



Aménagements sur le bassin versant.

JF Ouvry

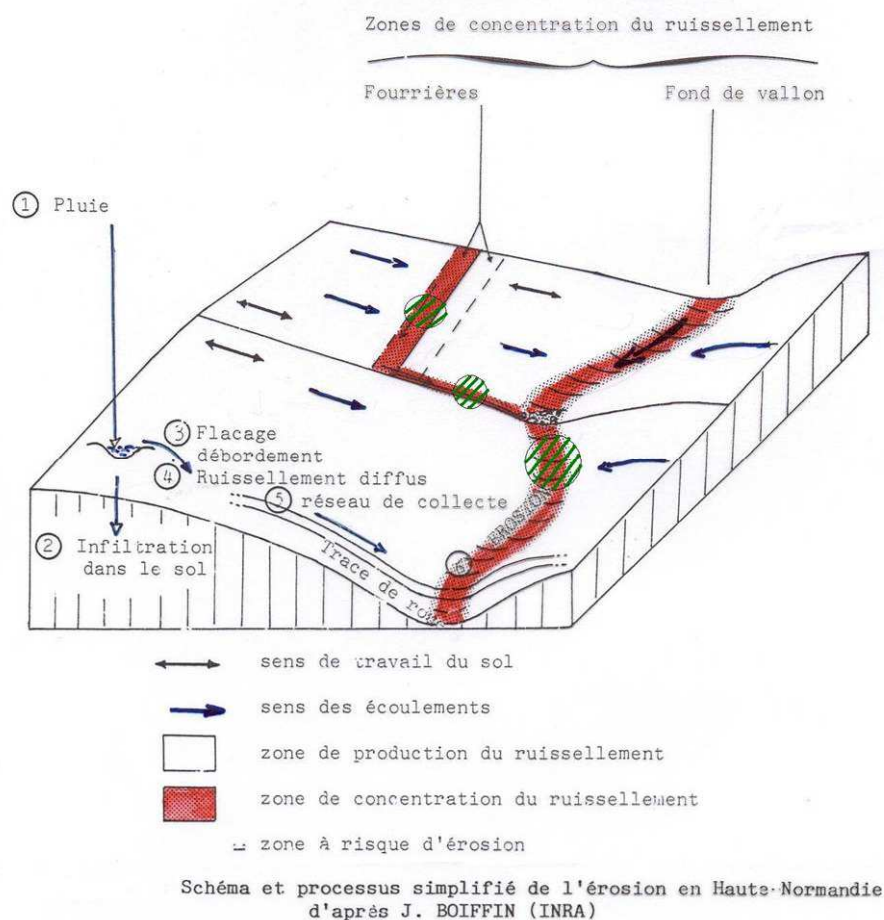


GREENOTEC
6-01-2015



Partage d'expériences
Exemple du Pays de Caux :
**Aménagement de zones
tampons en bordure des
champs et sur le chemin de
l'eau.**

Niveau d'actions stratégiques : sur le chemin de l'eau : R. concentré.



① Protéger le sol de l'incision

- ❖ Pratiques culturales
- ❖ Aménagement hydraulique pour canaliser et guider
- ❖ Aménagement du parcellaire en fonction de la pente et du réseau

② Maîtriser les écoulements et leur charge

- ❖ Création d'un ensemble d'aménagements structurés en réseau
- ❖ Créer des ouvrages de rétention pour écrêter les débits
- ❖ Créer des structures de réinfiltration et ou sédimentaires

- Préserver l'existant ayant un rôle hydraulique
- Créer un ensemble d'aménagements complémentaires avec une continuité hydraulique





Objectifs des zones tampons :

- Ralentissement des écoulements
- Infiltration
- Sédimentation
- Suppression du ravinement

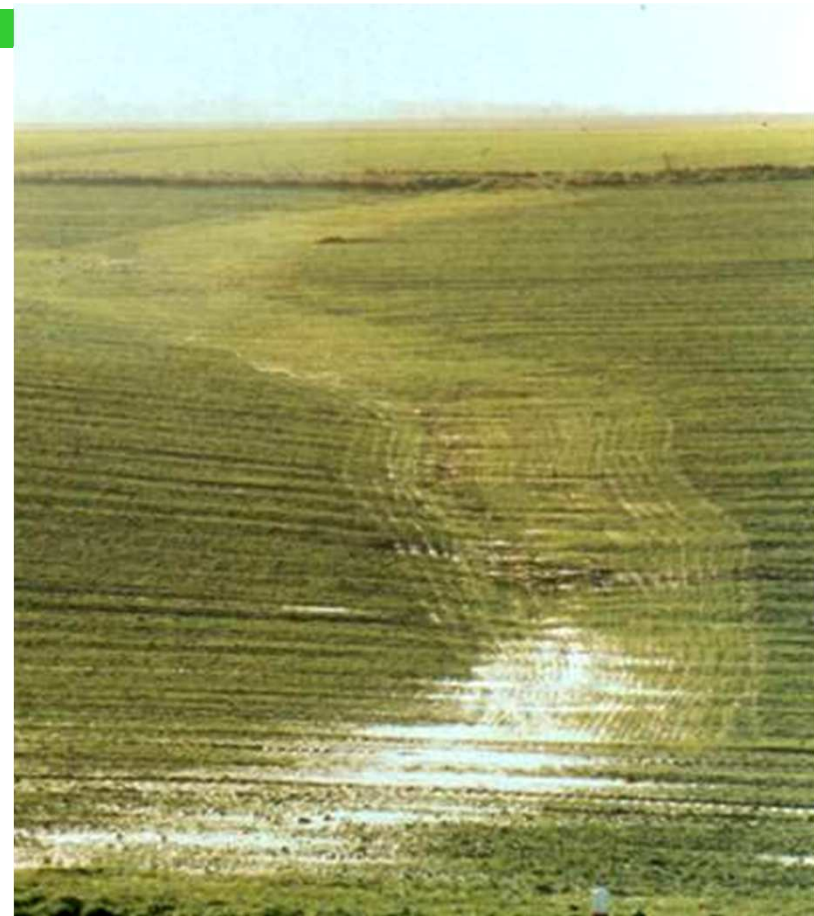
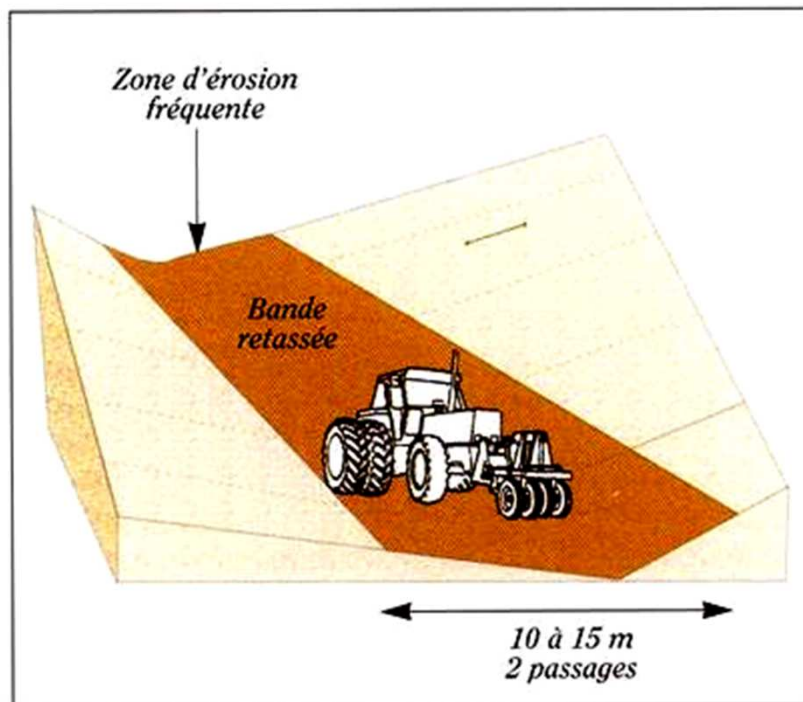
Fonctions des ZT et type de mesures

1. Réduire l'incision / renforcer la résistance du sol à l'arrachement.		Mesures Herbe
2. Ralentir les écoulements / diminuer la capacité à arracher les particules.		<u>Obstacles</u> : haies, fascines, talus plantés, herbe... <u>Diffusion</u> : surfaces en herbe, fascines ..
Favoriser les dépôts / limiter les transferts de MES et de polluants.		<u>Rétention</u> : mares, zones humides, fossés ...
3. Favoriser l'infiltration		Surfaces enherbées, boisées et haies.

1) Le talweg re-tassé

3 conditions en HN :

- ✓ BV amont de petite taille entre 1 et 100 ha en culture
- ✓ Pente des versants $\leq 3\%$
- ✓ Pente du talweg $\leq 2\%$



Dès qu'une des 3 conditions n'est pas remplie, il convient de réaliser une zone enherbée.



Bande retassée et chemin d'eau enherbé

La bande tassée est d'efficacité très limitée

Limites de préconisation

Bande retassée	chemin d'eau enherbé
BV amont de 1 à 100 ha et pente versant < 3% et pente talweg < 2%	BV amont > 100 ha ou pente versant $\geq$ 3% ou pente talweg > 2%
vitesse moyenne maxi : 0.4 à 0.8 m/s	1.8 à 2.5 m/s

