



Zones tampons et lutte contre les pollutions diffuses

Introduction à la démarche d'implantation des zones tampons

Guy LE HÉNAFF – Ingénieur Chercheur / AgrEaunome

Clotaire CATALOGNE – Chargé de mission "Intégration des zones tampons dans la gestion des bassins versants"

Co-animateurs du Groupe Technique National Zones Tampons

Irstea (Centre de Lyon-Villeurbanne)
UR MAEP - **Equipe Pollutions Diffuses**

avant propos : **Une problématique toujours forte**

Les pesticides restent et resteront (?)

une préoccupation sociétale importante et légitime

Des constats et réflexions à partager (?) :

□ *Maintien probable d'un haut niveau d'emploi des pesticides*

- *Mondialisation, coûts de production, compétitivité*
- *difficultés de l'élevage, autonomie, retournement de prairies (+ de drainage, + d'intrants),*
 - *émergence de nouveaux bio-agresseurs (cerise, buis, oliviers?,...)*
- *développement de résistances aux pesticides problématiques (ex en GC : + de glyphosate)*

□ *Durcissement des mesures de gestion des phytosanitaires*

Riverains, ruissellement et points d'eaux,...

⇒ *Risques probables de voir apparaître des territoires « orphelins » : cf cartes ARPEGES*

**□ *Protection très insuffisante des têtes de bassin
et du petit chevelu hydrographique***

*Les cours d'eau en tête de bassin représentent
au moins 75 % de la longueur totale du réseau de cours d'eau*

(in GRIVEL et CAESSTEKER, 2015)



Transposition de la loi du minimum* aux enjeux environnementaux **réalistes** des **transferts hydriques de pesticides** (Le Hénaff, 2016)

Maillage paysager Infrast. Agro-Ecologiques, Zones tampons, Aménagements ruraux, Taille des parcelles

Minimum

Transferts hydriques pas ou mal gérés

Évaluation - AMM
Phytopharmacovigilance (ANSES)
Mesures de gestion (ANSES / MAAF-DGAL)

Systèmes culturaux et rotations

ÉCOPHYTO
RÉDUIRE ET AMÉLIORER L'UTILISATION DES PHYTOS

Pratiques phytosanitaires

Bio-agresseurs résistants et émergents

Guy Le Hénaff
2016

Source Wikipédia



*Loi du minimum en fertilisation (Liebig 1862)

Avant propos : Une problématique toujours forte

Les pesticides restent et resteront (?)

une préoccupation sociétale importante et légitime

Je sollicite par avance votre indulgence

**Pour des diagnostics parfois un peu durs (mais réalistes!),
et une adhésion modérée aux modes
et à certains mots clés dévoyés:
agro-écologie, A.E.Intensive, voire Ecophyto,...**

Je salue bien évidemment les efforts réalisés

***Mais plus la course à la lenteur, qui retarde
une nécessaire meilleure gestion des phytosanitaires***

D'où vient-on?



1954

Bocage et/ou
petit parcellaire morcelé
Importantes surfaces en
herbe (P. naturelles)
Mosaïque de cultures
≈ absence de drainage
Travail du sol peu agressif



2016

Remembrements
Grand parcellaire
Uniformité de cultures /
spécialisation
Drainage sur 3 M. ha
Puissance du matériel :
compaction
NO_x Phytosanitaires

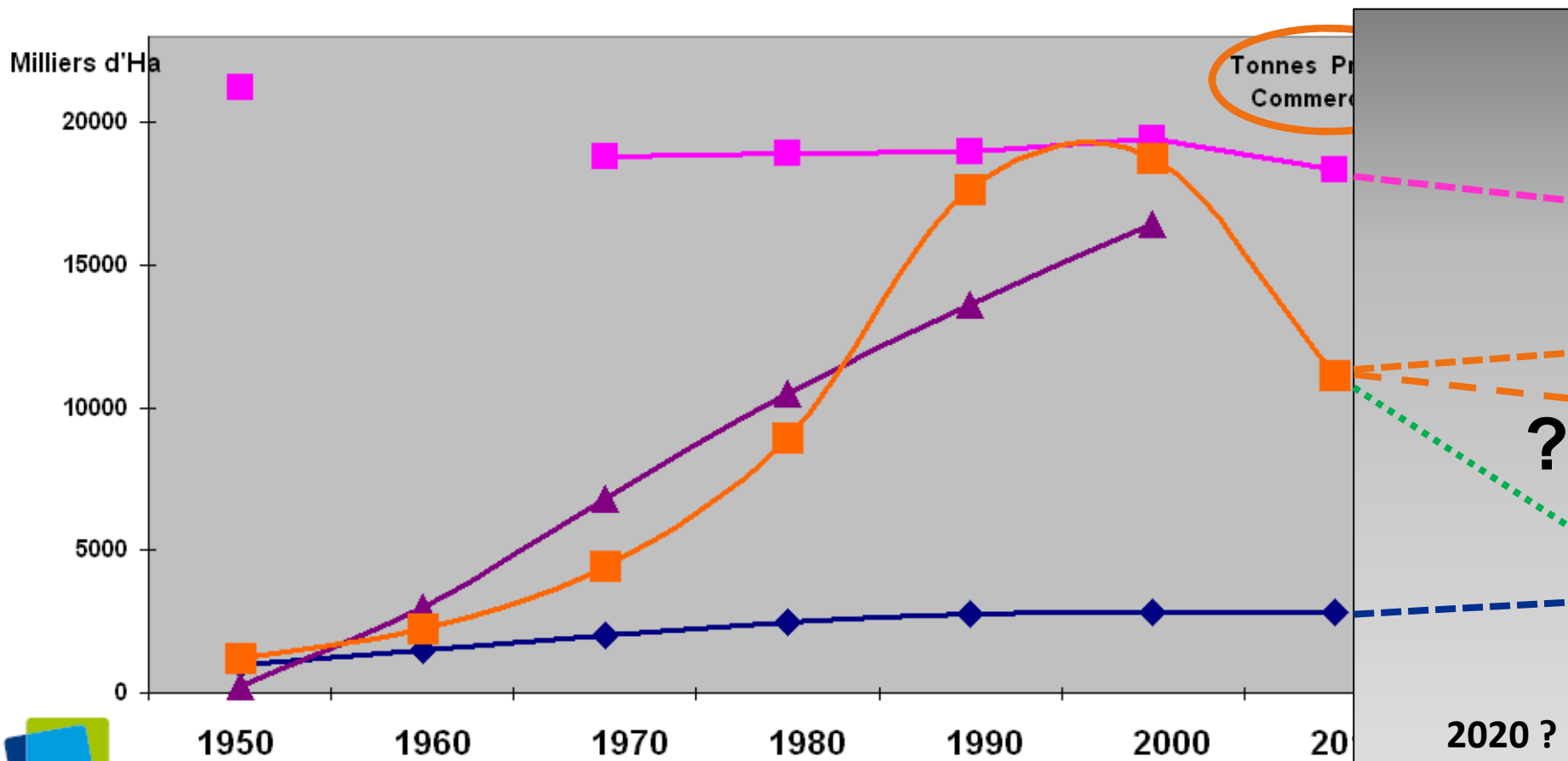


**Evolutions en 50 ans: très favorables aux transferts rapides
et en non agricole aussi...**

Quand le passé éclaire le présent : aménagement / pollutions diffuses

Agriculture française, 6 décennies d'évolution (sources Agreste et UIPP)

- Terres arables+Vignes et arbo (milliers ha)
- ▲ Aménagement foncier : surfaces cumulées (milliers Ha)
- pesticides* Tonnes Produits Commerciaux
- ◆ drainage milliers Ha
- ▲ (yellow)





Introduction

Qu'est-ce qu'une zone tampon ?

Pollutions diffuses : quelles solutions ?



Les pollutions diffuses d'origine agricole sont à l'origine d'une dégradation de la qualité de l'eau :

- au sens du bon état chimique et écologique des masses d'eau DCE
- au sens des normes de potabilité des eaux destinées à la consommation humaine (cf. captages prioritaires SDAGE et captages « Grenelle »)

Les substances incriminées sont principalement les nitrates et les pesticides

Trois leviers d'action identifiés :

- Changer les systèmes de culture
- Réduire les quantités d'intrants apportées
- Limiter les transferts vers les milieux aquatiques



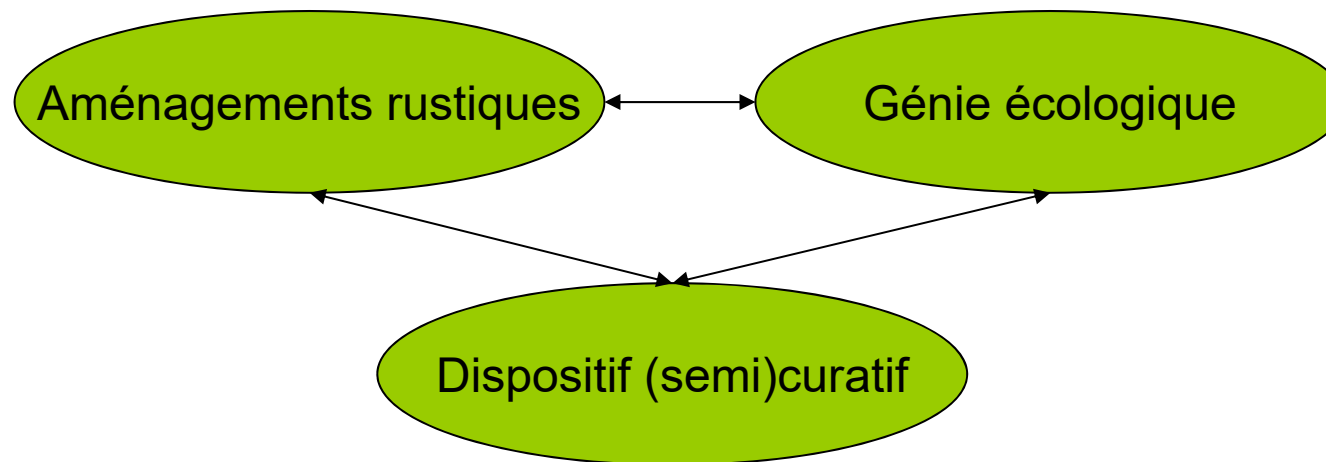
Zones tampons

Zones tampons : définition générale



Dans le sens de la protection des milieux aquatiques en milieu rural :

« Espace inter-parcellaire du paysage rural, existant ou expressément mis en place pour assurer une fonction d'**interception** et d'**atténuation** (rétention et/ou dégradation) des transferts de contaminant d'origine agricole vers les milieux aquatiques. »



**Complémentaires de pratiques agricoles vertueuses
sur les parcelles elles-mêmes !**

Zones tampons : principales fonctions



Dans le sens de la protection des milieux aquatiques en milieu rural, les zones tampons peuvent participer à maîtriser les transferts de :

- Matières en suspension (MES) : sédiments et matière organique
- Nitrates
- Azote organique
- Phosphore
- Produits phytosanitaires

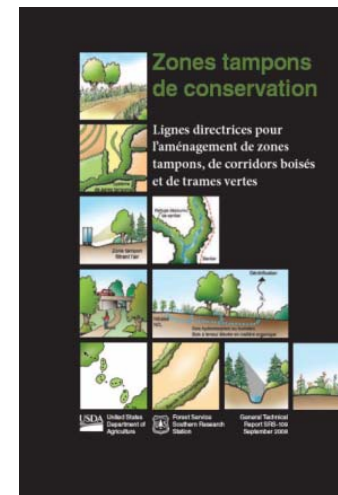
Mais aussi :

- Prévenir et limiter l'érosion, maintien des berges
- Réguler les flux d'eau à l'échelle du bassin versant
- Préserver ou favoriser la biodiversité
- Diversifier le paysage

Outils d'aménagement multifonctionnels pour les territoires ruraux durables et résilients

Bentrup (2008)

http://nac.unl.edu/buffers/docs/GTR-SRS-109_French.pdf



CORPEN (2007) JJ. Gril, coord.

http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN_fonctions_environn_zones_temp_bd.pdf

Différents types de zones tampons



Les dispositifs enherbés :



Bande enherbée (rivulaire)

Obligatoire sur 5m en bords de cours d'eau (BCAE, directive Nitrate...)

Et ses déclinaisons (moins courantes)



Tournière enherbée en versant



Coin de parcelle enherbé



Talweg enherbé

Différents types de zones tampons



Les dispositifs enherbés :



Prairies : des espaces à préserver, notamment dans les bas-fond humides



Enherbement inter-rang en cultures pérennes + chemins enherbés

Différents types de zones tampons



Les dispositifs ligneux :



Haies bocagères en maillage plus ou moins continu



Haie dense : spécifiquement implantée et entretenue pour jouer un rôle hydraulique (forte densité de tiges)

Différents types de zones tampons



Les dispositifs ligneux :



Ripisylve (corridor boisé le long des cours d'eau)



Fascines destinées à évoluer vers une haie



Différents types de zones tampons



Les dispositifs de type plan d'eau :

Des « milieux humides » existants...



Mares et étangs

...réaménagés...



Ouvrage de rétention et
remédiation

... ou construits de toute pièce



Zone tampon humide artificielle (ZTHA)

Différents types de zones tampons



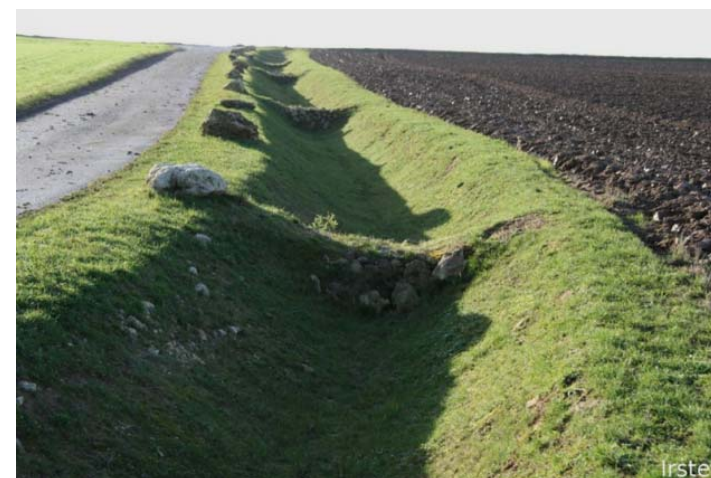
Les dispositifs de type fossés et talus :



**Fossés végétalisés
(et protégé par une
bande ou tournière
enherbée)**



**Fossé à redents permettant de ralentir et
stocker l'eau temporairement**



Les différents types de zones tampons



En résumé : une grande diversité de dispositifs, autant de solutions mais :

- Pour agir sur quel(s) type(s) de transferts ? quelle(s) substance(s) ?
→ Connaître les processus en jeu, diagnostiquer son territoire
- De quelle manière ?
→ Comprendre le fonctionnement d'une zone tampon, le mode d'action recherché
- Avec quelle efficacité et dans quelles conditions ?
→ Positionnement, dimensionnement, conception, entretien

CORPEN (2007). *Les fonctions environnementales des zones tampons : les bases scientifiques et techniques de protection des eaux.*

Catalogne, Le Hénaff et al. (2016). *Guide d'aide à l'implantation des zones tampons pour la maîtrise des transferts de contaminants d'origine agricole.*

Les différents types de zones tampons



En résumé : une grande diversité de dispositifs, autant de solutions mais :

- Pour agir sur quel(s) type(s) de transferts ? quelle(s) substance(s) ?
→ Connaître les processus en jeu, diagnostiquer son territoire
- De quelle manière ?
→ Comprendre le fonctionnement d'une zone tampon, le mode d'action recherché
- Avec quelle efficacité et dans quelles conditions ?
→ Positionnement, dimensionnement, conception, entretien

CORPEN (2007). *Les fonctions environnementales des zones tampons : les bases scientifiques et techniques de protection des eaux.*

Catalogne, Le Hénaff et al. (2016). *Guide d'aide à l'implantation des zones tampons pour la maîtrise des transferts de contaminants d'origine agricole.*

Les différents types de zones tampons



En résumé : une grande diversité de dispositifs, autant de solutions mais :

- Pour agir sur quel(s) type(s) de transferts ? quelle(s) substance(s) ?
→ Connaître les processus en jeu, diagnostiquer son territoire
- De quelle manière ?
→ Comprendre le fonctionnement d'une zone tampon, le mode d'action recherché
- Avec quelle efficacité et dans quelles conditions ?
→ Positionnement, dimensionnement, conception, entretien

CORPEN (2007). *Les fonctions environnementales des zones tampons : les bases scientifiques et techniques de protection des eaux.*

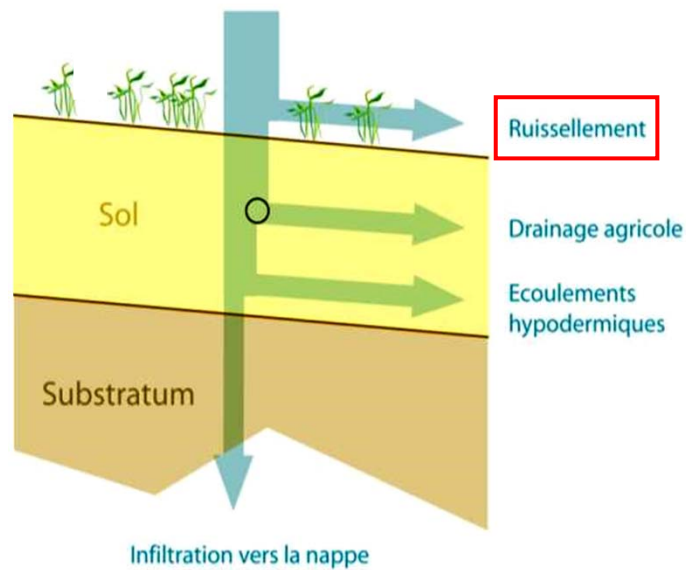
Catalogne, Le Hénaff et al. (2016). *Guide d'aide à l'implantation des zones tampons pour la maîtrise des transferts de contaminants d'origine agricole.*



Les processus de transfert

Du diagnostic aux propositions d'implantation de zones tampons

Les transferts hydriques à l'échelle de la parcelle agricole : l'eau comme vecteur des contaminants



En période pluvieuse, l'eau s'écoule à la surface du sol :

- Lorsque l'intensité des pluies dépasse la capacité d'infiltration des sols : ruissellement hortonien
- Lorsque le sol est gorgé d'eau : ruissellement par saturation



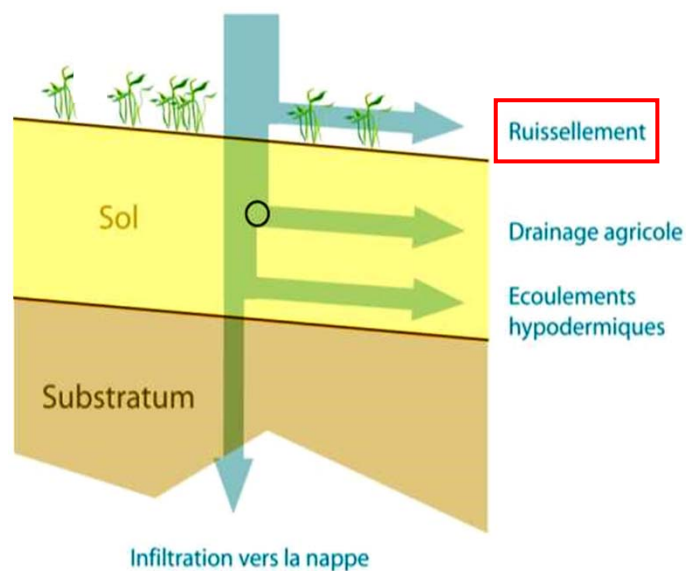
D'un ruissellement diffus...



