg/L	0,15 à 0,3 % Cmax : 15 µg/L	Bilans 90-92 Ng et al., 1995

8 Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007 

► Gammes de flux de la parcelle au BV

Site / substance	BV Hydrologie	Pertes parcelaires	Pertes au BV	Référence
BV viticole méditerranéen Diuron	91 ha transferts rapides avec ré-infiltration dans les fossés	Par ruissellement hortonien de 1,3 à 4,8 % Cmax 700 µg/L	0,50 % Cmax 500 µg/L	Bilan 97 Louchart, 1999
BV en plateau crayeux à couverture limoneuse grandes cultures, bois, prairies Isoproturon Diflufenicanil	90 à 1070 ha substrat karstique à processus de réinfiltration important	Par ruissellement hortonien 0,1 à 4,8% Cmax : 340 µg/L	de 0 à 0,002% Cmax : 12 µg/L	Bilans 97-98 Lecomte, 1999
BV à sols limoneux drainés à 90 % grandes cultures, bois, prairies Atrazine Métolachlore	3470 ha transferts par drainage agricole et ruissellement sur sol saturé sans effet tampon de nappe	Par ruissellement et drainage agricole de 1,2 à 1,8 % Cmax : 53 µg/L	0,15 à 0,3 % Cmax : 15 µg/L	Bilans 90-92 Ng et al., 1995
BV viticole alsacien à sols bruns calcaire loessique plus ou moins profond Glyphosate	40 ha BV « sec » écoulement en période de crue ruissellement <2%	Par ruissellement hortonien de 0,04 à 0,27% Cmax > 1000µg/L	0,09% Cmax 70 µg/L	Bilan 2004 Domange, 2005

9

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



► Gammes de flux de la parcelle au BV

- Taux de transfert < 5% à la parcelle et 0,5% au BV
- Facteurs d'atténuation des flux « parcelle → BV » de 3 à 2000
- Facteurs d'atténuation des concentrations de 1,5 à 180

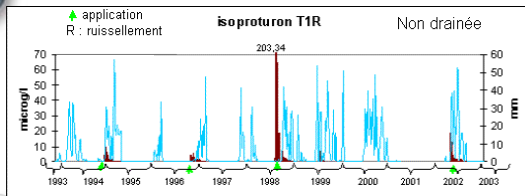
10

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007

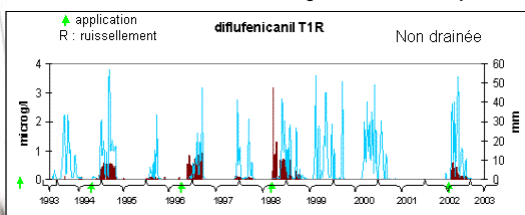


► Dynamique des transferts à la parcelle

Isoproturon, Koc : 120 L/Kg, DT50 : 6-28 jours



Diflufénicanil, Koc : 1990 L/Kg, DT50 : 105-210 jours



Site Arvalis – La Jaillière

Transfert par ruissellement

Importance à noter :

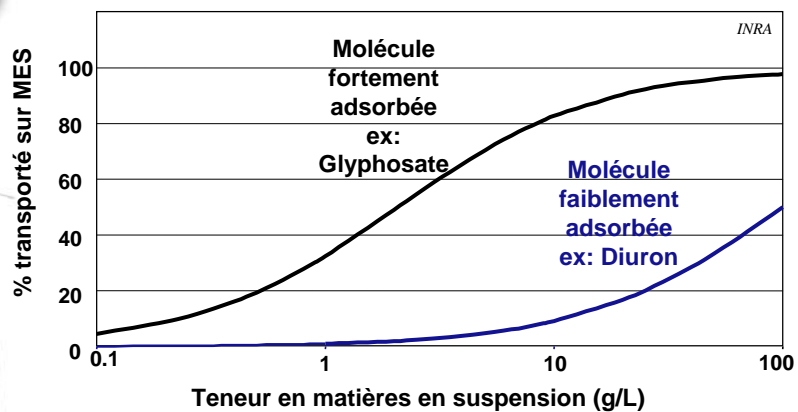
- de la première pluie suivant l'application
- du coefficient d'adsorption
- de la demi-vie
- de l'état hydrique du sol au moment de l'application