2) Chemin d'eau enherbé sur talweg

12m

15m

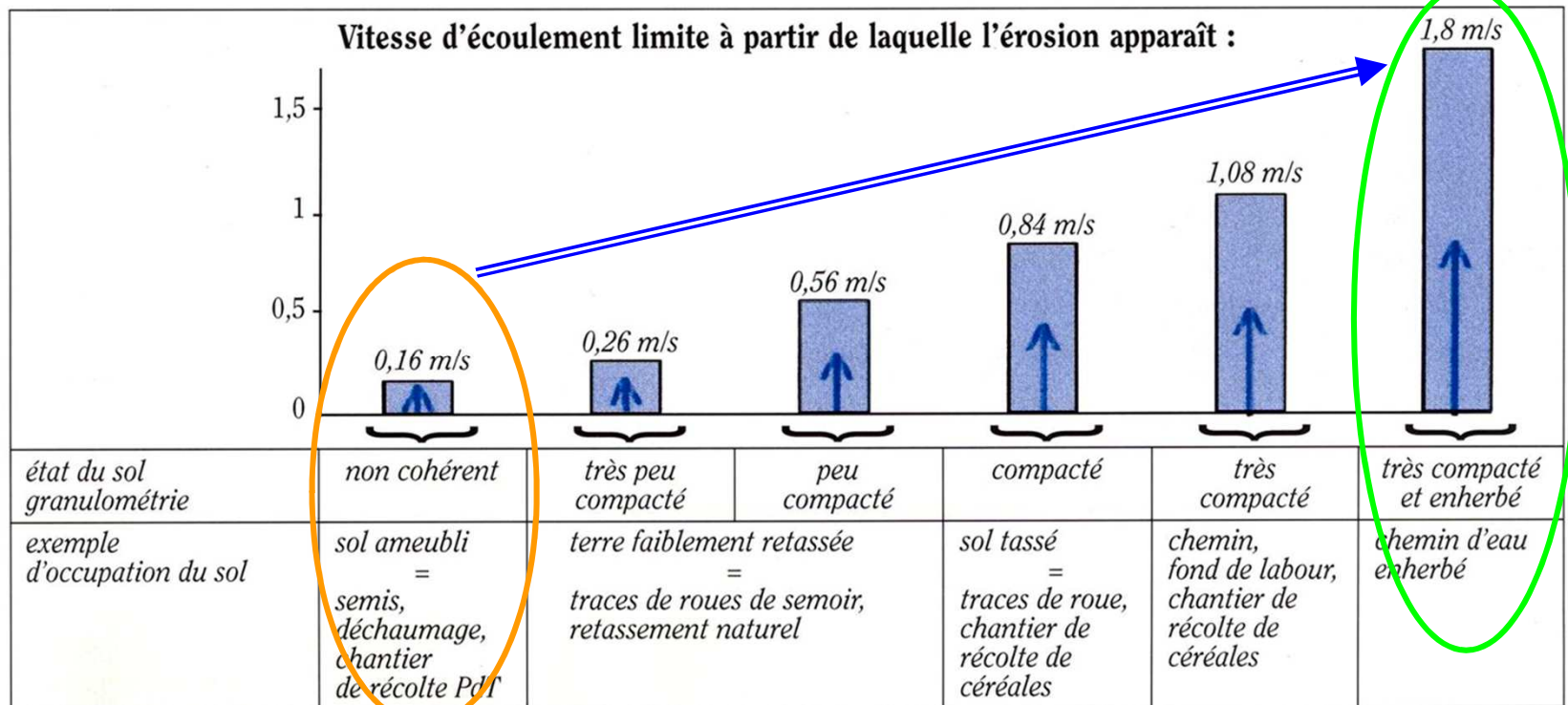
**Efficacité de 100 % pour supprimer
les ravines d'érosion sur talweg.**

10m

20m

Mesure Herbe → réduire l'incision

- Incision si $V \text{ écoulement} > V \text{ seuil d'arrachement}$
- Vitesse seuil dépend essentiellement de :
 - ❖ la cohésion des agrégats et de la présence d'un couvert dense de graminées.



Création d'un chenal enherbé de talwegs

- Implantation en période de pousse de l'herbe
- ET** de moindre risque d'écoulement provenant de l'amont.
- Dimensionnement en fonction de :
 - vitesse de l'écoulement # Débit
 - Taille du BV amont, occupation du sol, état de surface, coefficient de ruissellement, pluie, période de retour,
 - pente, largeur de l'écoulement, rugosité de l'herbe / hauteur / saison
 - Capacité du sol à résister à l'arrachement :
 - Texture du sol, pente, humidité du sol, densité du couvert végétal.



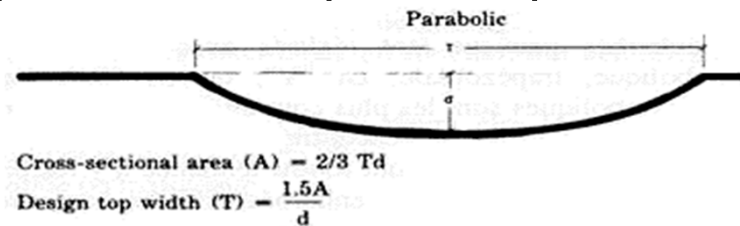
Estimation des dimensions par : Tables du SCS; doc Cemagref 1991

Largeur : 20 à 50m - Profondeur : 0,3 à 0,5 m

Chenaux enherbés et précautions

Conditions de réussite :

- ❖ Ne pas sous dimensionner le chenal
- ❖ Probabilité de débordement : $Q > 20$
- ❖ Ne pas créer de courts-circuits : Raie de charrue; ...
- ❖ Terrassement possible mais pas indispensable



■ Limites :

- Travail du sol à adapter et forme parcelle
- **Ensablement** et débordements
- Emprise foncière de 0.5 à 3% SAU.
- Rôle sur l'infiltration variable.

Infiltration :

- Chenal tassé et humide: 10 mm.h^{-1}
- Chenal non tassé : $100\text{-}200 \text{ mm.h}^{-1}$



Chenal et Bande enherbée : quelques erreurs à éviter

1. Faire un chenal enherbé pas assez large : avec la sédimentation sur l'herbe il y a un risque de débordement du CE (15 à 20 m minimum sont nécessaires pour un chenal enherbé non terrassé).



2. Planter un chenal enherbé à une saison peu propice au ruissellement : être à une période où l'herbe pousse vite (avril/mai ou fin août, début septembre sont conseillés)



Chenal et Bande enherbée : quelques erreurs à éviter



3. Une zone de dépôt peut provoquer le débordement de la zone enherbée si celle-ci n'est pas assez large.



4. Réaliser une fourrière cultivée qui collecte les ruissellements issus de la parcelle avant qu'ils n'atteignent la zone enherbée : ils se concentrent...
...et creusent une ravine parallèle à la zone enherbée !

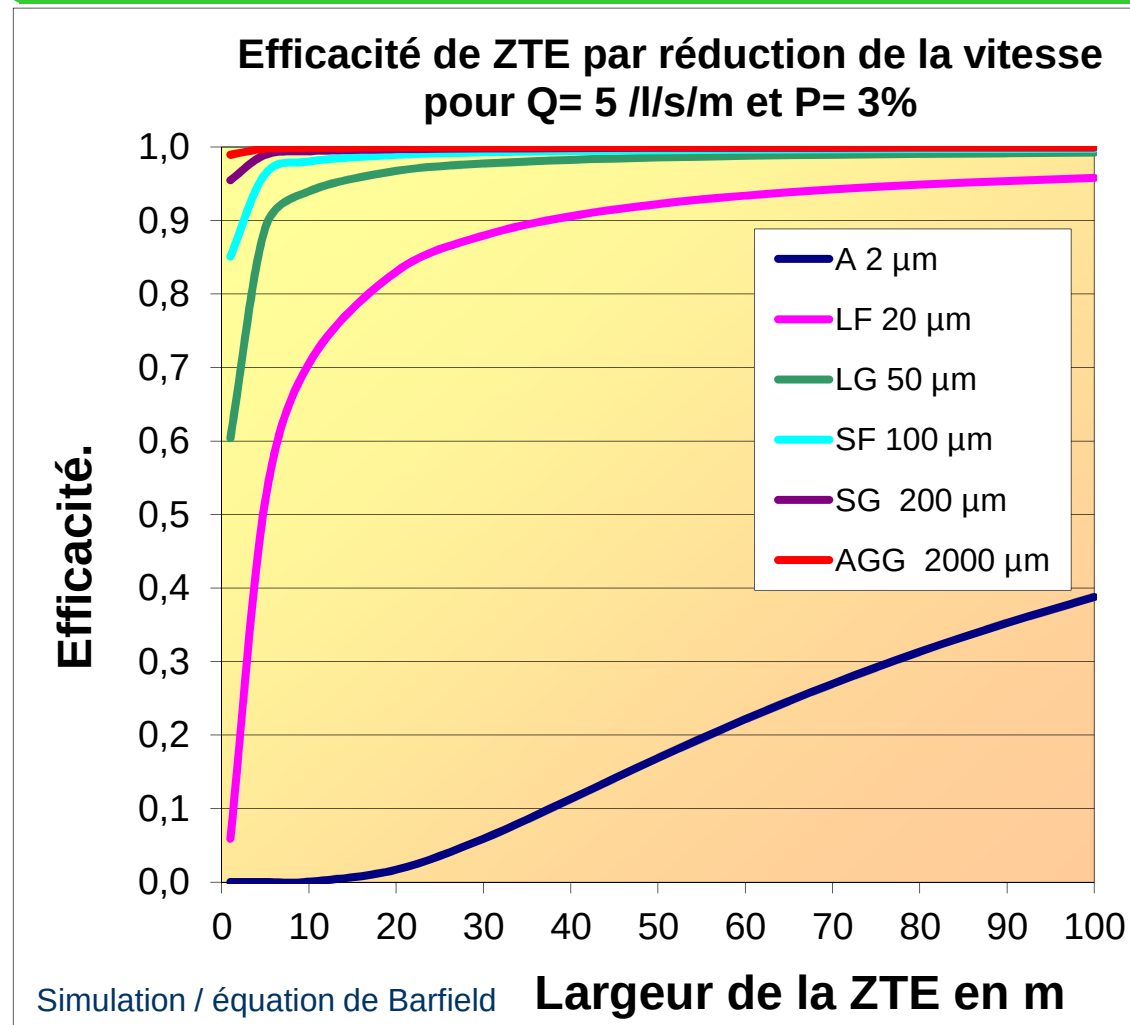


3) Bande enherbée de Tournière ou Fourrière avale



Fonction	Efficacité, limites, commentaires
1. Erosion : évite formation de rigoles sur fourrière.	▪ Action sur les ruissellements diffus = débits limités à qq l/s/ml
2. Sédimentation : 70 à 99% des particules sont piégées (Largeur > 3 m)	▪ Inefficace si concentration des ruissellements parallèle à la zone enherbée (cas formation d'un bourrelet) ;
3. Infiltration 5 à 10 mm/h même 150mm/h.	▪ Les particules argileuses sont peu sédimentées.

L'efficacité sur le taux de sédimentation peut demander de grandes largeurs.