... vers un ruissellement concentré

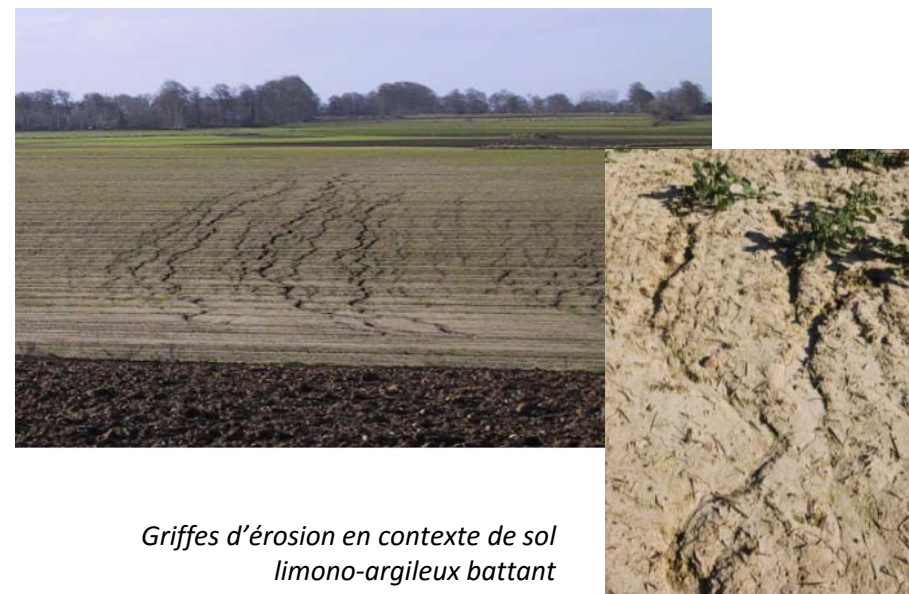
Nitrates	MES (+ MO, phosphore...)	Pesticides en solution
	X	X

Les transferts hydriques à l'échelle de la parcelle agricole : l'eau comme vecteur des contaminants



En période pluvieuse, l'eau s'écoule à la surface du sol :

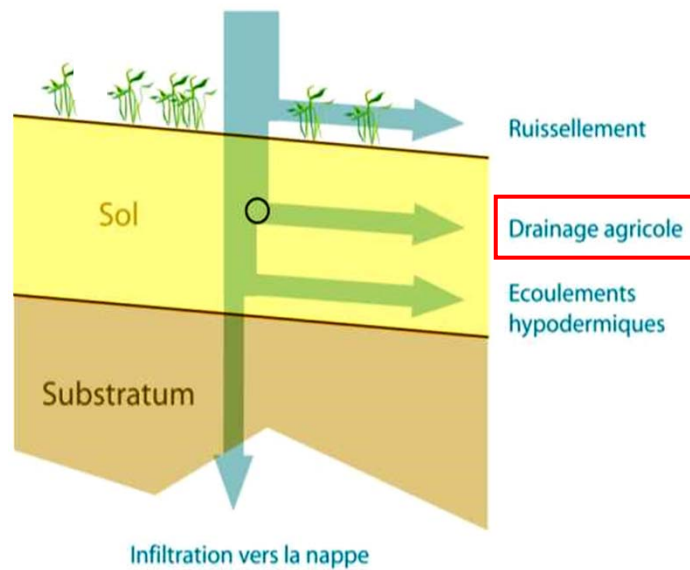
- Lorsque l'intensité des pluies dépasse la capacité d'infiltration des sols : ruissellement hortonien
- Lorsque le sol est gorgé d'eau : ruissellement par saturation



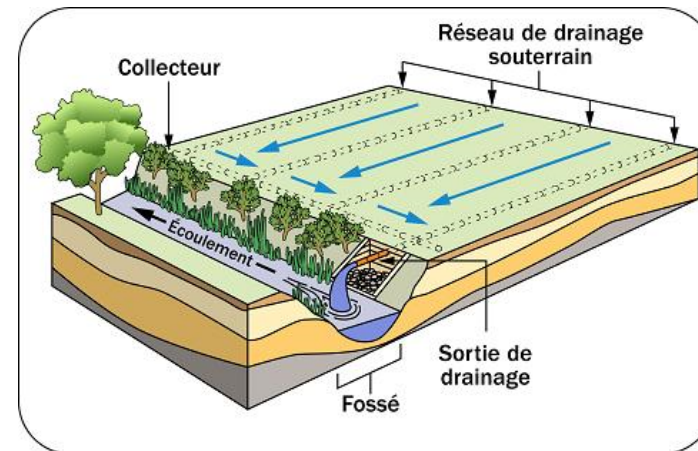
Griffes d'érosion en contexte de sol limono-argileux battant

Nitrates	MES (+ MO, phosphore...)	Pesticides en solution
	X	X

Les transferts hydriques à l'échelle de la parcelle agricole : l'eau comme vecteur des contaminants



L'eau du sol est captée par les drains enterrés puis amenée à un collecteur (fossé) puis au cours d'eau



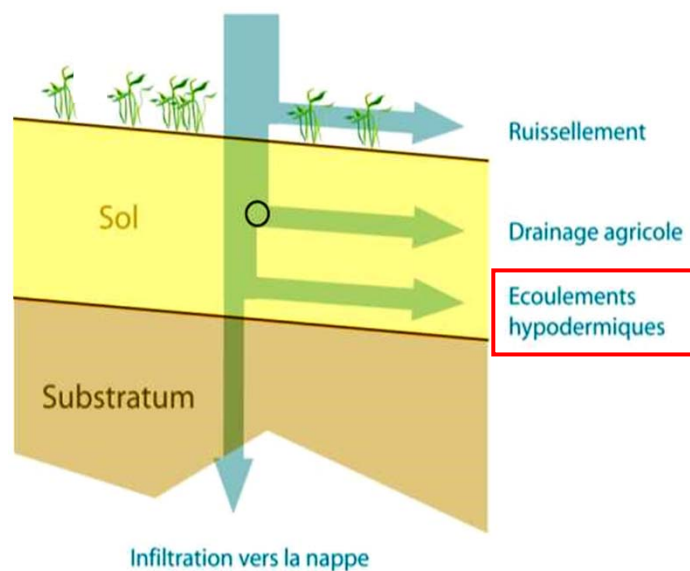
Drain primaire amenant directement l'eau au réseau hydrographique

Nitrates	MES (+ MO, phosphore...)	Pesticides en solution
X	X	X

Les processus de transfert en jeu



Les transferts hydriques à l'échelle de la parcelle agricole : l'eau comme vecteur des contaminants



L'eau du sol s'écoule latéralement à travers celui-ci et peut rejoindre un cours d'eau en bas de pente



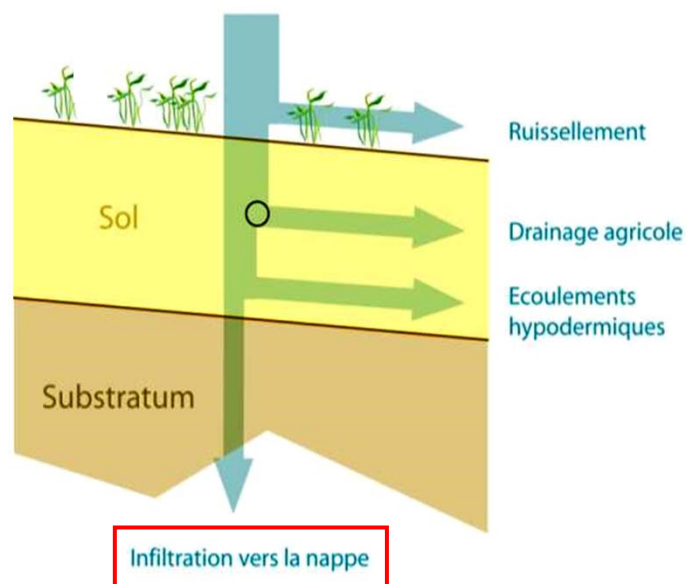
Fosse d'observation des écoulements de sub-surface



Sol hydromorphe

Nitrates	MES (+ MO, phosphore...)	Pesticides en solution
X		X

Les transferts hydriques à l'échelle de la parcelle agricole : l'eau comme vecteur des contaminants



L'eau traverse le sol et le substratum pour rejoindre une nappe souterraine (infiltration diffuse)



L'infiltration peut aussi survenir de manière concentrée lorsqu'un écoulement de surface rejoint une perte (bétoire)



Nitrates	MES (+ MO, phosphore...)	Pesticides en solution
X		X

Les facteurs à l'origine des différents types de transferts : quelques exemples

Rôle majeur des caractéristiques du sol (en lien avec les pratiques culturales) :

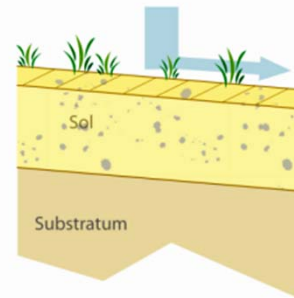
- Perméabilité (dont battance)
- Porosité et épaisseur (RU)
- Structure

Mais aussi :

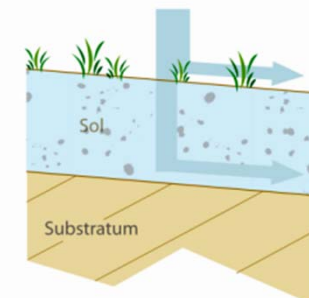
- Nature du substratum,
- Topographie,
- Climat

A analyser lors du diagnostic

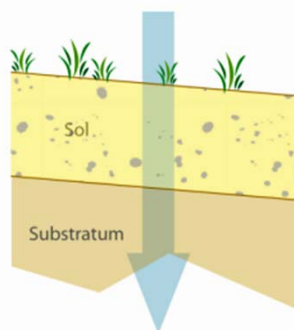
Sol sensible à la battance ou peu perméable en surface
Transferts par ruissellement hortonien dominants



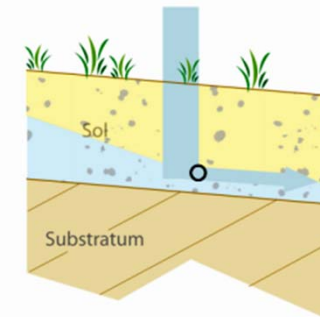
Sol hydromorphe engorgé (pente faible)
sur substratum imperméable
Transferts par ruissellement sur surface saturée
et écoulements hypodermiques dominants



Sol et substratum filtrants
Transferts par infiltration vers la nappe dominants



Sol hydromorphe drainé sur substratum imperméable
Transferts par drainage agricole dominants



Les processus de transfert en jeu

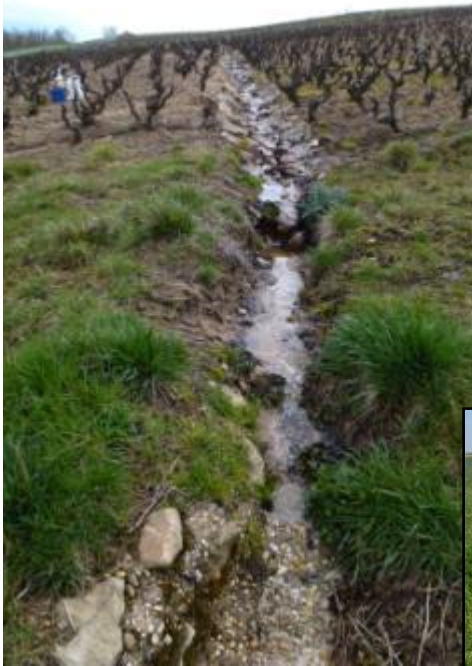


En résumé : quatre types de transfert hydrique mais qui ne concernent pas toutes les substances

Différence majeure de comportement selon la solubilité de la substance ou son affinité pour les particules de sol

	Nitrates	MES (+ MO, phosphore, pesticides adsorbés...)	Pesticides en solution
Ruissellement		X	X
Drainage	X	X	X
Ecoulements hypodermiques	X		X
Infiltration diffuse	X		X

Un point sur les transferts hydriques et les chemins de l'eau



Les chemins de l'eau : superficiels et/ou souterrains

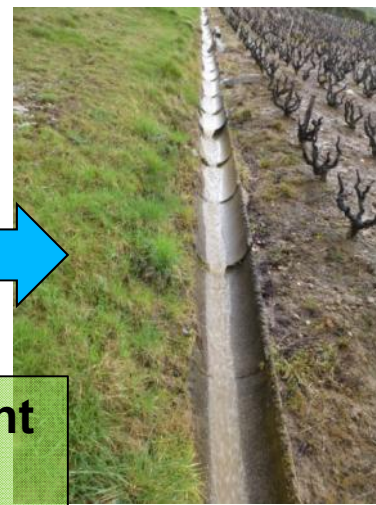
naturels, modifiés, artificiels, cachés, « absents »

visibles, furtifs-discrets, hypodermiques (sub-surface)

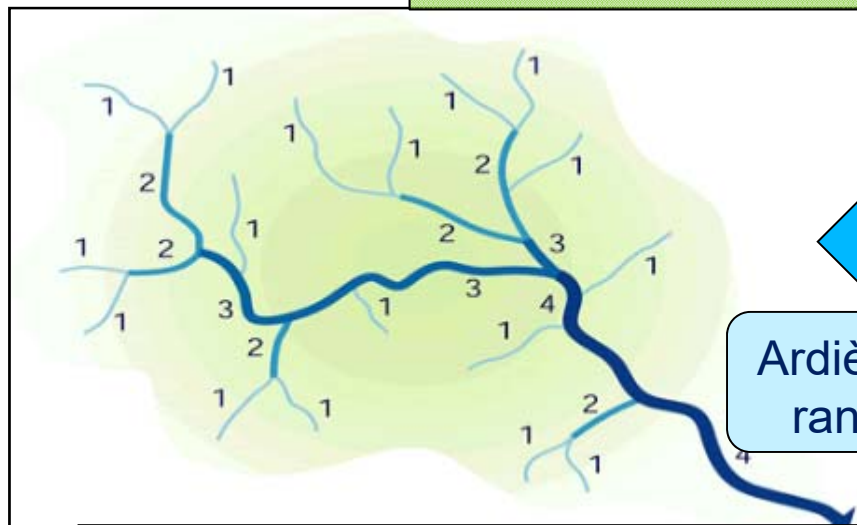


Les chemins de l'eau: de la goutte de pluie à

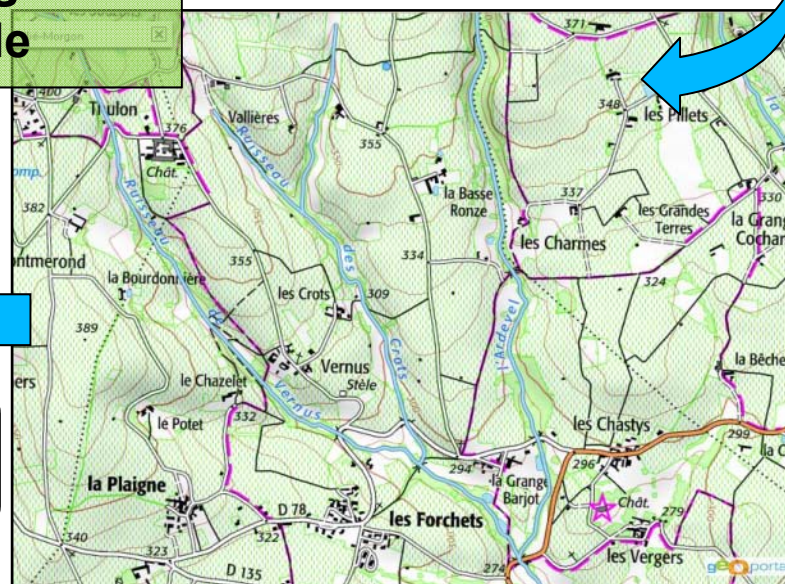
la Morcille,
l'Ardières,
la Saône,
puis la mer



Des contaminations atteignant
couramment **200 µg/L**
en sortie de parcelle



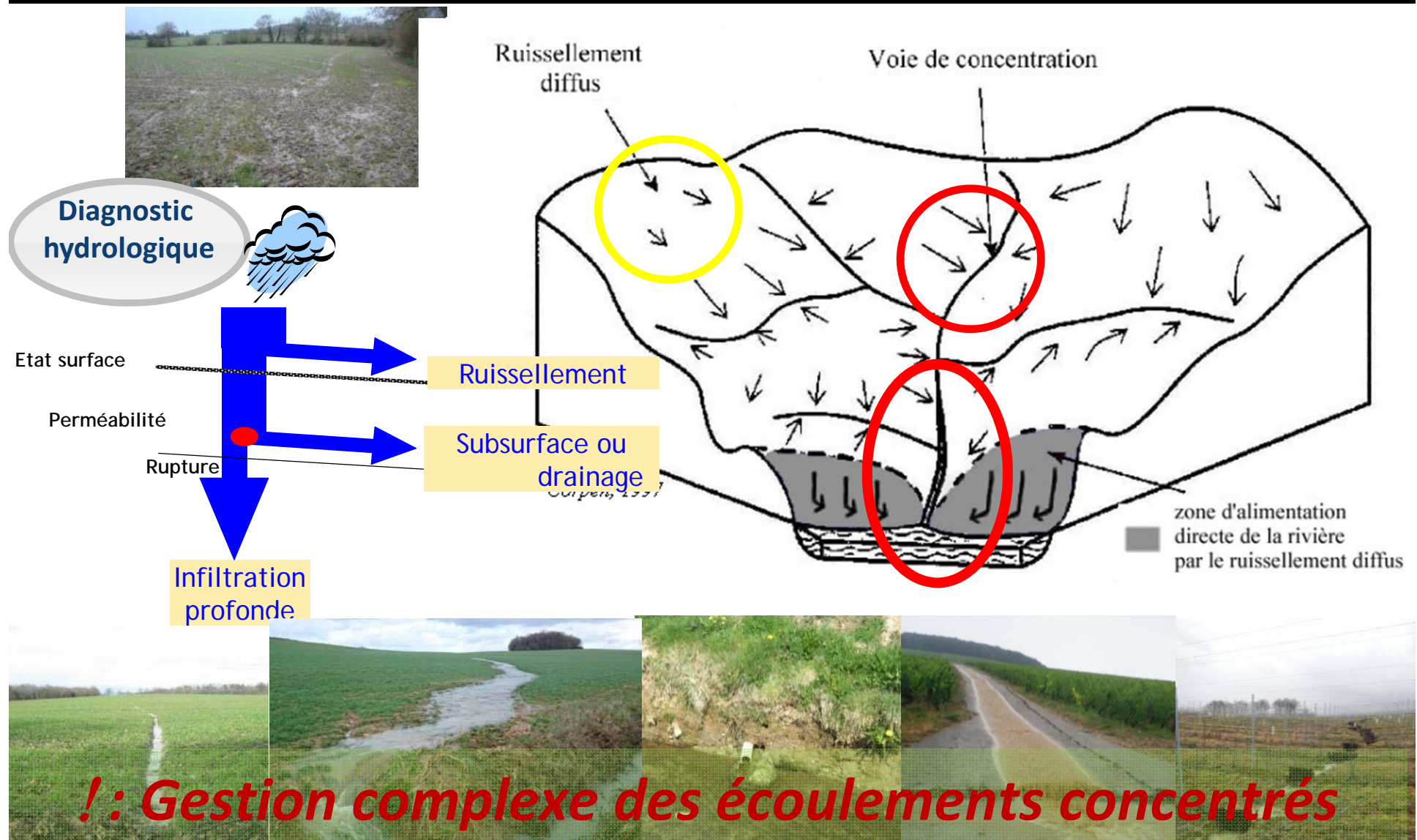
Ardières :
rang 4



Réseau hydrographique : Ardevel et ses affluents
à Régnié; Beaujolais de coteaux (Géoportail)

Les chemins de l'eau s'organisent, se concentrent au niveau des versants :

perméabilité et travail des sols, pentes, talweg, végétation, obstacles, aménagements ruraux, routiers, hydrauliques,...



