



Restauration des cours d'eau en tête de bassin versant

Mikaël Le Bihan - Direction Bretagne, Pays de la Loire de l'AFB



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

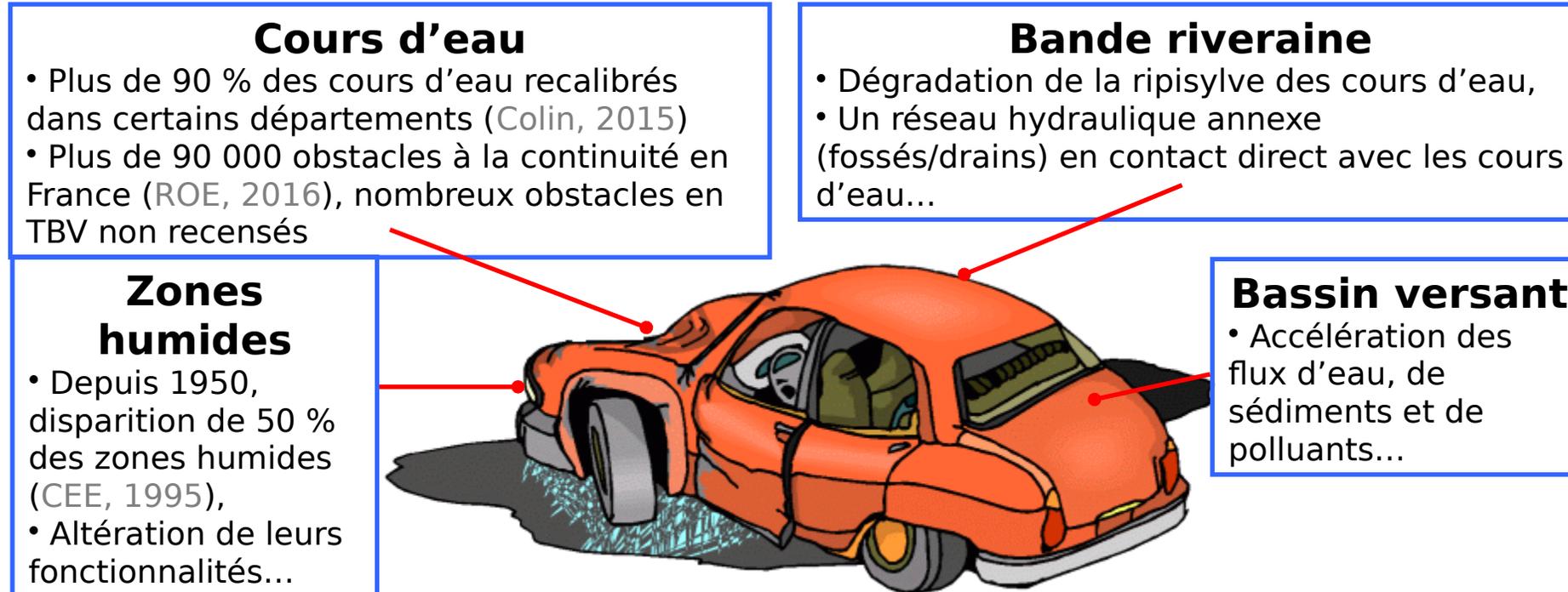
1 Décembre 2017

**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**

ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

L'état des têtes de bassin versant justifie t'il de les restaurer ?

- **Des têtes de bassin présentant des états très variés** : Du **très bon état écologique** au **mauvais état écologique** ...



Des indicateurs de fonctionnement dans le rouge sur certaines masses d'eau

L Physico-chimie **L** Biologie **L** Hydromorphologie **L** Hydrologie

Vulnérabilité aux pressions des têtes de bassin versant

● Critères de vulnérabilité

- Petit gabarit (CE) ou petite superficie individuelle (ZH)
- Intermittence des écoulements
- Forte probabilité de rencontrer des activités humaines
- Milieux facilement « aménageables »
- Définition réglementaire souvent remise en cause
- Difficulté d'accès, cartographie non exhaustive
- Intérêt halieutique (nombre d'espèces et taille des individus)



Résultats : des services écosystémiques non durables et altérés

Eau potable

Lutte contre les crues

Santé publique

Agriculture

Ressource pour l'industrie

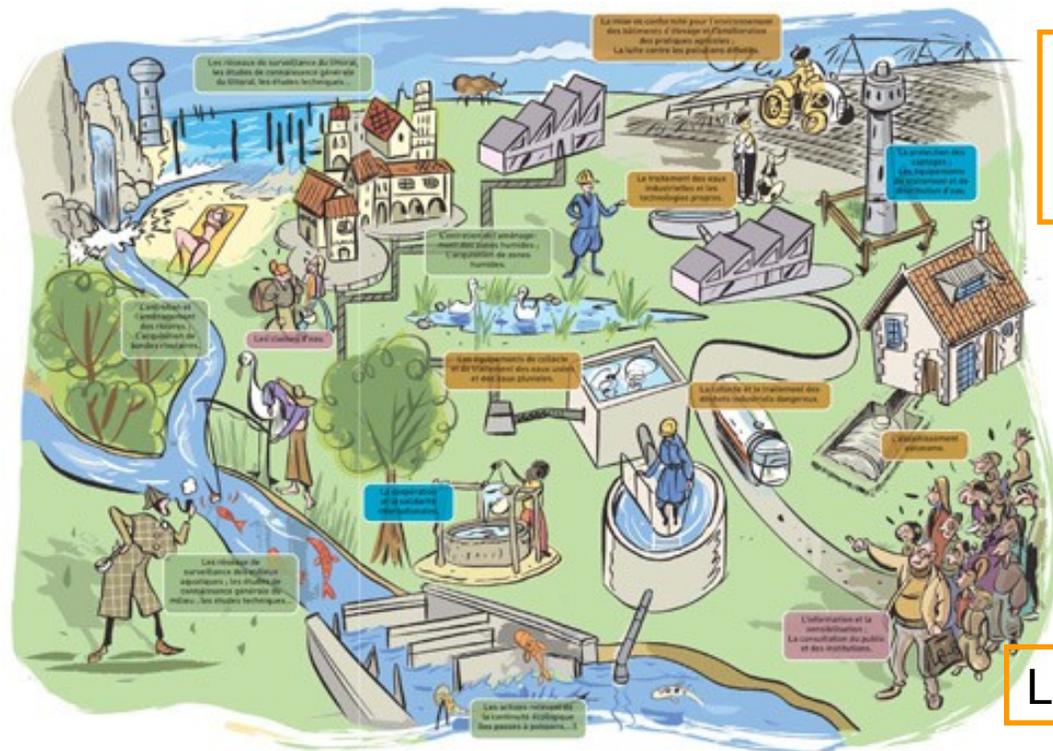
Biodiversité

Refroidissement pour l'industrie

Pêche

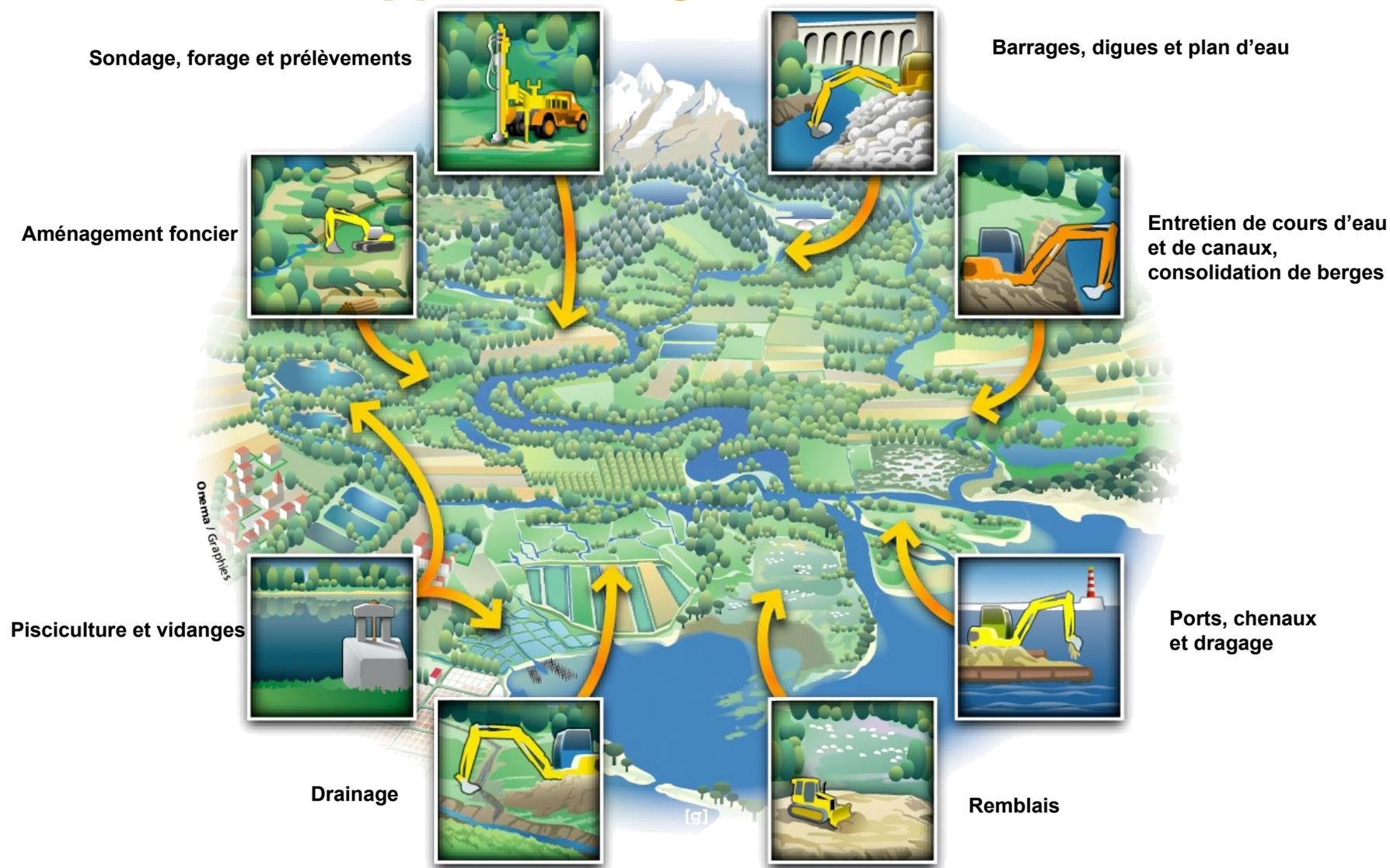
Activité forestière

Loisirs aquatiques



Un coût économique durable pour la collectivité !

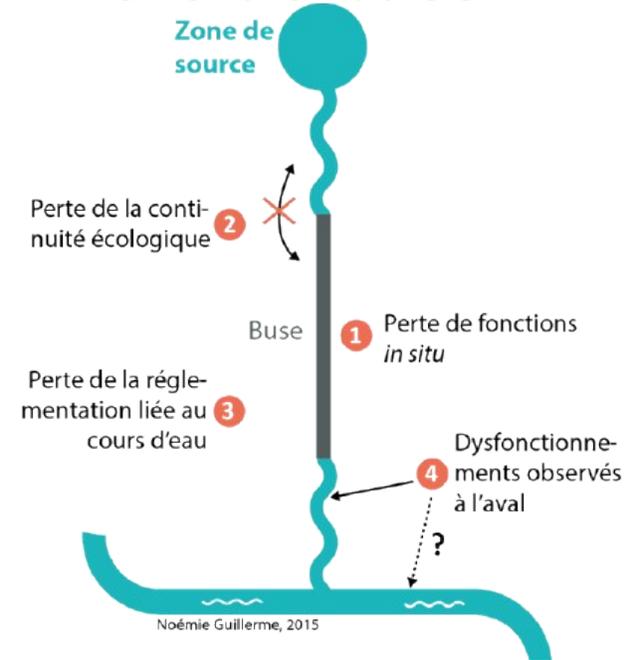
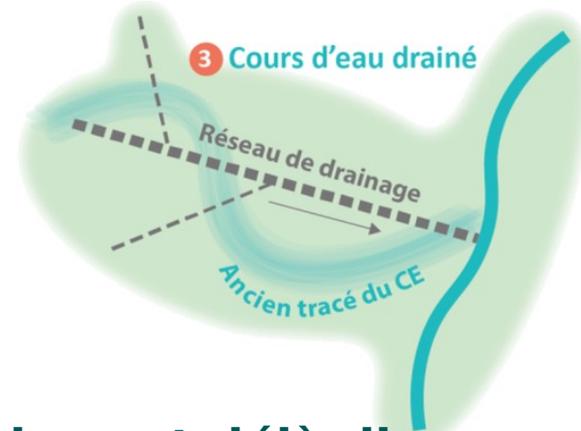
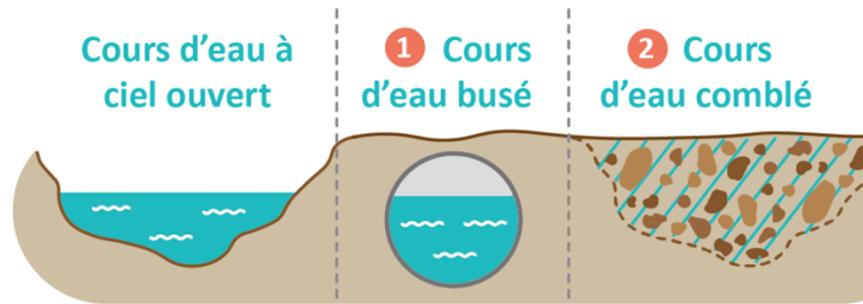
Avant la restauration : Stopper les dégradations en tête de bassin versant