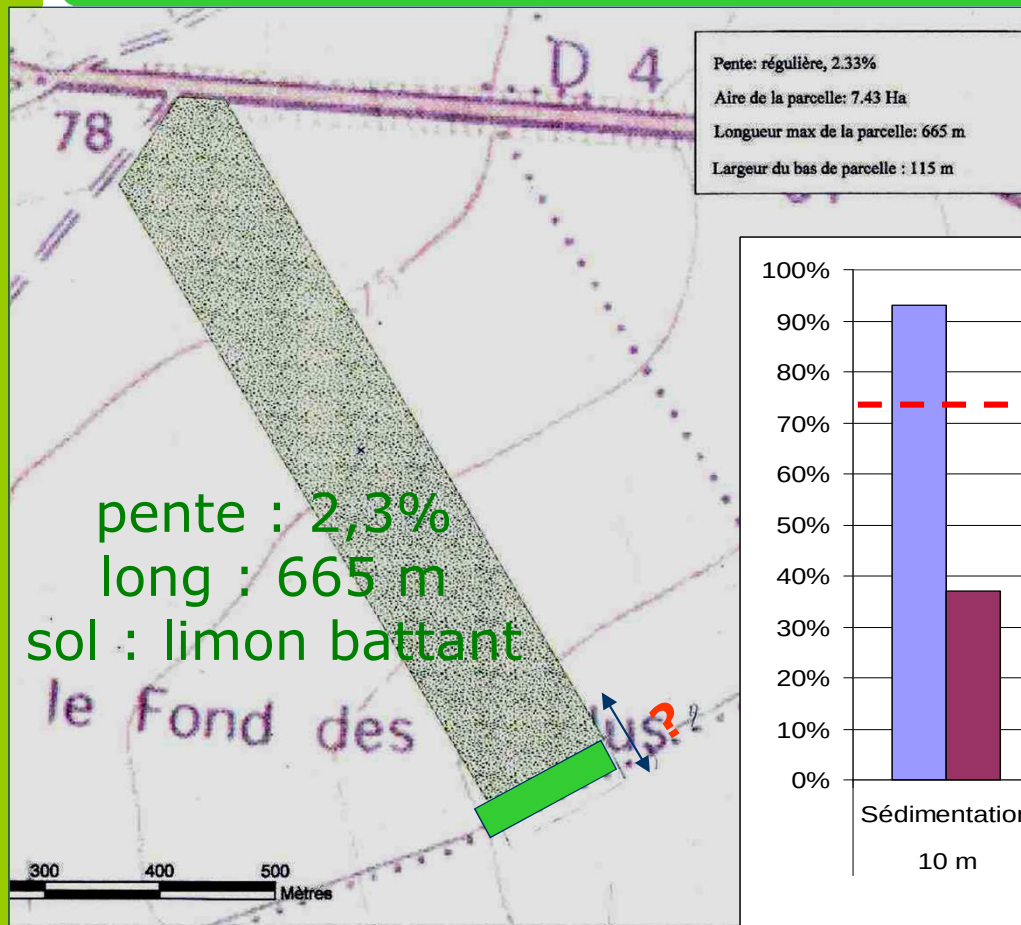
L'efficacité sur la sédimentation des particules dépend de

- Débit entrant,
- Pente locale,
- taille des particules,
- densité des brins d'herbe,
- Non submersion du couvert,
- Absence de court-circuit.

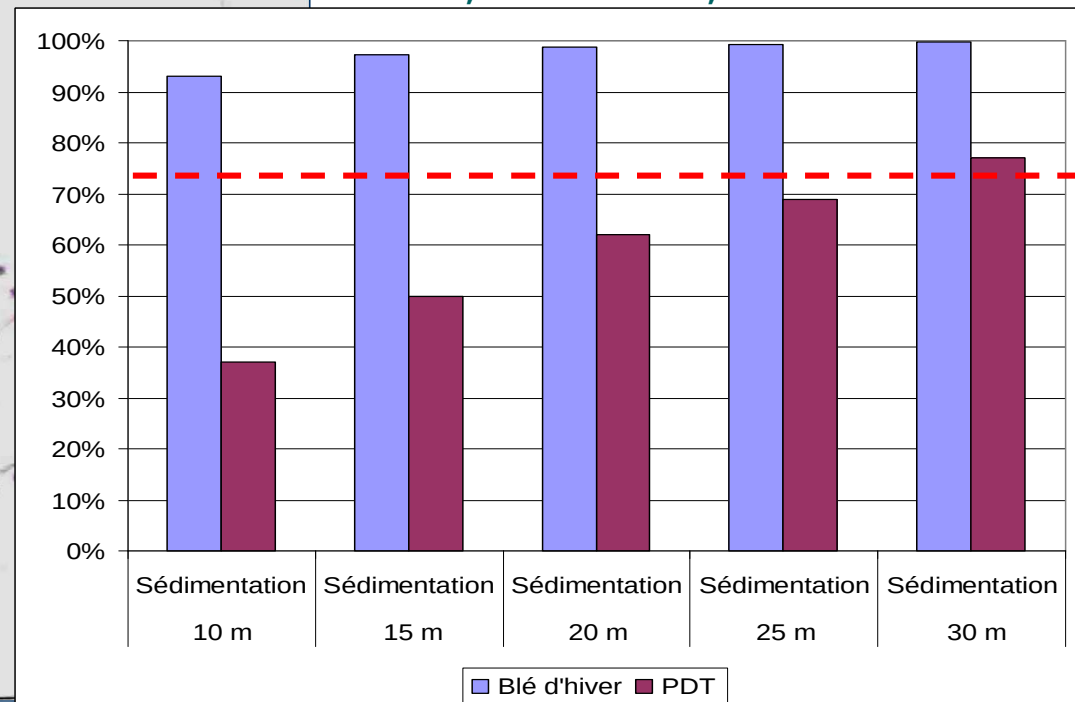


Bande enherbée et Sédimentation

Effet de la largeur d'une bande enherbée sur le taux de rétention des MES.



Simulation sous VFS MOD
de la masse de sédiments
piégés pour une pluie de 2
h, F 10 ans, = 30 mm.



4) Les Barrières végétales



- Objectif : Ralentir efficacement les écoulements avec des obstacles perpendiculaires aux écoulements :

- ❖ > Limiter l'incision localement et les transferts ;
 - ❖ > favoriser la sédimentation et l'infiltration ;
- ⇒ **$V < 0,10 \text{ m/s}$**

Objectif obligatoire =
Obstacle très dense.

Photo SMBV
Dun Veules

Photo SMBV
Dun Veules

4) Fascines

Fonction

- Sédimentation

Efficacité, limites, commentaires

- Ouvrage en amont
- Sur coin de parcelle ou thalweg peu marqué
- Correction de ravines



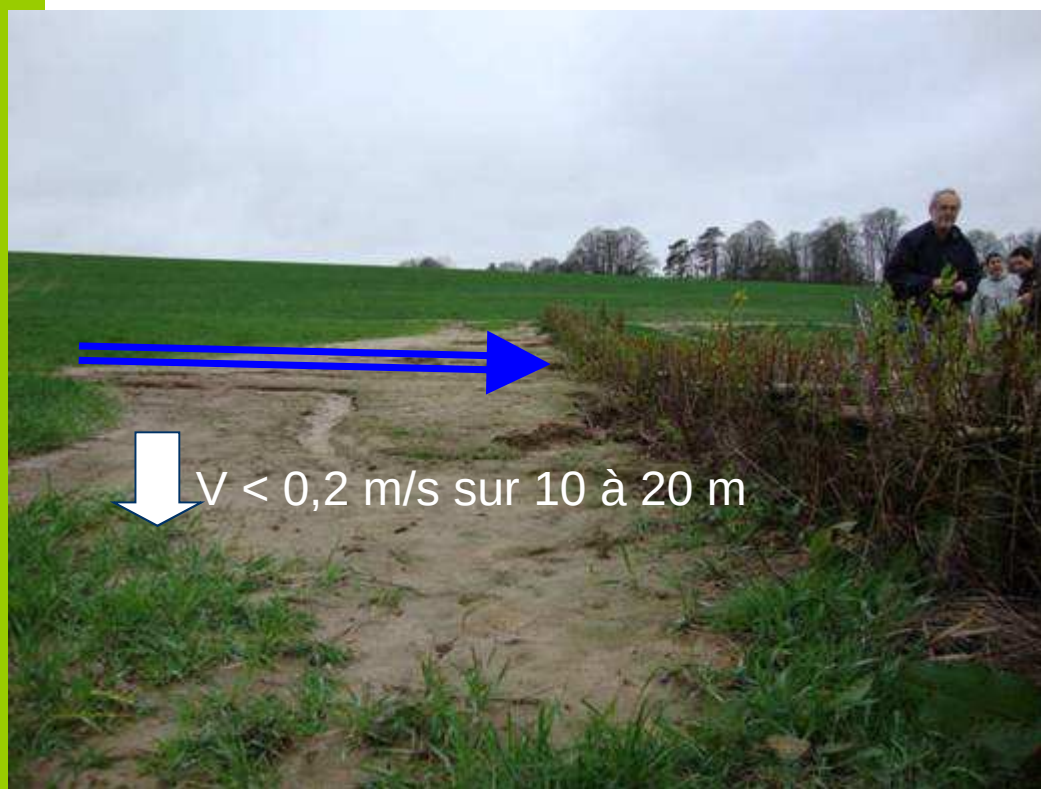
**Fascines en bois
mort**



**Fascines vivante
(pieux saule vivants)**

Efficacité en résumé

Vitesse d'écoulement divisée par 3 à 4.



1 - Réduction de la charge solide :
TB de 74 à 98%

- 90% sur particules $> 100\mu$ et $< 50\%$ sur particules fines
- Fascine dense, compact et sans vides.

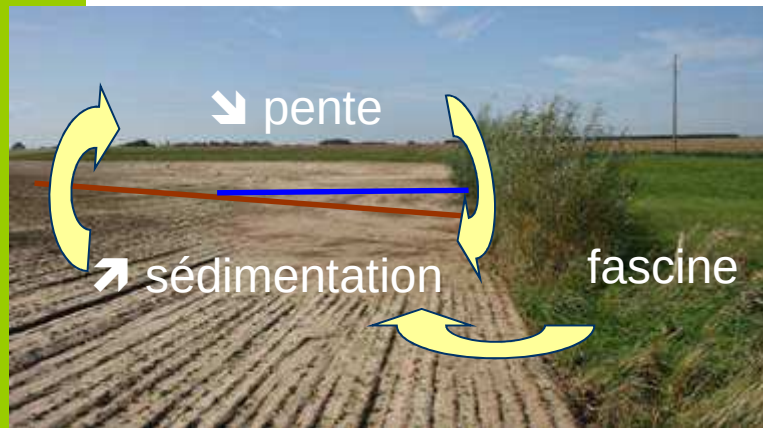
2 - Infiltration : faible # 35 mm/h
• Il faut 100 m² pour infiltrer 1 l/s !

FASCINES : Enseignements / Gestion



- Sédimentation importante => risque de débordement :
 - ❖ D'où, prévoir dès la conception une longueur suffisante
 - ❖ + prévoir de pouvoir rehausser la fascine si besoin : recharge avec de nouveaux fagots, à moins de curer les dépôts amont.
 - 1 - Cela suppose que l'on ait prévu dès le départ des pieux plus hauts ;
 - 2 - Cela milite en faveur des fascines avec pieux vivants ou des fascines couplées avec des haies pour disposer de branches afin de recharger.

FASCINES : conditions d'efficacité



- Efficacité / sédimentation :
Avec le temps, les dépôts amont changent la pente, ce qui favorise la réduction des vitesses d'écoulement et renforce la sédimentation.

Compte tenu de la plus forte action sur les particules grossières, les fascines seront très efficaces vis-à-vis de l'érosion de versant en cas de pluie intense sur sol peu couvert (orages sur cultures de printemps : fort détachement et transport d'agrégats)



Enfin le bilan sédimentaire à l'échelle du BV peut être réduit à néant si une ravine se creuse en aval de la fascine ! :

une seule fascine ne règle pas tout.

