

La restauration écologique des cours d'eau et des têtes de bassin versant

Philippe Marchand



Rencontres des naturalistes et gestionnaires d'espaces naturels des Pays de la Loire 2018

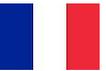
Lycée agricole Saint-Gabriel- Le Pellerin (44)

Vendredi 16 novembre 2018 - Atelier C

- Définition des têtes de bassin versant
- Les caractéristiques des têtes de bassin versant
 - Définition
 - Fonctionnalités et services rendus
 - Les facteurs de dégradation
- Comment restaurer les têtes de bassin versant
 - Adapter les techniques aux pressions identifiées
 - Les différents niveaux d'ambition
 - La boîte à outils des techniques de restauration
- Les enjeux et les perspectives sur le territoire du SAGE estuaire de la Loire
- Temps d'échanges

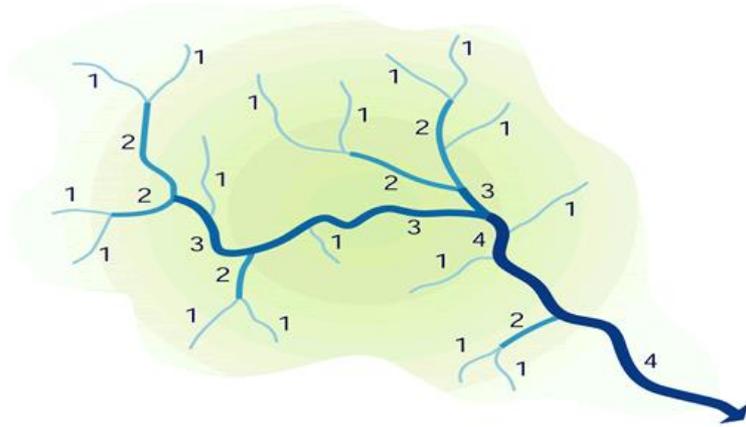
Définition des têtes de bassin versant

- ✓ Têtes de bassin versant = Extrémité amont du réseau hydrographique
- Nombreuses définitions techniques existantes :

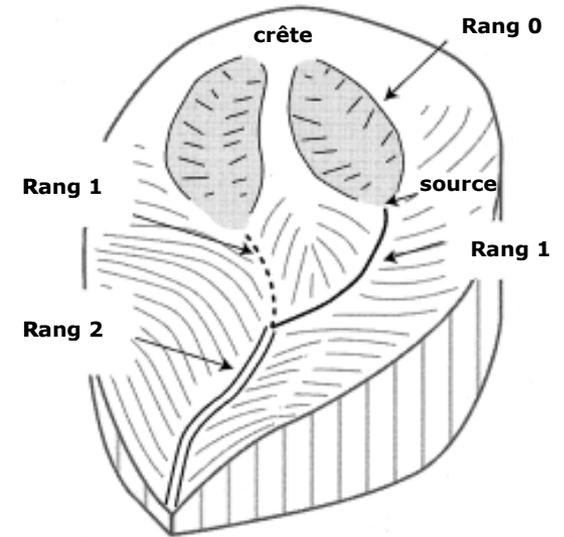
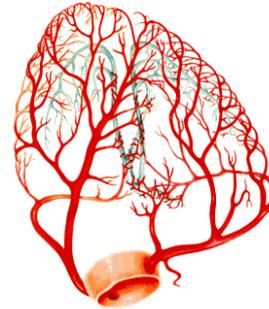
Critères	Description	Auteurs
 Superficie du BV	< 2 km ²	Adams & Spotila, 2005*
 Gabarit du lit mineur	généralement inférieur à 1 mètre de large	Wipfli <i>et al.</i> , 2007*
 Gabarit du lit mineur	généralement inférieur à 2 mètres de large	AERM, 2009*
 Hydromorphologique	secteur à l'amont de la zone de sédimentation dominante	Uchida <i>et al.</i> , 2005*
Hydrologique		
 Hydrographique	cours d'eau de rang de Strahler 1 et 2 à l'échelle 1 : 25 000	

Source : LE BIHAN, 2012

Définition des têtes de bassin versant



Classification du réseau hydrographique selon l'ordre de Strahler
(Environmental Protection Agency, 2009*)



Organisation du réseau hydrographique en tête de bassin (Benda *et al.*, 2005*).