Niveaux de contaminations :

Ordres de grandeurs

- Selon les processus à la parcelle
 - Ruissellement : 100 à 1000 $\mu\text{g/L}$
 - Drainage : 10 à 100 $\mu\text{g/L}$
 - Lixiviation : 1 à 100 $\mu\text{g/L}$
- Selon l'échelle de travail
 - Parcelle : \Rightarrow 100 $\mu\text{g/l}$
 - Coteaux, versant : \Rightarrow 1-10 $\mu\text{g/l}$
 - Régional : \Rightarrow en général $<1\mu\text{g/l}$



À vos Questions

Le bassin versant : un territoire modelé par le **temps** (géologie-climatS) et par **l'homme**



Une multitude d'interactions physiques et biologiques
Une diversité de perceptions, d'intérêts, de jeux d'acteurs

Le bassin versant : un territoire modelé par le **temps** et par **l'homme**

- Les transferts des pesticides interviennent majoritairement sous formes solubles

D'où l'intérêt de bien comprendre le
fonctionnement hydrologique des versants :
pédologie, géologie, topographie, climats, aménagements-drainage

Et de mettre si besoin l'accent sur les zones tampons :

- Outre l'intérêt de comprendre le fonctionnement hydrologique des versants,

Se pose la question de la pertinence des actions
à mettre en place et donc
de l'efficacité des plans d'actions

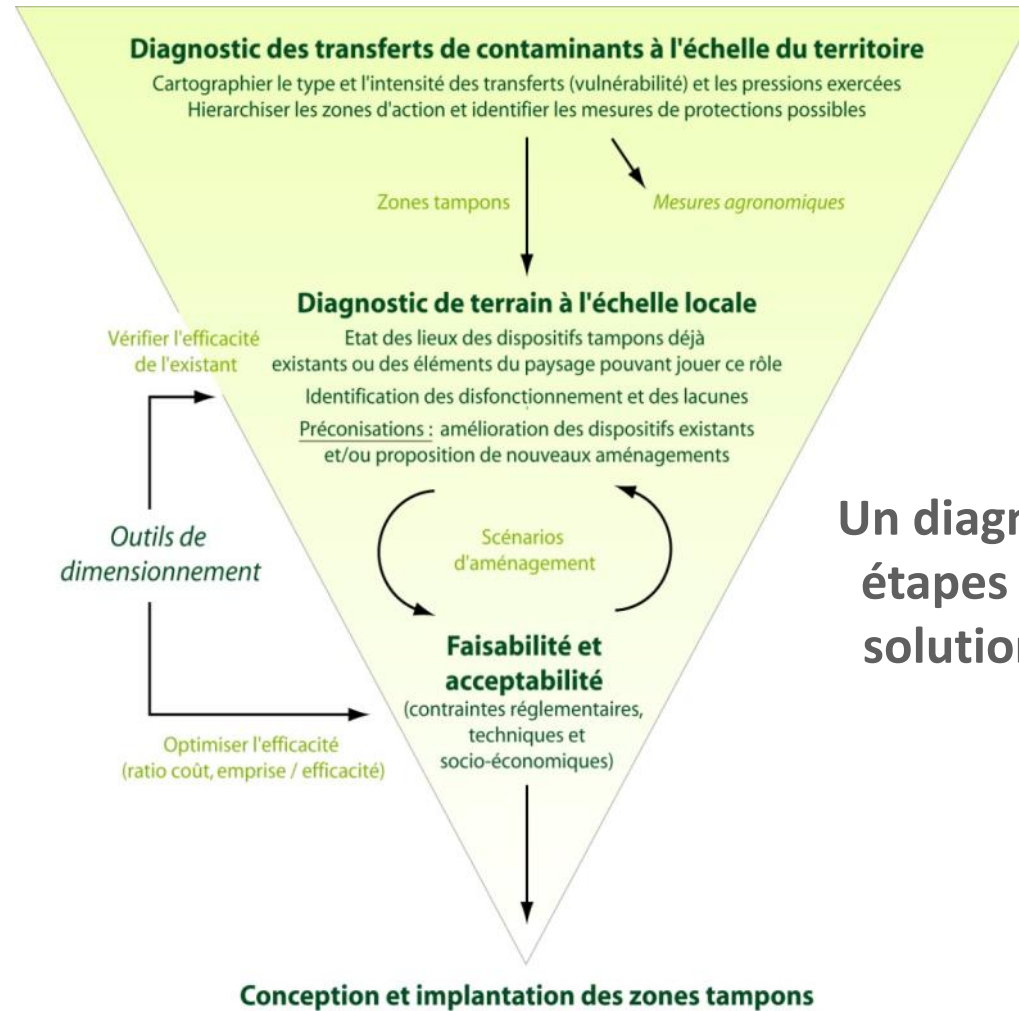
en passant par le case hiérarchisation des risques (diapo 3 : tonneau)

Diagnostiquer son territoire

AAC ou
bassin versant

Sous-bassin

Versant
ou petit
sous-bassin



Un diagnostic en plusieurs étapes pour identifier la solution la plus adaptée



Rappel des Types de ruissellement

Refus d'infiltration :

Volume des pluies supérieur à la capacité d'infiltration du sol.

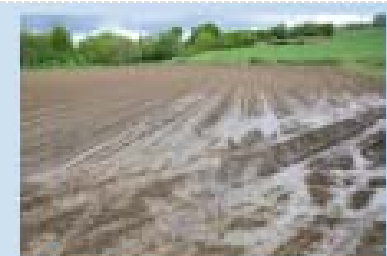
« Intensité des pluies importante »



La perméabilité de l'horizon de surface est réduite (ex : battance)



Battance/sol croûté



Compactage de l'horizon superficiel

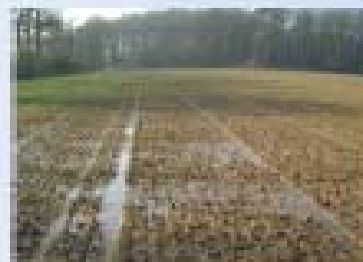
Saturation en eau du sol :

Volume des pluies supérieur à la capacité de rétention en l'eau du sol.

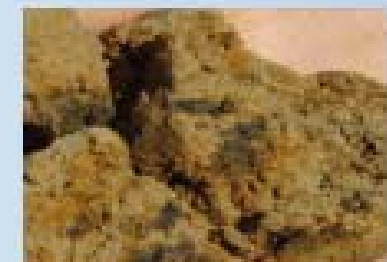
« La parcelle déborde »



- Capacité de rétention en eau du sol limitée
- Rupture de perméabilité dans le profil



Sol saturé en eau



Signes d'hydromorphie du sol

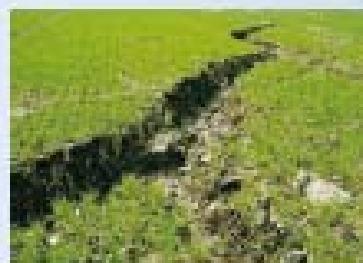
Ruissellement concentré :

L'eau de ruissellement se concentre et provoque de l'érosion en rigoles et en ravines.

« L'eau trace son chemin »



Concentration du ruissellement

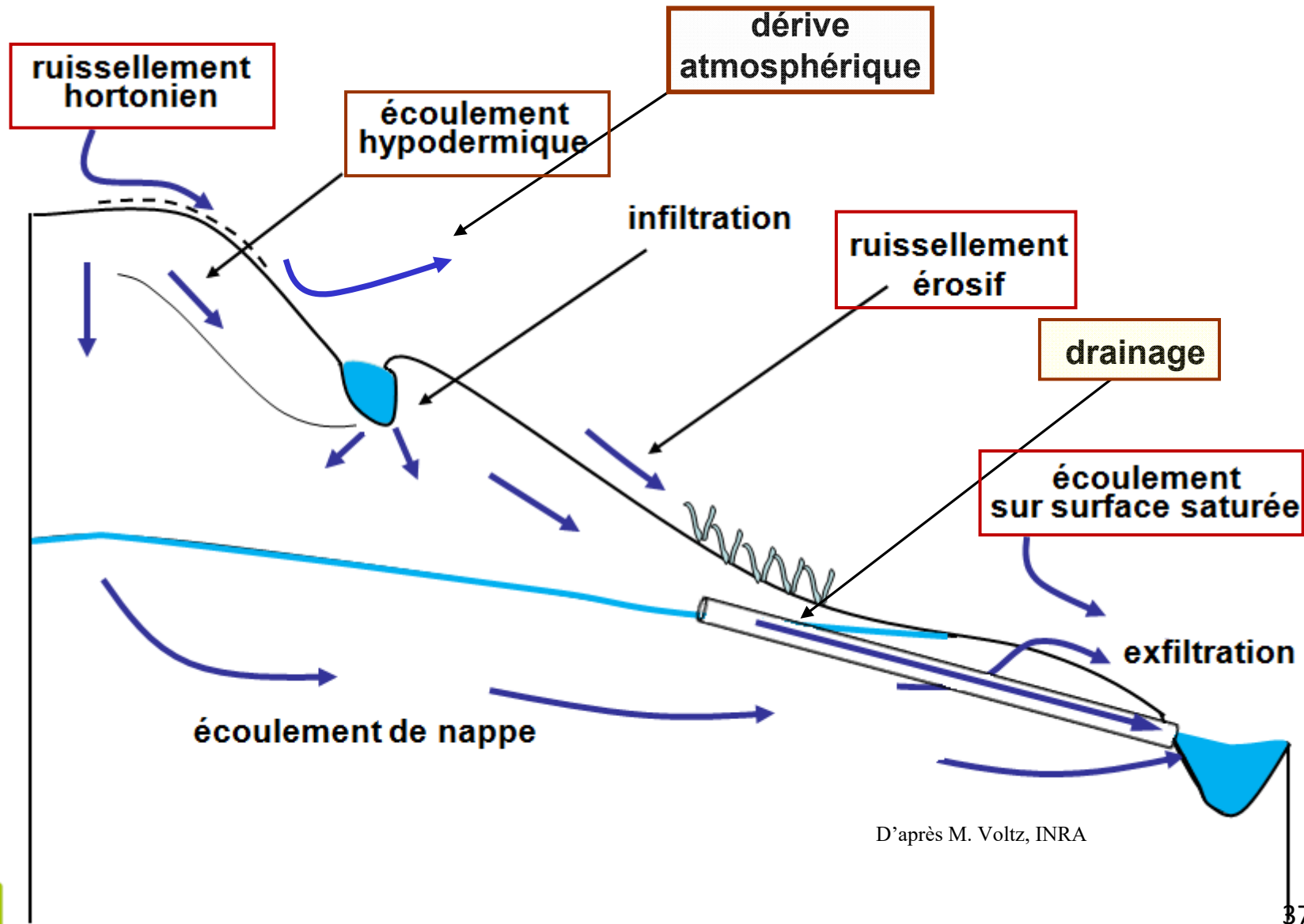


Erosion en ravines



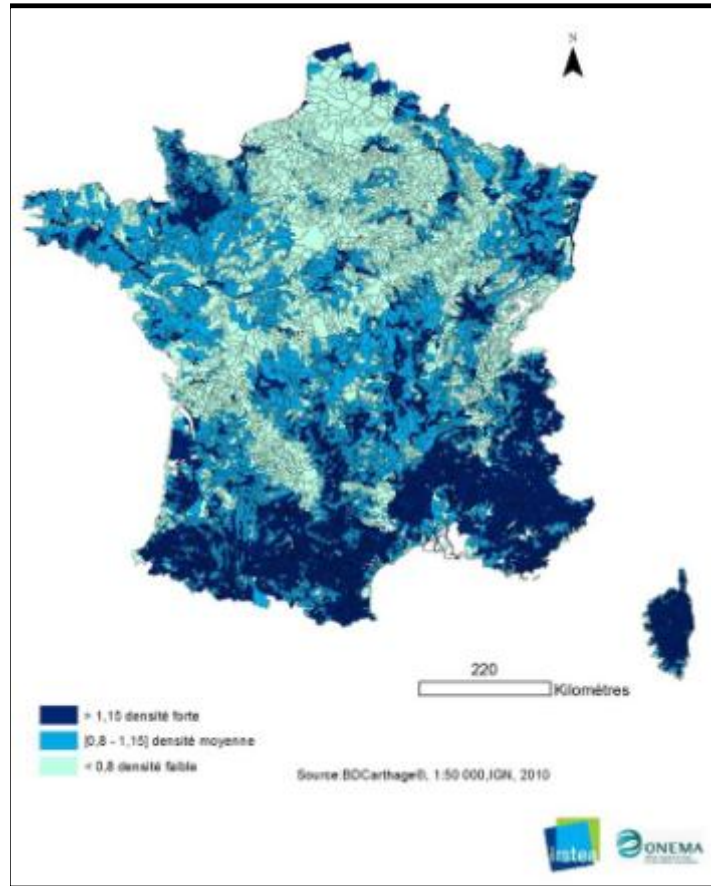
Écoulement concentré sur le talweg

Echelle du **versant** : multiplicité des voies de transfert,
en lien avec les pédopaysages

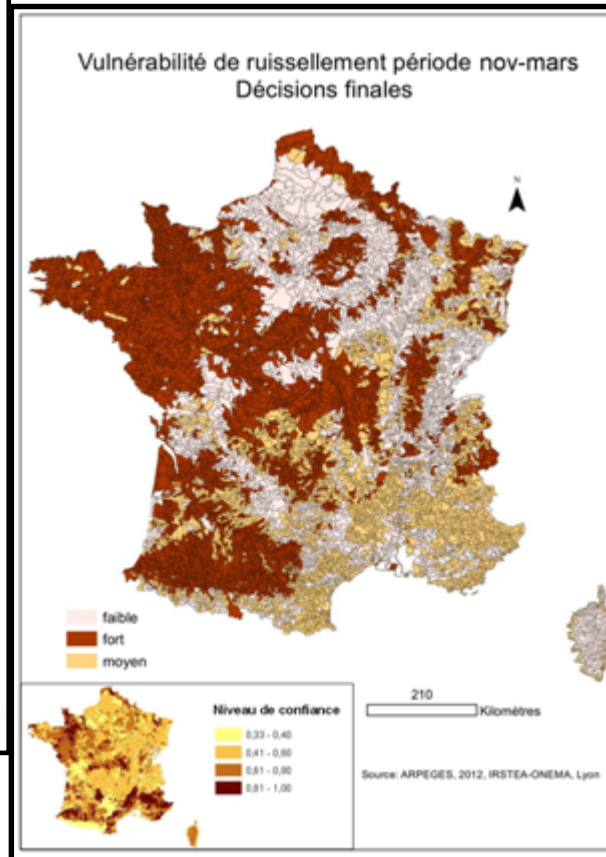


Une grande hétérogénéité des territoires

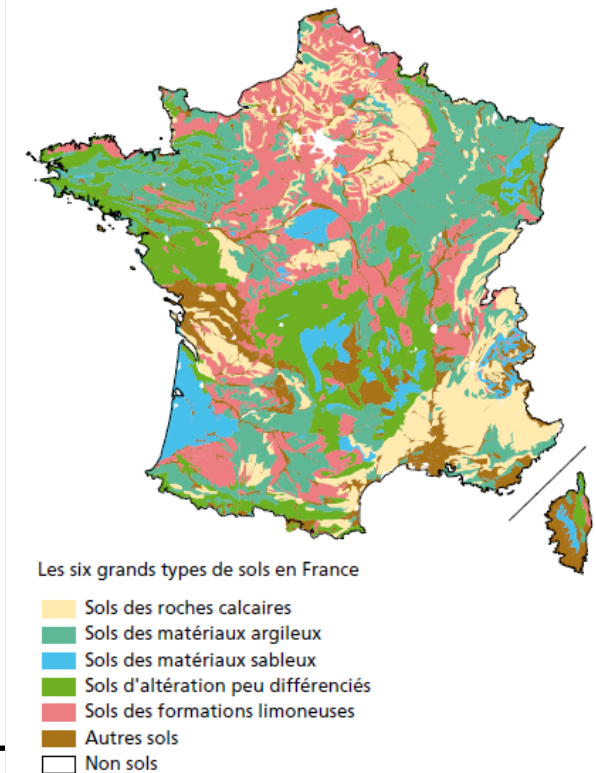
(ARPEGES 2013, Irstea-Onema)



Densité de réseau hydrographique par bassin versant local des masses d'eau



Répartition des grands types de sols en France



Les six grands types de sols en France

- Sols des roches calcaires
- Sols des matériaux argileux
- Sols des matériaux sableux
- Sols d'altération peu différenciés
- Sols des formations limoneuses
- Autres sols
- Non sols

Source : Institut national de la recherche agronomique (Inra)/Infosol.