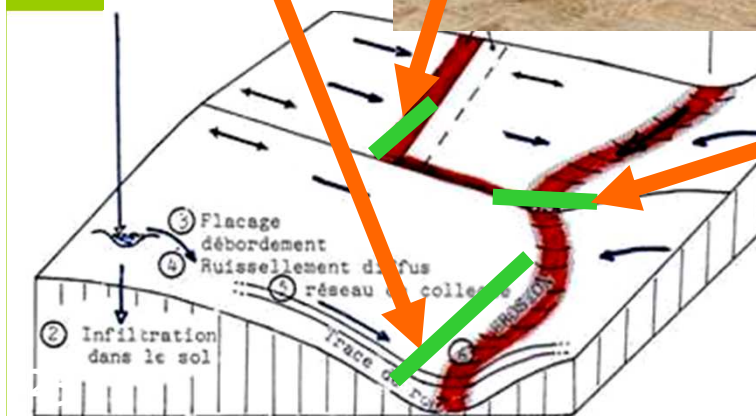


FASCINES : Enseignements / Limites -

1. Coûts de mise en place :
 - Coûts d'installation élevés : 55 à 80 € TTC / ml
=> linéaire réduit ;
 - Localisation pour intercepter les ruissellements concentrés ;
2. Durabilité courte :
 - Après 5 ans (ou +) disparition des fagots ;
 - Parfois avant 5 ans la sédimentation a comblé l'amont de la fascine ;
 - Rechercher des solutions pour ne pas les refaire souvent :
 - ⇒ La technique de recharge est intéressante.
 - Le prévoir dès le départ.



FASCINES : Enseignements / localisation



En priorité, le plus en amont possible sur le BV, soit :

- a) Au pied des versants de pente $> 5 \%$: érosion en rigoles-interrigoles ;
- b) Au pied des versants de pente > 2 à 3% si culture sensible ou si période sensible (orages) ou si culture dans le sens de la pente ;
- c) $\perp$ aux talwegs d'ordre 1, 2 et 3 (Stralher) avec pente $> 1 \%$.

5) Haie vive de talweg



= Haie vive perpendiculaire aux écoulements



Fonction

- Sédimentation
- Ralentissement des écoulements
- Infiltration

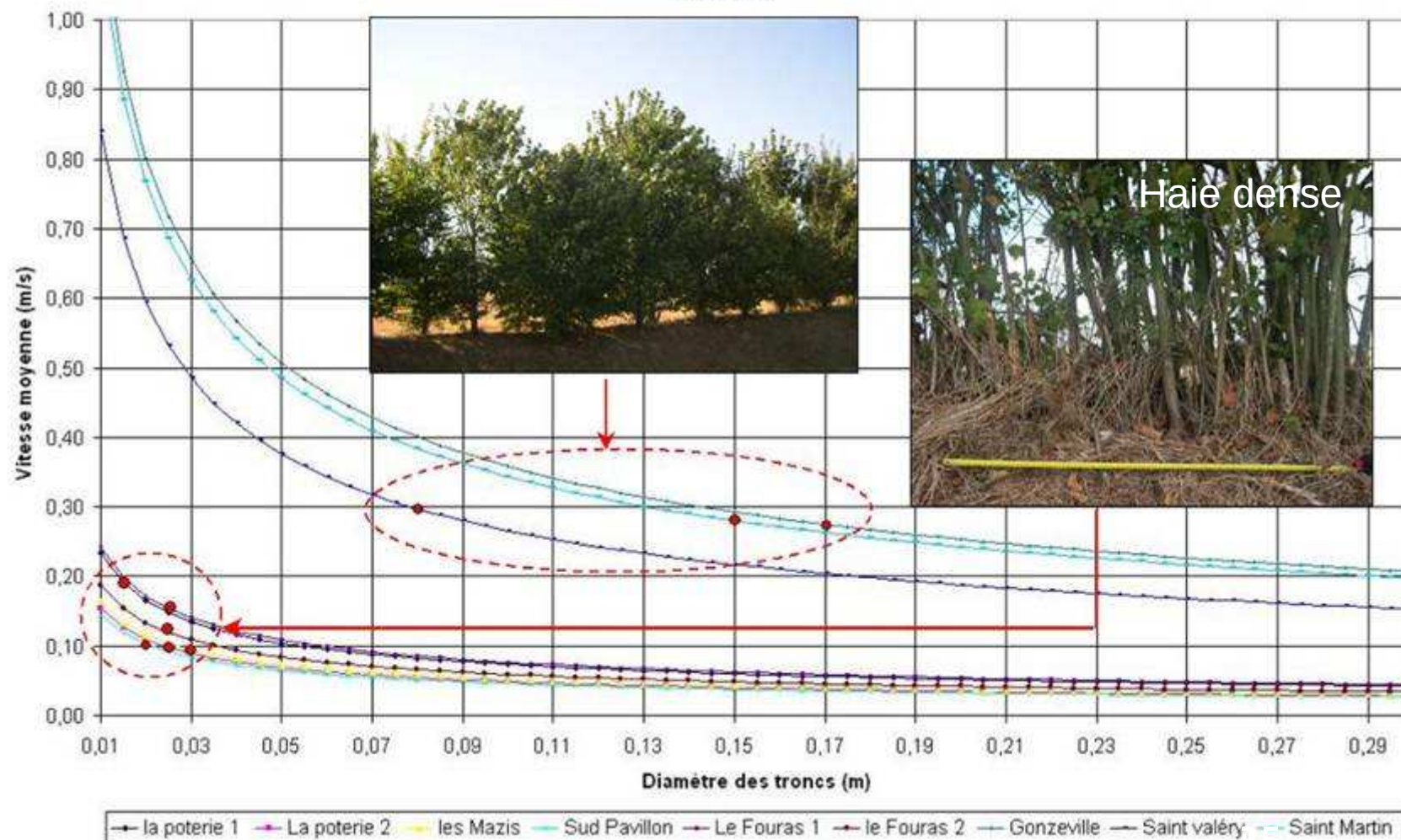
Efficacité, limites, commentaires

- L'efficacité diminue si le débit augmente
- A associer avec de l'herbe



Efficacité des haies sur la réduction de vitesse (C Allain-Jegou)

Vitesse moyenne à travers une haie en fonction de la densité de troncs et du diamètre des troncs



HAIES : les qualités en résumé - 1



- Ralentissement des vitesses :
 - ❖ $V < 0,10$ m/s dès que la densité est forte.
 - ❖ L'efficacité n'est obtenue qu'après plusieurs années: 5 à 10 ans.
- Sédimentation :
 - ❖ Forte tant que hauteur d'eau < hauteur du mulch, sinon au-delà la sédimentation devient + faible.

Réduction de la charge solide pour une haie très dense : **74 à 98%**

- **90% sur particules > 100 μ**
- **< 50% sur particules fines**

HAIES : les qualités en résumé - 1



Infiltration : élevée # 400 mm/h au bout de 3 à 5 ans selon type de sol et activité biologique.

- ❖ Il faut 9m² pour infiltrer 1 l/s
 - ❖ Si capte un ruissellement diffus sur un grand linéaire => effet significatif dans la réduction des débits et des volumes / protection de la ressource.
- + effet de l'infiltration qui diminue la capacité de transport des particules.



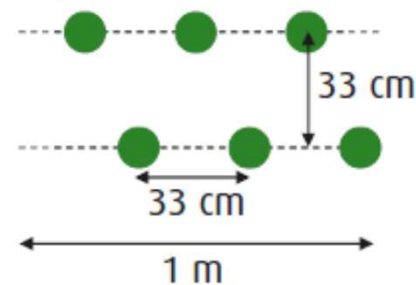
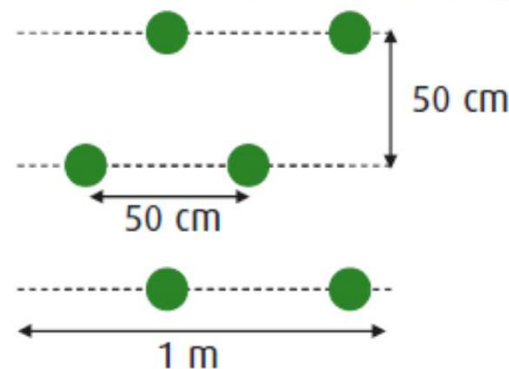
Objectif: >50% des particules sédimentées dans la zone de rétention créée en amont.

Bonne efficacité des haies dès que +de 50 tiges / ml



Bonne densité de tiges obtenue avec du noisetier

Schémas de plantation



HAIES : Typologie selon localisation et fonctions

				Ordre de grandeur d'efficacité	
			Ruissell ^t	Frein hydraulique et sédimentation	Infiltration
Haie dense	A plat	⊥ au talweg	Concentré	++ à +++	+
Haie peu dense		au talweg		0 à +	++
		⊥ au talweg ou au versant		# 0	# 0
		⊥ au versant	Diffus	+ à ++	+++
Sur talus	Indifférent		+++	+++	



Points forts et points faibles



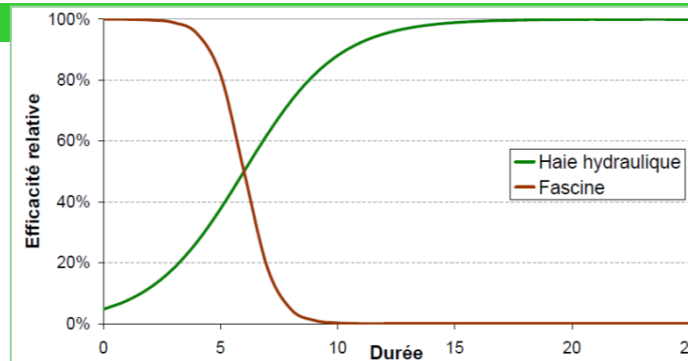
Limites d'efficacité / Sédimentation dépendent:

- Absence de courts-circuits.
- Choix des espèces arbustives, taille de formation, entretien.
- Comblement rapide en amont de l'objet.
 - ▶ Problème et atout !
- Durée d'une fascine "morte" : 5 à 7 ans.
- Haie n'est efficace qu'à partir # 10 ans.
- Si une ravine se creuse en aval de l'objet le bilan sédimentaire / BV est nul . => prévoir une série de fascines ou haies en cascade.
- Efficacité faible sur les particules fines.
- Les Coûts.

Un type d'aménagement ne solutionne pas tout !

Associer Haie & fascine ± Bande enherbée

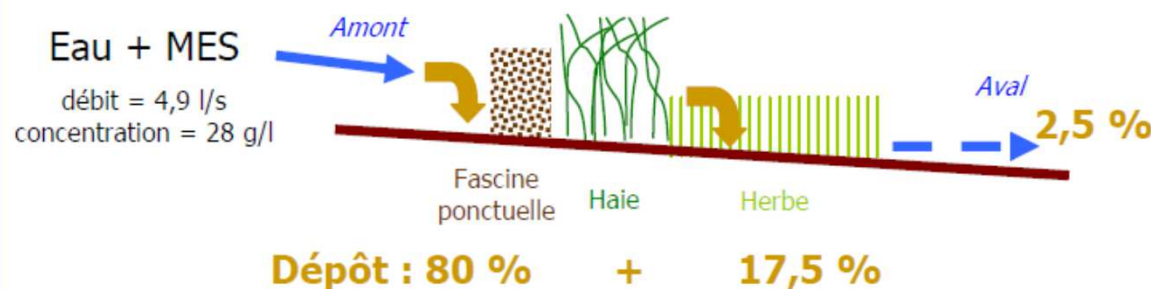
■ Haie + Fascine :



- Efficacité dès le départ et sur le long terme; Durabilité accrue
- Effet sur une gamme de débits plus large, donc sur de plus grands BV.
- Infiltration améliorée

■ Haie + Fascine + Bande enherbée :

Exemple calculé à partir des mesures de terrain et de modélisations selon DABNEY *et al.*, 1995 et BARFIELD *et al.*, 1975



- Renforce le rôle de piège à sédiments .
- Renforce encore l'infiltration.