11

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



► Forme du transport : fractions dissoute et particulaire



→ fraction dissoute majoritaire sauf en cas de forte érosion

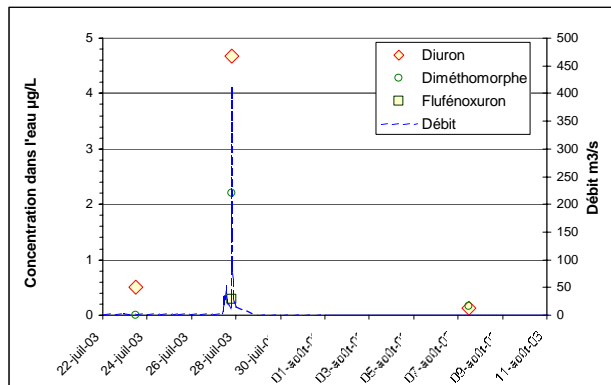
12

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



► Dynamique des transferts au BV

Beaujolais, bassin de 3,5 km² - 2003 - Cemagref



→ Transfert rapide en crue : pointes de concentration
→ Transfert via le sol / les nappes : niveaux de bases

13

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007

Cemagref

► Transfert : bilan

- **Pollution liée à des quantités marginales de l'application**
 - Moins de 5% à la parcelle
 - Moins de 0,5% au BV
- **Transferts par ruissellement, infiltration, écoulement latéral**
 - Écoulements rapides de surface/sub-surface → pics de concentration
 - Écoulements lents dans le sol /nappe → niveaux de base
- **Facteurs influents sur les flux et concentrations :**
 - Dose
 - Délai entre application et premier événement hydrologique significatif
 - Etat hydrique du sol au moment de l'application
 - Koc et de la DT50
 - Temps de séjour entre parcelle et milieu récepteur
- **Fraction « dissoute » >> fraction particulaire**

14

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007

Cemagref

► Transfert : bilan

- Intérêt d'agir sur le ruissellement en vue de limiter les pics de pollution
- Intérêt de limiter les flux de substances dissoutes et pas seulement le transport particulaire

15

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



► Les solutions correctives

*selon l'expertise scientifique collective INRA – Cemagref :
« Pesticides, agriculture et environnement : réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux » - 2005*

- ⇒ Réduire le recours aux pesticides
- ⇒ « Raisonner » l'utilisation
- ⇒ Limiter les transferts

Concept de durabilité : environnement + socio-économie

Ordre chronologique de faisabilité (pas strict):
Transfert ≥ Raisonement > Action sur les systèmes

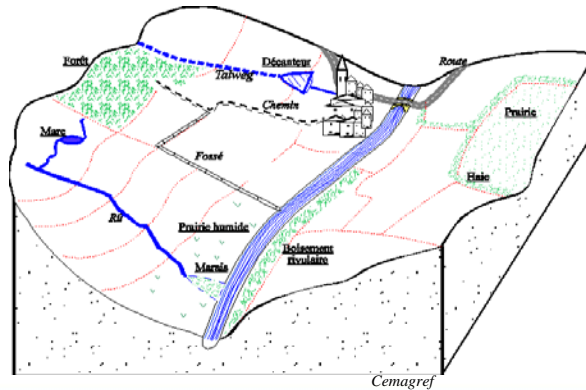
16

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



► Limiter les transferts

- Améliorer l'évaluation a priori du risque (homologation) – *p.m.*
- Agir sur les pratiques dans la parcelle
- Limiter les transferts dans le bassin versant



17

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



► Les zones tampons et leurs fonctions environnementales



Tout élément « interstitiel » du bassin versant en position d'intercepter le ruissellement provenant des parcelles cultivées, à couvert pérenne, herbacé ou ligneux :

bandes enherbées, prairies, haies, bois, chemins enherbés ...

Mais aussi milieux humides : étangs, lagunes ...