On d'enterrer les cours d'eau et zones humides en tête de bassin

- **L'enterrement des cours d'eau correspond au plus haut niveau de dégradation de l'hydromorphologie des cours d'eau** (Le Bihan, 2009 ; Mathieu, 2010 ; Goron, 2012 ; Guillaume, 2015)



- **50% des zones humides ont déjà disparus**

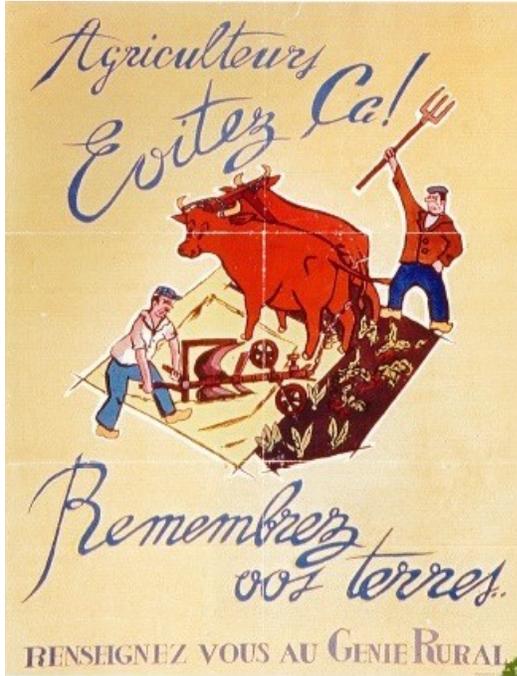
- ✓ Essentiel de stopper la régression des zones humides
- ✓ Difficultés à préserver les zones humides de petites dimensions individuelles
- ✓ Mesures compensatoires compliquées pour retrouver une fonctionnalité équivalente



Le Bihan, 2012

Déconstruire la vision purement hydraulique d'aménagement des têtes de bassin versant. Construire dans le temps une nouvelle démarche

Remembrement



Drainage



Années 1950- 1990



1992

2000

2006

2015



D'une **vision purement hydraulique** à une **vision éco-hydraulique** du fonctionnement des bassins pour permettre la conciliation entre le bon état écologique et les activités humaines.

Principe de la restauration en tête de bassin

« **La restauration écologique** est une action qui introduit ou accélère le rétablissement d'un écosystème qui a été dégradé, endommagé ou détruit, en respectant sa santé, son intégrité et sa gestion durable » (Society for Ecological Restoration, 2004).

● **Proportionnalité des processus**

✓ Il existe une loi de proportionnalité des processus hydromorphologiques. Malgré leur petite taille, les petits cours d'eau de plaine peuvent *a priori* faire l'objet des **mêmes principes de**



hydromorphologique q

?

=



✓ **Nécessité de restauration proportionnelle aux conditions de référence hydromorphologique** (Maltzvoï, 2007)

Restaurer par rapport à la référence

- Plusieurs approches existent pour rétablir un environnement naturel : soit en **tentant de revenir à l'écosystème tel qu'il était avant ces dégradations**, soit en **créant un nouvel écosystème durable** (Aronson *et al.*, 1995 ; Laugier, 2012).
- Ces deux approches, **aussi différentes qu'elles soient, nécessitent** toutes deux de **disposer dès le début d'une référence** : la référence est la **comparaison et d'évaluation** : la référence

Définition :

« Un écosystème historique, pas ou peu perturbé, représentatif de son environnement naturel local » (Chaves *et al.*, 2006 ; Stoddard *et al.*, 2006 ; Sanchez-Montoya *et al.*, 2009 ; Yates & Bailey, 2009).



Cours d'eau originel



Commune de Lagarde (57)
Orthophotoplan, 2004



Cours d'eau recalibré



Cours d'eau enterré

En l'absence de référence in situ, opter pour les données régionalisées en tête de bassin versant

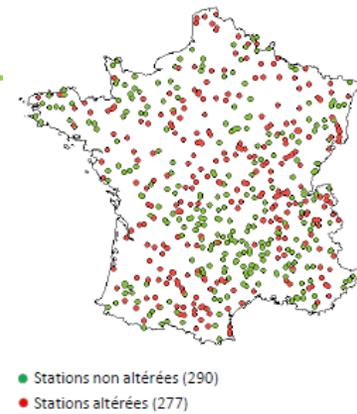
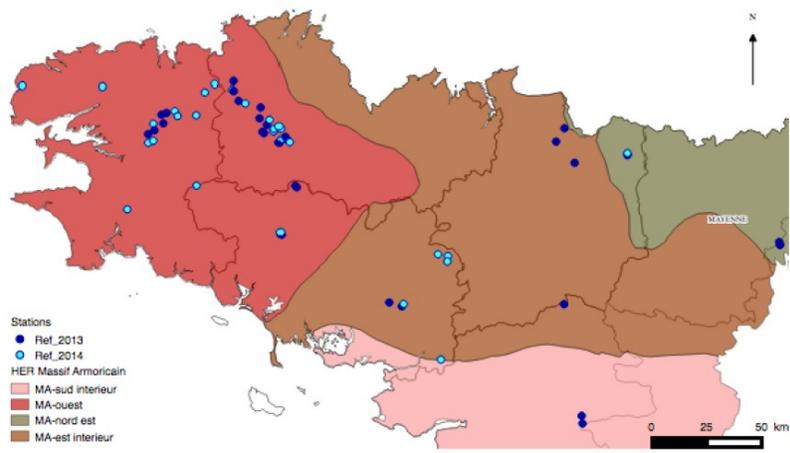
● Ou trouver des stations de référence hydromorphologique à l'échelle du territoire Loire, Bretagne ?



Bretagne, Pays de la Loire
Rang 1 : 55 stations
 (Jan, 2013 ; Bossis, 2014)

Centre, Poitou Charentes
Rang 1, 2, 3, 4 : 26 stations
 Vierron, 2015 ;

Stations de Réf
 CARHYCE
406 stations peu ou pas altérées en



Sur quel compartiments travailler en tête de bassin versant?

Le lit mineur et sa bande riveraine

Les zones humides

Le réseau hydraulique annexe

Les haies / talus

L'occupation des sols (parcellaire et gestion)



Importance du diagnostic : intérêt du double diagnostic

Définition milieu concerné
(cours d'eau, zone humide)

Identification des caractéristiques
de référence



Identification des
interventions humaines subies
(type, époque, emprise, linéaire...)



A l'origine des écoulements ...



Dans des secteurs à faible pente notamment, est-on sur un système cours d'eau ou un système zone humide ?

● Recherche nécessaire de l'historique de la tête de bassin versant :

✓ **Cartographies anciennes** : carte de Cassini, carte d'Etat major, cadastre napoléonien, carte IGN ancienne, carte locale

✓ **Photographie aérienne ancienne** : à partir de 1940

● Diagnostic du sous-bassin versant amont :

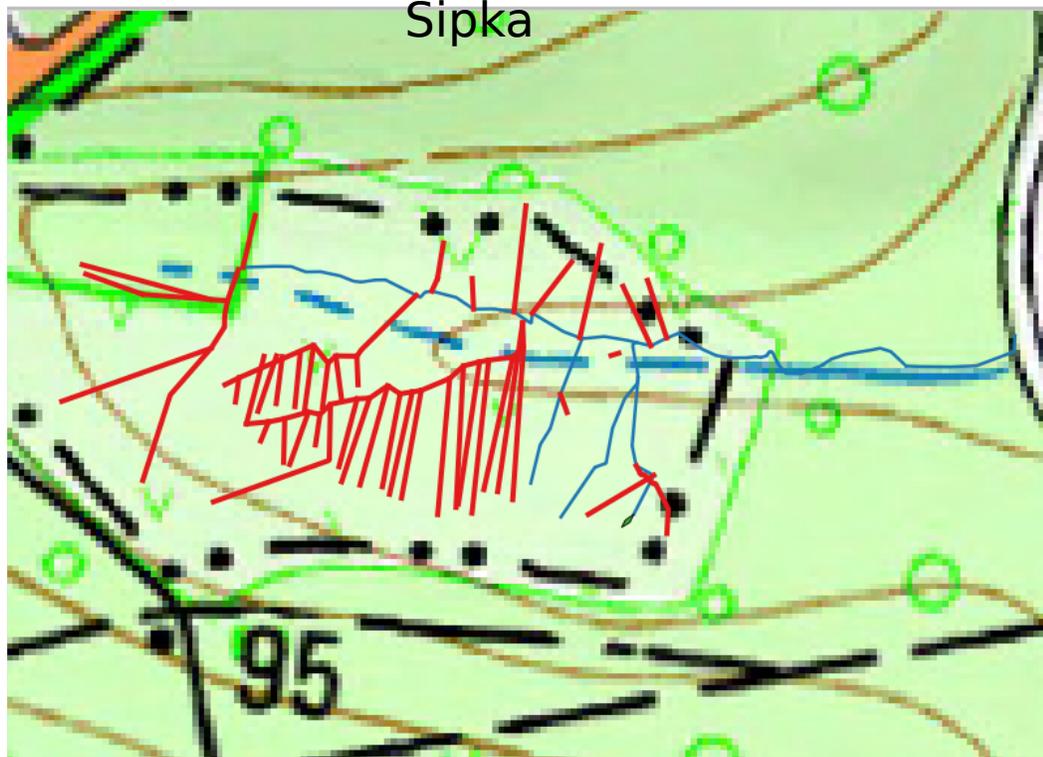
✓ **Photographie infrarouge de l'IGN** (LIFE, 2004-2009)
✓ **Caractéristiques** : superficie amont, forme de la vallée (pente latérale et longitudinale), géologie et nature des horizons de surface

✓ **Indices** : traces éventuelles d'un ancien lit visibles toute l'année ou dans certaines conditions (par temps neigeux, certains stades de développement de la végétation...)

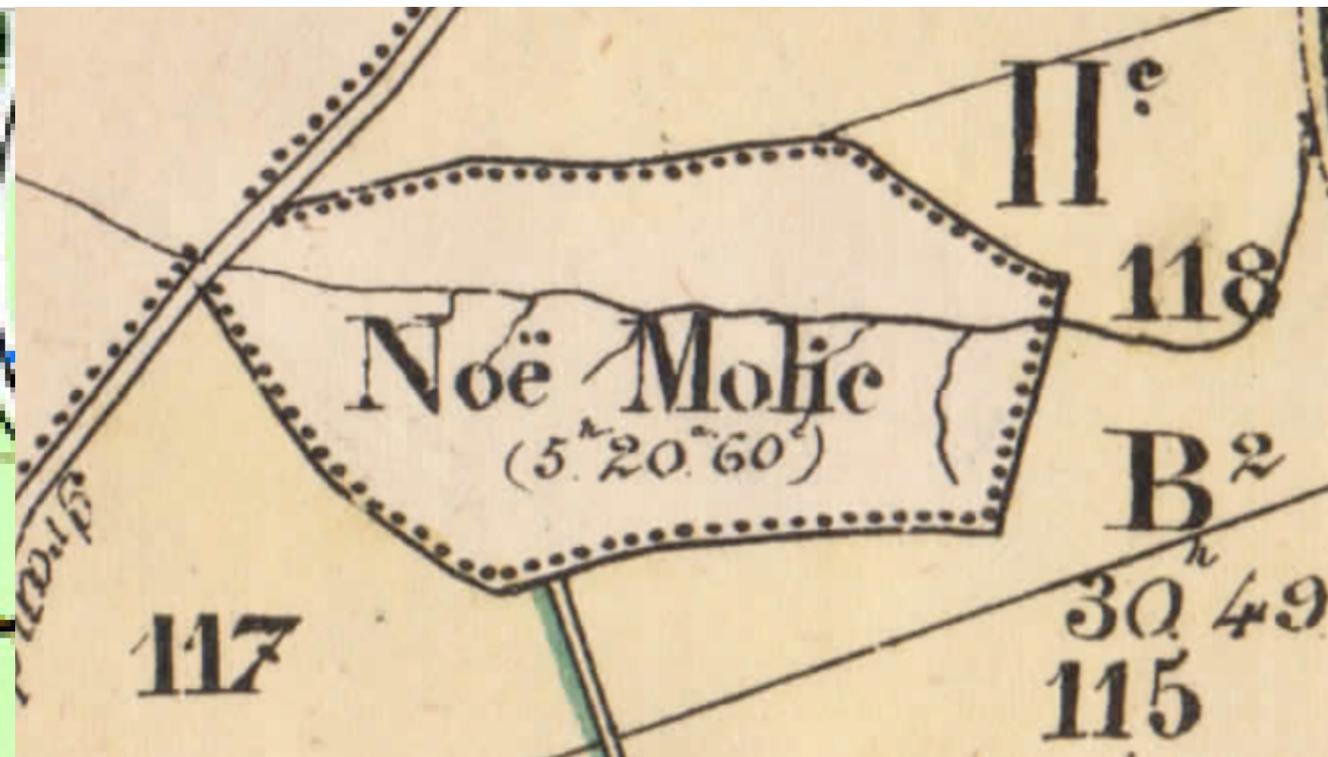
Quelle était la forme du réseau hydrographique ?