6) Associations : Objectifs = érosion / sédimentation ET

- Infiltration : Fascine et Haie $\perp$ talweg + bande boisée ou talus ou fossé discontinu...



- Biodiversité - trame verte :
- Érosion en ravine.

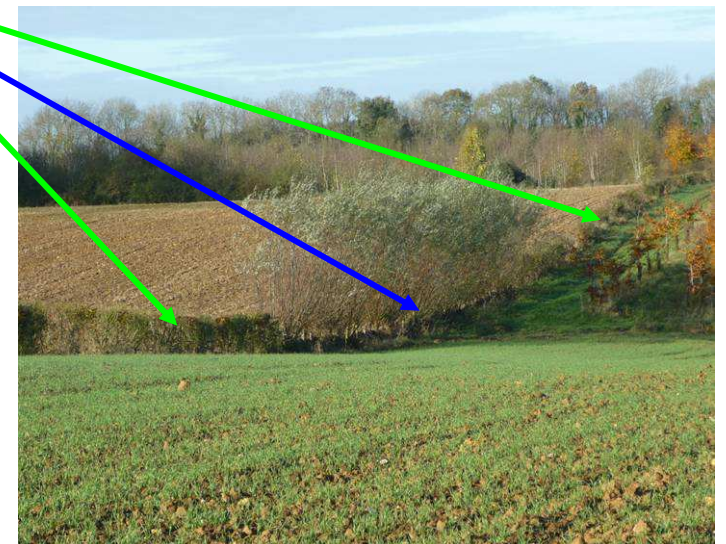


Schéma des localisations pertinentes.



① En coin de parcelles de pente > 1 % sujets à l'érosion en rigoles



② Perpendiculairement aux petits talwegs (ordre 1 et 2 de Strahler)



③ Perpendiculairement aux talwegs plus grands en associant haie + fascine



④ En protection rapprochée d'un ouvrage hydraulique

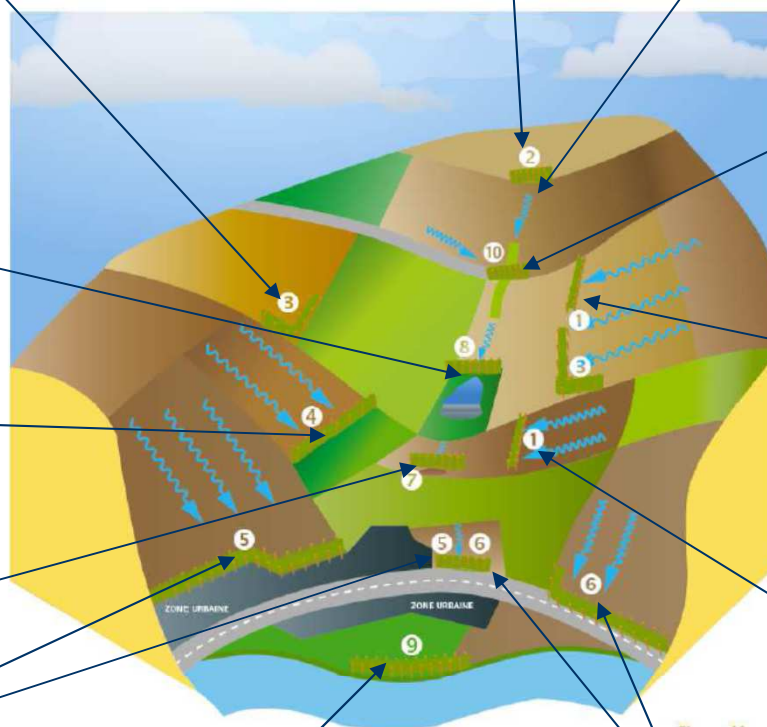


⑤ A l'interface entre parcelle cultivée et prairie

⑥ En protection rapprochée d'une bétairie



⑦ En protection rapprochée d'une zone d'habitat



⑧ Perpendiculairement aux talwegs plus grands en association avec une bande enherbée de talweg



⑨ Au pied des versants de pente > 5% qui souffrent d'érosion en rigoles



⑩ Au pied des versants de pente comprise entre 2 et 5% occupés par des cultures à risque, ou concernés par des pluies intenses sur sol nu



⑪ En protection rapprochée d'une route

⑫ Le long d'un cours d'eau, à l'exutoire d'une vallée sèche érodable en renforcement d'une bande enherbée

7) Talus simple : sédimentation, ralentissement et déviation des écoulements



Fossé - talus de ceinturage



Fonction	Efficacité, limites, commentaires
• Canalisation des écoulements • Sédimentation amont	• Dimensionnement nécessaire

Fossé à redents

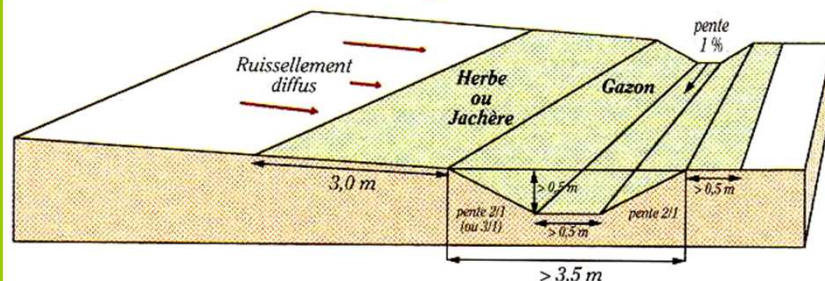


Fonction	Efficacité, limites, commentaires
• Ralentissement des écoulements • Infiltration 35• Sédimentation	• Inefficace pour des événements pluvieux successifs • Sur sol profond

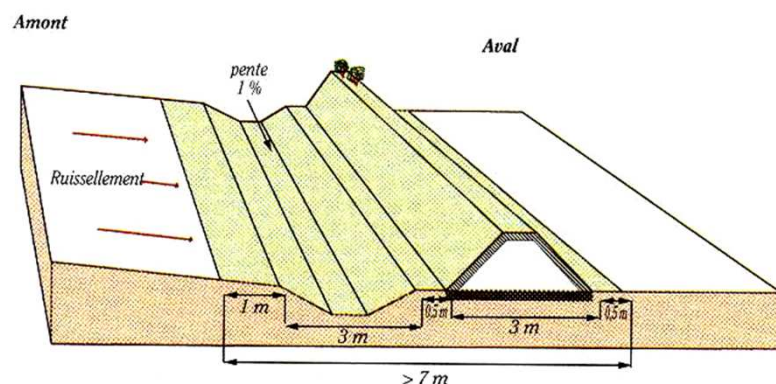


Collecter les eaux de ruissellement : talus et fossés

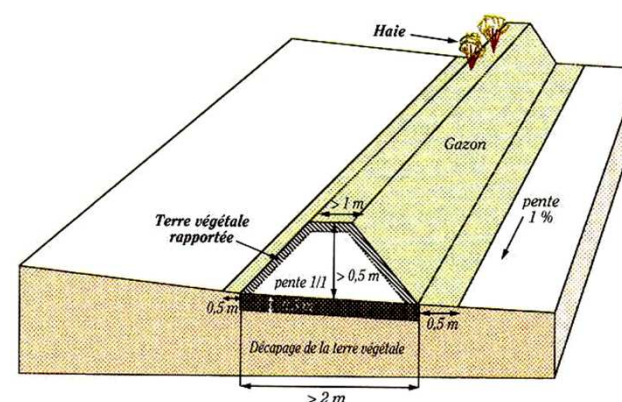
- Fossé simple ou de ceinturage



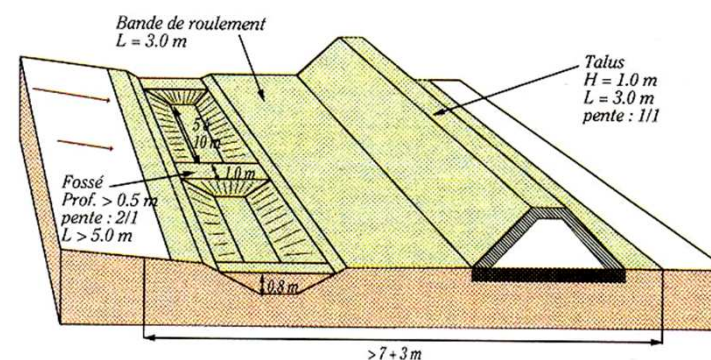
- Fossé-talus



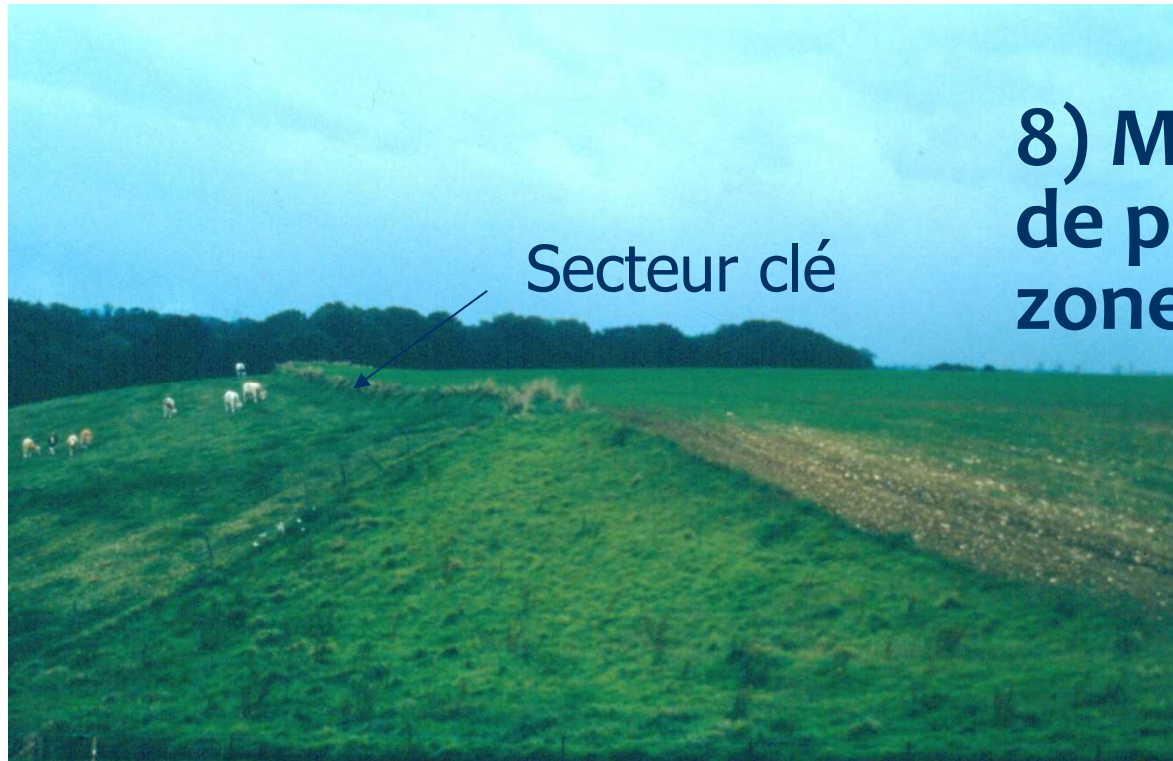
- Talus



- Fossé discontinu-talus



8) Maintien ou création de prairie de versant en zone à risque



Secteur clé



AVANT



APRES

Fonction	Efficacité, limites, commentaires
• Infiltration 1 à 20 mm/h • Sédimentation	• Infiltration inefficace pour des événements pluvieux successifs • Problème de valorisation de l'herbe