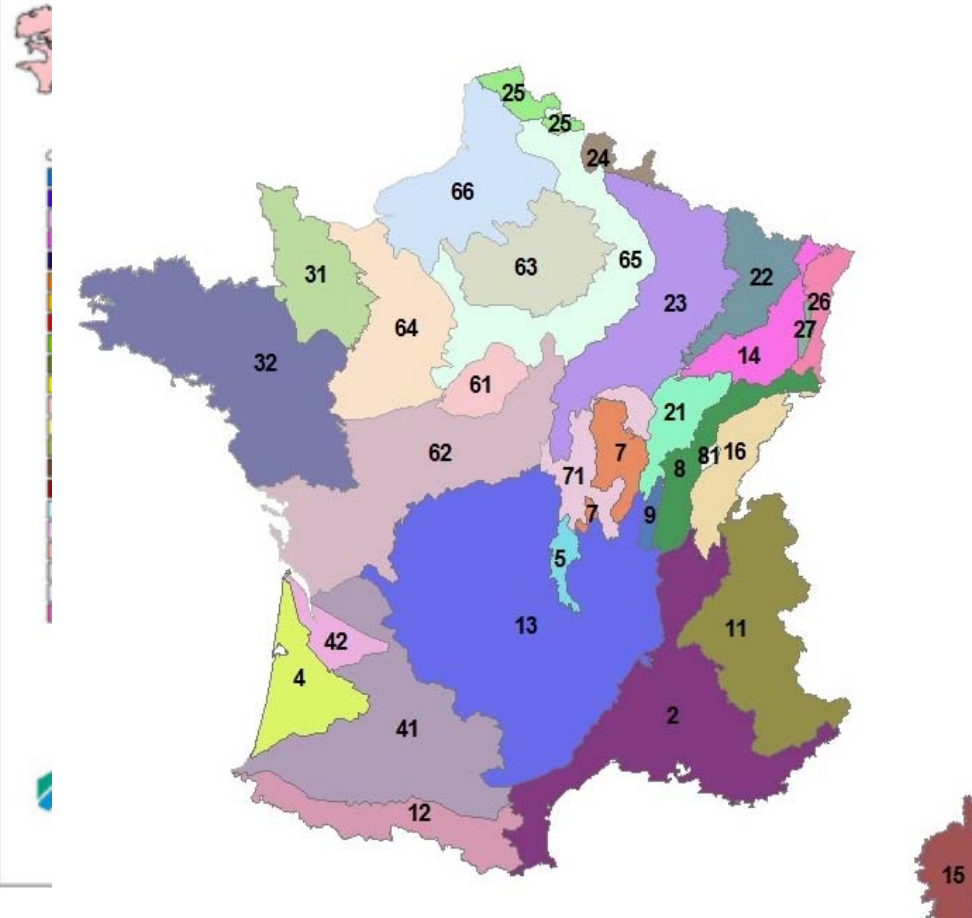
Mais des actions pas toujours pertinentes
/enjeux des milieux : vulnérabilité intrinsèque

Hydro-écorégions et élaboration de cartes de contamination basée sur les observations (travail en cours)

Données de surveillance SOeS
Travail en cours : Intégration par
Hydro-éco-régions modifiées par
l'Occupation du sol (Irstea Lyon)

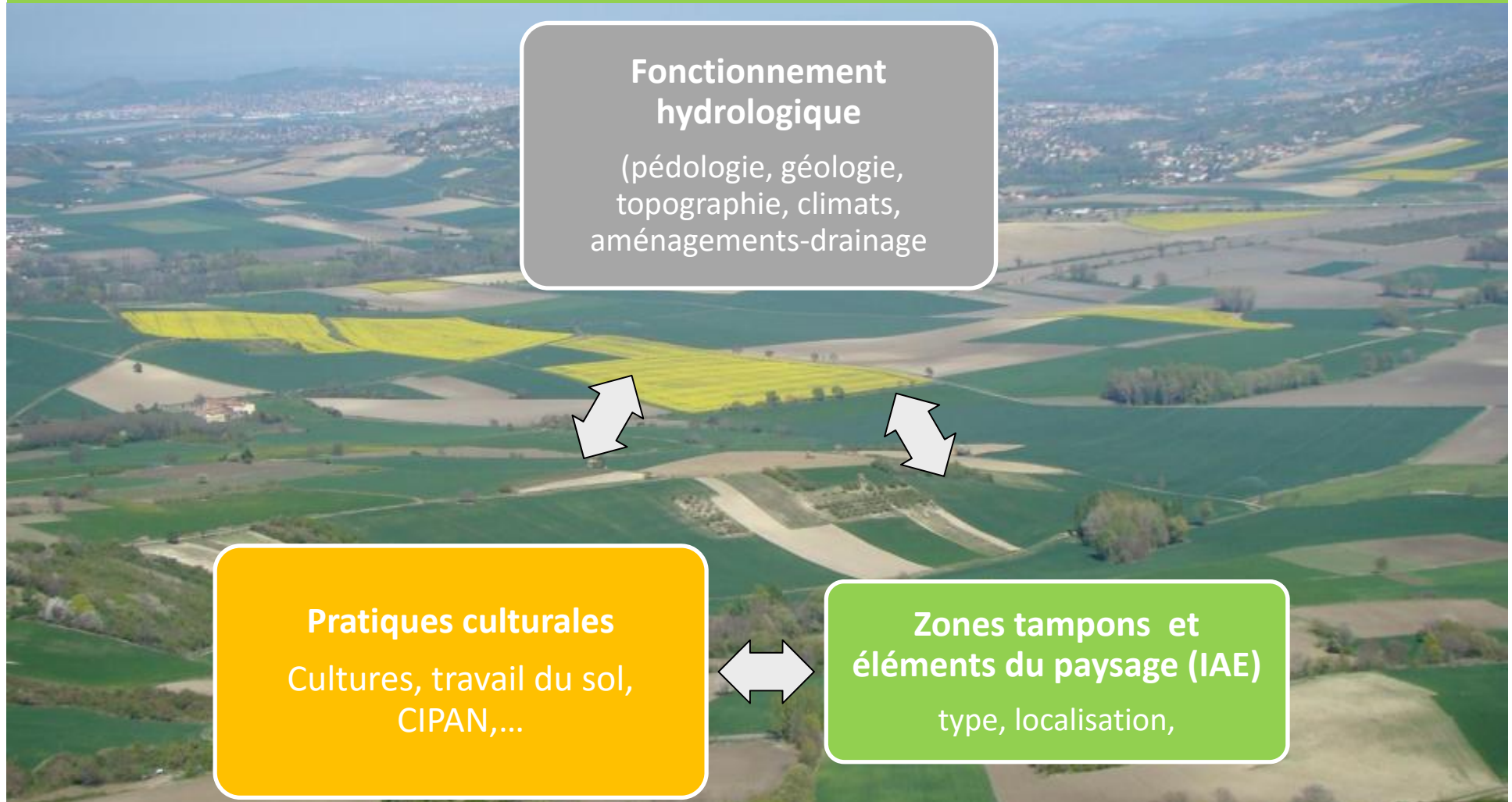
veau

Zones considérées pour l'analyse à l'échelle nationale



2	Méditerranéen et sillon rhodanien
4	Landes
5	Limagnes
7	Morvan-Charollais et Montagne Bourbonnaise
8	Piémont jurassien et Bresse
9	Vignoble du Beaujolais
11	Alpes
12	Pyrénées
13	Massif central
14	Vosges et collines sous-vosgiennes
15	Corse
16	Jura
21	Côte-plaine de Bourgogne et plateau graylois
22	Plateau lorrain
23	Côtes calcaires de l'Est
24	Ardennes et Thiérache
25	Flandres et Douai-Condé
26	Alsace
27	Vignoble alsacien
31	Cotentin et bocage normand
32	Massif armoricain : Bretagne et Vendée
41	Côteaux aquitains
42	Vignobles du bordelais
61	Sologne - forêt d'Orléans
62	Tables calcaires Sud-Loire et Charentes-poitou
63	Bassin parisien-Ile de France
64	TC Nord Loire-Perche et pays de Caen
65	Tables calcaires - auréole crétacé
66	TC - Hte normandie Picardie
71	Dépressions sédimentaires
81	Forêt de Chaux

La compréhension des transferts hydriques sur un territoire : bassin versant agricole et rural

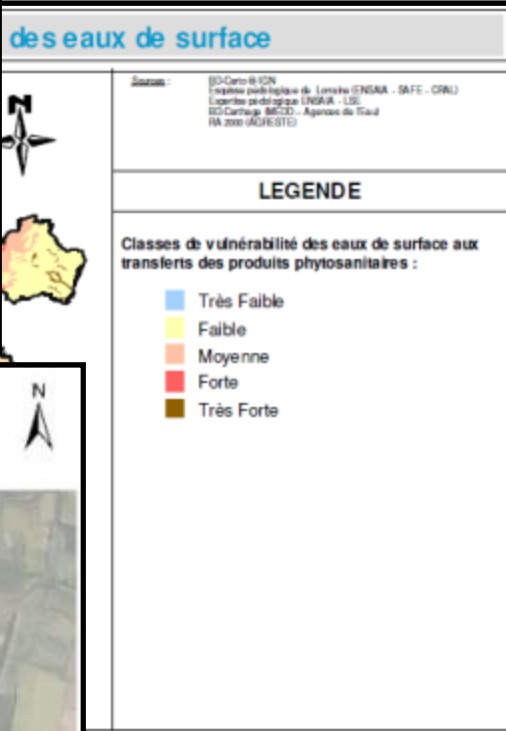
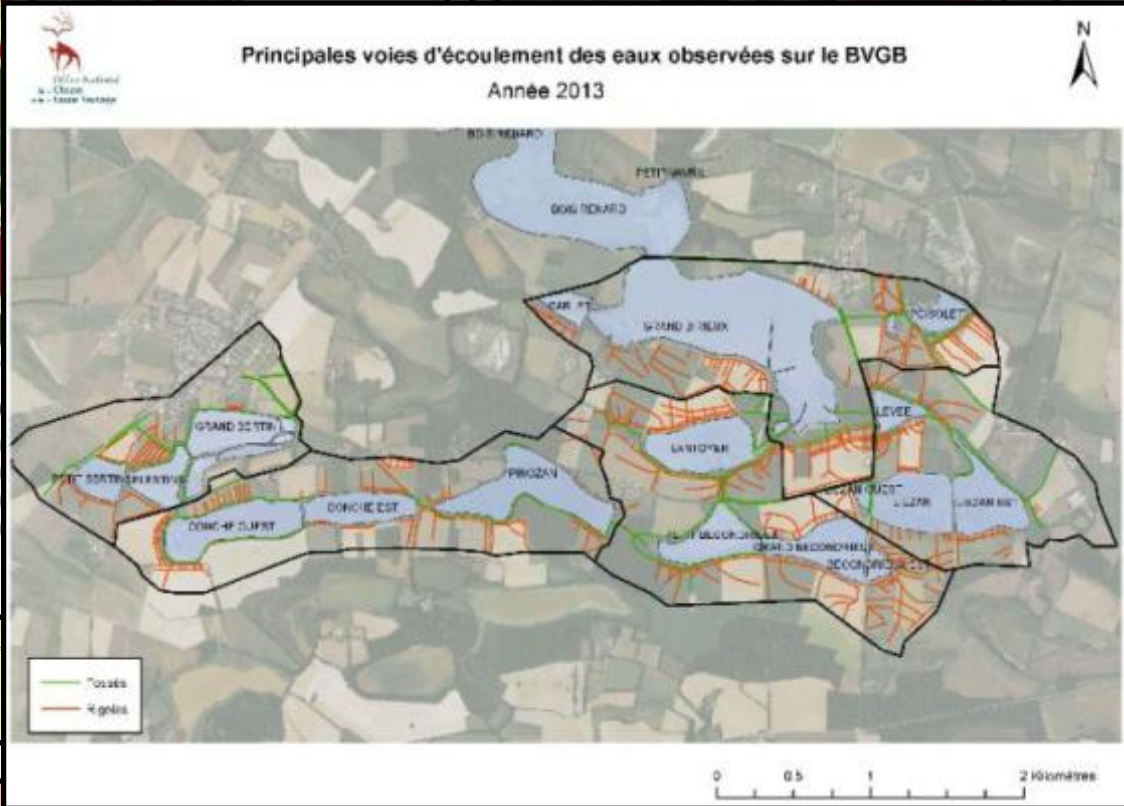
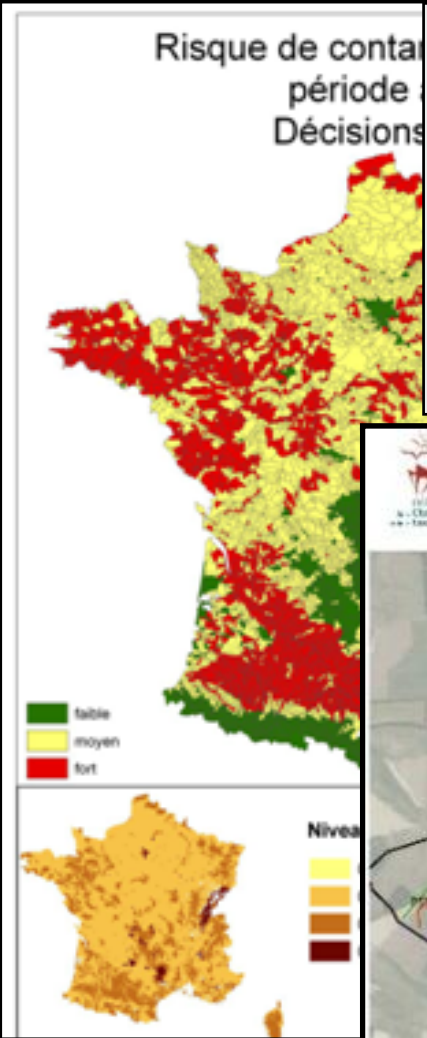


Parties en devenir :

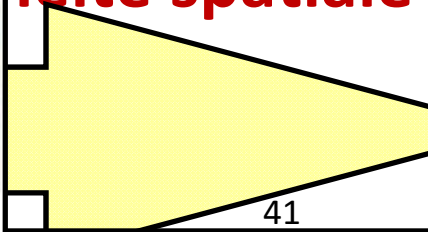
biodiversité, éléments naturels et paysagers (chartes,...)

Une chaîne cohérente de diagnostics en construction depuis 1995 (Corpen et suite : Arvalis, Irstea, Topps Prowadis)

Diagnostic des Chemins de l'eau
1 km²
 (BV du Grand Birieux-01, ONCFS-2013)



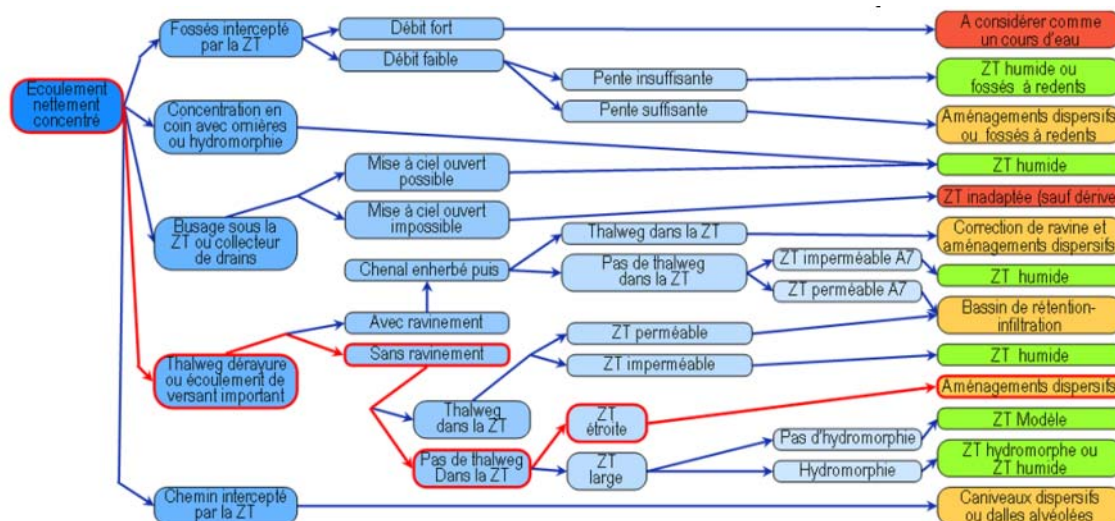
néité spatiale



Le diagnostic des zones tampons proprement dit, une démarche en 2 temps

- 1) Vérifier la présence, la position et évaluer l'efficacité des Zones Tampons rivulaires
Observation des bords du cours d'eau et remontée des écoulements
- 2) si besoin, les propositions de zones tampons complémentaires sur les versants et des dimensionnements adaptés.

Guide ZT rivulaires



- Thalweg
- Chemin
- ① Bande intra-parcellaire
- 2a Zone tampon à l'aval d'une parcelle
- 2b Zone tampon à l'aval d'une parcelle et en bordure d'un chemin
- ③ Coin aval d'une parcelle
- ④ Chenal enherbé de thalweg
- ⑤ Prairie en travers du thalweg
- ⑥ Zone tampon en bordure de cours d'eau

Intégration des zones tampons dans un bassin versant

Travaux du CORPEN
dès 1992

Les fonctions environnementales
des zones tampons
(CORPEN, groupe ZT 2007)

Boîte à outil
spécifique
zones
tampons

Guide
Dimensionnement
Bandes enherbées
ou boisées
(Irstea 2011)

Guide
ZT Humides
Artificielles : lagunes
(Irstea 2014)

Guide ZTHA (OR2)
Bassin d'orage
Aménagé
(ENGEES
LHYGES 2013)

Ouvrages
Dispersifs :
Fascines
(AREAS 2012)

Haies – talus
(INRA ,
AREAS 2012)

Méthodes de
mise en œuvre
des différentes
zones tampons

ET
Actions
agronomiques et
intra-parcellaires
préventives

Le diagnostic propre aux zones tampons

Sur les secteurs identifiés comme pertinents lors de l'étape précédente
→ petit bassin versant ou versant

Basé sur des observations de terrain pour caractériser en détail :

- Chemins de l'eau
- « Dysfonctionnements » hydriques
- Fonctionnalité des zones tampons existantes
- Opportunités offertes par le territoire



Formuler des recommandations

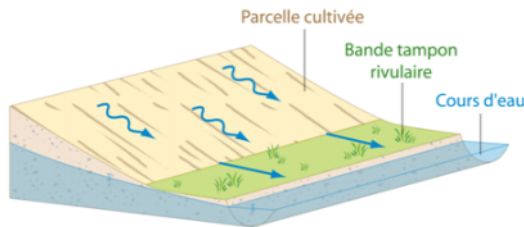


Guide ZT rivulaires

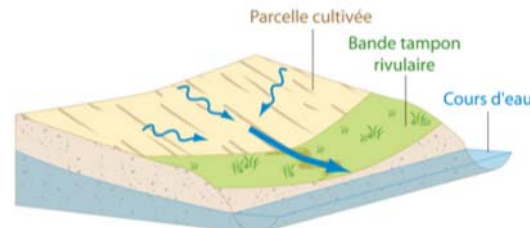
1: Le diagnostic propre aux zones tampons : le cas des bandes tampons rivulaires

Aujourd'hui largement déployées aux abords des cours d'eau (réglementations) pour limiter les transferts de pesticides mais pas toujours efficaces :

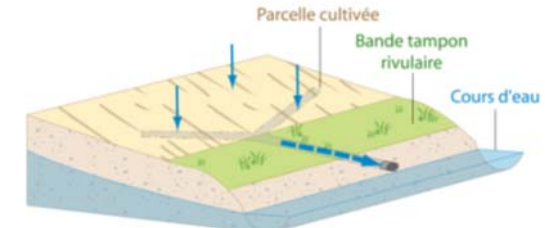
Le sol de la bande tampon rivulaire est saturée (hydromorphie) en raison de la proximité de la nappe d'accompagnement du cours d'eau (berge convexe). Le ruissellement reçu ne s'infiltré pas.