Ces zones peuvent remplir différentes fonctions environnementales :

- de protection des eaux : débits, MES, azote, phosphore, pesticides
- de maintien de la biodiversité

18

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



► Limiter les transferts dans le BV

Dans ce sens : la nouvelle Politique Agricole Commune

→ Leviers de développement des zones tampons enherbées

Ecoconditionnalité des aides

3% de la surface (SCOP)



400 000 à 800 000 km
de bandes enherbées

**Comment positionner, dimensionner et gérer au mieux ces
ZTE pour une efficacité accrue ?**

19

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



► Zones tampons enherbées et boisées : efficacité

- Intérêt avéré pour éviter les dépôts de dérive directement dans le cours d'eau (>5 m)
- Bilan national et international sur les flux ruisselés (2003) : une quinzaine de références : efficacité de 0 à 99 %
- D'après l'ensemble des expérimentations françaises, la réduction des flux ruisselés est :
 - très souvent supérieure à 90 %
 - presque toujours supérieure à 50 %

**→ mieux connaître leur fonctionnement pour
mieux contrôler leur efficacité**

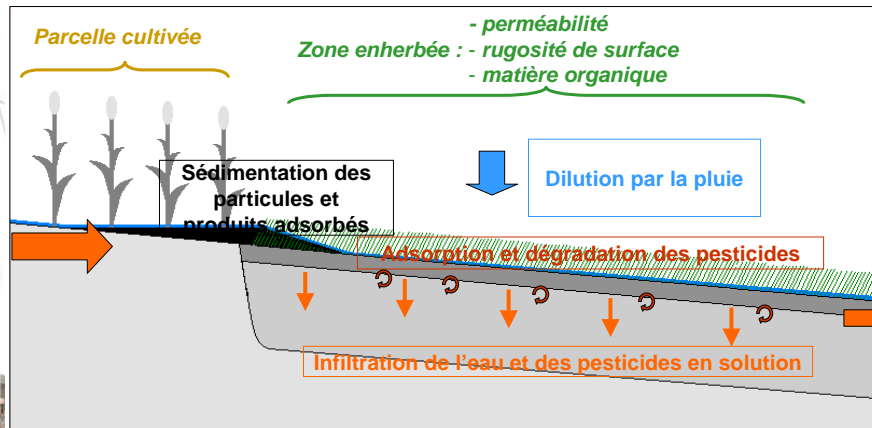
20

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



► Fonctionnement des zones tampons enherbées

- Propriétés physiques et chimiques favorables à la dissipation des flux polluants



Lacas 2005

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



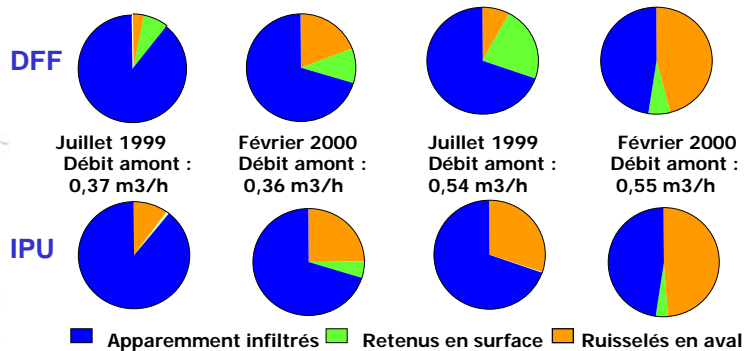
21

► Quantification en conditions « extrêmes »

Simulation de ruissellement sur micro-parcelles

Site Arvalis de la Jaillière - sol limono-argileux

Souiller et al., 2002



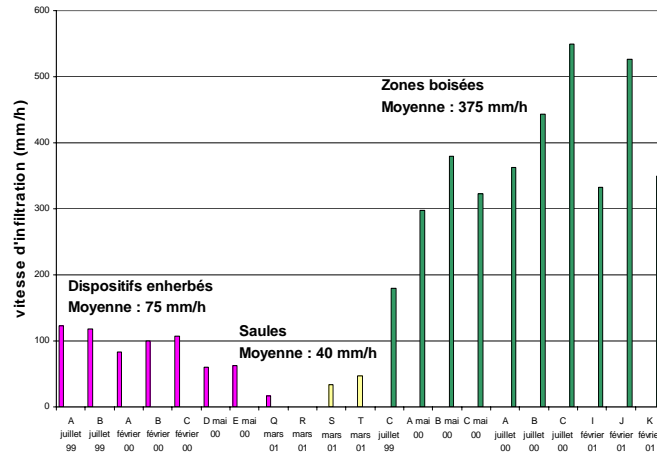
- ➔ Part prépondérante de l'infiltration mais variable ...
- ➔ Dépend de l'état initial et du débit d'entrée