● Exemple sur la forêt de Camors (Morbihan)

- ✓ Opération de chenalisation du cours d'eau et drainage par fossés du sous-bassin forestier en tête de bassin versant (rang de Strahler 1) dans les années 1960 - 1970, associée à une plantation de Sipka



Carte IGN (Scan 25 2012)

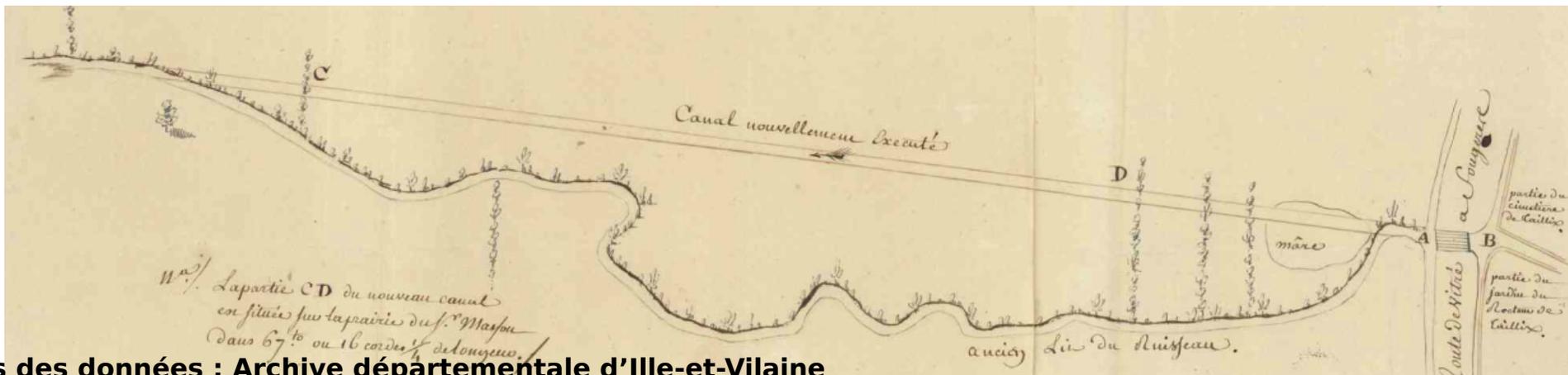


Carte locale 1897

Quelle était la sinuosité d'origine ?

● Détermination de la sinuosité historique

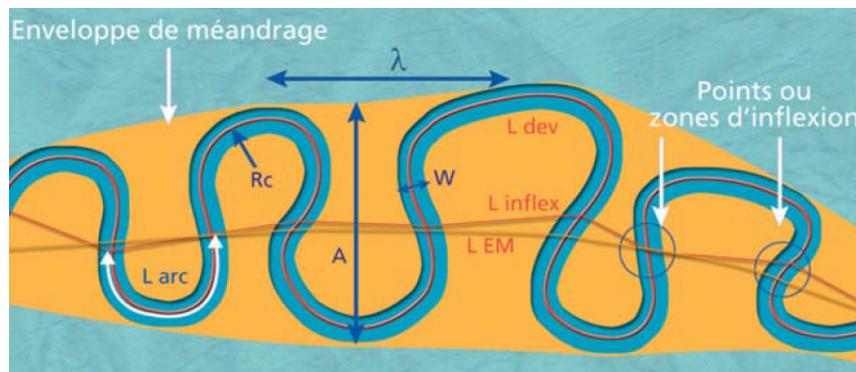
- ✓ Sur cartographies ou photographies aériennes anciennes



Sources des données : Archive départementale d'Ille-et-Vilaine

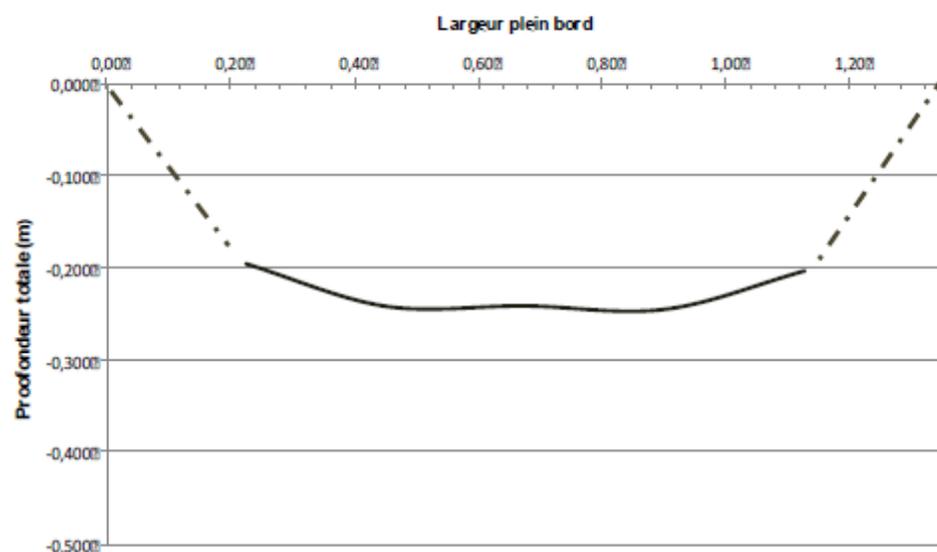
- ✓ Sur le terrain, caractéristiques des méandres :

- coefficient de sinuosité,
- longueur d'onde,
- amplitude,
- rayon de courbure,
- longueur d'arc.



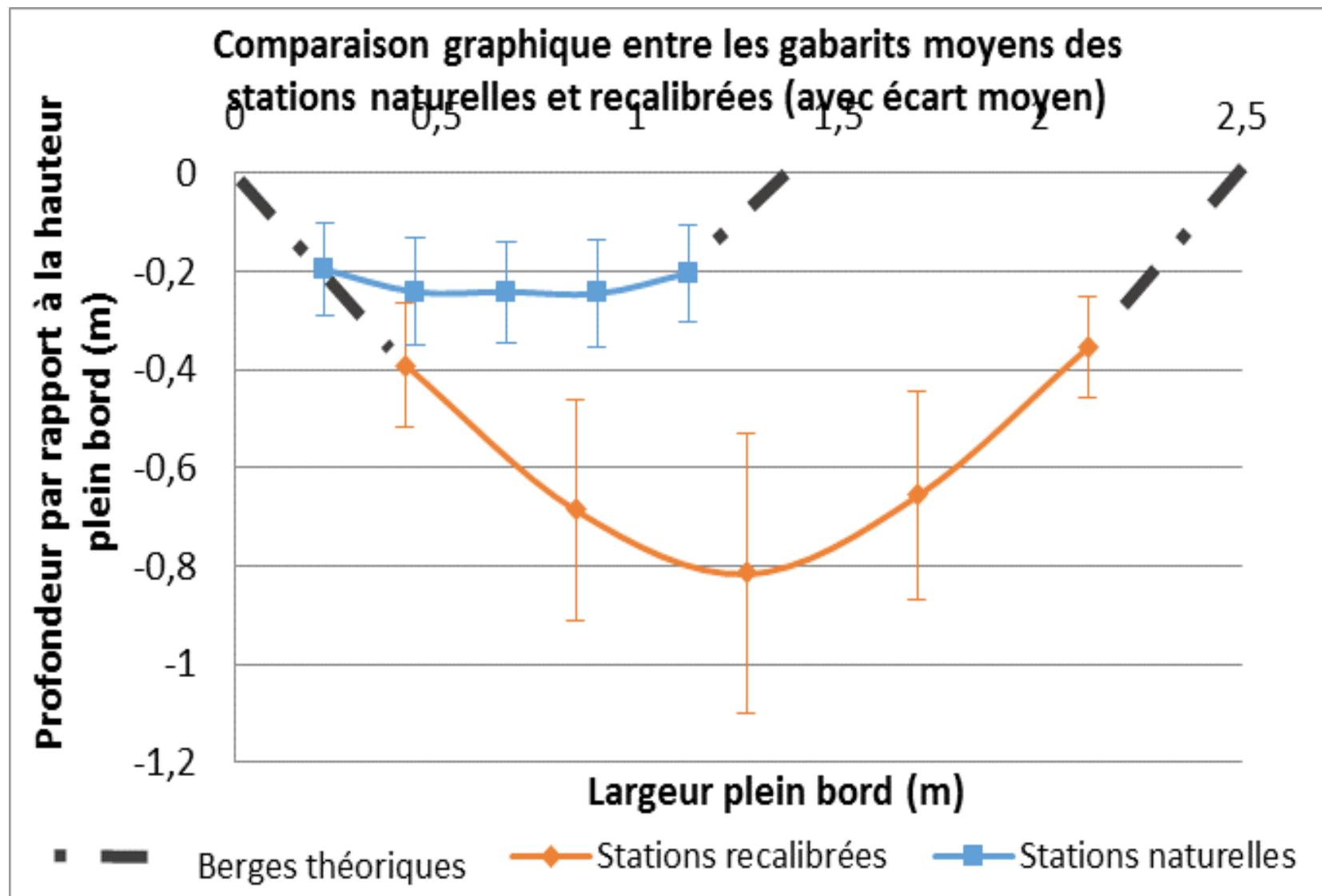
Profil en travers

- **Des lits avec de très petits profils en travers à l'état naturel,** systématiquement plus large que profond et rarement avec des ratios de forme Lpb/Hpb inférieurs à **3/1** (Jan, 2013)



Attention, un surdimensionnement peut entraîner un drainage des zones humides

Travaux hydrauliques : Modifications des profils en travers

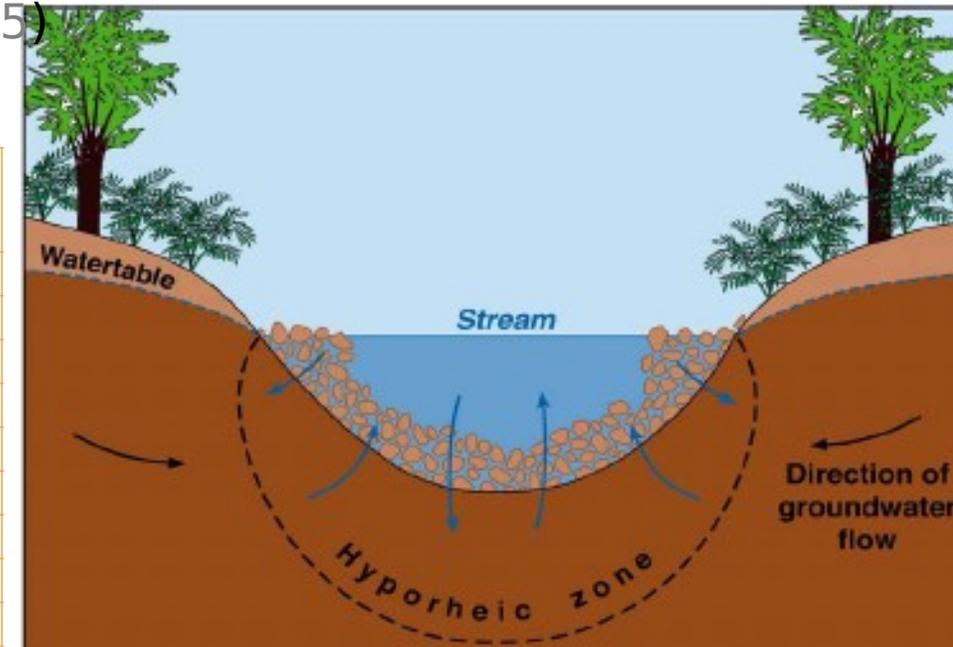


Granulométrie

- **Présence d'une couche d'armure quasi systématique sur les cours d'eau naturels en tête de bassin versant** (Bossis, 2014)
- **Une épaisseur variable selon le type de cours d'eau étudié :**
 - ✓ De 5 à 40 cm en tête de bassin versant (Jan, 2013 ; Bossis, 2014 ; Bouas, 2015)
 - ✓ Quelques soit le faciès, la moyenne de l'épaisseur du matelas alluvial est d'environ 30 cm (Vierron, 2015)
- **La zone hyporhéique, composante à ne pas négliger dans la restauration des**



Nature du sédiment	Diamètre moyen (10 ⁻³ m)	Porosité efficace (%)	Conductivité hydraulique (m/s)	Vitesse d'écoulement pour $i = 10^3$ (m/j)
Gravier moyen	2,5	40	$3,10^{-01}$	63
Sable grossier	0,125	34	$2,10^{-03}$	0,5
Sable moyen	0,250	30	$6,10^{-04}$	0,17
Sable fin	0,09	28	$7,10^{-04}$	0,21
Sable très fin	0,045	24	$2,10^{-05}$	0,007
Sable/vases	0,005	5	$1,10^{-09}$	0,000002
Limon	0,003	3	$3,10^{-08}$	0,000085
Limon argileux	0,01	-> 0	$1,10^{-09}$	0
Argile	0,0002	-> 0	$5,10^{-10}$	0





Faire des diagnostic avant recharge granulométrique

1) Bassin versant amont



- Apports en sédiments fins
- Régime hydrologique (étiage, crue)
- Qualité d'eau

2) Tronçon à restaurer

2.a) Faisabilité de la recharge

- Hauteur et largeur à plein bord
- Pente du fond
- Débit à plein bord



Si pente et/ou débit important



Evaluation du risque d'incision

- Puissance spécifique
- Force tractrice
- Indice de Shield

2.b) Caractéristiques de la recharge

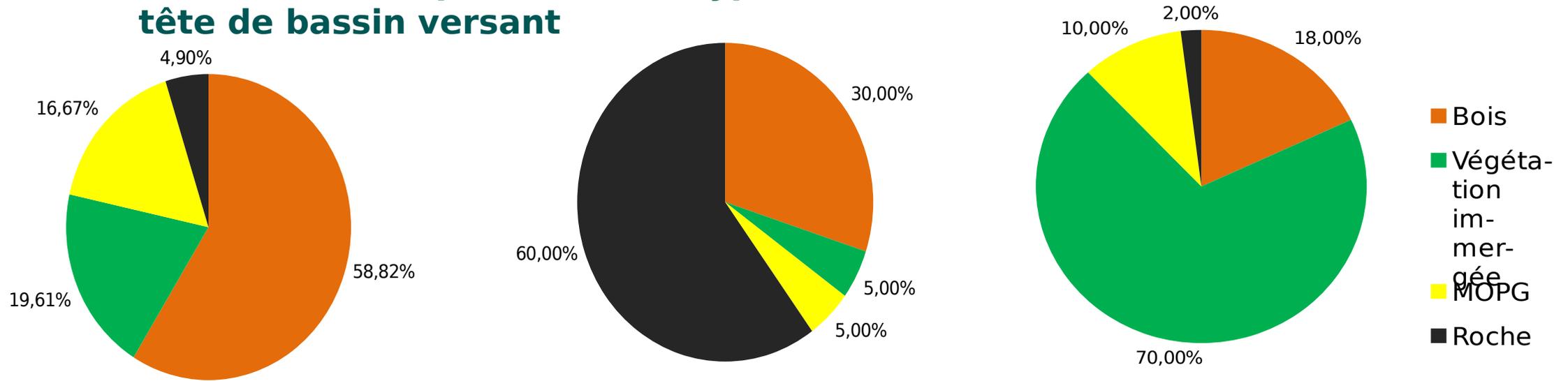
- Hauteur et largeur à plein bord
- Linéaire à restaurer
- Nature géologique de la granulométrie
- Présence, épaisseur, cohésion de la couche d'armure
- D16, D50, D84 sur radier
- Présence de fraction héritée