La topographie (thalweg) et la longueur du versant conduisent à une concentration du ruissellement que la bande tampon ne parvient pas à atténuer.



L'eau s'infiltré dans la parcelle (ruissellement faible ou nul) avant d'être exportée vers le réseau hydrographique par le réseau de drains enterrés. La bande tampon est court-circuitée.



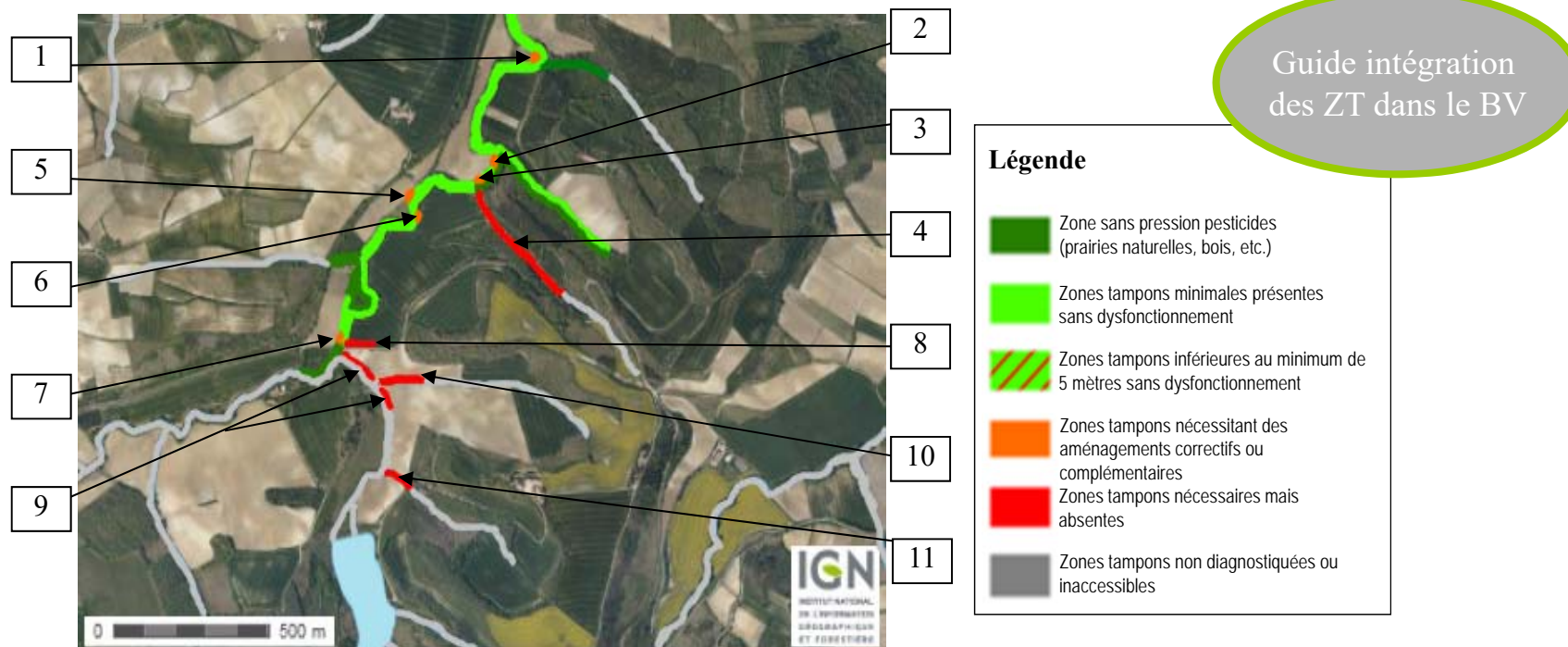
Conception graphique : Iristea

Solutions :

- **Soigner la connexion parcelle – bande enherbée**
 - Intervenir plus haut dans le versant
 - Elargir la bande tampon
 - Faire appel à d'autres types de zones tampons

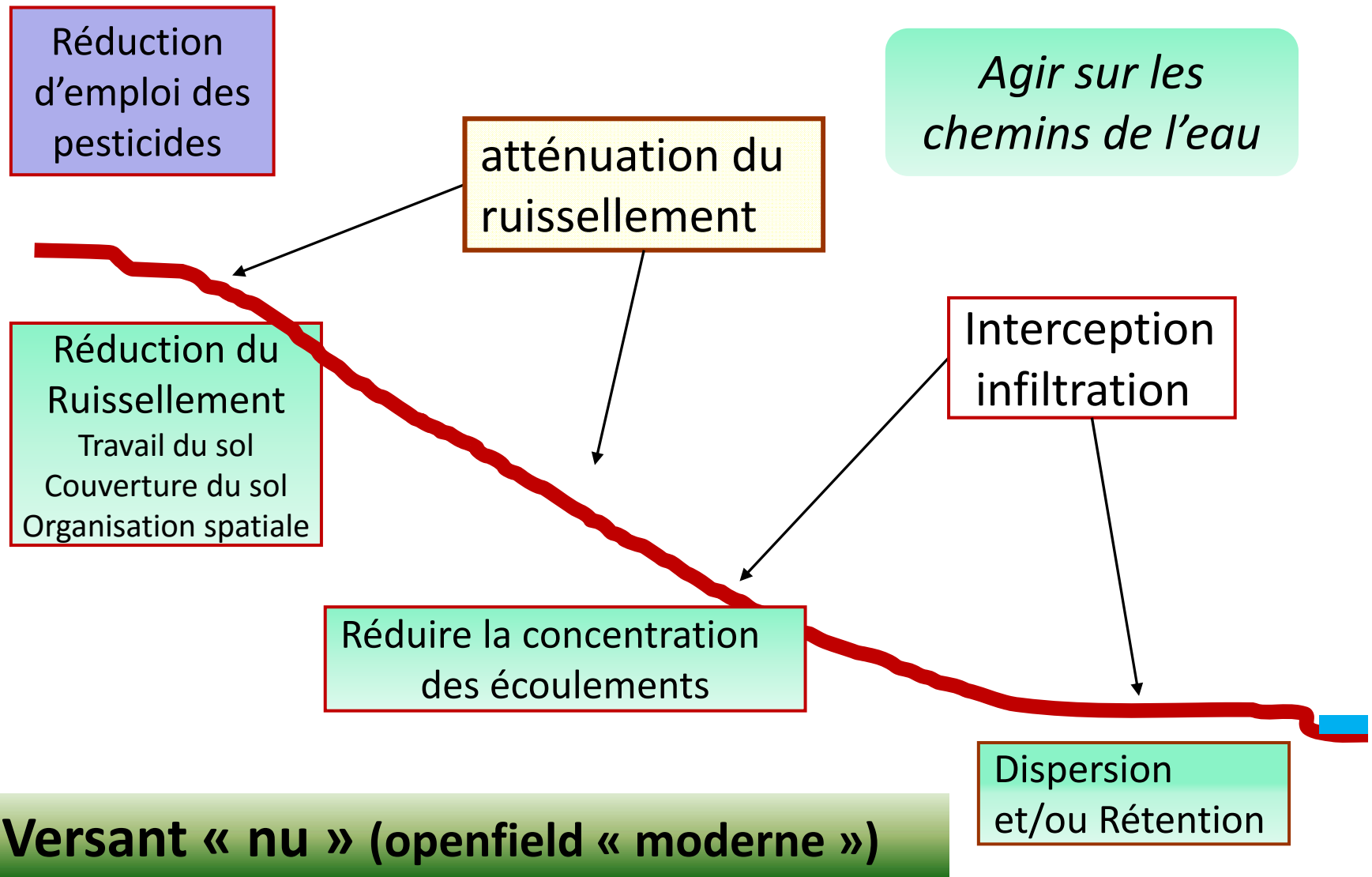
Diagnostic des zones tampons

Sites de test et résultats : AAC de Maquens (11)



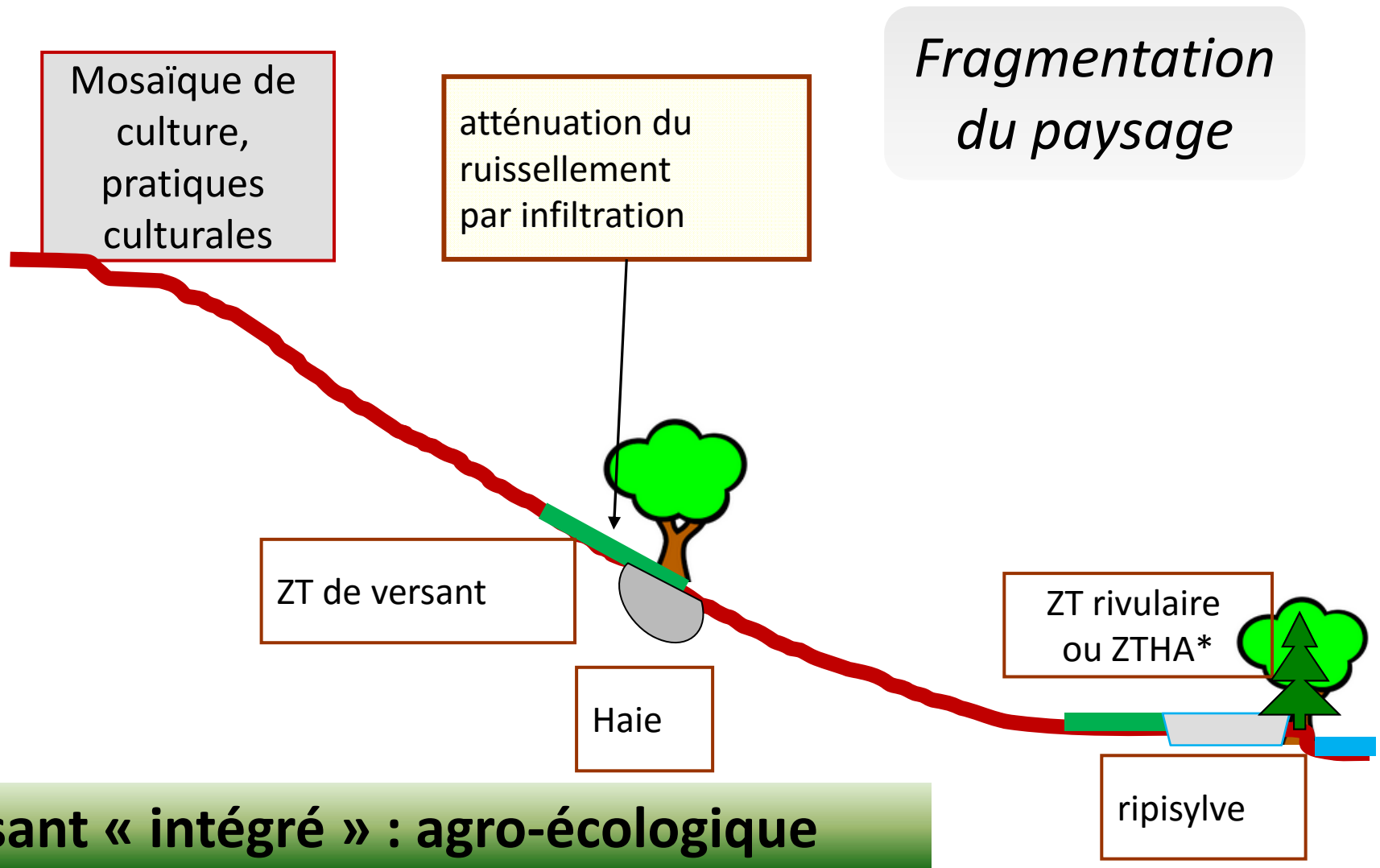
	Dysfonctionnements	Préconisations de l'arbre de décision
1	Ruissellement légèrement concentré en coin, sans hydromorphie ou omières	ZT en coin
2	Thalweg important, absent dans la ZT, ZT étroite	Aménagements dispersifs
3	Thalweg important, absent dans la ZT, ZT étroite	Aménagements dispersifs
4	Petit cours d'eau sans ZT	Planter ZT (à dimensionner)
5	Écoulement de versant nettement concentré, sans thalweg dans la ZT, ZT étroite	Aménagements dispersifs
6	Écoulement de versant nettement concentré, sans thalweg dans la ZT, ZT étroite	Aménagements dispersifs
7	Ruissellement légèrement concentré en coin, sans hydromorphie ou omières	ZT en coin
8	Fossé de voirie à débit important	Enherbement ou bassin de rétention-infiltration
9	Pas de ZT, parcelle à forte pente	Planter ZT (à dimensionner)
10	Ruisseau busé sous la parcelle, dont le thalweg persiste. Bas de thalweg sans ZT	Aménagements dispersifs+ZT ou chenal enherbé
11	Petit cours d'eau sans ZT	Planter ZT (à dimensionner)

Intégration des zones tampons dans un versant: complémentarité des actions, d'amont vers l'aval



Complémentarité des actions dans l'espace :

Rétablir une topo-séquence



*Selon le contexte hydrologique : drainage, hydromorphie, nappe,..

Complémentarité des actions dans l'espace

**Vers des parcelles aux ruissellements
gérables ?**

150-200 m de long (efficacité / VFSmod)

8-10 ha ? (données centre de gestion)

**Avec des techniques culturales préventives
et des pratiques respectueuses de la
structure des sols**



*Fragmentation
du paysage*

ZT rivulaire
ou ZTHA*



ripisylve

Versant « intégré » : agro-écologique

*Selon le contexte hydrologique :
drainage, hydromorphie, nappe,..

Bassin versant « virtuel »

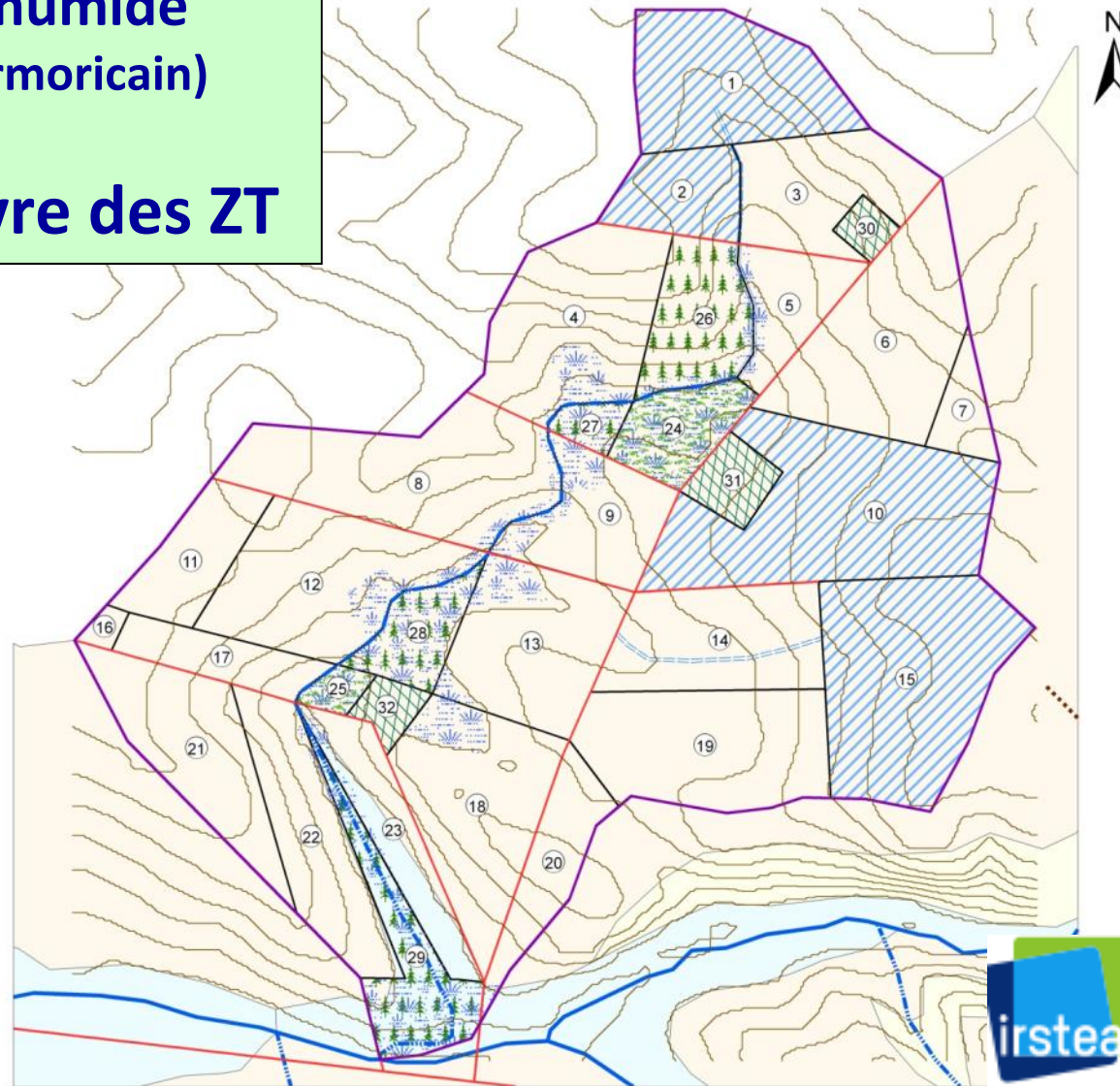
Cas 3 : imperméable, humide
(Bresse, Perche, massif Armoricain)

avant mise en œuvre des ZT

Dream River - case 3

Legend

- contour lines weedham
- edge catchment
- roads & paths
- drainage network**
 - Collector
 - Ditch
 - Intermittent flow
 - Permanent flow
 - In-field talweg
- hydromorphy**
 - hydromorphy
- land use**
 - Wood
 - Cropped field
 - Tile drained field
 - Farm yard
 - Meadow
- soils**
 - Plateau silty soil
 - Slope shallow soil
 - Alluvial soil