Rang 0 = source, l'aire d'alimentation amont du cours d'eau en tête de bassin versant.

Définition du SDAGE Loire-Bretagne 2016-2021 : « Les têtes de bassin versant s'entendent comme les bassins versants des cours d'eau dont le rang de Strahler est inférieur ou égal à 2 et dont la pente est supérieure à 1 %.

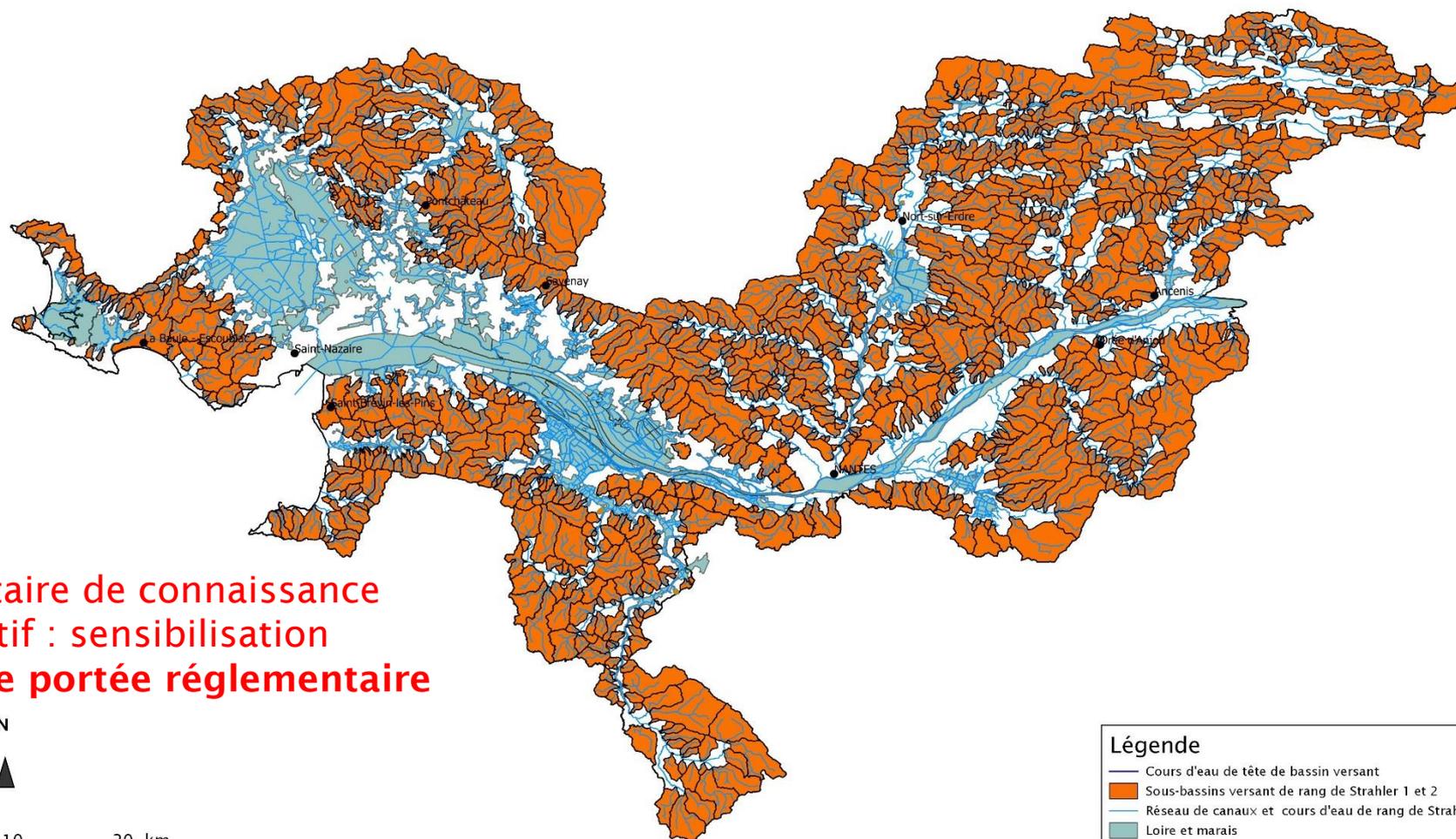
Ce critère de pente peut être adapté localement pour les cours d'eau à faible puissance spécifique présentant un risque de non atteinte des objectifs environnementaux »