8) Erosion de twg sous forêt : Gabions



Fonction

- Prévention de l'érosion en forte **pente** et sous bois

Efficacité, limites, commentaires

- Dimensionnement nécessaire (Ex :Macafferri)
- Protection aval importante
- Zones pentues où on ne peut implanter de l'herbe

9) Mare - prairie inondable

Fonction	Efficacité, limites, commentaires
• Stockage des écoulements • Ralentissement des écoulements	• Efficacité pour des pluies courantes • Débit de fuite en sous-sol



10) Les actions complémentaires de laminage de crue

Les bassins de rétention

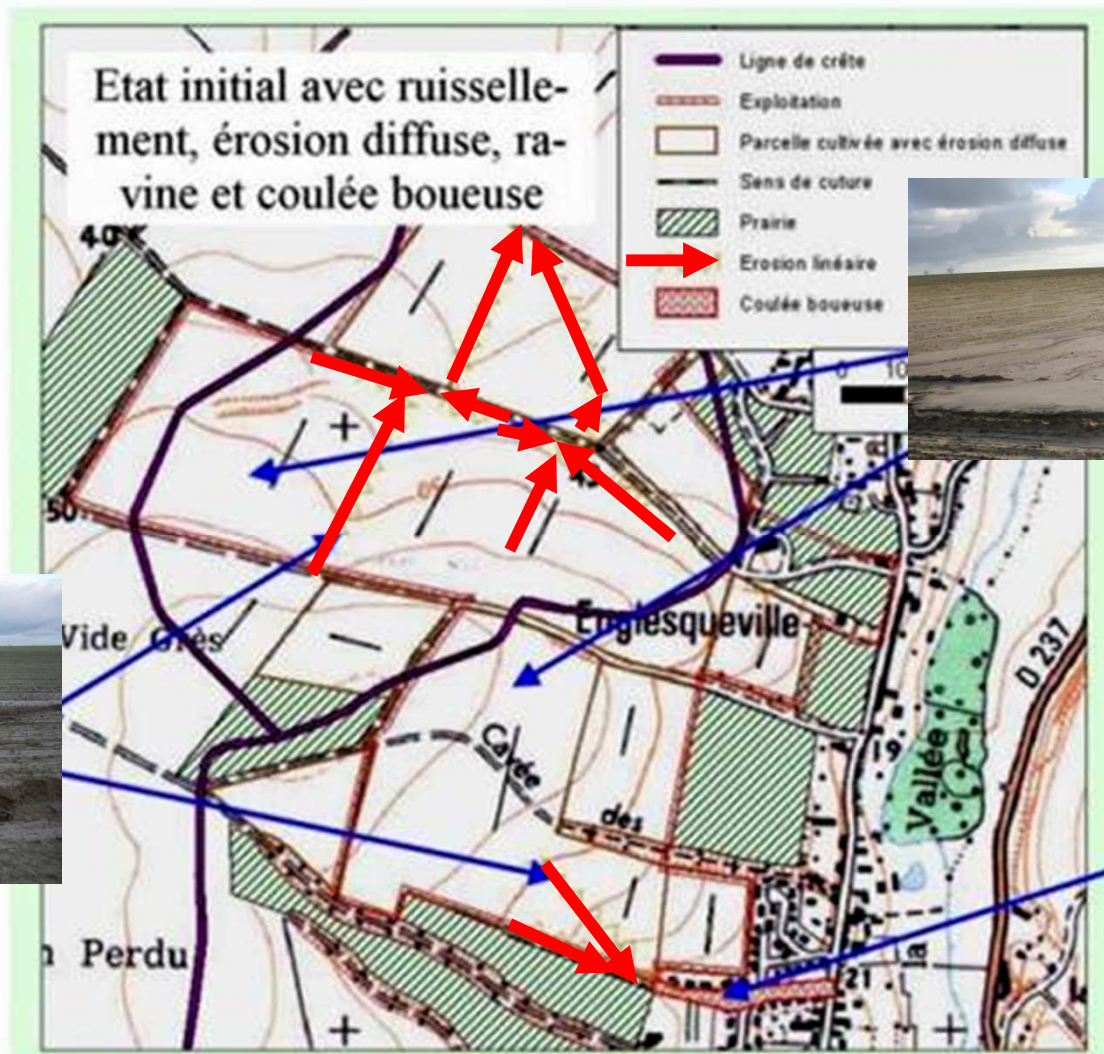


Les barrages en vallée sèche

→ Que si on a maîtriser l'érosion et la sédimentation en amont



Exemple d'action réalisée sur une exploitation en limon battant : diagnostic



Erosion diffuse



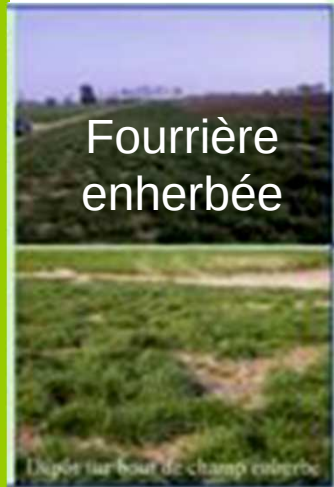
Erosion linéaire



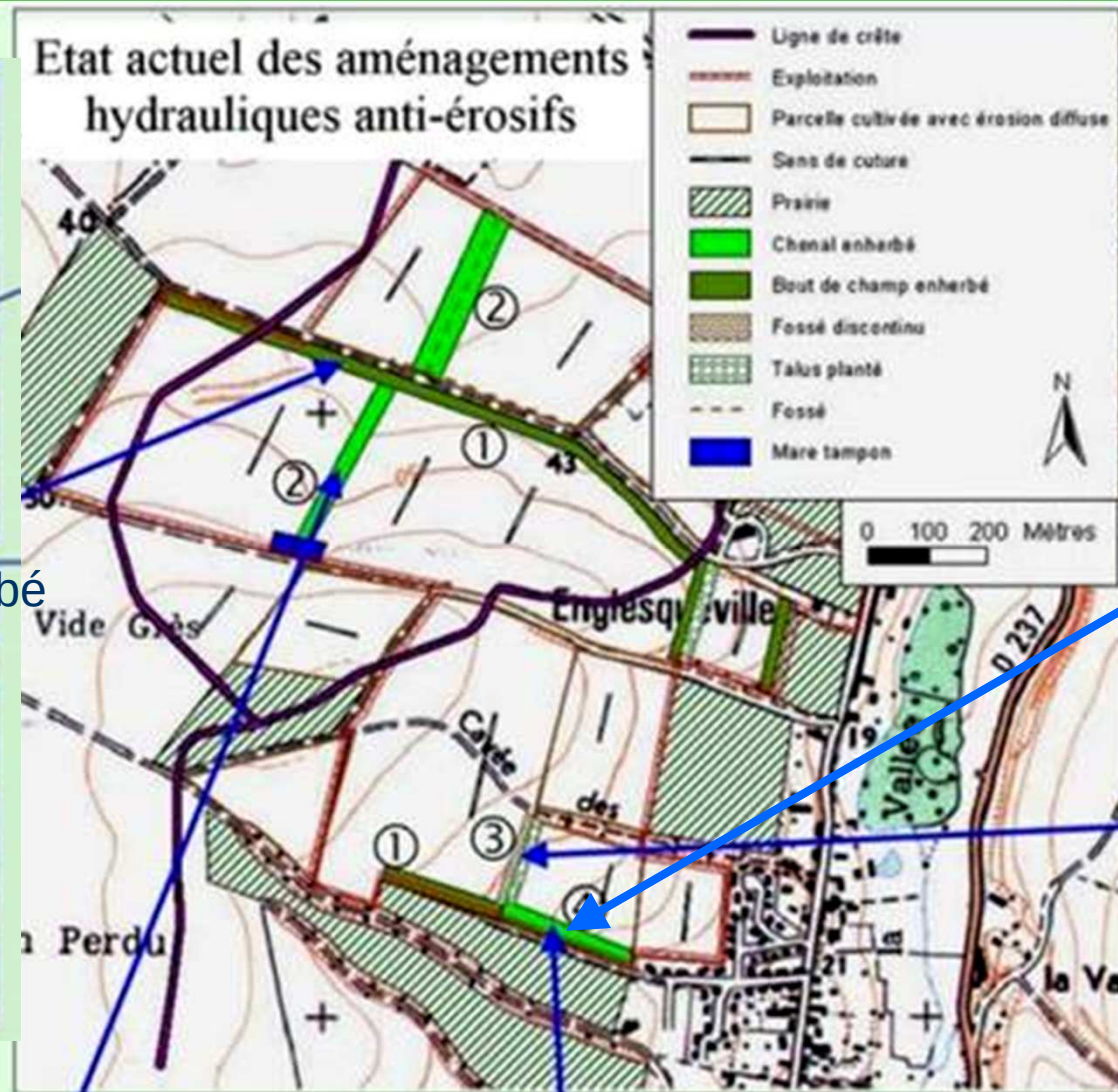
Coulées de boue



Exemple d'action réalisée sur une exploitation en limon battant : Aménagements



Chenal enherbé



Chenal enherbé



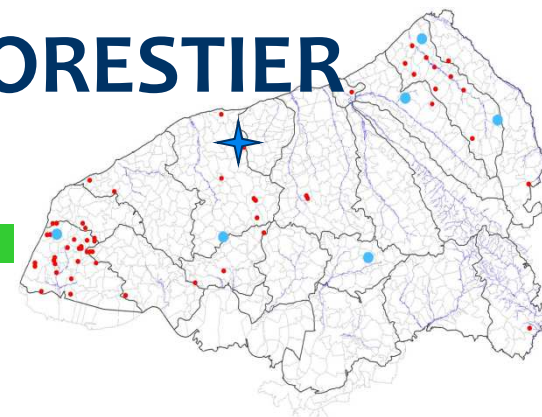
Fossé à redents





Les Trophées de l'hydraulique douce

Benoist et Elisabeth LEFORESTIER
(Sainte Colombe)



Portrait de l'exploitation :

- ❖ **Surface exploitée** : 110 ha dont 5 ha d'herbe
- ❖ **Type d'exploitation** : Cultures industrielles et élevage de poulettes prêtes à pondre