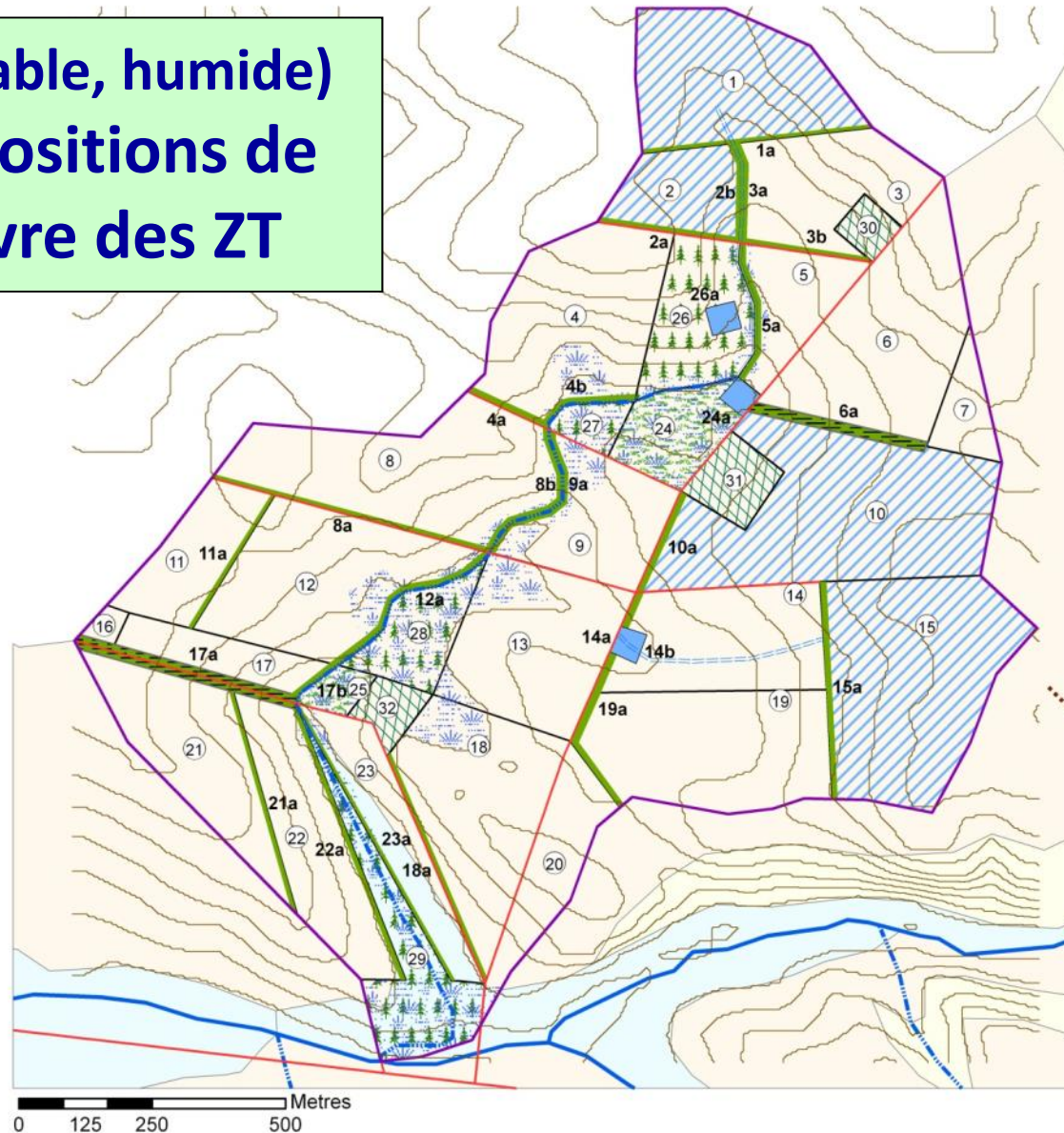


Bassin versant « virtuel »

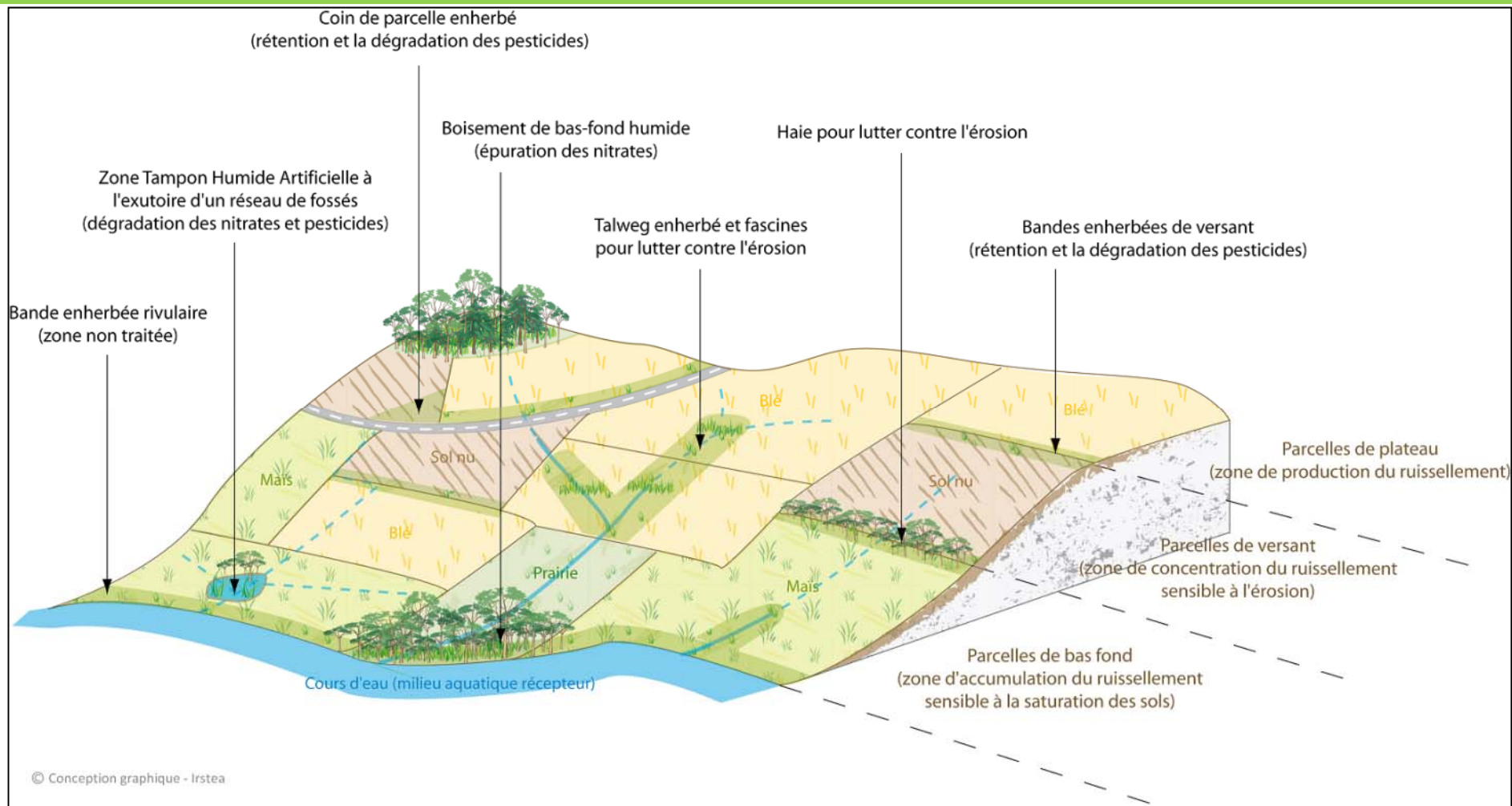
Dream River - case 3

Cas 3 (imperméable, humide)
Avec les propositions de
mise en œuvre des ZT

- contour lines weedham
- edge catchment
- roads & paths
- drainage network**
 - Collector
 - Ditch
 - Intermittent flow
 - Permanent flow
 - In-field talweg
- buffer zone**
 - Grassed strip
 - Grassed path
 - Grassed waterway
 - Hedge
 - Artificial wetland
- hydromorphy**
 - hydromorphy
- land use**
 - Wood
 - Cropped field
 - Tile drained field
 - Farm yard
 - Meadow
- soils**
 - Plateau silty soil
 - Slope shallow soil
 - Alluvial soil



On est en capacité de valoriser les connaissances pour ré-aménager des paysages agricoles multi-fonctionnels



Et de conjuguer au passé la posture encore trop courante de « pollueur volontaire »

Adapter les phytos aux parcelles (pas encore une réussite!)



et les parcelles
aux phytos...





Les zones tampons

Modes d'action et efficacité potentielle

Les critères pour le choix et le positionnement d'un dispositif :

- selon le type de substance (mode d'action recherché)
- selon le mode de transfert
- selon le degré de concentration hydraulique des écoulements (diffus vs concentré)

Quelques remarques préalables :

Tous les dispositifs ne sont pas efficaces dans toutes les situations : **une à deux solutions recommandées** dans chaque cas

Les références d'efficacité proviennent d'expérimentations de terrains et de modèles : une **forte variabilité** selon les cas, **notamment selon les conditions climatiques**

Importance d'un **bon dimensionnement** et de bonnes conditions locales d'implantation (+ entretien) pour atteindre l'efficacité escomptée

Mode d'action sur les nitrates :

→ Dénitrification :

- Respiration des bactéries en milieu anoxique (plans d'eau, sols engorgés)
- Présence de matière organique + température et pH favorables
- Plus ou moins efficace au cours de l'année

→ Absorption racinaire par la végétation :

- Variable selon les besoins de la végétation en place (principalement au printemps)
- L'azote est en partie restituée au sol lors de la chute des feuilles
- Bilan nul à long terme sauf exportation de la biomasse (fauche, biomasse-énergie)

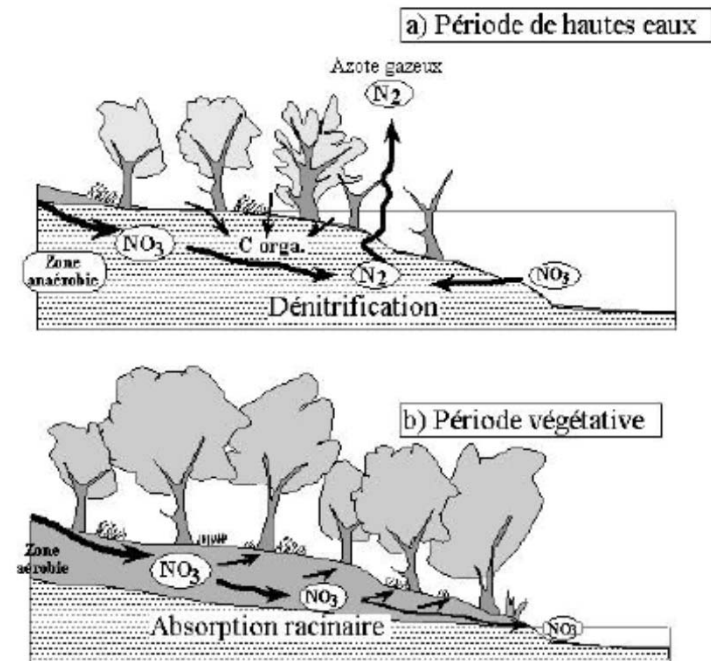


Figure 6.4. Processus dominants d'élimination de l'azote dans une ripisylve, suivant les conditions saisonnières (Maridet 1995)

Deux processus
complémentaires selon la saison

Solutions préconisées et efficacité

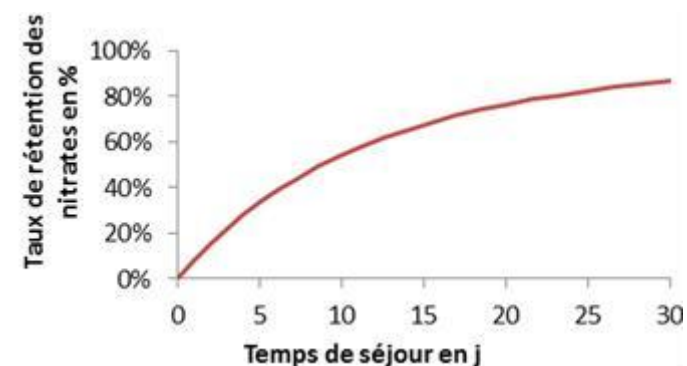


La maîtrise des transferts de nitrates par drainage :

	Plans d'eau végétalisés
Positionnement	Implanté en série entre les exutoires de drainages (ou de fossés collecteurs) et le cours d'eau
Ordre de grandeur d'efficacité	50% pour un temps de séjour d'une semaine

- Efficacité fonction du temps de séjour
- Importance de la végétalisation (rôle hydraulique, apport de matière organique)
- Emprise nécessaire : 1 à 2 % de la surface drainée en amont pour un temps de séjour de 7 jours
- Coût estimé : de 6 000 à 8 500 € (études géotechniques, terrassements, ouvrages hydrauliques)

Guide technique à l'implantation des zones tampons humides artificielles (ZTHA) pour réduire les transferts de nitrates et de pesticides dans les eaux de drainage (Tournebize et al. 2015)



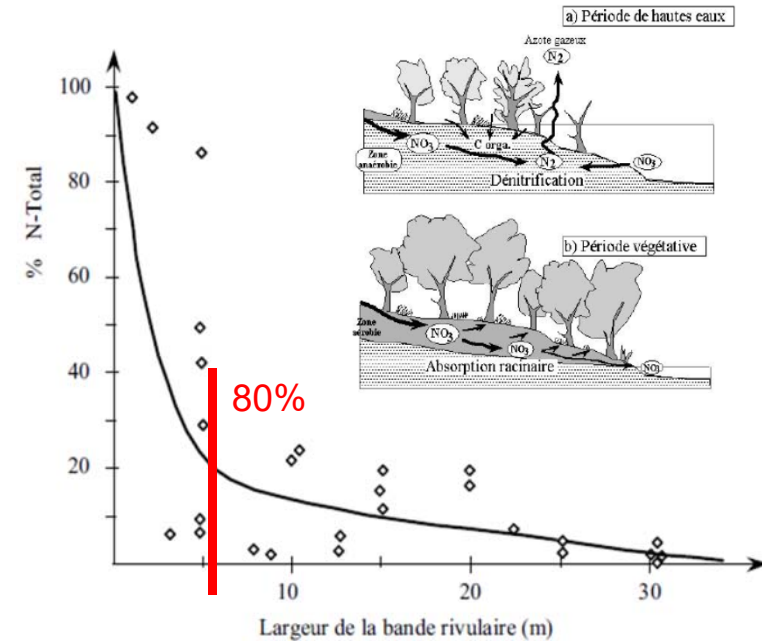
Modèle « Tank in series » (Kadlec et Wallace, 2008)

Solutions préconisées et efficacité



La maîtrise des transferts de nitrates par écoulements hypodermiques :

	Boisements et prairies humides de bas-fond Ripisylve	Haies
Positionnement	Généralement dans les bas-fond hydromorphes, à proximité des cours d'eau	En versant, implantées en travers de la pente
Ordre de grandeur d'efficacité	> 80% à partir de 5 à 10m de largeur	Très importante en période végétative mais théoriquement nul à long terme

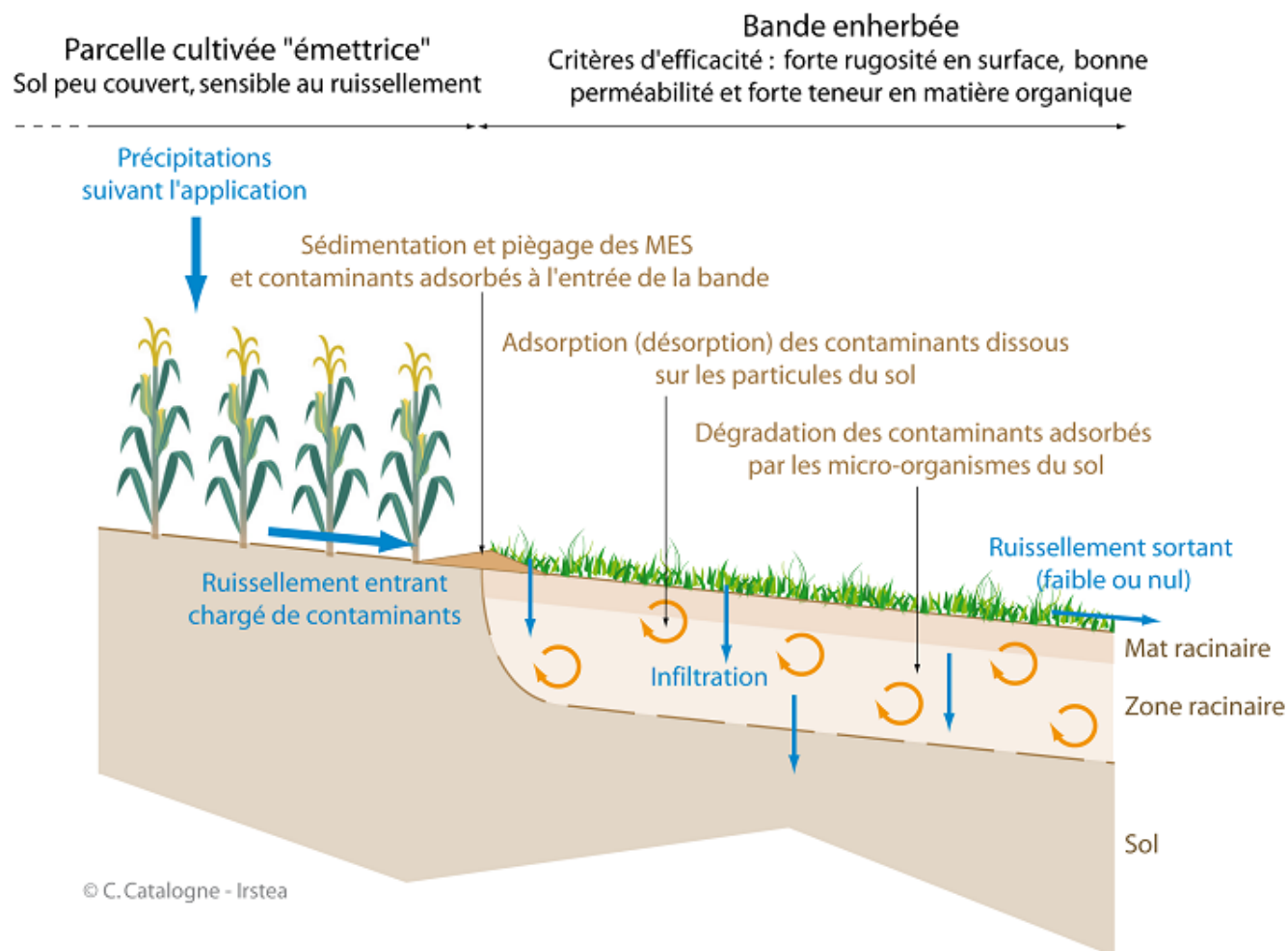


- Efficacité variable dans le temps, selon les conditions de saturation du sol et les besoins de la végétation
- Importance de préserver tous les petits milieux humides de têtes de bassin et les annexes hydrauliques des cours d'eau
- Intérêt des haies pour la régulation des flux de nitrates dans le temps (restitution progressive de l'azote)