2.c) Modalités technique de mise en oeuvre

Nature des berges et érodabilité
 Profil en long, succession radier - mouille
 Intermittence possible
 Présence de drainage, seuil, connexion am-av

Etablir des profils typologiques des habitats pour un cours d'eau donné

● Diversité importante des types d'habitats des cours d'eau en tête de bassin versant



● Nécessité d'adapter les techniques de restauration en fonction de ces types d'habitats

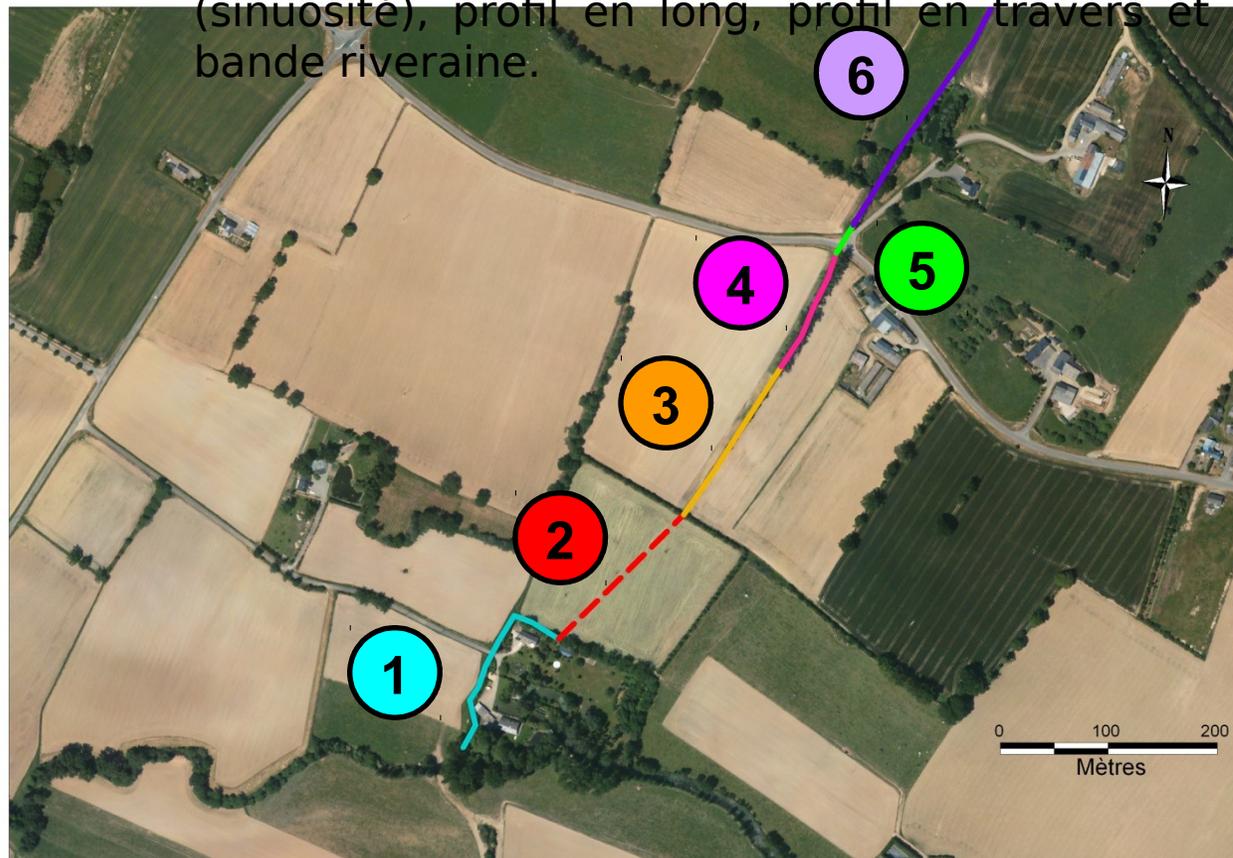


- ✓ Eviter de recréer une nouvelle homogénéité en restaurant des milieux
- ✓ Eviter d'utiliser les mêmes techniques de restauration pour des cours d'eau présentant différents types d'habitat

Diagnostic et restauration à l'échelle de segment

● Segmentation du tronçon à restaurer en segments homogènes

- ✓ **5 critères de segmentation** : position dans le talweg, tracé en plan (sinuosité), profil en long, profil en travers et occupation des sols de la bande riveraine.

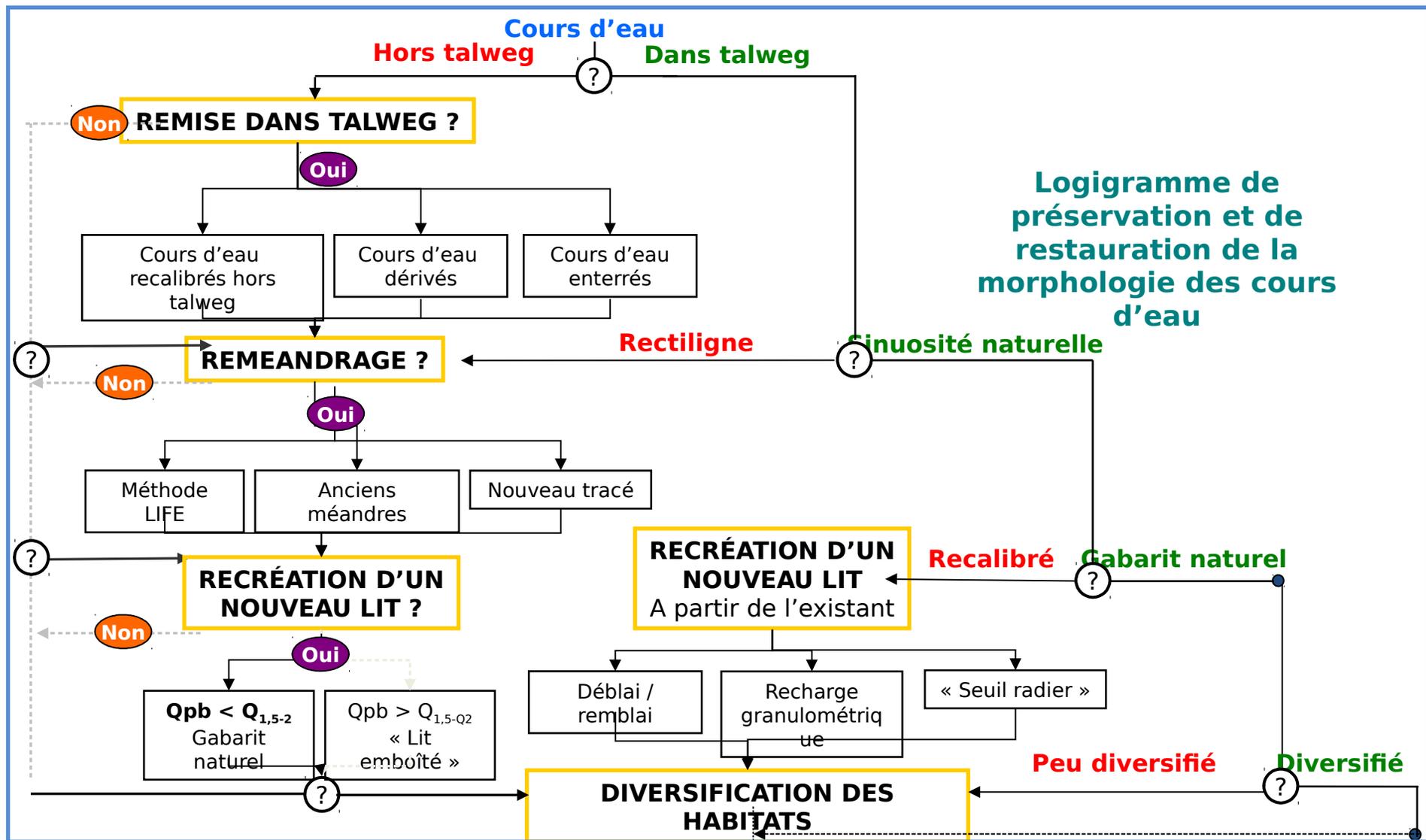


- 1 dérivé, recalibré...
- 2 enterré...
- 3 recalibré, sans ripisylve...
- 4 recalibré, avec ripisylve...
- 5 passage busé...
- 6 recalibré ...

La boîte à outils de la restauration de l'hydromorphologie des cours d'eau

- **Lors du choix des techniques de restauration à utiliser, veillez à :**
 - ✓ Proposer des préconisations de restauration adaptées pour chaque segment homogène
 - ✓ Eviter les solutions toutes faites ou les effets « mode » de certaines techniques
 - ✓ La cohérence des techniques entre les différents segments
 - ✓ Ne pas compromettre des restaurations plus ambitieuses dans les décennies à venir
- **Chaque technique doit être choisi au regard des objectifs, du type de cours d'eau, des diagnostics (état de référence, état altéré), des contraintes...**
- **Intérêt d'utiliser la palette des outils à disposition**





Rappel à la réglementation	Définition d'un espace de fonctionnalité	Sensibilisation pour gérer cet espace
Respect de la Loi sur l'eau	Sensibilisation technique	Maintien d'une ripisylve naturelle et diversifiée
Respect des Zones non Traitées	Intégration dans documents d'urbanisme	Non retrait systématique du bois mort
Respect des Bandes enherbées	Intégration dans les documents de planification	Préservation contre le piétinement

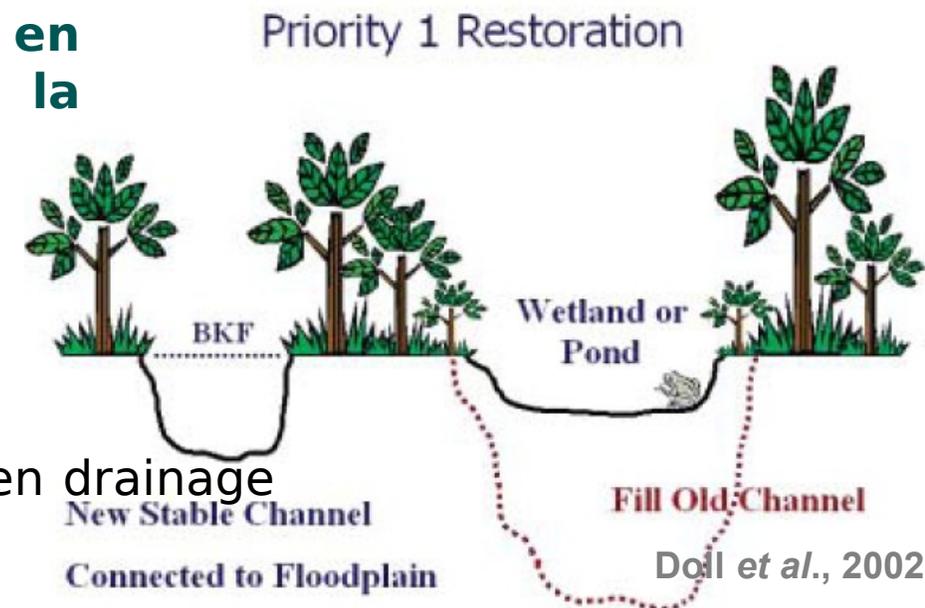


Essentiel d'envisager la recréation d'un nouveau lit

● Au vu du niveau de dégradation des lits en tête de bassin, nécessité de réfléchir à la possibilité de recréer des nouve

● 3 solutions :

- ✓ Remise dans le talweg
- ✓ Recréation d'un nouveau lit en fond de vallée
- ✓ Création d'un lit emboîté (**attention** : maintien drainage ZH)



● En contexte agricole, pour faciliter l'acceptation du projet, intérêt de redessiner légèrement le fond de la





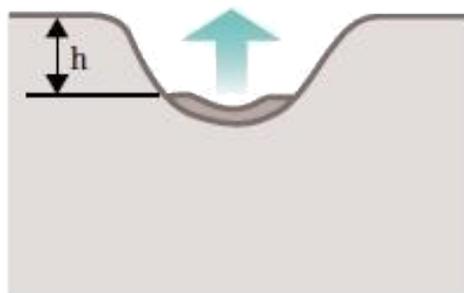
Eviter à tout prix les surdimensionnements du lit



● Intérêt de choisir des outils adaptés à la recréation de « mini » lit

- ✓ Vérification régulière des profils en travers
- ✓ Godet de dimension adaptée

● Un bon dimensionnement du lit permet de limiter les phénomènes d'incision: ~~érosion~~ **érosion latérale**