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



22

► Capacités d'infiltration de différentes ZT



Souiller, 2002

23

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



► Efficacité globale et potentialité de re-mobilisation



Site de la Morcille
Beaujolais - Cemagref

Boivin 2006

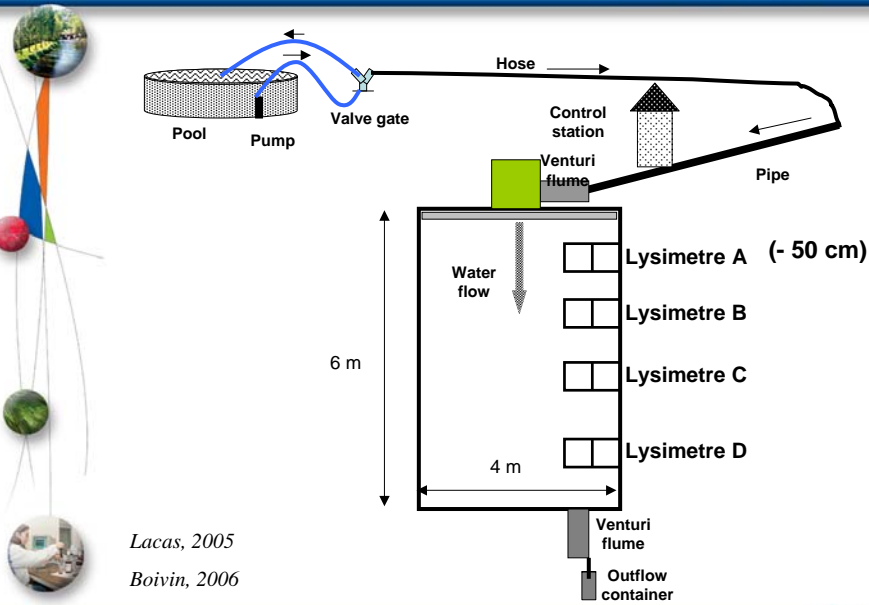
Thèse de J.-G. Lacas, 2005 et post doctorat d'A. Boivin, 2006

24

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



Dispositif expérimental

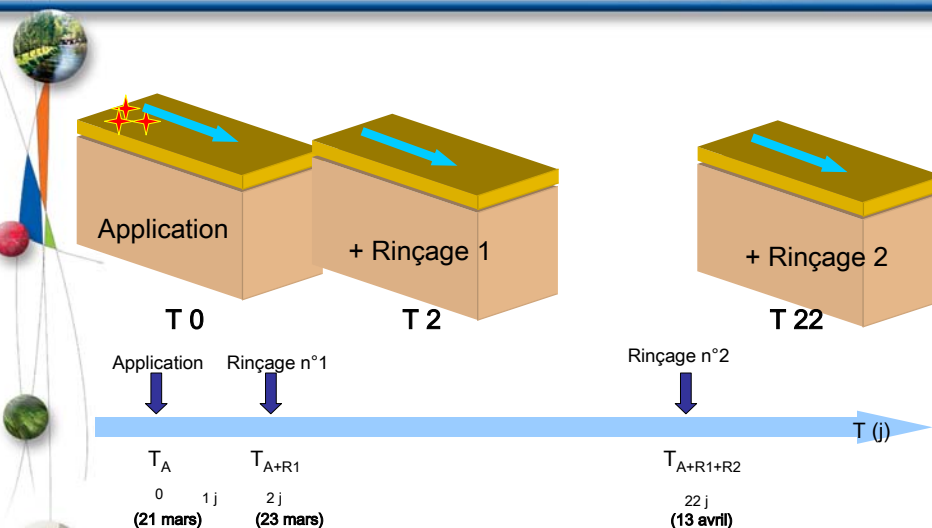


25

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



Déroulement des Expérimentations




(Boivin 2006)