Définition des têtes de bassin versant

Le lit mineur et sa bande riveraine Les zones humides Le réseau hydrographique annexe Les haies L'occupation des sols (parcellaire et gestion)



- ✓ Têtes de bassin versant = aire d'alimentation du cours d'eau.
- ✓ Représentent environ 60 à 80 % d'un bassin versant (superficie et linéaire)



Inventaire de connaissance
Objectif : sensibilisation
Pas de portée réglementaire

N



0 10 20 km



Légende

- Cours d'eau de tête de bassin versant
- Sous-bassins versant de rang de Strahler 1 et 2
- Réseau de canaux et cours d'eau de rang de Strahler > 2
- Loire et marais
- limites du SAGE
- Villes principales

Les fonctionnalités des têtes de bassin versant

- En bon état, le partenariat cours d'eau - zone humide régule les débits (cruel, étiage)

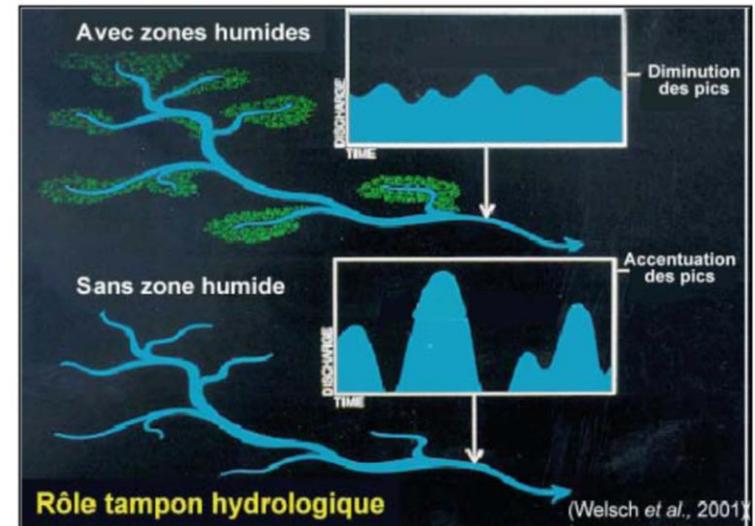
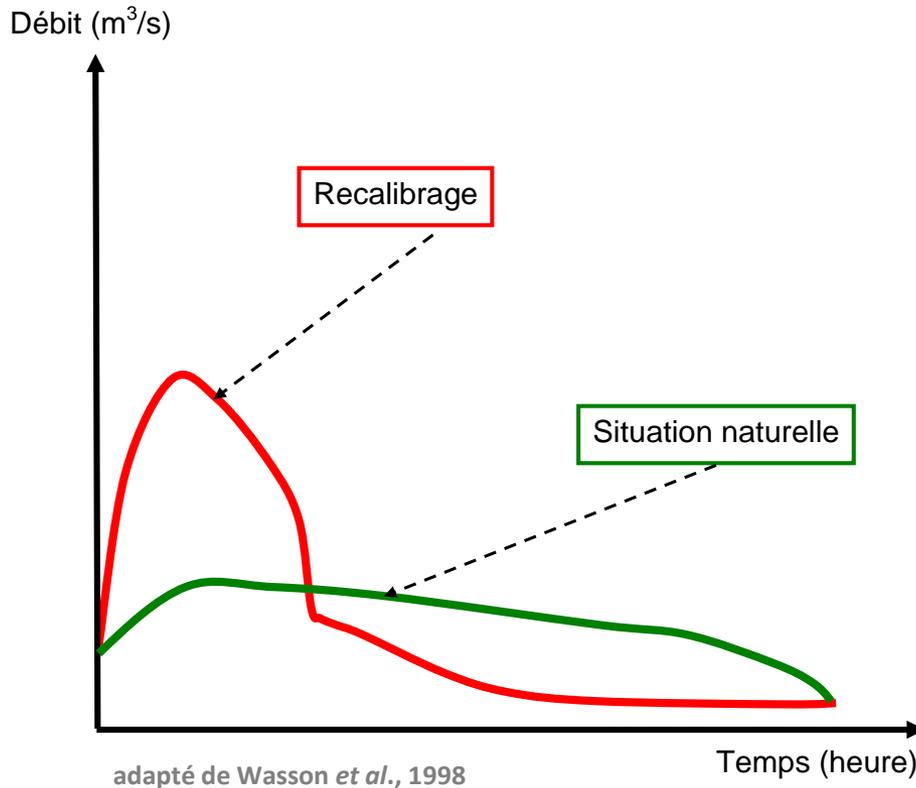
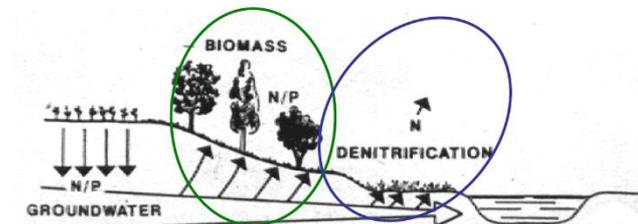
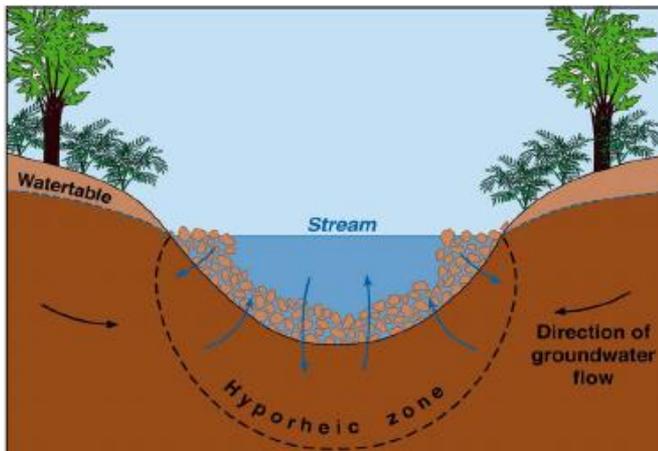


Fig. 2. Fonction hydrologiques des zones humides associées aux têtes de bassin versant. (Barnaud G., 2013)

Les fonctionnalités des têtes de bassin versant

□ Autoépuration : Conditionne qualitativement les ressources en eau de l'aval (Alexander et al., 2007*)

- Zone de forte dénitrification (Thomas et al., 2001* ; Bohlke et al., 2004 ; Mulholland et al., 2004 ; Oraison et al., 2011)
- 60% de la charge en nitrate trouvée dans les cours d'eau d'ordre supérieur à 3 proviendrait des cours d'eau de rang 1 (Alexander et al., 2007*)