Mouvement du lit
 H_c = Hauteur de berge critique

Simon (1989) schematic cross sections and longitudinal profile of an incised stream showing features of the five classes of the CEM (Traduit par Le Bihan, 2013)

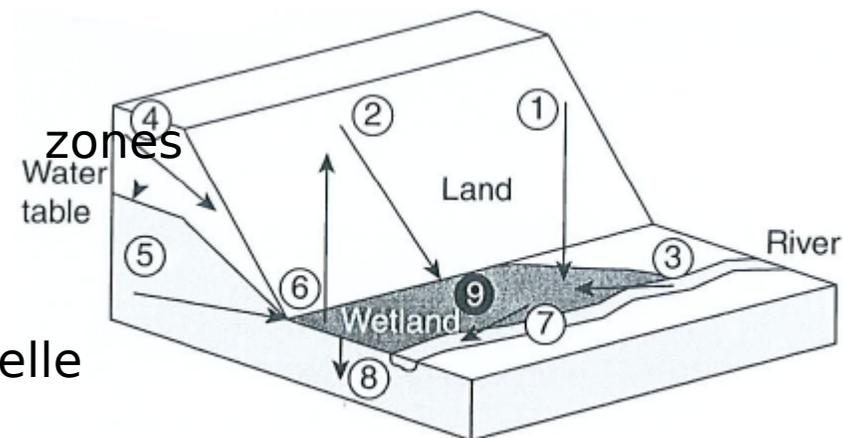
Classe II : Chenalisé ($h > h_c$) **Classe III : Incisé ($h > h_c$)** **Classe IV : Incisé et élargi ($h > h_c$)**



Recréer le « partenariat » cours d'eau - zone humide en tête de bassin

● Redynamiser les relations cours d'eau - nappe - zone humide

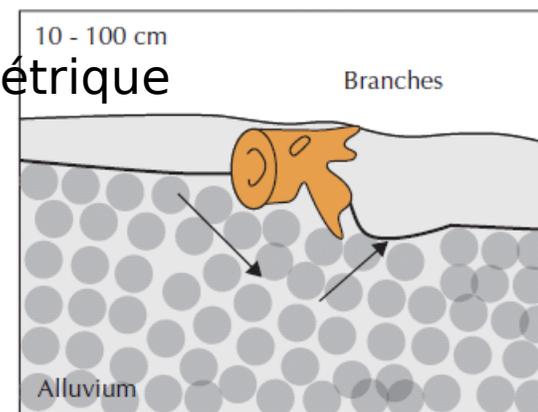
- ✓ Permettre aux cours d'eau de déborder
- ✓ Préserver l'alimentation en eau des zones humides
- ✓ Limiter l'intermittence en tête de bassin
- ✓ Recréer une zone hyporhéique fonctionnelle



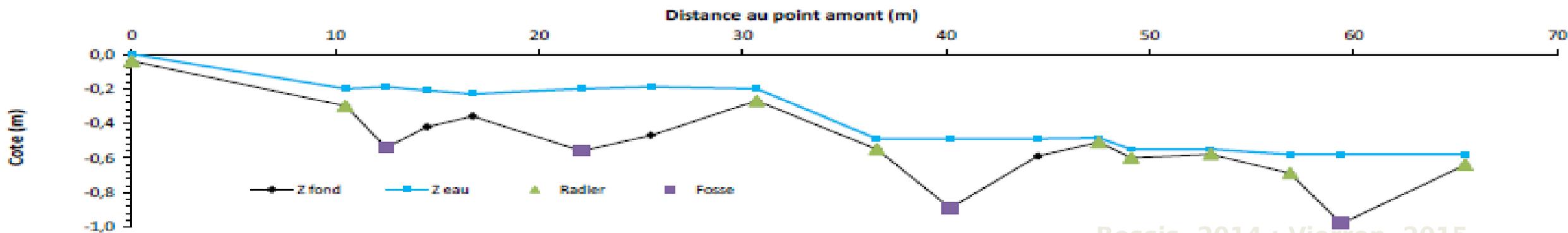
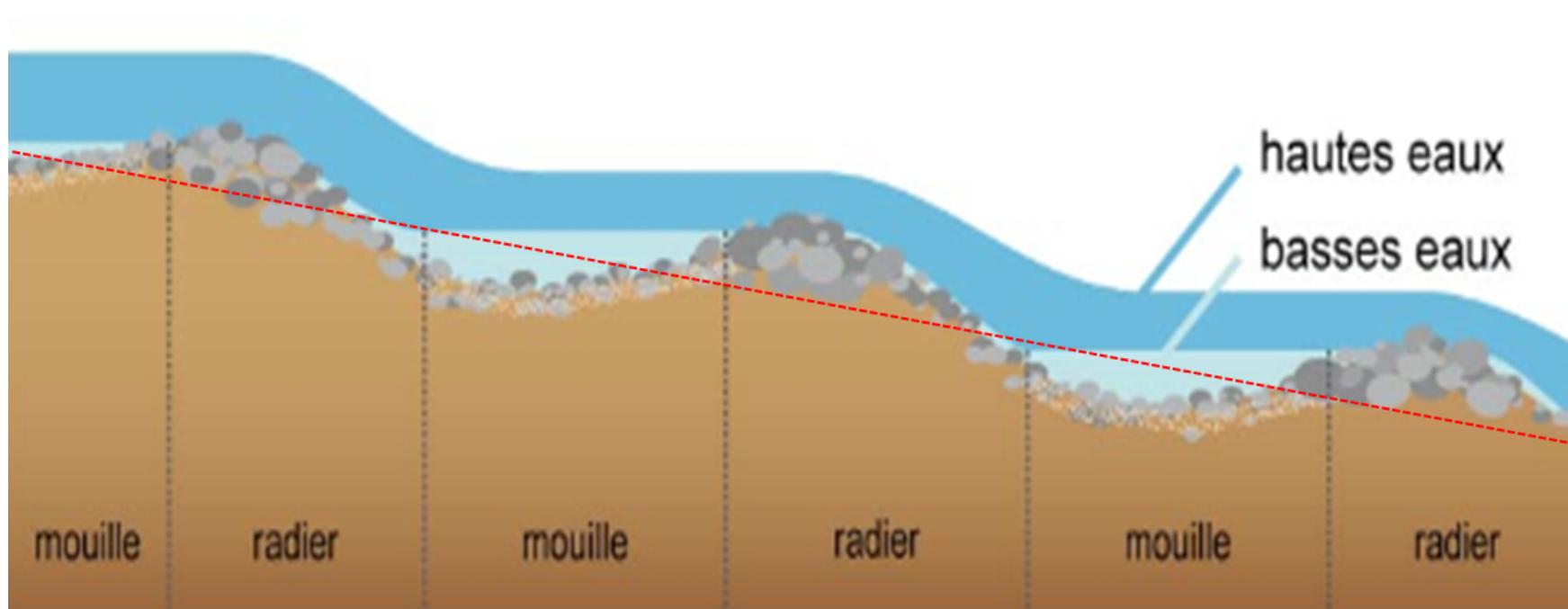
● Comment recréer une zone hyporhéique fonctionnelle ?

- ✓ Le réméandrage et la recharge granulométrique

✓ L'ajout de bois en rivière
Remarque: Alors que plusieurs auteurs ont clairement démontré leur étonnante efficacité dans ce domaine, cela n'est toutefois jamais une mesure appliquée de manière intentionnelle (Kasahara & Hill, 2007)

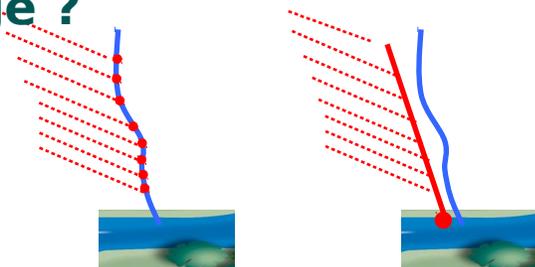


Importance de la succession radier - mouille

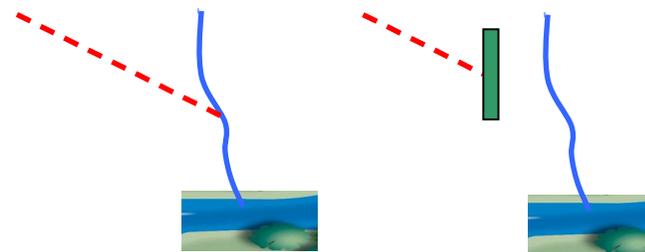


Arriver à restaurer des systèmes drainés

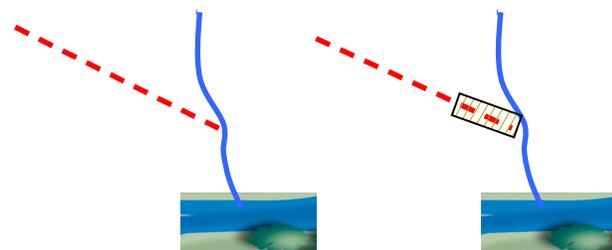
● Comment restaurer un cours d'eau collectant un réseau de drainage ?



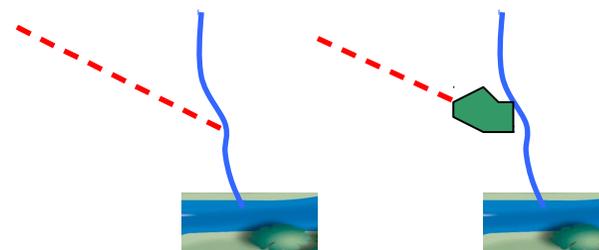
a. Collecteur de drains



b. Fossé aveugle



c. Tranchée infiltrante



d. Bassin tampon



Ces techniques ne doivent pas être utilisées sur des cours d'eau enterrés (nécessité d'une étude préalable)

Redonner aux têtes de bassin versant une capacité à diminuer les inondations

- **A l'état naturel : capacité importante de régulation des inondations**

Une partie de ces cours d'eau a perdu ses capacités à réguler les inondations du fait des travaux hydrauliques des dernières décennies

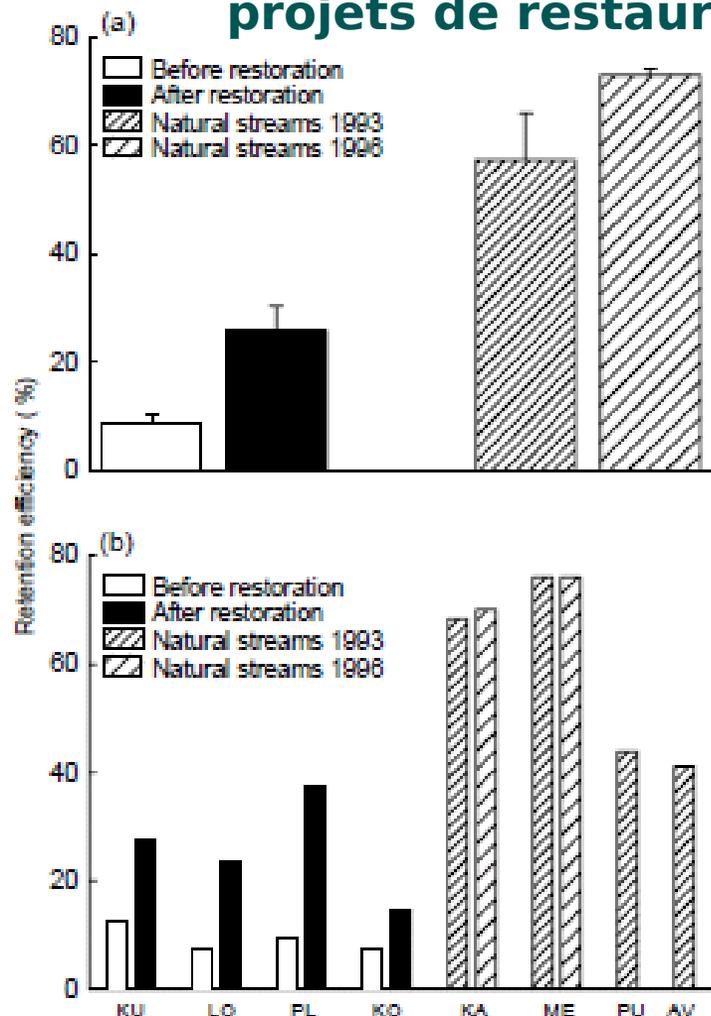


- **La restauration écologique doit être menée parallèlement à la préservation :**
 - ✓ Des zones d'expansion naturelle des crues (zones inondables, zones humides)
 - ✓ Des autres infrastructures naturelles des bassins versants (haies, talus, forêts...)



Chercher à retrouver une rugosité naturelle

● Difficulté à retrouver une rugosité naturelle dans le cadre des projets de restauration



Nécessité de travailler sur les éléments contribuant à la rugosité naturelle des cours d'eau en tête de bassin versant :

- sinuosité,
- variations des profils en travers,
- diversification des faciès d'écoulement,
- présence de bois en rivière,
- présence de granulométrie de classe variée.

Un petit cours d'eau restauré ne doit pas être trop « propre » !

Fig. 1. Retention efficiency (percentage of leaves retained out of 2000; mean \pm 1 SE) of the three stream types (a), and of each study stream separately (b). Streams before and after restoration: Kutinjoki (KU), Loukusajoki (LO), Poika-Loukusa (PO), Kosterjoki (KO); natural streams: Kalliojoki (KA), Merenoja (ME), Putaanoja (PU), Aventojoiki (AV). Sample size is four for each stream type, except for natural streams in 1996 where $n = 2$.