Modes d'action des zones tampons



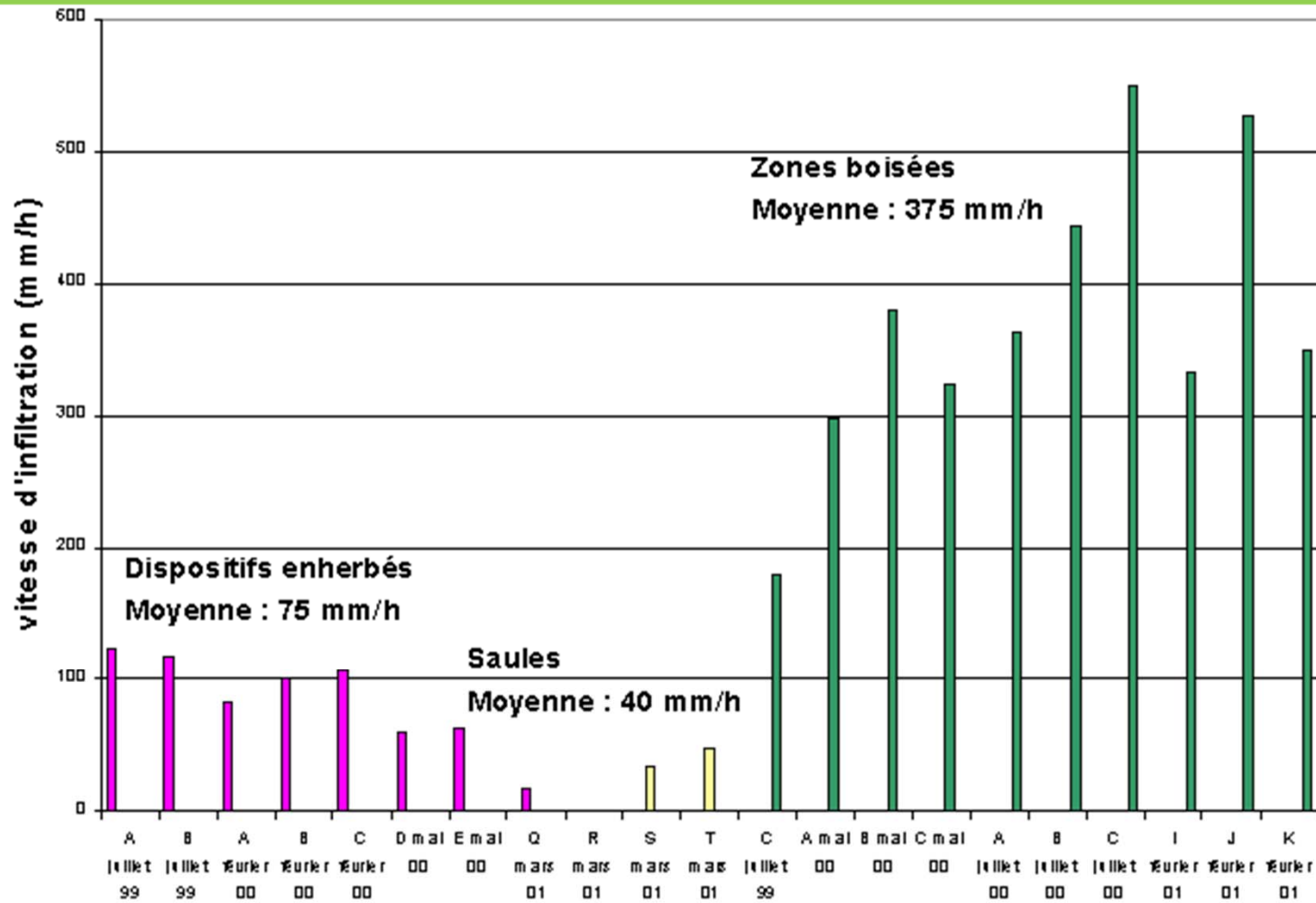
▪ Mode d'action sur les pesticides en solution : pour les ruissellements



➤ **infiltration et activité biologique**

Conditions requises d'efficacité :

Capacités d'infiltration de différentes ZT



Efficacité des zones tampons « sèches » : liée à l'infiltration

Capacité d'infiltration

- Dispositifs enherbés : **80 - 120 mm/h**
- Dispositifs boisés : Bois anciens **100 - 1300 mm/h**
Saules jeunes **30 - 80 mm/h**

Efficacité sur l'atténuation des pesticides expérimentations en France (conditions tempérées

- Presque toujours > 50 %
- souvent > 90 %, en bonnes conditions d'infiltration



Quelles largeurs optimales en fonction des conditions locales ?

Efficacité des dispositifs enherbés, ruissellement :

Expérimentations en conditions naturelles
La Jaillière (44). L. Patty (1996)

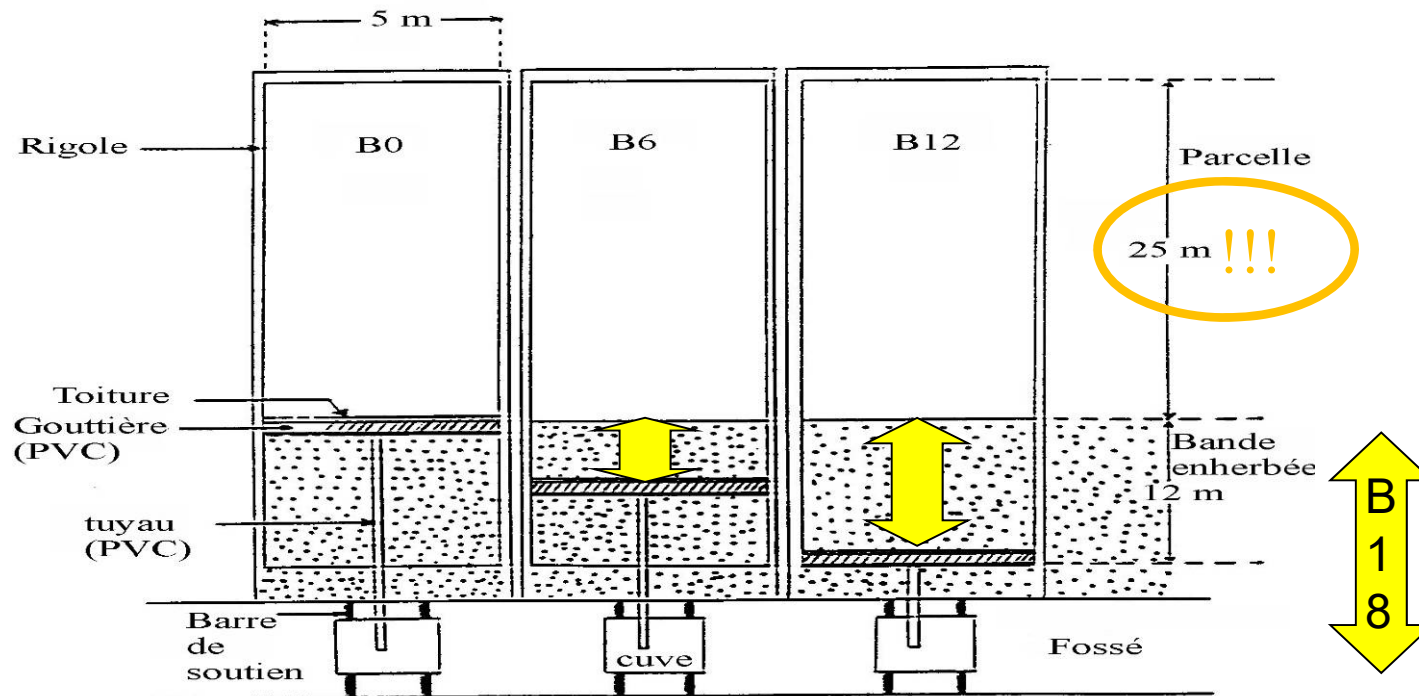
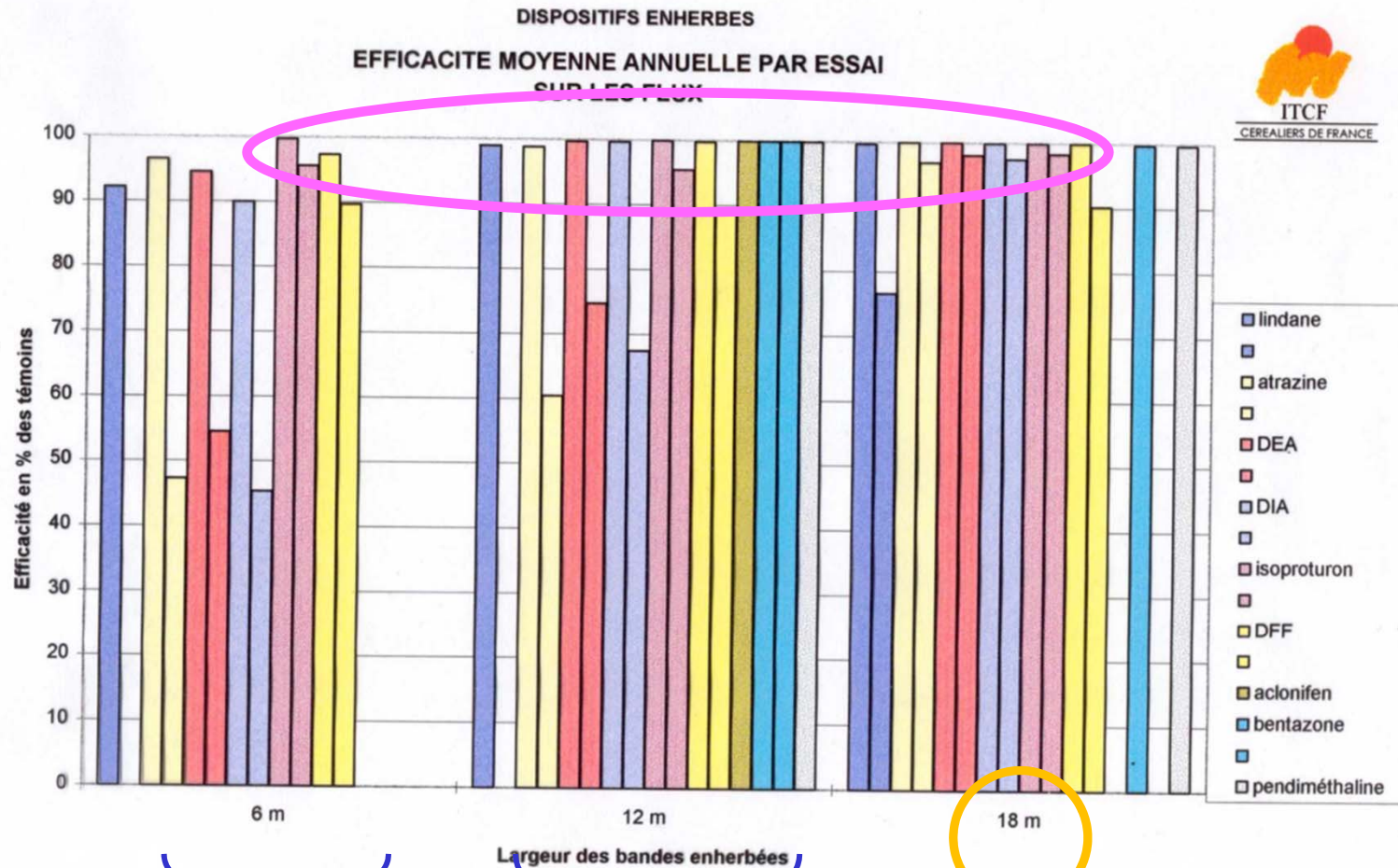


Schéma du dispositif « bandes enherbées »

Effacité des dispositifs enherbés : en conditions naturelles, parcelles de faible longueur ; *La Jaillière (44). L. Patty (1996)*



Herbicide	6 m	12 m
Ruissellement	66	75
MES	82	90
Isoproturon	85	88
Diflufénicanil	83	94

.B.XLS

Emprise foncière!!

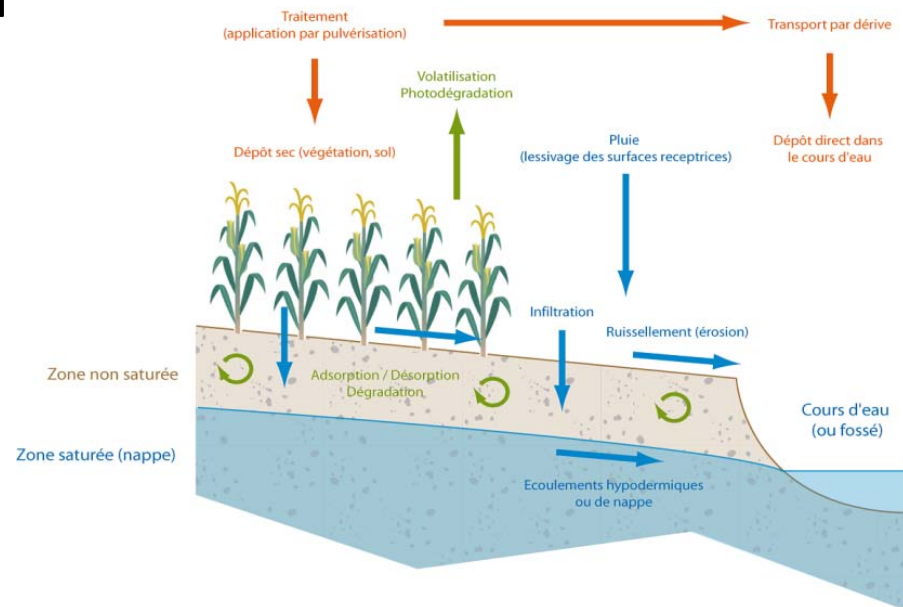
Propriétés des molécules

▪ Le cas particulier des produits phytosanitaires : large famille de molécules aux caractéristiques variées

- « Mobilité »,
- Durée de vie,
- Solubilité
- Affinité avec la matrice sol (Koc)

⇒ une plus ou moins grande fraction
fixée sur les particules de sol
ou en solution

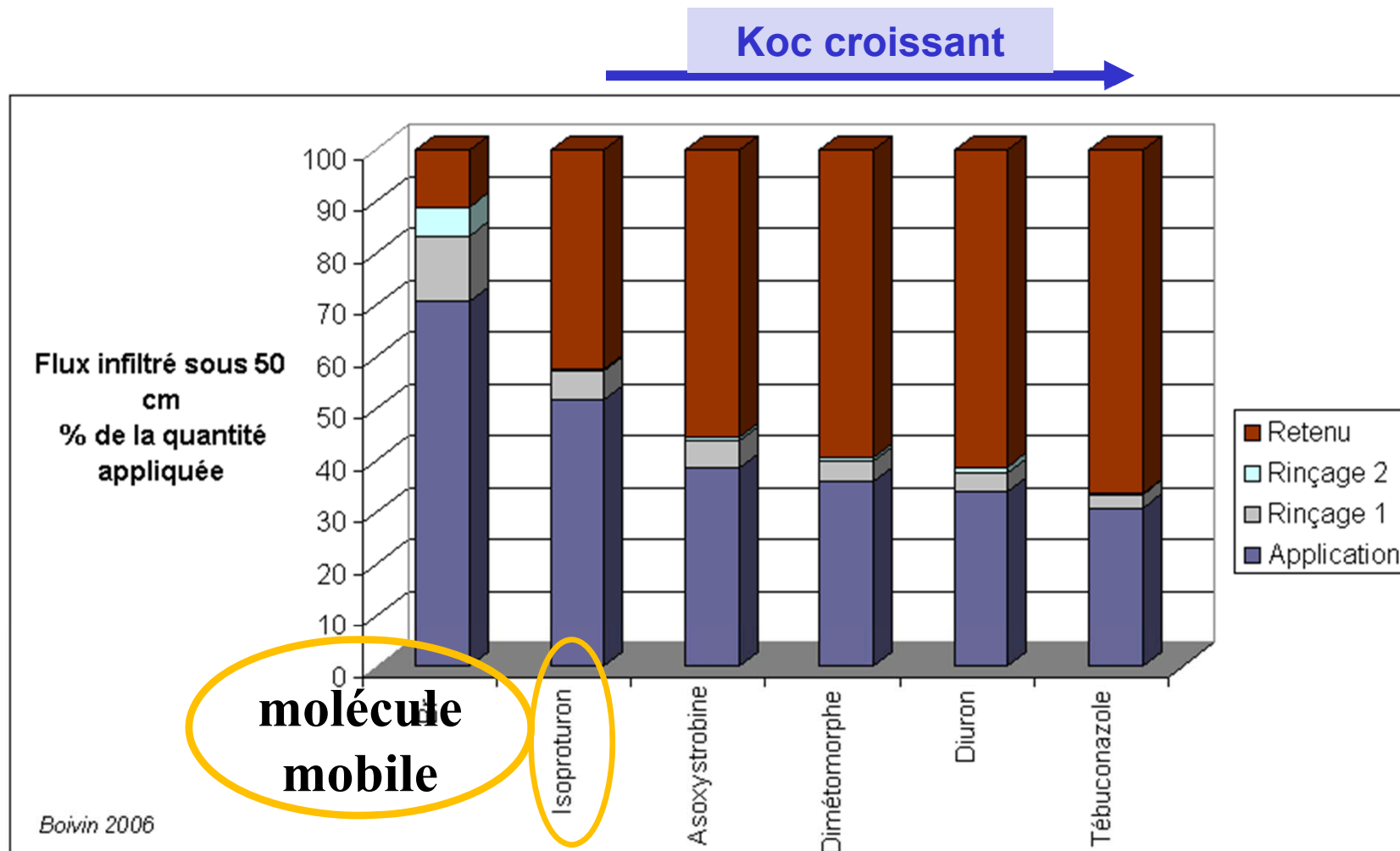
- Doses / ha
- Dans des conditions
pédo-climatiques très variées



Propriétés des molécules

sol sableux très filtrant, 50 cm prof., ruissellement intense

Réduction des flux totaux infiltrés / 6m de Bande Enherbée infiltrante



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

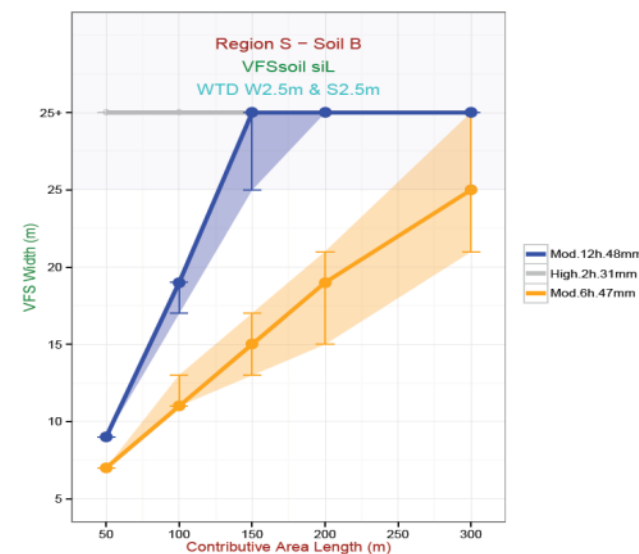
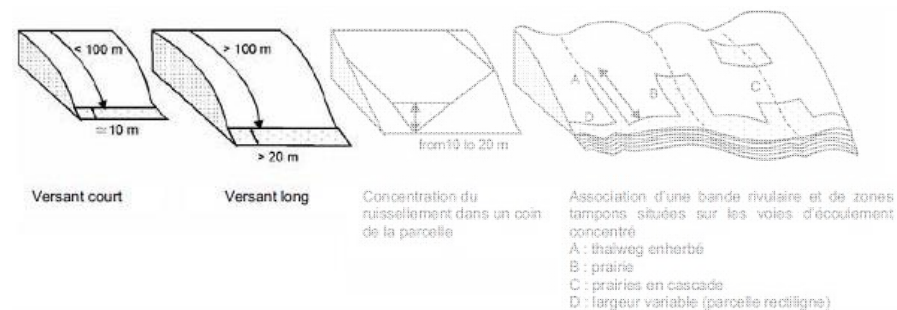
Solutions préconisées et efficacité