26

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007





4800 L en 43 mn
situation « courante » lors d'orage dans le contexte Beaujolais

Boivin 2006

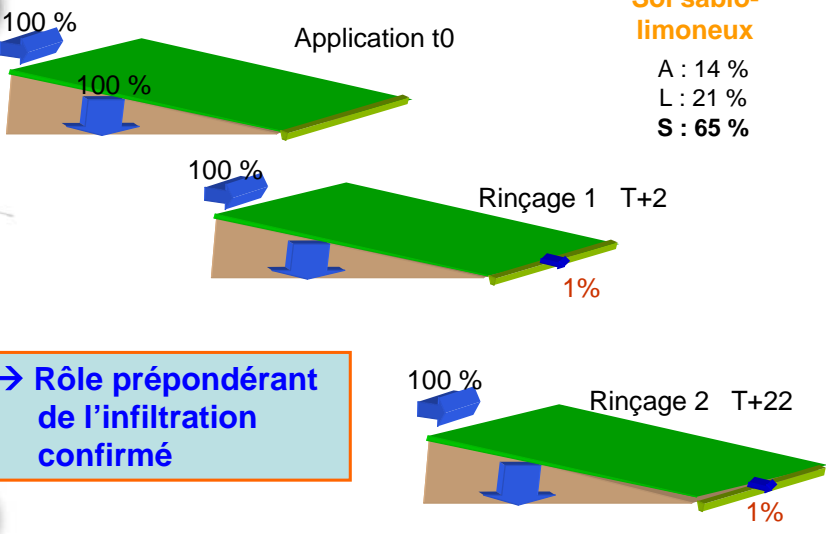
Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007

Cemagref

27

Bilan hydrique

Sol sablo-limoneux
 A : 14 %
 L : 21 %
 S : 65 %



→ Rôle prépondérant de l'infiltration confirmé

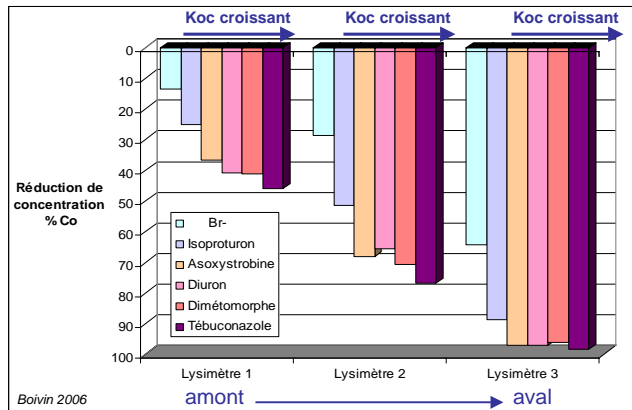
(Boivin 2006)

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007

Cemagref

28

► Réduction des concentrations infiltrées (T0)



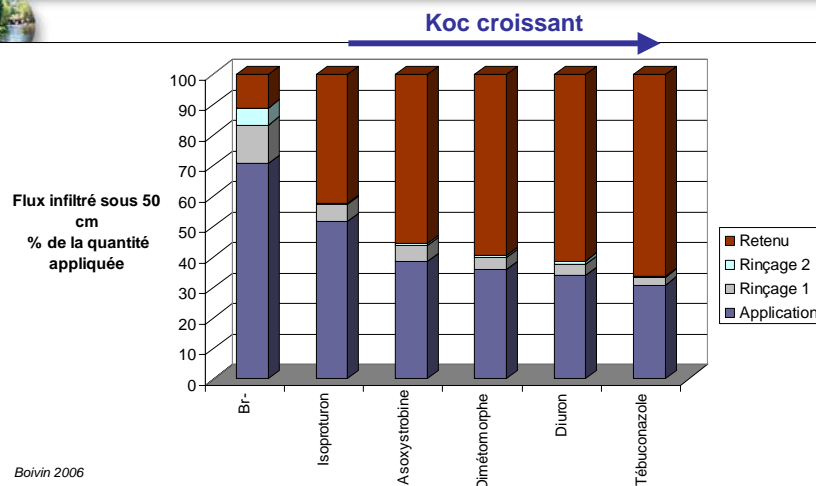
→ Concentrations atténuées de 25 à plus de 90 % en fonction du Koc, de la distance amont-aval < Processus physiques et chimiques en cause