L'hydraulique douce sur l'exploitation

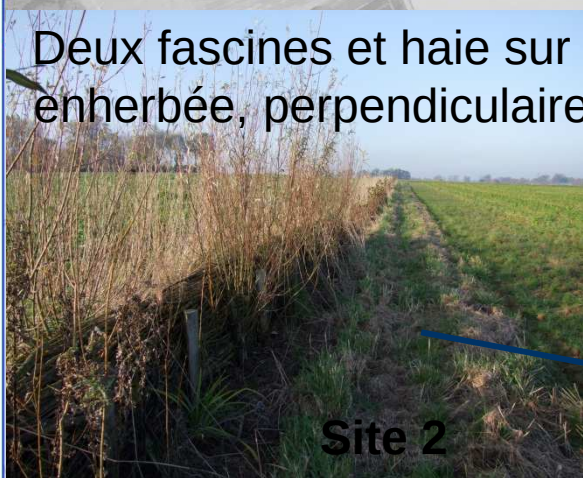
Type d'aménagements	Nombre	Linéaire	Année de réalisation
Haie d'infiltration	2	700 m	2009-2010
Fascine	2	60 m	2009
Bande enherbée	7	2,9 ha	1994-2000-2005-2010
Talus – merlon	4	50 m	
Autre : saules en TTCR	1	1 ha	2009

TROPHÉES DE L'HYDRAULIQUE DOUCE 2012

• Dossier individuel : Benoist et Elisabeth LEFORESTIER



Deux fascines et haie sur une bande enherbée, perpendiculaire au talweg



Site 2

LE MESNII

Site 3

Talweg enherbé, avec talus busé à l'aval



DROSAY

SAINTE-COLOMBE

SAINT-VALÉRY-EN-CAUX

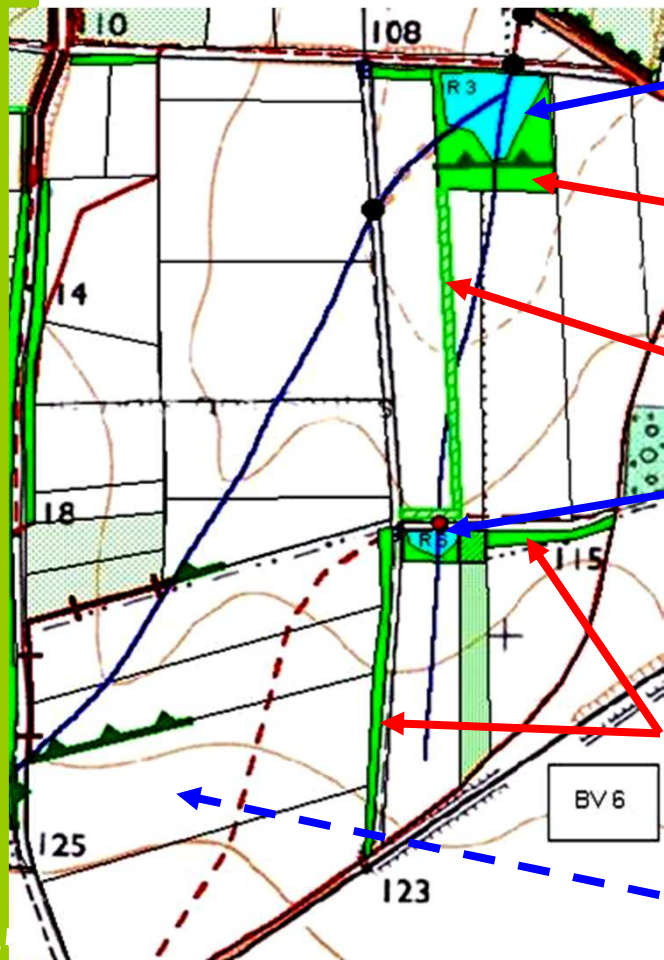
Remise en herbe avec saules en TTCR dans le talweg, à l'amont d'un ouvrage hydraulique



Fourrière aval enherbée et remise en herbe à l'amont d'un ouvrage hydraulique



Principes d'actions préventives sur le territoire.



5- Aval: Réduction des débits : ouvrage de laminage de crue.

4- Réduction des transferts de charge solide (MES) : Haies denses, Fascines.

3- Médian: Aménagement sur talweg anti-érosif et pour ré-infiltrer

2- Amont: Mares tampons pour collecter les eaux de voiries et guider le Qf en un point précis

1- Amont: Bandes enherbées de bout de champs pour filtrer et infiltrer

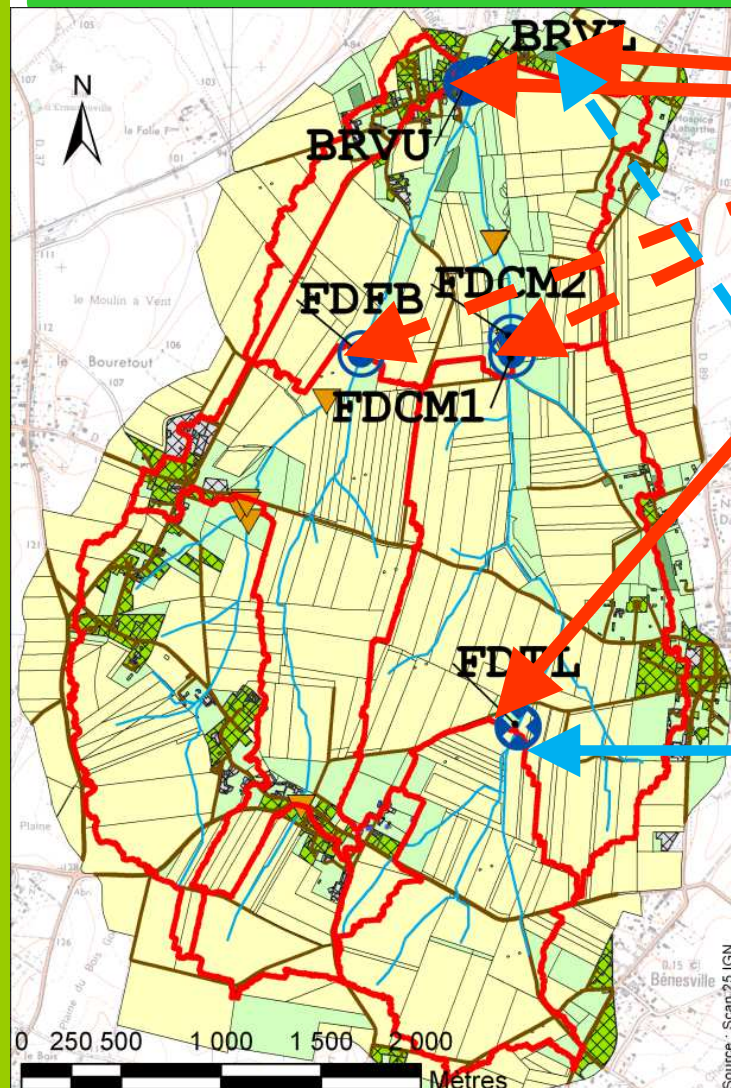
0 - Pratiques culturales moins ruisselantes sur tous les champs



Impact de la distribution spatiale des zones tampons dans le BV (Ex résultats d'étude modélisation BRGM)

Pluie de 40 mm en 4h	Réduction de charge solide	Remarques.	
Scénario N°1	Moy : 69 %	60% des points de contrôle dont l'efficacité > 80%, mais avec 30% des points < à 20%.	<u>scénario N°1 :</u> ➤Amont : Chenaux enherbés twg, sur 0,3% de la surface agricole, soit 15 Ha cumulés. ➤ Aval : Fascines tous les 500m = densité de 0,6/ km² (ou 50-70 ha de TL) ;
Scénario N°2	Moy : 84 %	60% des points de contrôle dont l'efficacité > 80%, mais tous les points sont ≥ à 50%.	<u>scénario N°2 :</u> ➤Amont : Fascines tous les 500m = densité de 0,8 / km² (ou 50-60ha de TL) ; ➤Aval : Chenaux enherbés twg, sur 0,3% de la surface agricole, soit 14 Ha.

Instrumentation et points de mesure



points de mesure
types de suivi

● débits
● débits et qualité

□ bassins
▲ bétail
— thalwegs

occupation du
2012

■ cultures
■ herbe (p)

■ bois
■ mare

■ bâtiments

■ maison et jardin

■ chemins et routes

• Les débits suivis en 5 points

• La qualité de l'eau suivie en 3 points

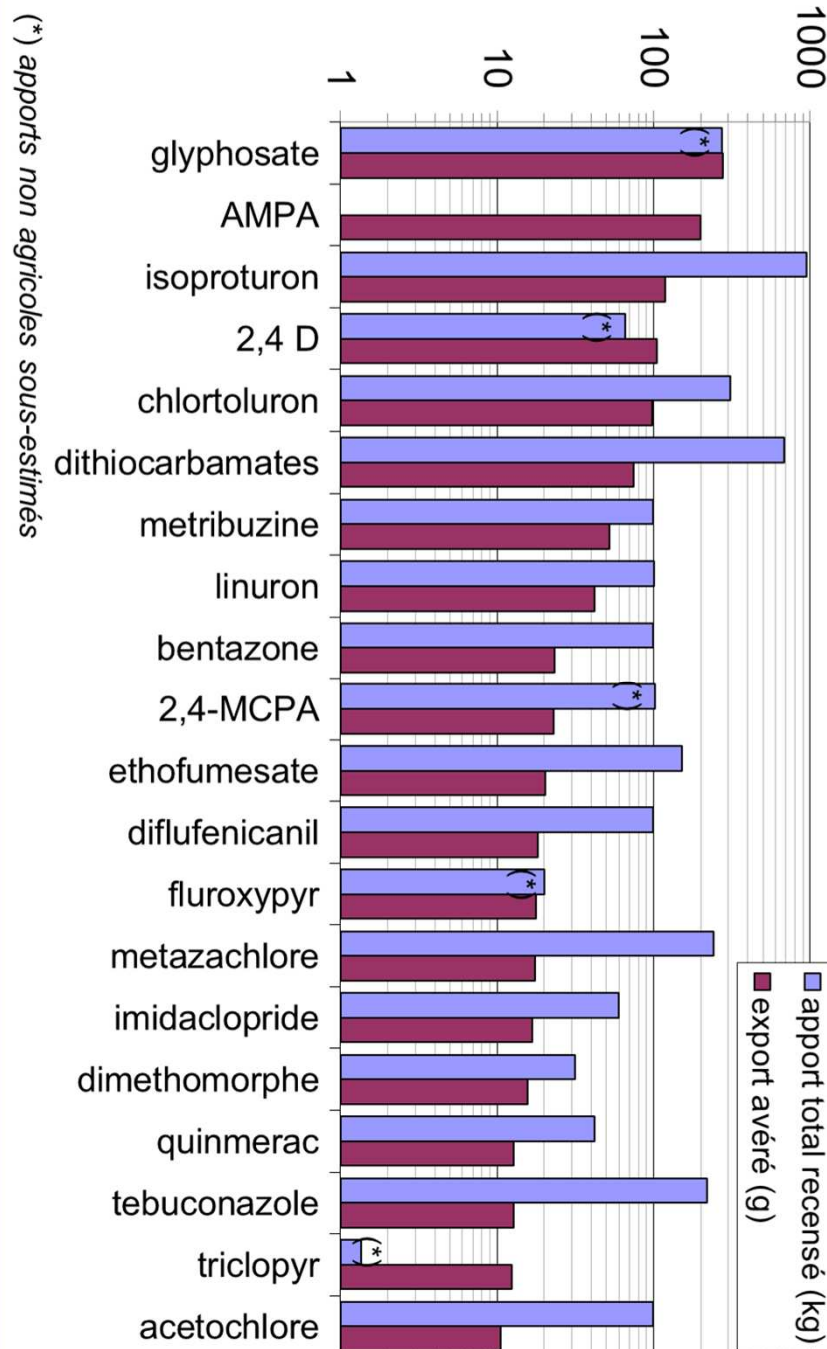
- ❖ à l'exutoire du bv (BRVL 1054 ha)
- ❖ sur sous-bv agricole (FDTL ha)
- ❖ sur sous-bv urbain (BRVU ha) (double préleveur en // asservi au débit)

• Une station météo complète

- ❖ Conditions atmosphériques
- ❖ Conditions du sol

Quantités transférées

- Apports et exports cumulés sur 6 ans à Bourville.