La maîtrise des transferts de pesticides en solution

Transferts par **ruissellement diffus** :

Type de zone tampon préconisé	Bandes enherbées ou boisées (haies)
Positionnement	En versant, implantées selon les courbes de niveau ou le long des fossés et du petit chevelu hydrographique
Mode d'action	Infiltration, rétention et dégradation des substances dans le sol
Ordre de grandeur d'efficacité	Abattement généralement supérieur à 50 % et pouvant fréquemment dépasser 90 % mais fortement assujéti à un bon dimensionnement





Abaques issus de la modélisation pour la situation la plus proche possible de la parcelle cadastrale N°63 d'Anneyron 26

Critères retenus : parcelle cadastrale N°63 d'Anneyron

- Longueur parcelle: 200m et pente moy. de 5%

(d'après la carte IGN de Géoportail)

- sol limono-argileux

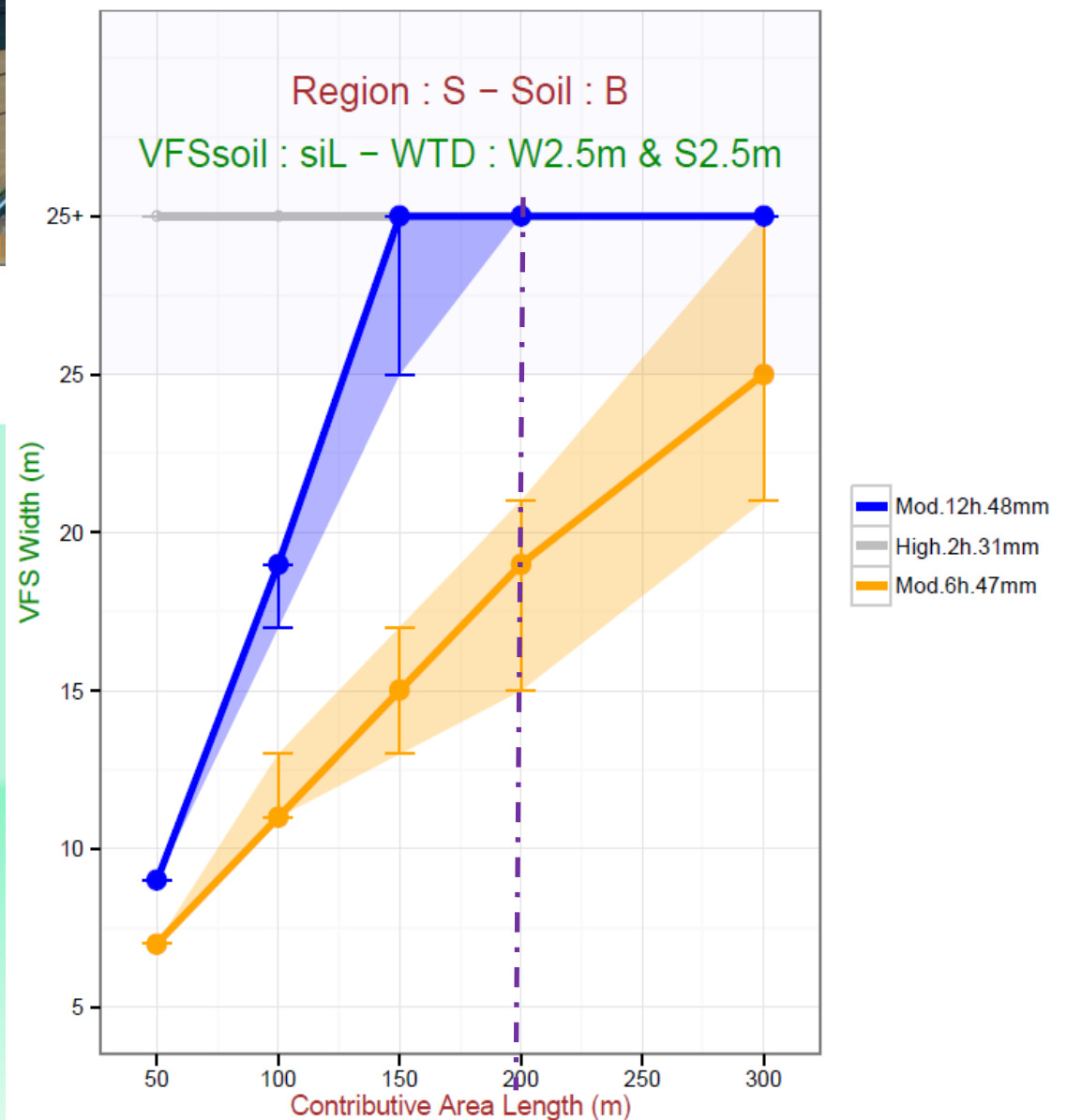
° parcelle : type de sol USDA retenu : B

° zone tampon potentielle (rivulaire de l'Argentelle)

Silt loam (pour le modèle VFSmod (texture USDA))

- nappe d'accompagnement en été et hiver : 2.5m.

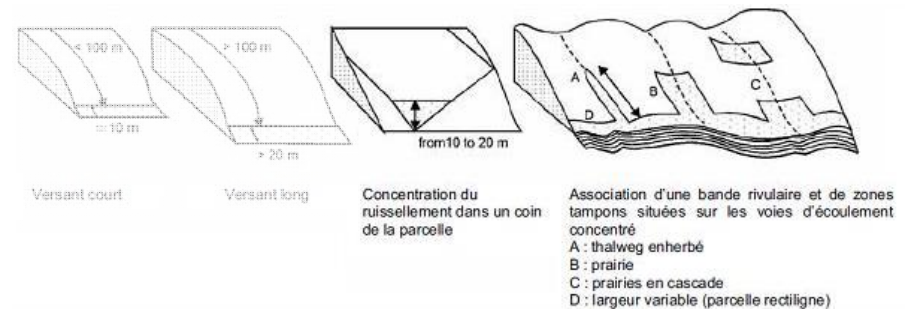
- cultures blé tendre en hiver; maïs en été



La maîtrise des transferts de pesticides en solution

Transferts par **ruissellement moyennement concentré** (petit thalweg, coin de parcelle) :

Type de zone tampon préconisé	Chenal enherbé, coin de parcelle enherbé
Positionnement	Suivant le cheminement de l'eau
Mode d'action	Infiltration, rétention et dégradation des substances dans le sol
Ordre de grandeur d'efficacité	Abattement généralement supérieur à 50 % et pouvant fréquemment dépasser 90 % mais fortement assujéti à un bon dimensionnement

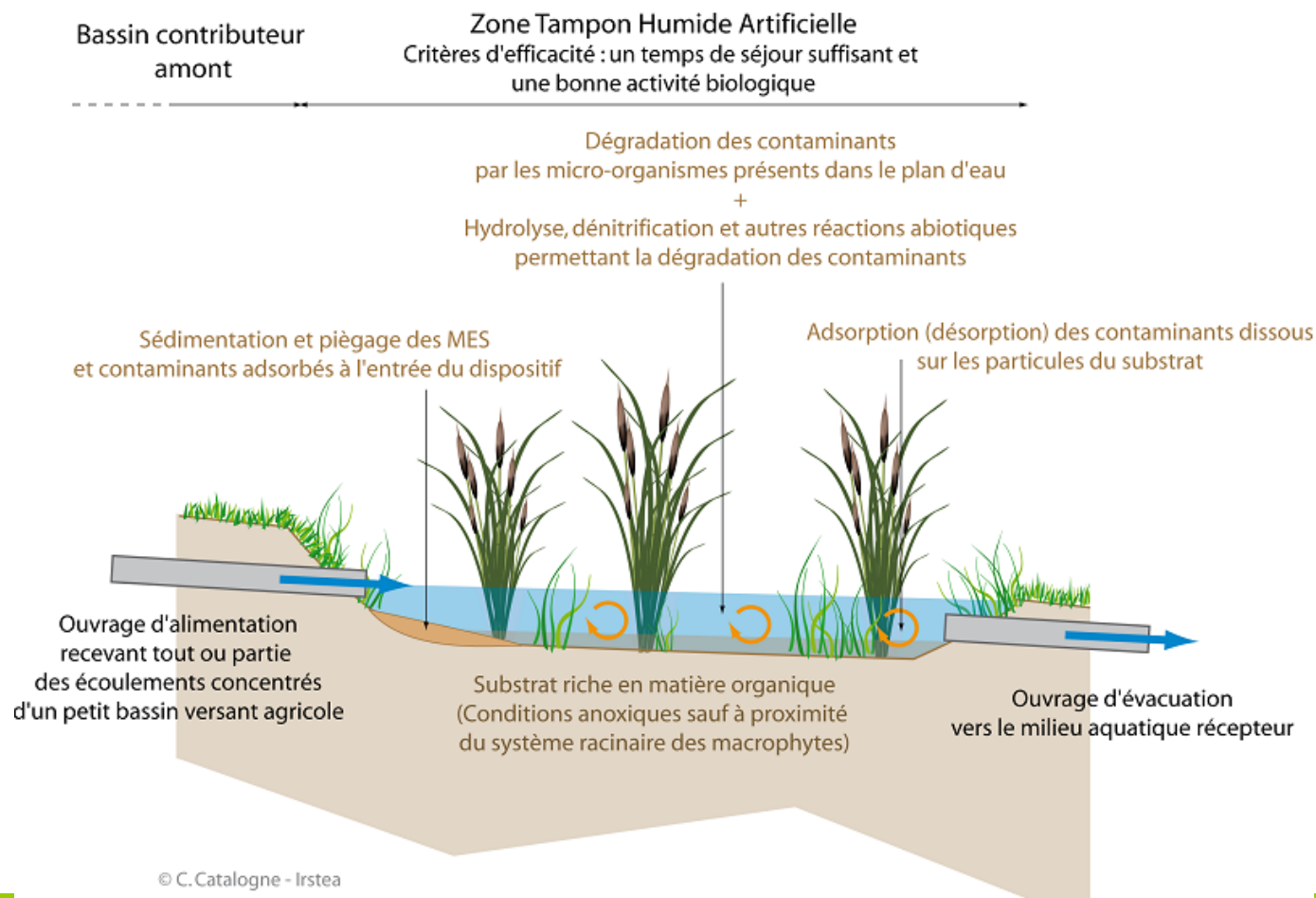


Par opposition aux bandes enherbées, la géométrie particulière de ces dispositifs enherbés, dont la plus grande longueur se trouve dans le sens de l'écoulement, revient en réalité à maximiser la largeur efficace pour l'interception des ruissellements dans un minimum de surface.

Modes d'action des zones tampons



- **Mode d'action sur les pesticides en solution : pour le drainage et le ruissellement concentré (vignoble :OR2)**



➤ **Temps de séjour et activité biologique**

Solutions préconisées et efficacité



La maîtrise des transferts de pesticides en solution

Transferts par ruissellement concentré ou drainage collecté par un réseau de fossé :

Type de zone tampon préconisé	Plan d'eau végétalisé de type ZTHA ou OR2	Fossé végétalisés et/ou à redents
Positionnement	Pour optimiser la fonction d'épuration du plan d'eau (quel qu'il soit) : en dérivation des fossés collecteurs, de préférence au plus près des parcelles émettrices et associé à mode de gestion hydraulique approprié pour recueillir les flux les plus concentrés dans un minimum de volume.	Aménagement des fossés existants
Mode d'action	Rétention et dégradation	
Ordre de grandeur d'efficacité	Abattement moyen des concentrations de l'ordre de 80 à 90 % mais variable (de 40 à 100 %) selon la substance et le type de dispositif	Abattement des pics de concentrations de l'ordre de 50 %



Zones tampons et limitation des pollutions diffuses

- **Bandes enherbées :**
limites et dysfonctionnements



Efficacité des zones tampons « sèches » : liée à l'infiltration

Conditions défavorables :



Limitation de la capacité d'infiltration : ennoisement et tassement



Concentration du ruissellement (naturel ou non)



Cas extrême : l'assainissement agricole, drains et fossés

Attention au tassement ! *Expérimentation dans le Pays de Caux (JJ Gril – JF Ouvry)*



Perméabilité :

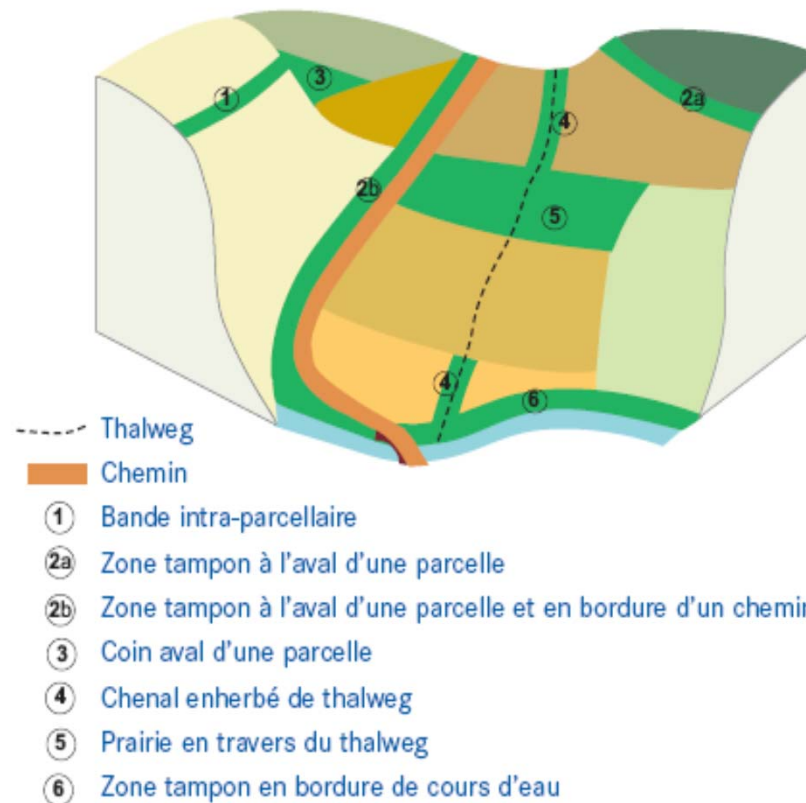
Zone non tassée : 170 mm/h

Zone tassée : 8 mm/h seulement !!

Des positionnements complémentaires sont souvent nécessaires en amont selon les circulations de l'eau (surtout les concentrations) et l'hydromorphie des bas de versants



Guide intégration des ZT dans le BV



Concentration du ruissellement et courts-circuits

Guide ZT rivulaires



Concentration du ruissellement et courts-circuits

Coteaux gersois, Penthivière, Boischaut-nord, Dombes,



Guide ZT rivulaires



courts-circuits en vignobles de coteaux

Guide ZT rivulaires



courts-circuits en coin de parcelles

Guide ZT rivulaires



- Parcelles à doubles pentes : traces de roues et dérayures
 - Labours répétés durant des décennies

Fonctionnement : quelles limites ?

Autres causes de réduction de l'efficacité

mauvais entretien, tassement, hydromorphie, écoulements concentrés, courts-circuits

Guide ZT rivulaires



Flore dégradée
/herbicides



Tassement et
hydromorphie



Ruisseau

Brèche intentionnelle dans un talus



dysfonctionnements et « maltraitance »

Ruissellement concentré
mal intercepté

Guide ZT rivulaires

« sous-solage » et tassement



« Symptômes » de
dysfonctionnements:
atterrissements
(*érosifs*)

Guide ZT rivulaires



Guy Le Hénaff. Irstea Lyon

Ravine et atterrissement
Ramouzens –32
Côteaux de Gascogne



Modes d'action des zones tampons



▪ Mode d'action sur les MES (et les contaminants adsorbés) :

→ Sédimentation et rétention :

- En diminuant la vitesse de l'eau : rugosité et densité du couvert, pente faible voire contrepente
- En diminuant la lame d'eau par infiltration : bonne perméabilité du dispositif



Exemple de dispositif (fascine) conçu spécifiquement pour retenir les particules érodées dans la parcelle cultivée. L'atterrissement modifie progressivement le profil de pente en créant une zone d'eau calme favorable à la sédimentation

Les contaminants adsorbés (phosphore particulaire, pesticides adsorbés, azote organique) sont interceptés mais pas toujours dégradés : accumulation et possibilités de relargage vers le milieu ?

Solutions préconisées et efficacité



La maîtrise des transferts de MES et des contaminants adsorbés

Transferts par ruissellement diffus (érosion en nappe) :

Charge en sédiment	Faible	Moyenne à forte
Type de zone tampon préconisé	Bandes enherbées	Haies denses
Positionnement	En versant, implantées selon les courbes de niveau	
Mode d'action	Diminution des vitesses d'écoulement et de la lame d'eau (infiltration)	
Ordre de grandeur d'efficacité	Abattements variant de 40 à 100 % pour des largeurs allant de 1 à 300 m et des pentes allant de 0.1 à 16 %	Abattements variant de 74 à 99 %



Classe de taille	Abattement moyen
0 à 5.8 μm	45 %
5.8 à 22 μm	45 %
22 à 57 μm	77 %
57 à 180 μm	89 %

Solutions préconisées et efficacité



La maîtrise des transferts de MES et des contaminants adsorbés

Transferts par ruissellement concentré (figures d'érosion linéaires) :

Charge en sédiment	Faible à moyenne	Moyenne à forte
Type de zone tampon préconisé	Chenal enherbé	Haies denses et fascines
Positionnement	Suivant le cheminement de l'eau (généralement en fond de talweg évasé)	Perpendiculairement à l'écoulement (généralement en fond de talweg)
Mode d'action	Diminution des vitesses d'écoulement et de la lame d'eau (infiltration)	
Ordre de grandeur d'efficacité	Limitation des risques d'incision effective jusqu'à des vitesses d'écoulement de 0,7 m/s à 2,0 m/s. Rétention des sédiments analogue à celle des bandes enherbées	Abattements variant de 74 à 99 %



Quelques mots de conclusion



Le recours aux zones tampons peut constituer une solution efficace :

- Pour la maîtrise des transferts de contaminants d'origine agricole à l'échelle des bassins versants ruraux
- En complément de pratiques agricoles vertueuses à la parcelle
- Si elles sont correctement placées et dimensionnées (importance d'un bon diagnostic)
- Bien documenté : guides de conception, références d'efficacité, abaques de dimensionnement... (www.zonestampons.onema.fr)
- Qui mérite d'être plus souvent mobilisé (« oublié » dans le plan Ecophyto)
- **Permettant d'aller vers une gestion intégrée des problématiques environnementales en territoire rural : biodiversité, érosion des terres agricoles, régulation hydrique, paysage,...et pollutions diffuses**