29

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007

Cemagref

► Réduction des flux totaux infiltrés



→ 42 à 66 % de la quantité de pesticides appliquée reste localisée dans les 50 premiers cm du sol selon le Koc

30

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007

Cemagref

► Zones tampons enherbées ou boisées : bilan

▪ Efficacité vis-à-vis du ruissellement :

- variable mais souvent > 90%
- rôle majeur de l'infiltration
- concerne toutes les substances
- fonction de la capacité d'infiltration

si temporairement limitée

→ Efficacité limitée aux substances à fort Koc pour une longueur ou un temps de transfert suffisant

▪ Rétention des substances infiltrées (peu de références) :

- une efficacité non négligeable mais pas totale
- fonction de la capacité d'adsorption des substances de la rapidité de l'écoulement, de la teneur en MO
- attention au cas de nappes vulnérables

→ Implications en termes opérationnels

31

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



► Implications pratiques

Quelle localisation ?
Quel dimensionnement ?
Quel entretien ?

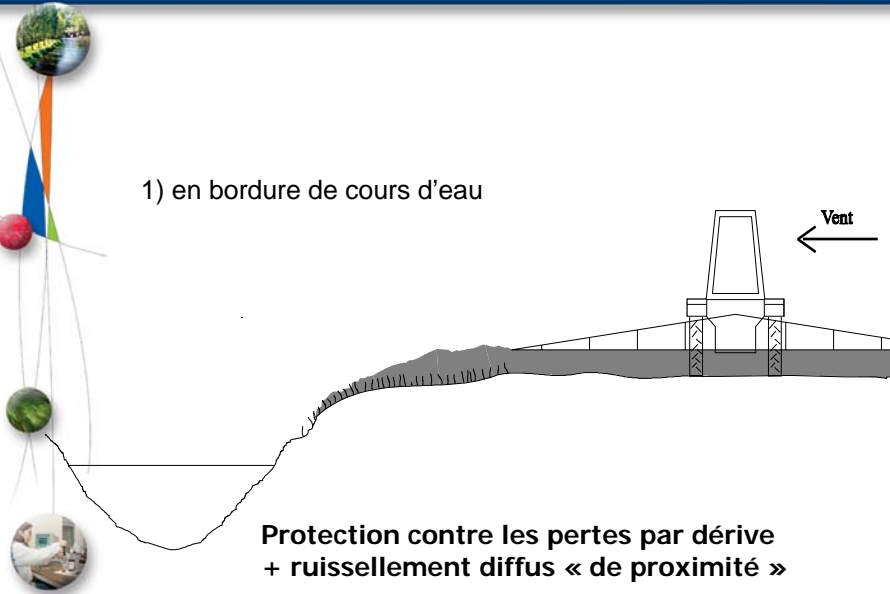
32

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



▶ Quelle localisation ?

1) en bordure de cours d'eau



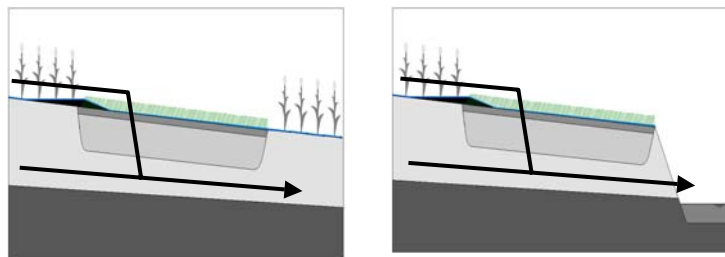
33

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007

Cemagref

▶ Mais ...

Risque de transfert à proximité du cours d'eau



Lacas 2005

34

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007

Cemagref

► Et attention à l'hydromorphie !