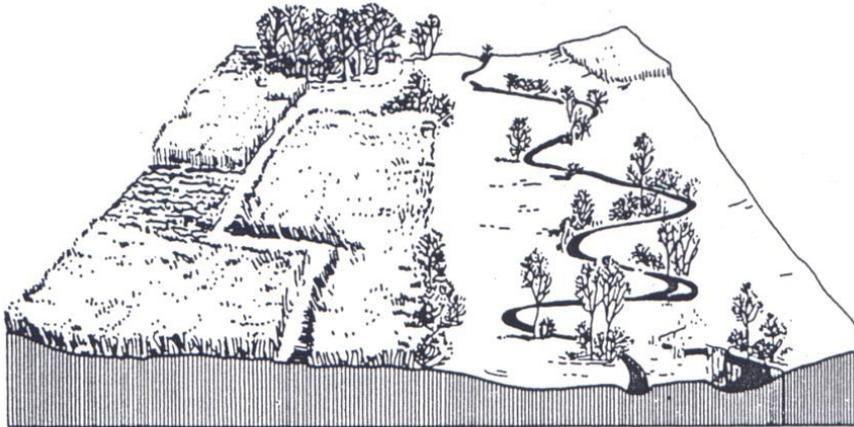
From Peterjohn & Correll, 1984

- Principaux facteurs de la dénitrification :
 - humidité / taux de saturation du sol
 - de la présence de nitrates
 - présence de communautés microbiennes complètes (comm Abott, 2016)

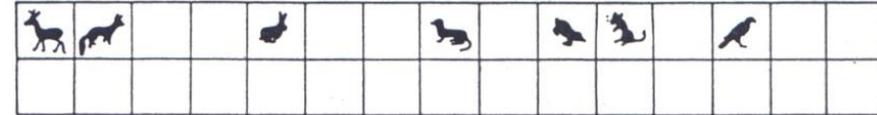
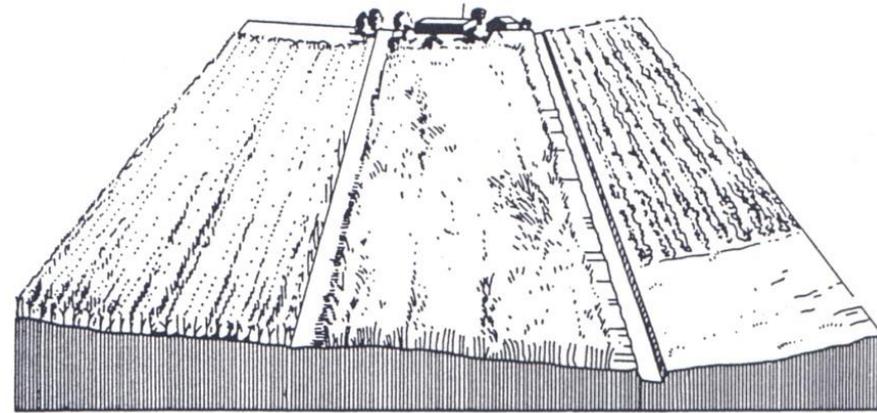
Les fonctionnalités des têtes de bassin versant

- **Moteur de la biodiversité** : Dynamique naturelle de diversification des habitats et des espèces en tête de bassin versant

Tête de bassin préservée



Tête de bassin altérée



LE BIHAN, 2013

Les fonctionnalités des têtes de bassin versant



La biodiversité du bassin versant

Espèces endémiques

Zones de frayères, refuges

Alimentation du bassin versant



L'hydrologie du bassin versant

60% du volume d'eau du bassin versant,

Atténuation des crues

Atténuation des étiages



La qualité de l'eau

Caractéristiques physico-chimiques

Capacités d'autoépuration

Cours d'eau

- Plus de 90 % des cours d'eau recalibrés dans certains départements,
- 75.000 obstacles à la continuité en France...