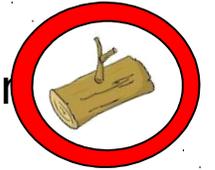
Eviter le retrait trop systématique du bois en rivière

● Il est essentiel de ne **pas enlever systématiquement** le bois en rivière des cours d'eau.

● Les **pratiques d'entretien du lit mineur doivent évoluer** au regard des connaissances nouvelles sur les rôles et fonctions du bois en rivière : intervention **localisée, sélective**, fréquence d'entretien limitée (suite à un **diagnostic adapté**).

● Le **contexte de vieillissement des ripisylves** amène à réfléchir sur les modalités d'entretien et de gestion à appliquer pour favoriser le bon fonctionnement des ripisylves, associées aux cours d'eau.

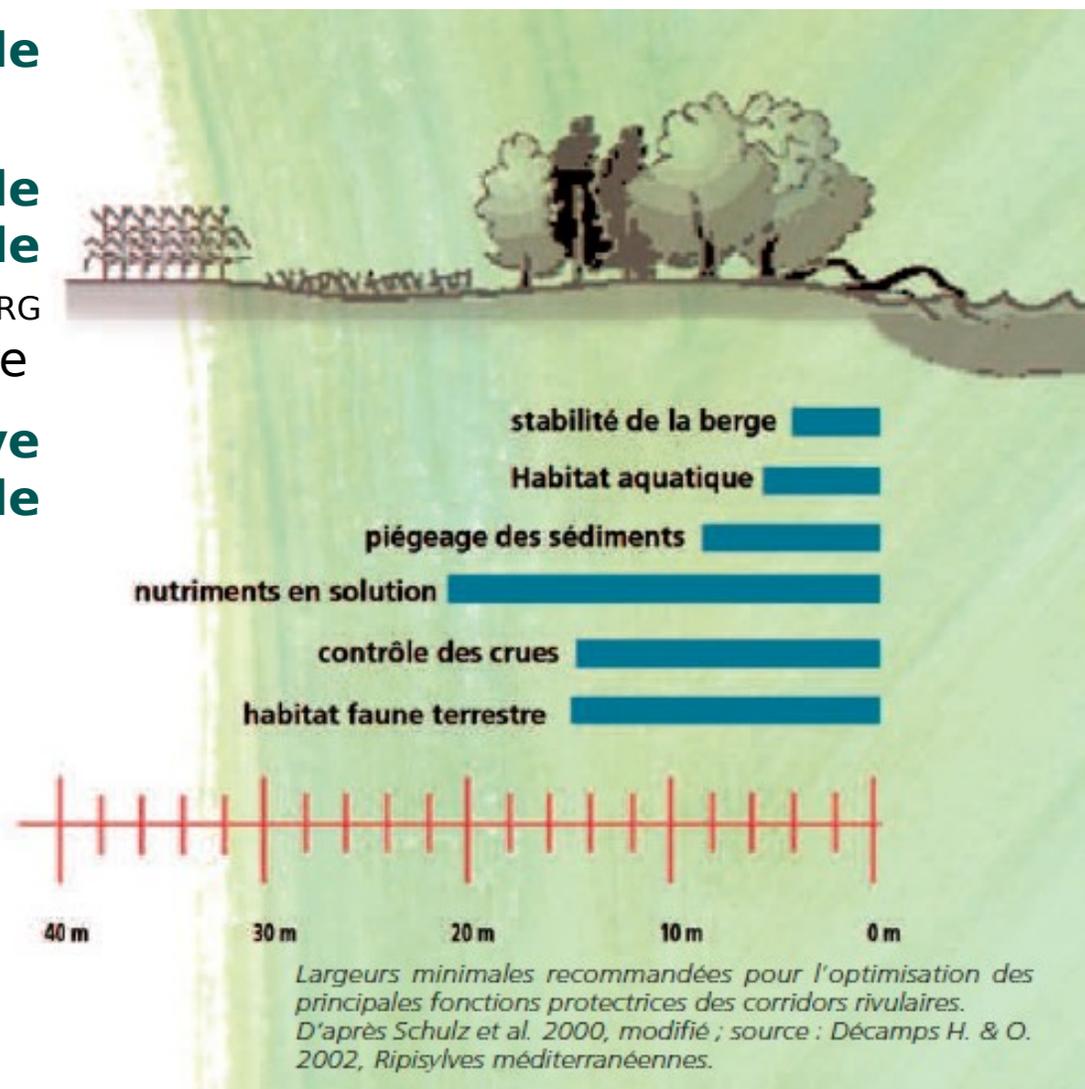
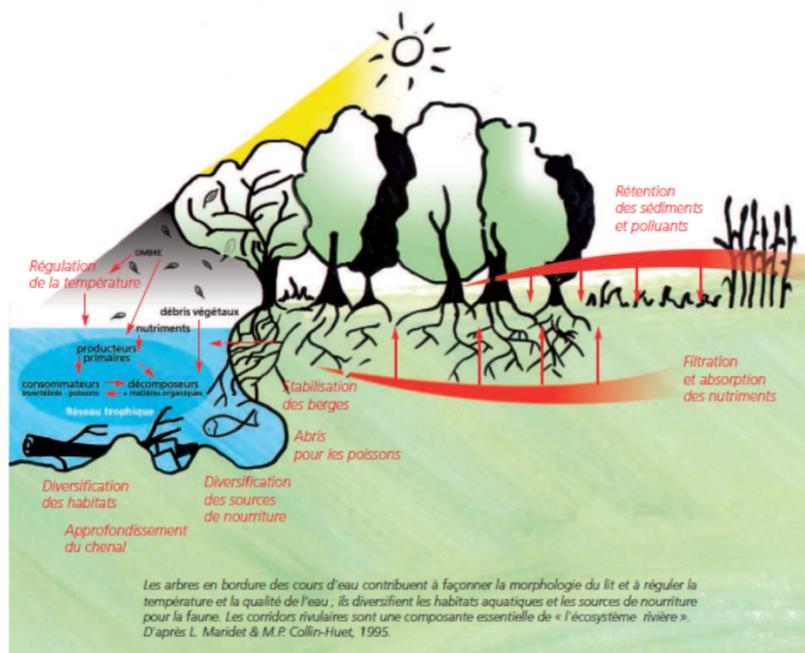
● La **communication** sur cette thématique est **essentielle** pour convaincre les partenaires, riverains, propriétaires fonciers, exploitants agricoles du bien fondé de cette démarche.



Le bois en rivière : **un élément clé du fonctionnement écologique des cours d'eau** en Europe et dans le monde (Maridet, 1994 ; Thevenet, 1995, 1998 ; Boyer, 1998 ; Albert 1998 ; Gregory *et al.*, 2003 ; Le lay & Piégay, 2007*).

Définir un espace de fonctionnalité pour les cours d'eau

- Important de définir la largeur de bande riveraine
- Avec un densité de cours d'eau de 2km/km², une bande de 10 m de part et d'autre du cours d'eau (10m RG + 10m RD) représenterait 4% du territoire
- Intérêt de restaurer une ripisylve

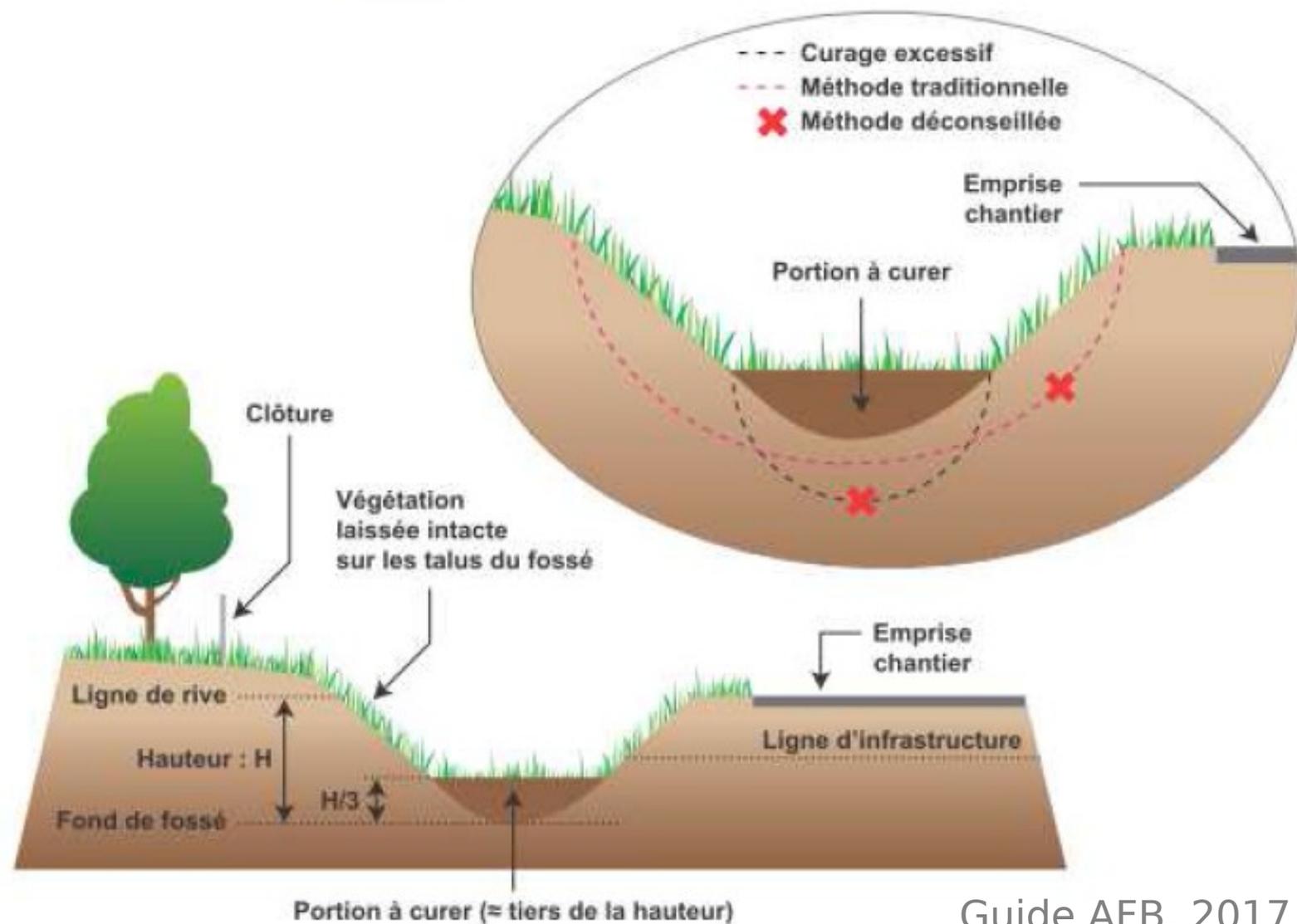


Entretien des fossés par la technique du « tiers inférieurs »

Objectifs :

- ✓ Maintenir la capacité d'évacuation de l'eau
- ✓ Réduire l'érosion des talus et le dépôt de sédiments en aval
- ✓ Préserver les milieux récepteurs
- ✓ Réduire la fréquence et les coûts d'entretien

Entretien le fossé en curant uniquement le tiers inférieur de la profondeur totale du fossé en préservant la végétation du talus



Entretien des fossés par la technique du « tiers inférieurs »

- **Technique adaptée aux fossés provisoires** (pour les chantiers de plusieurs mois à plusieurs années) **et aux fossés permanents** (Des Touches & Anras, 2005)

Méthode du tiers inférieur en amont



Méthode traditionnelle en aval



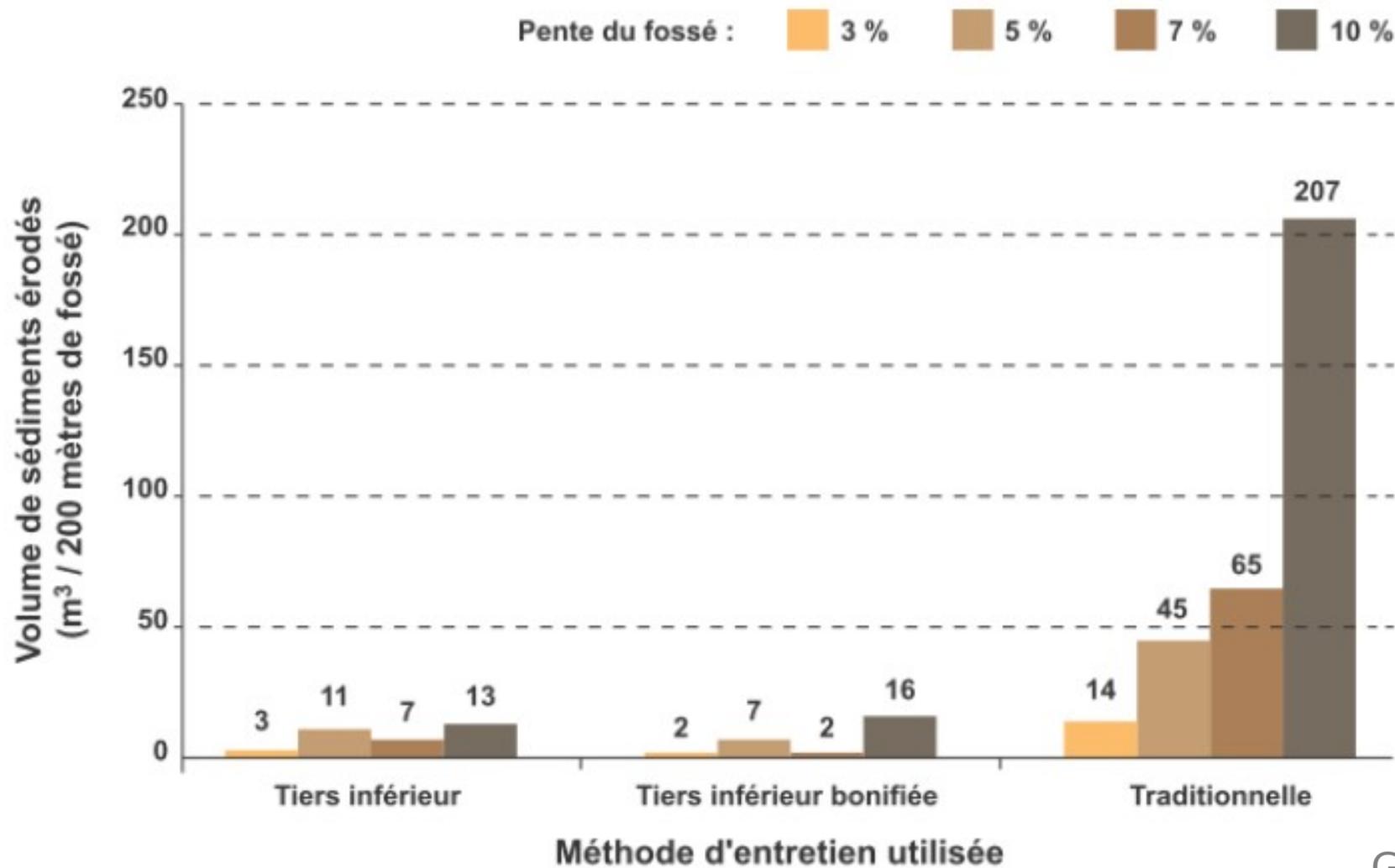
Avantage de la technique du « tiers inférieurs »