F. Bonnet
CRPF Pays de
Loire

- **Hydromorphie permanente** de l'horizon de surface : efficacité probablement très réduite
- **Hydromorphie temporaire** de l'horizon de surface : efficacité en dehors de la période humide (repère : fonctionnement local du drainage)
- **Sols sains** : efficacité toute l'année

35

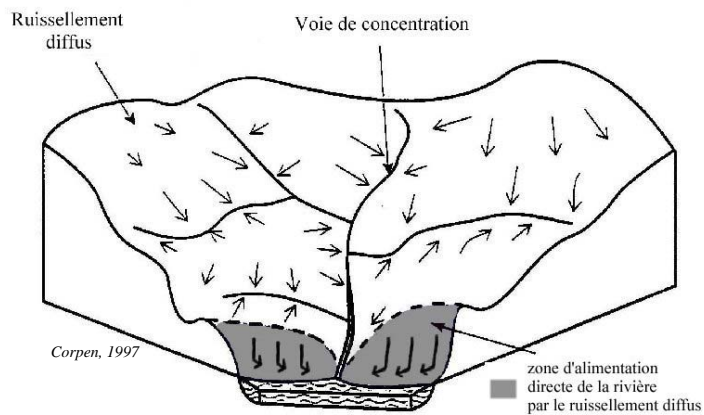
Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



► Localisations complémentaires



**Contaminations par voie hydrique :
positionnements complémentaires souvent nécessaires
en amont du bassin selon les circulations de l'eau**

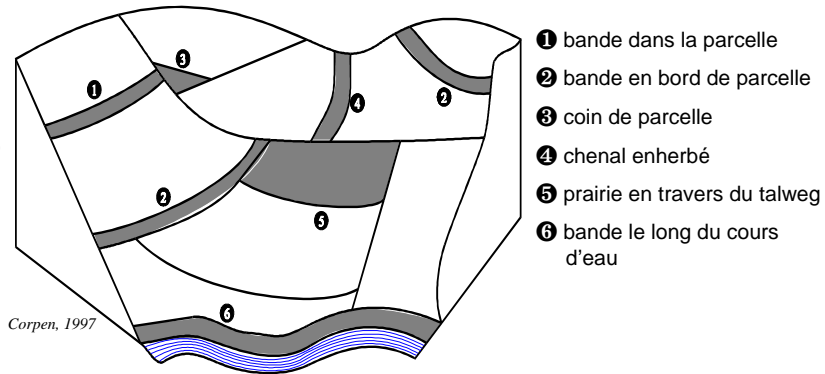


36

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



Localisations complémentaires



Plus : route et chemin, bétaires, ...

37

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



Quelques exemples

Prairie ancienne en bas de pente (Beaujolais)



Chenal enherbé (Pays de Caux)



Chemins enherbés

38

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



► Attention au tassement !

Effet du tassement

Expérimentation dans le Pays de Caux



Perméabilité :
Zone non tassée : 170 mm/h
Zone tassée : 8 mm/h

39

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



► Attention aux écoulements concentrés !



La concentration du ruissellement

← naturelle
et anthropique → ...



(Photo AREAS)

... limite les capacités de la zone tampon :
- par dépassement de la capacité d'infiltration
- par submersion

Un cas extrême : les fossés

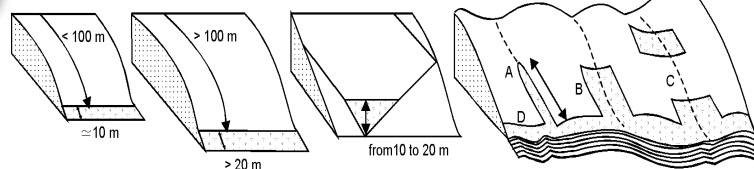


40

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



▶ Quelle dimension ?



1. Versant court

2. Versant long

3. Concentration du ruissellement dans un coin de la parcelle

4. Association d'une bande rivulaire et de zones tampons situées sur les voies d'écoulement concentré

A : thalweg enherbé

B : prairie

C : prairies en cascade

D : largeur variable (parcelle rectiligne)

Dimensionnement des zones tampons enherbées (CORPEN, 1997)

- Efficacité contingente au type de milieu et d'événement

→ Modélisation nécessaire au dimensionnement plus précis

41

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



▶ Quel entretien ?



- maintenir un **couvert dense**
- favoriser une **bonne répartition de l'écoulement**
 - éviter la formation d'un boueplet
 - contrôler les écoulements concentrés et le ravinement

42

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



▶ Eviter la formation de bourrelet



43

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007



▶ Correction du ravinement et dispersion du ruissellement



Aménagement
de ravines -
Beaujolais

44

Journée scientifique ENGEES – ASTEE, 8 février 2007





Un « constructed wetland »



Merci de votre attention !