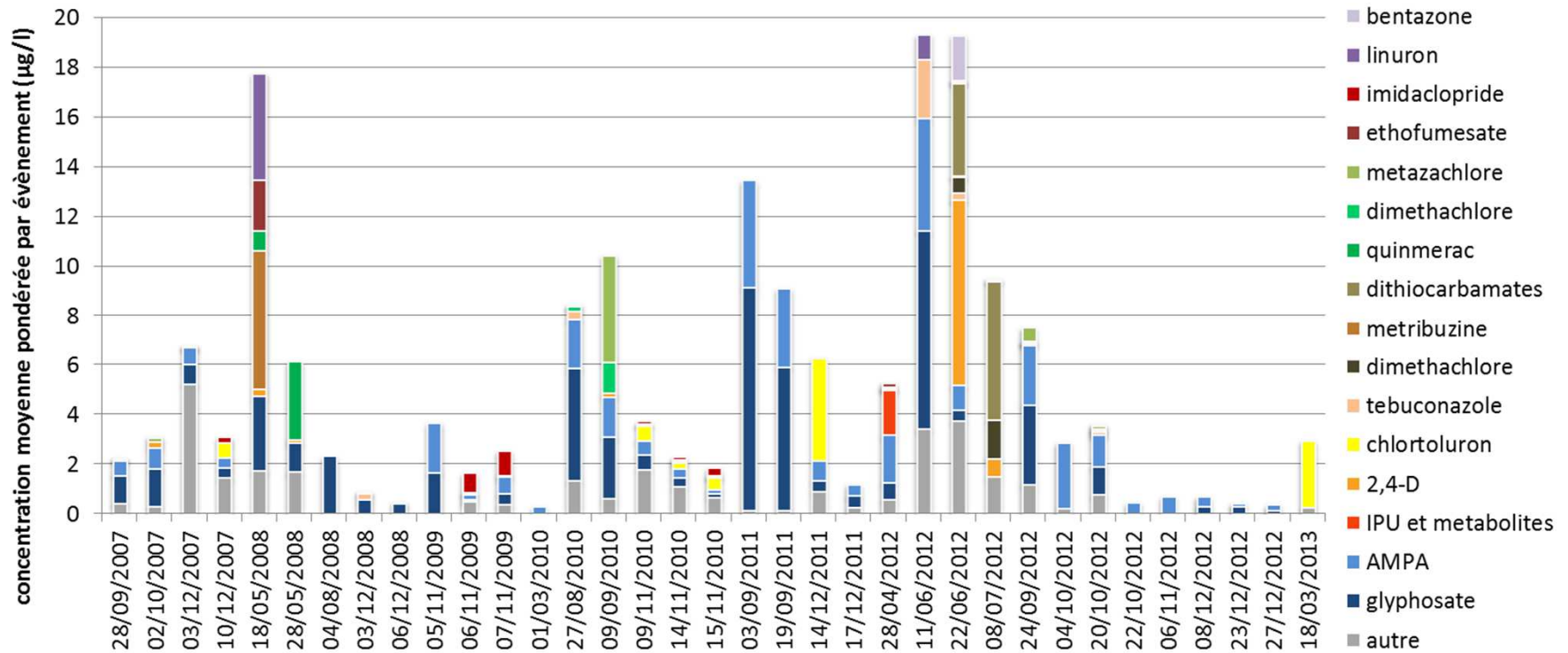
ATTENTION :

Ces résultats sont liés à l'occupation du sol de Bourville.

Il ne sont pas transposables en l'état !
Ne Retenir que la liste des produits.

Concentrations cumulées

- BRVL, eau brute, concentrations moyennes pour les 35 événements



Voir les fiches à destination des agriculteurs



PRINCIPAUX AMENAGEMENTS D'HYDRAULIQUE DOUCE

Type d'Aménagement				Efficacité / évènement d'occurrence F10				
				Erosion de versant	Erosion linéaire par R concentré	Sédimentation (MES; P ₂ O ₅)	Infiltration (Phyto; MES)	Laminage
Hydraulique rapprochée : réduction de l'érosion, ralentissement des écoulements, augmentation de l'infiltration et de la sédimentation	Mesures herbe	Bout de champ enherbé			5	5	4	
		Talweg enherbé			5	4	3	2
		Cunette enherbée, noue			5		2	
	Mesures Linéaires	Fascine				4	1	1
		Haie vive				4	2	3
	Mesures infiltration surfacique : herbe ou bois	Prairie de versant	5				5	
		Prairie d'infiltration et de sédimentation		5	4		5	2
		Boisement d'infiltration	5		2		5	1
	Mesures de ceinturage et de stockage	Gabion		5	1			
		Fossé simple		5	1	1		
		Fossé à redents		5	4	3		
		Fossé de ceinturage		5	1	1		
		Talus simple		3	3	1	1	
		Talus busé		3	4	2	2	
		Fossé-talus type cauchois		5	3	2	2	
		Diguette - Pli cultivable		2	4	1	2	
		Mare tampon		2	4		2	

Echelle d'appréciation
1 : 0 - 20% d'efficacité
2 : 20 - 40% d'efficacité
3 : 40 - 60% d'efficacité
4 : 60 - 80% d'efficacité
5 : 80 - 100% d'efficacité



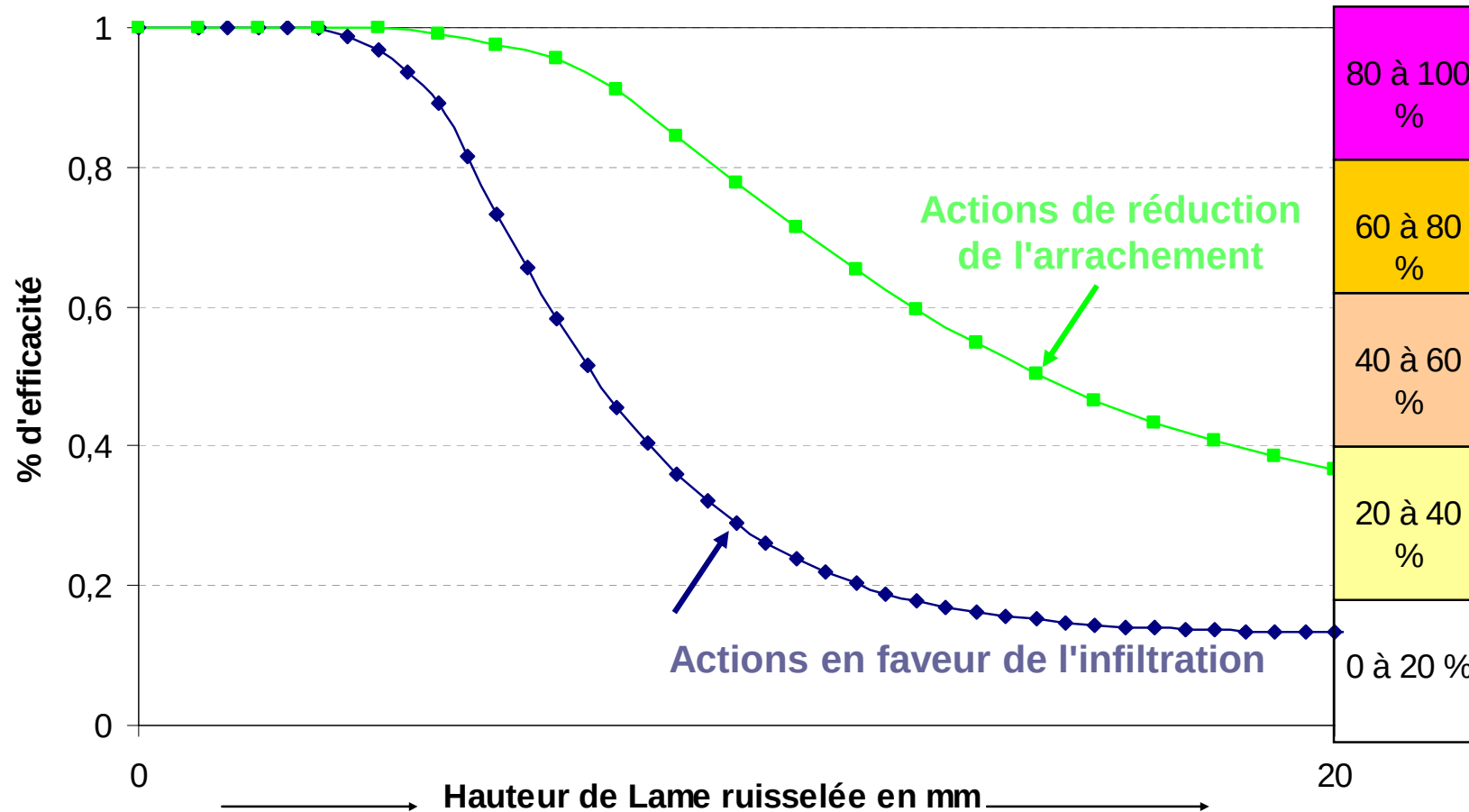
4 principes sont recherchés la gestion des eaux

- ① Avoir une cohérence d'ensemble : **bassin versant**
- ② Gestion collective / **Solidarité** de bassin versant
- ③ Privilégier les actions avec peu de (ou sans) coûts et peu d'entretien
- ④ Faire du préventif / curatif

L'efficacité générale dépendra de la :

- ⇒ Continuité entre les différents aménagements,
- ⇒ Réflexion à l'échelle du bassin versant jusqu'à son exutoire final.

Efficacité décroissante des actions d'hydraulique douce





Aménagements sur le bassin versant.



GREENOTEC
6-01-2015



Merci de votre
attention