- **Economique** (réduction du coût d'environ 40 % par rapport aux méthodes traditionnelles)
- **Réduit le temps de l'entretien** (fréquence et durée)

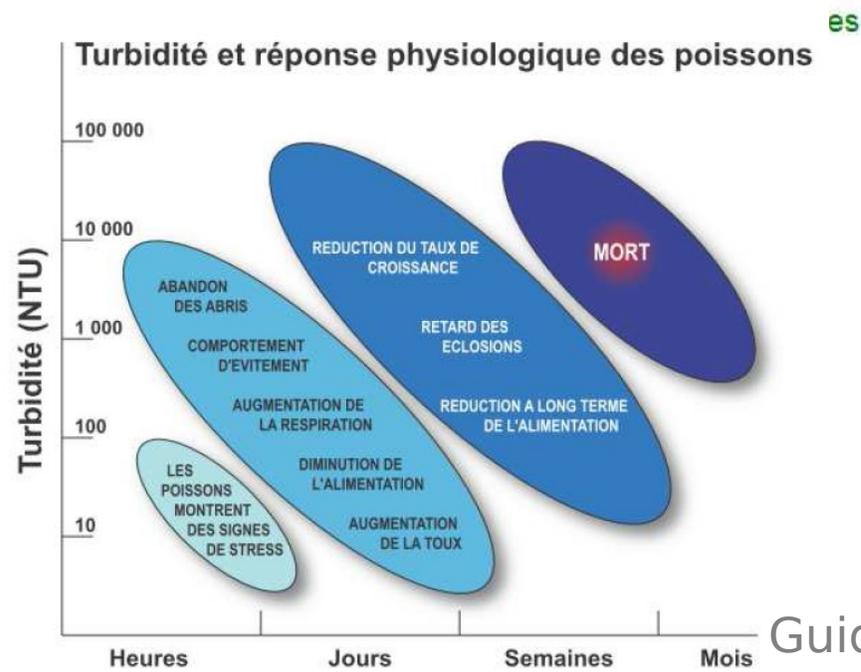
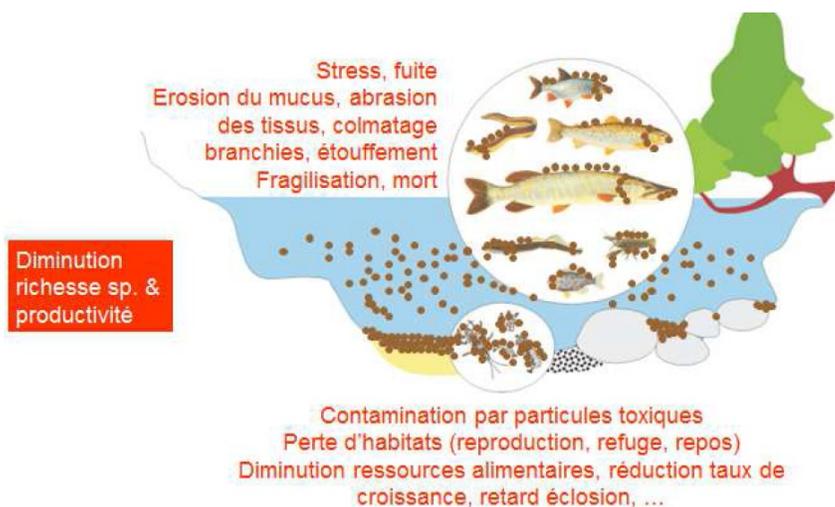
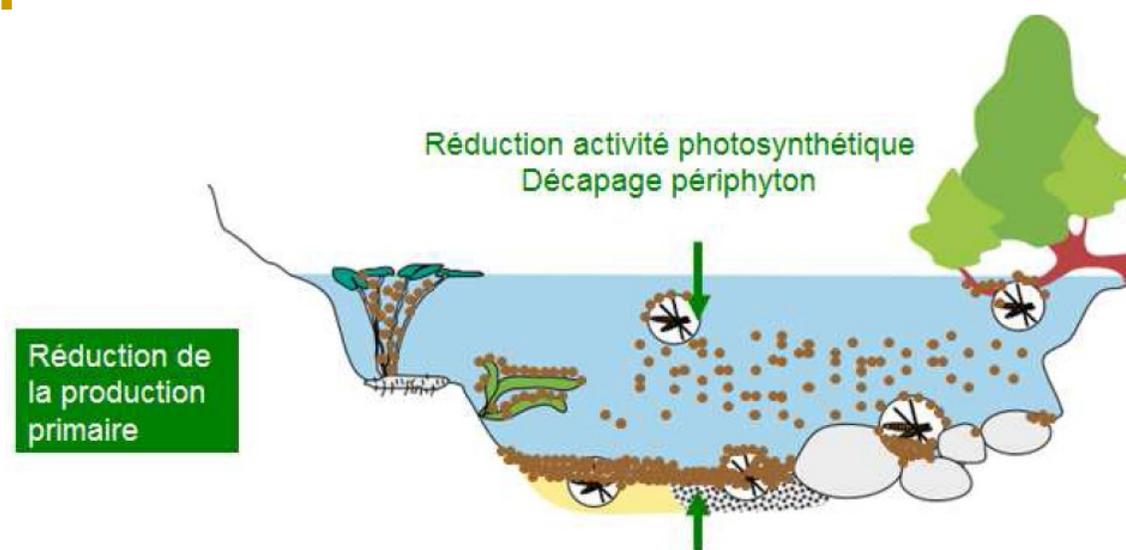
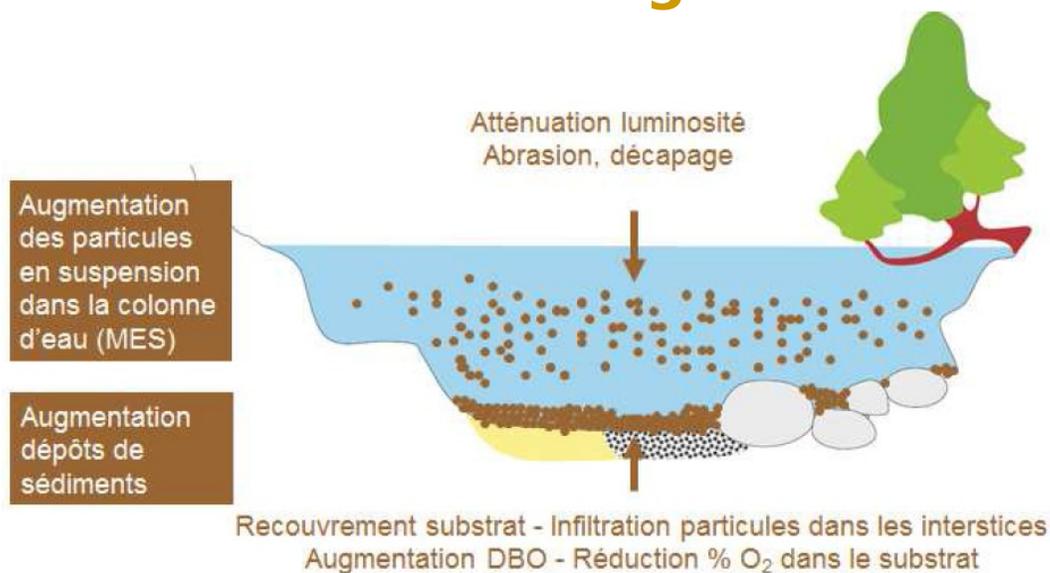
	Méthode traditionnelle	Technique du tiers inférieur
Curage		
Temps moyen	4 h 39 min	2 h 49 min
Taux horaire	90 \$	90 \$
Coût total – section de 200 m	418,5 \$	253,8 \$
Chargement camion de 15 tonnes – distance parcourue 20 km		
Nombre moyen de chargement	14,6	4,9
Quantité totale chargée	219 tonnes	73,5 tonnes
Coût unitaire – chargement (/km)	8,88 \$	8,88 \$
Coût total – curage + chargement – section de 200 m	2362,34 \$	652,39 \$
Coût total par km de fossé curé	11811,7 \$	906,2 \$

Avantage de la technique du « tiers inférieurs »

- Réduit la quantité de résidus de curage à environ 60 %



Avantage de la technique du « tiers inférieurs »



Limiter les obstacles à la continuité

● **De 1 à 2 ouvrages par km de cours d'eau en tête de bassin versant** (Baran, 2009 ; Vallée du Blavet, 2009)

- ✓ En comparaison, les cours d'eau de taille supérieure présente 1 ouvrage tous les 4 à 5

● **Quantité d'ouvrage due à la multiplicité des infrastructures linéaires** (routes, chemins agricoles, forestiers...)

● **Des obstacles difficilement franchissables**

- ✓ Hauteur de chute
- ✓ Faible tirant d'eau
- ✓ Fosse d'appel
- ✓ Longueur de l'ouvrage (passage busé)



Si nécessité de passage : quel ouvrage préconiser en tête de bassin ?

- 50 % des ouvrages sur petits cours d'eau constituent des obstacles à la continuité écologique (Bourguignon, 2012)
- Préconisation en tête de bassin de favoriser les ouvrages sans assise dans le fond du lit (ouvrage dit « ouvert »)



- 3 ouvrages complémentaires pour limiter les obstacles à la continuité en tête de bassin

GUIDE ICE



GUIDE CETE & ONEMA



Guide LIFE



Limiter l'impact des plans d'eau en tête de bassin versant

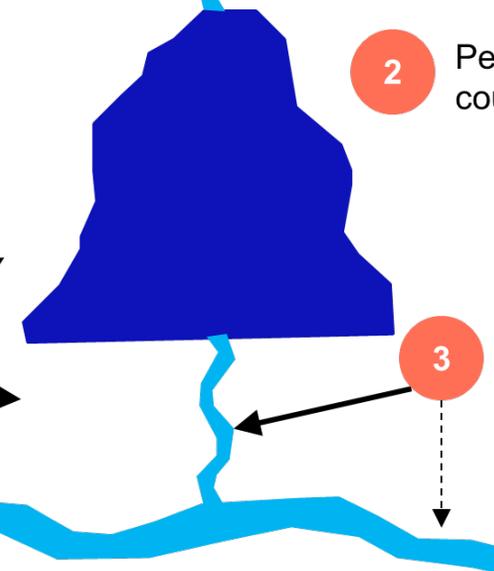
● Une multitude de plans d'eau en tête de bassin versant

- ✓ Des impacts majeurs sur le fonctionnement des cours d'eau en tête de bassin versant



Perte de la continuité écologique

1



● Différentes solutions complémentaires pour limiter leurs impacts :

- ✓ Suppression totale ou partielle
- ✓ Création d'une rivière de contournement
- ✓ Pose d'un moine hydraulique
- ✓ Préconisation d'entretien et de vidange

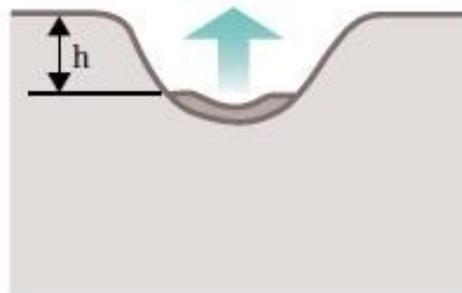


Arriver à restaurer des systèmes autonomes, résilients

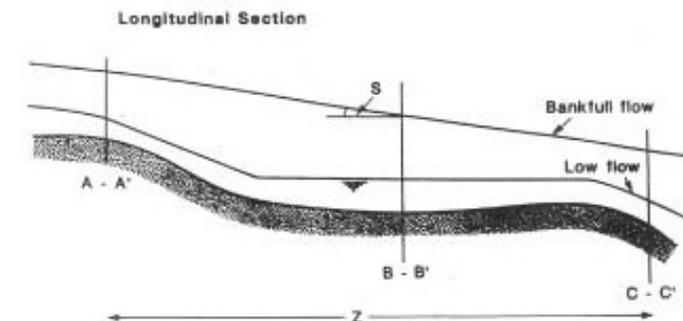
1. Alimentation en eau assurée **2. Gérer la charge solide**
équilibre, dépôt, érosion