Bande riveraine

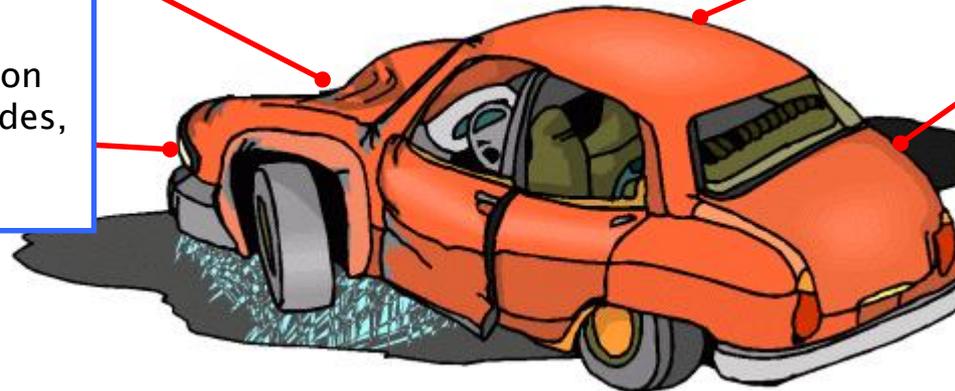
- Dégradation de la ripisylve des cours d'eau,
- Réseau hydrographique annexe (fossés/drains) en contact direct avec les cours d'eau...

Zones humides

- Depuis 1950, disparition de 50 % des zones humides,
- Altération de leurs fonctionnalités...

Bassin versant

- Accélération des flux d'eau, de sédiments et de polluants...



Des indicateurs de fonctionnement dans le rouge



Physico-chimie



Biologie



Hydromorphologie



Hydrologie



**Des cours d'eau fragiles
(faible gabarit, faible débit...)**



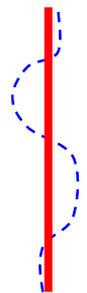
**Des cours d'eau peu puissants
(faible puissance spécifique : $<35\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)**

Le Bihan, 2012

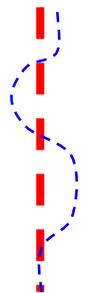
- ✓ des milieux peu connus et facilement aménageables
- ✓ une capacité de résilience limitée