Partenariat cours d'eau - ZH

Classe I : Stable ($h < h_c$)



3. Dissipation de l'énergie

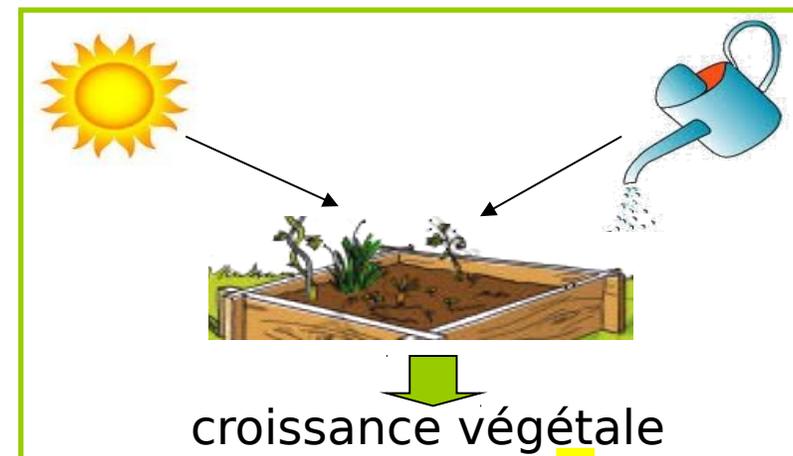


4. Diversité des habitats et des espèces **4. Capacité de décolmage et d'auto-entretien** **5. Limiter les sur-encombrements des lits**
(production primaire trop importante)

J



© BRAMARD,



croissance végétale

Au vu travail à engager pour réhabiliter certaines TBV : engager une réflexion sur l'optimisation du bilan écologique des restaurations



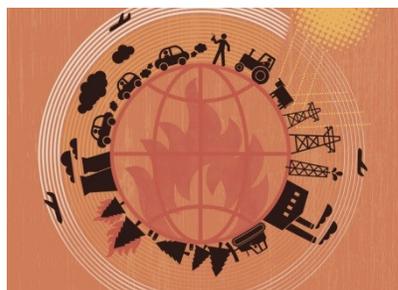
Terrassement et phase chantier :

- ✓ Choix du matériel adapté (portance des sols, taille des godets, bras articulé...)
- ✓ Intérêt des pelleteuses hybrides (diminution de la consommation)
- ✓ Sécurisation du chantier vis-à-vis des rejets accidentels



Technique de restauration :

- ✓ Diagnostic avant recharge (nécessité de la recharge, bonne estimation du volume)
- ✓ Choix des matériaux fonctionnement de la carrière proximité géographique



Déplacements sur site dans le cadre du projet :

- ✓ Éviter le recours aux protections de berges en tête de bassin (sauf justification technique pertinente)
- ✓ Favoriser le covoiturage,
- ✓ Intérêt des sondes automatiques dans le cadre des suivis pour éviter les déplacements répétitifs (ex : température, piézométrie)



Limiter les apports de sédiments fins :

- ✓ Talus, haies, bandes enherbées / boisées, drainage déconnecté, meilleure gestion de la vidange des plans d'eau / des cultures / de l'exploitation forestière ...

Réduire les facteurs limitant la réussite des opérations de restauration



● Réduire les facteurs limitant pour arriver à relancer la machinerie biologique et la fonctionnalité des écosystèmes en tête de bassin versant

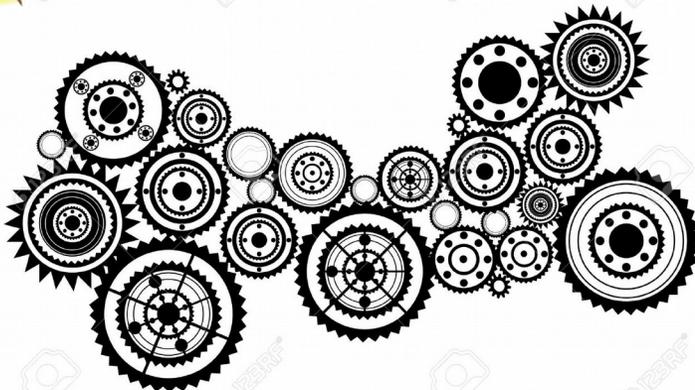
Hydrologie perturbée (étiage sévère, crue importante)

Qualité d'eau (pollutions ponctuelles / diffuses)

Colmatage

Température

Espèces invasives / envahissantes
Capacité de colonisation limitée des zones de sources



Exemple d'actions complémentaires

- Création de talus, de
- des bandes boisées, des bandes boisées
- Limiter les pollutions ponctuelles / diffuses
- Création de Zones tampons artificielles
- Protéger le lit mineur du piétinement
- Supprimer ou modifier les obstacles à la continuité en tête de bassin versant
- Réduire l'impact des plans d'eau
- Restaurer les ripisylves en tête de bassin versant

Les trouver jolies et utiles pour les respecter

● La restauration de milliers de têtes de bassin fortement altérées est indispensable pour espérer retrouver d'ici 10 à 20 ans des hydrosystèmes fonctionnels

● **Difficultés majeures** : contexte socio-politique et foncier et « satisfaction » de l'état actuel des cours d'eau (paysage rectiligne qui fait « propre », moins de débordements, « **drave** » facilité) **Très petit cours d'eau** Abreuvement

Pompage



Abandon progressive de nombreux usages en TBV

A quoi servent ces milieux ?

Solution 1 : Méconnaissance des fonctions (vers la dégradation des TBV)

Solution 2 : Connaissance des fonctionnalités et enjeux (vers la préservation et la restauration des TBV)

● **Développer un argumentaire technique et pédagogique** en faveur de la restauration des têtes de bassin versant (AERMC, 2011* ; Oraison *et al.*, 2011* ; ONEMA, 2010* ; FMA, 2015) pour convaincre les partenaires, riverains, propriétaires fonciers, exploitants agricoles du bien fondé de cette démarche

MERCI DE VOTRE ATTENTION



Références bibliographiques

- AERMC, 2011**, Restaurer et préserver les cours d'eau, restauration hydromorphologique et territoires, Concevoir pour négocier, guide technique sdage, 108 pages.
- ARONSON J., FLORET C., LE FLOC'H E., OVALLE C. & PONTANIER ROGER, 1995**, Restauration et réhabilitation des écosystèmes dégradés en zones arides et semi-arides : le vocabulaire et les concepts. In : L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ?. Montrouge : J. Libbey Eurotext, Pages 11-29. (Colloques et Congrès : Science et Changements Planétaires/Sécheresse). Congrès International sur la Restauration des Terres Dégradées, des Zones Arides et Semi-Arides, Tunis.
- BAUDOIN J.M., BURGUN V., CHANSEAU M., LARINIER M., OVIDIO M., SREMSKI W., STEINBACH P. & VOEGTLE B., 2013**, Informations sur la continuité écologique, Evaluer le franchissement des obstacles par les poissons, Principes et méthodes. Guide ONEMA, Collection "Comprendre pour agir", 200 pages.
- BOSSIS M., 2014**, Étude de l'hydromorphologie à l'échelle stationnelle des cours d'eau de tête de bassin versant armoricains en situation de référence, Rapport de stage de Master 2, ONEMA / Université de Rennes 1, 19 pages + Annexes.
- BOURGUINION D., 2011**, Caractériser l'importance des discontinuités écologiques et leurs impacts sur les têtes de bassins du département des Vosges, rapport de stage de Licence professionnelle, ONEMA / IUT de Nancy-Brabois, département Génie Civil (Université Henri Poincaré), 40 pages .
- CHAVES M.L., J.L. COSTA, P. CHAINHO, M.J. COSTA & N. PRAT, 2006**, Selection and validation of reference sites in small river basins, *Hydrobiologia*, **573**, 133-154.
- CEE, 1995**, Utilisation rationnelle et conservation des zones humides, Communication de la Commission au Conseil et au Parlement Européen, CCE, COM (95) 189, 66 pages.
- CETE & ONEMA, 2013**, Petits ouvrages hydrauliques et continuités écologiques, Cas de la faune piscicole, Note d'information SETRA, 25 pages.
- COLIN M., 2015**, Etude de l'hydromorphologie à l'échelle stationnelle des cours d'eau de tête de bassin versant, Evaluation de l'impact des travaux de chenalisation, Rapport de stage de Master 2, ONEMA / Université de Rennes 1, 57 pages.
- DATRY T., DOLE-OLIVIER M.J., MARMONIER P., CLARET C., PERRIN J.F., LAFONT M. & BREIL P., 2008**, La zone hyporhéique, une composante à ne pas négliger dans l'état des lieux et la restauration des cours d'eau, Ingénieries - E A T, **54**, 16 pages.
- DOLL B.A, GRABOW G.L., HALL K.R., HALLEY J., HARMAN W.A., JENNINGS G.D. & WISE D.E., 2002**, Stream restoration, a natural channel design handbook, NC State University, 82 pages.
- FORUM DES MARAIS ATLANTIQUES, 2015**, Mallette d'indicateurs de travaux et de suivis en zones humides. Agence de l'eau Loire-Bretagne et Conseil régional des Pays de la Loire, 189 pages. Disponible sur: <http://www.forum-zones-humides.org/telechargement-mallette-indicateurs.aspx> (consulté le 01/11/2016).

Références bibliographiques

- AERMC, 2011**, Restaurer et préserver les cours d'eau, restauration hydromorphologique et territoires, Concevoir pour négocier, guide technique sdage, 108 pages.
- ARONSON J., FLORET C., LE FLOC'H E., OVALLE C. & PONTANIER ROGER, 1995**, Restauration et réhabilitation des écosystèmes dégradés en zones arides et semi-arides : le vocabulaire et les concepts. In : L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ?. Montrouge : J. Libbey Eurotext, Pages 11-29. (Colloques et Congrès : Science et Changements Planétaires/Sécheresse). Congrès International sur la Restauration des Terres Dégradées, des Zones Arides et Semi-Arides, Tunis.
- BAUDOIN J.M., BURGUN V., CHANSEAU M., LARINIER M., OVIDIO M., SREMSKI W., STEINBACH P. & VOEGTLE B., 2013**, Informations sur la continuité écologique, Evaluer le franchissement des obstacles par les poissons, Principes et méthodes. Guide ONEMA, Collection "Comprendre pour agir", 200 pages.
- BOSSIS M., 2014**, Étude de l'hydromorphologie à l'échelle stationnelle des cours d'eau de tête de bassin versant armoricains en situation de référence, Rapport de stage de Master 2, ONEMA / Université de Rennes 1, 19 pages + Annexes.
- BOURGUINION D., 2011**, Caractériser l'importance des discontinuités écologiques et leurs impacts sur les têtes de bassins du département des Vosges, rapport de stage de Licence professionnelle, ONEMA / IUT de Nancy-Brabois, département Génie Civil (Université Henri Poincaré), 40 pages .
- CHAVES M.L., J.L. COSTA, P. CHAINHO, M.J. COSTA & N. PRAT, 2006**, Selection and validation of reference sites in small river basins, *Hydrobiologia*, **573**, 133-154.
- CEE, 1995**, Utilisation rationnelle et conservation des zones humides, Communication de la Commission au Conseil et au Parlement Européen, CCE, COM (95) 189, 66 pages.
- CETE & ONEMA, 2013**, Petits ouvrages hydrauliques et continuités écologiques, Cas de la faune piscicole, Note d'information SETRA, 25 pages.
- COLIN M., 2015**, Etude de l'hydromorphologie à l'échelle stationnelle des cours d'eau de tête de bassin versant, Evaluation de l'impact des travaux de chenalisation, Rapport de stage de Master 2, ONEMA / Université de Rennes 1, 57 pages.
- DATRY T., DOLE-OLIVIER M.J., MARMONIER P., CLARET C., PERRIN J.F., LAFONT M. & BREIL P., 2008**, La zone hyporhéique, une composante à ne pas négliger dans l'état des lieux et la restauration des cours d'eau, Ingénieries - E A T, **54**, 16 pages.
- DOLL B.A, GRABOW G.L., HALL K.R., HALLEY J., HARMAN W.A., JENNINGS G.D. & WISE D.E., 2002**, Stream restoration, a natural channel design handbook, NC State University, 82 pages.
- FORUM DES MARAIS ATLANTIQUES, 2015**, Mallette d'indicateurs de travaux et de suivis en zones humides. Agence de l'eau Loire-Bretagne et Conseil régional des Pays de la Loire, 189 pages. Disponible sur: <http://www.forum-zones-humides.org/telechargement-mallette-indicateurs.aspx> (consulté le 01/11/2016).
- GORDON, 2013**, Evaluation des impacts des ouvrages hydrauliques sur la continuité écologique des cours d'eau. Guide ONEMA, Collection "Comprendre pour agir", 200 pages.

Références bibliographiques

- VALLEE DU BLAVET, 2009**, Etude bilan du contrat restauration entretien des affluents du blavet 2004 / 2008 - Etude préalable à l'établissement d'un deuxième Contrat Restauration Entretien des affluents du Blavet, Hydroconcept, 124 pages.
- THEVENET A., 1995**, Abris et refuges pour les communautés de poissons dans les hydrosystèmes fluviaux, Mémoire de D.E.A, Université Claude Bernard Lyon I, Cemagref, BEA/LHQ, 39pages.
- THEVENET A., 1998**, Intérêt des débris ligneux grossiers pour les poissons dans les grands cours d'eau. Pour une prise en compte de la dimension écologique des débris ligneux grossiers dans la gestion des cours d'eau. Thèse de Doctorat, Lyon I, 100 pages.
- YATES A.G. & R.C. BAILEY, 2009**, Selecting objectively defined reference sites for stream bioassessment programs, Environ Monit Assess, DOI 10.1007/s10661-009-1221-1