les différentes altérations suite aux travaux hydrauliques

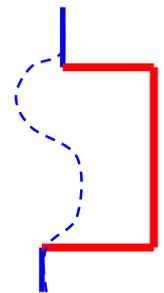
Modification du tracé



rectification



enterrement

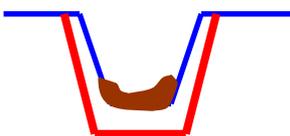


dérivation

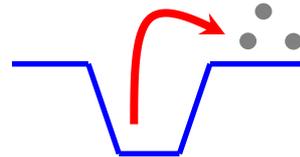
+ Modification du gabarit



recalibrage

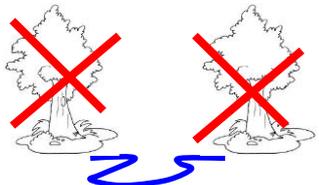


curage

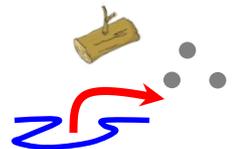


extraction de granulats

+ Modification de la rugosité



dévégétalisation

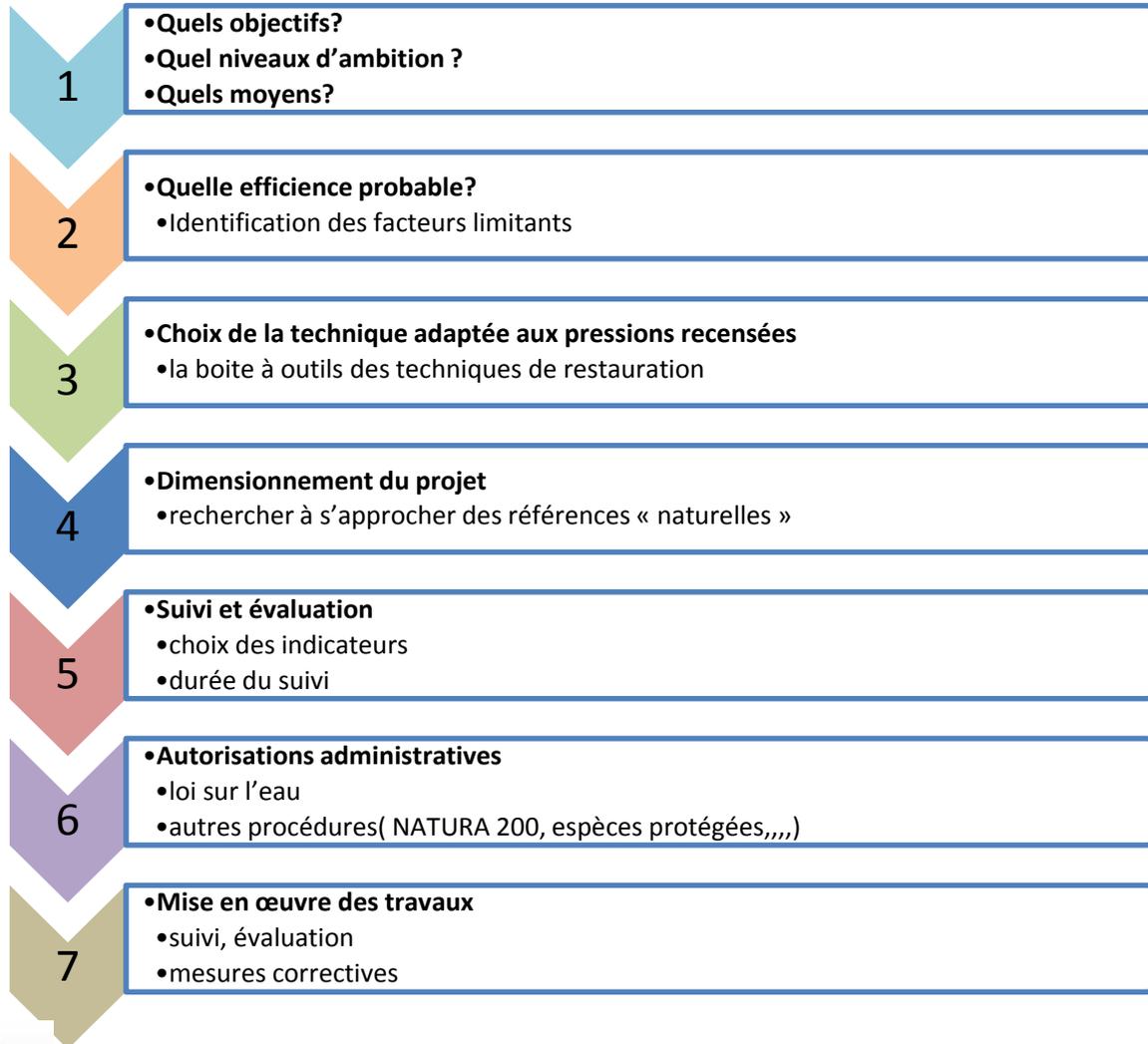


retrait du bois mort et de la granulométrie

Le Bihan, 2015

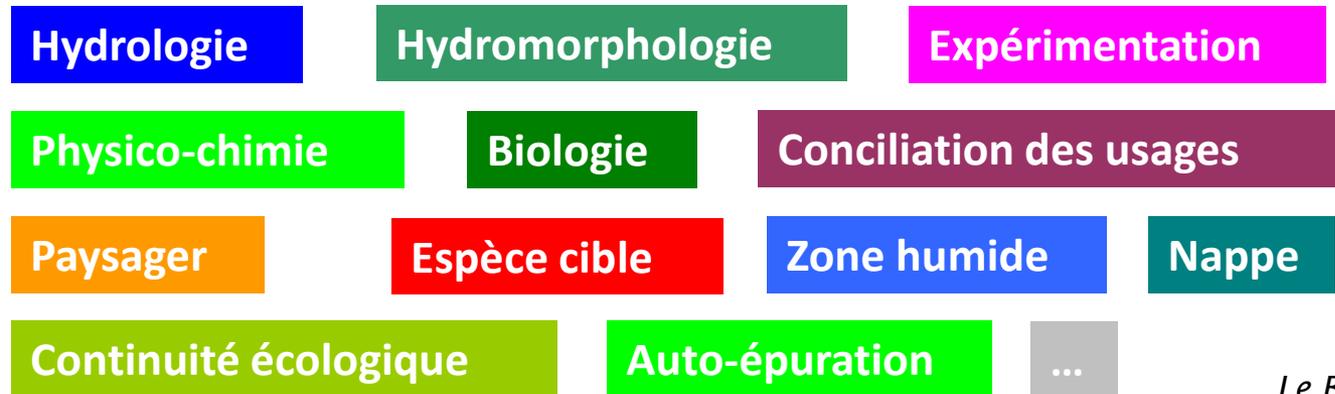
Comment restaurer les têtes de bassin versant

✓ Se poser les bonnes questions et respecter les étapes !



Comment restaurer les têtes de bassin versant

✓ 1 : Définition des objectifs visés en fonction de l'ambition et des moyens disponibles



Le Bihan, 2015

✓ Intérêts

- Définition de l'ambition du projet
- Choix de la ou des techniques de restauration les plus adaptées
- Amélioration de la qualité du suivi

La restauration ne consiste pas à améliorer uniquement l'habitat d'une seule espèce (ex : la truite)

Comment restaurer les têtes de bassin versant

✓ 2 : quelle efficacité probable ?

Quelques principes :

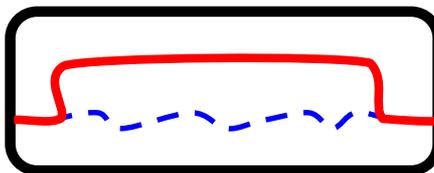
- En tête de bassin, le **niveau d'intermittence** des écoulements est un élément indispensable à la détermination de l'efficacité de la restauration
- **Les travaux** doivent généralement être **bien dimensionnés** du fait de la faible puissance des cours d'eau
- il est préférable de **travailler de l'amont vers l'aval** du bassin pour limiter les causes de dysfonctionnements.
- Des « micro-restaurations » sont à déconseiller !
- Certaines atteintes aux cours d'eau ne peuvent trouver une réponse efficace et durable qu'à **l'échelle du bassin versant** ou du lit majeur (imperméabilisation des sols, lessivage des sols nus, prélèvements d'eau...)

Lachat, 2008*

Choix de la technique adaptée aux pressions recensées

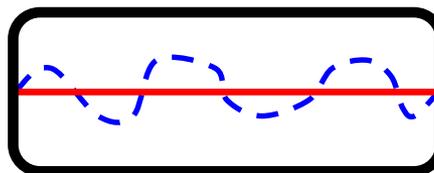
✓ 3 : La boîte à outils des techniques de restauration

Remettre le cours d'eau dans son talweg d'origine



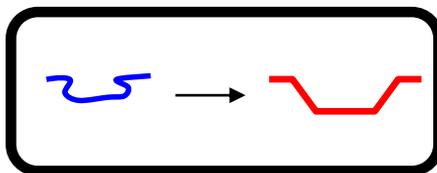
Priorité aux cours d'eau intermittents

Redonner de la sinuosité au cours d'eau



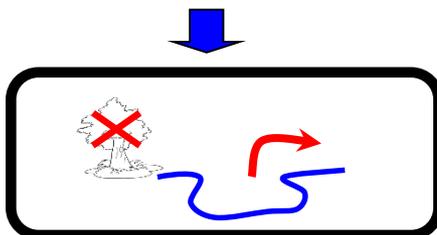
Priorité à tous les cours d'eau

Redonner un gabarit adapté au cours d'eau



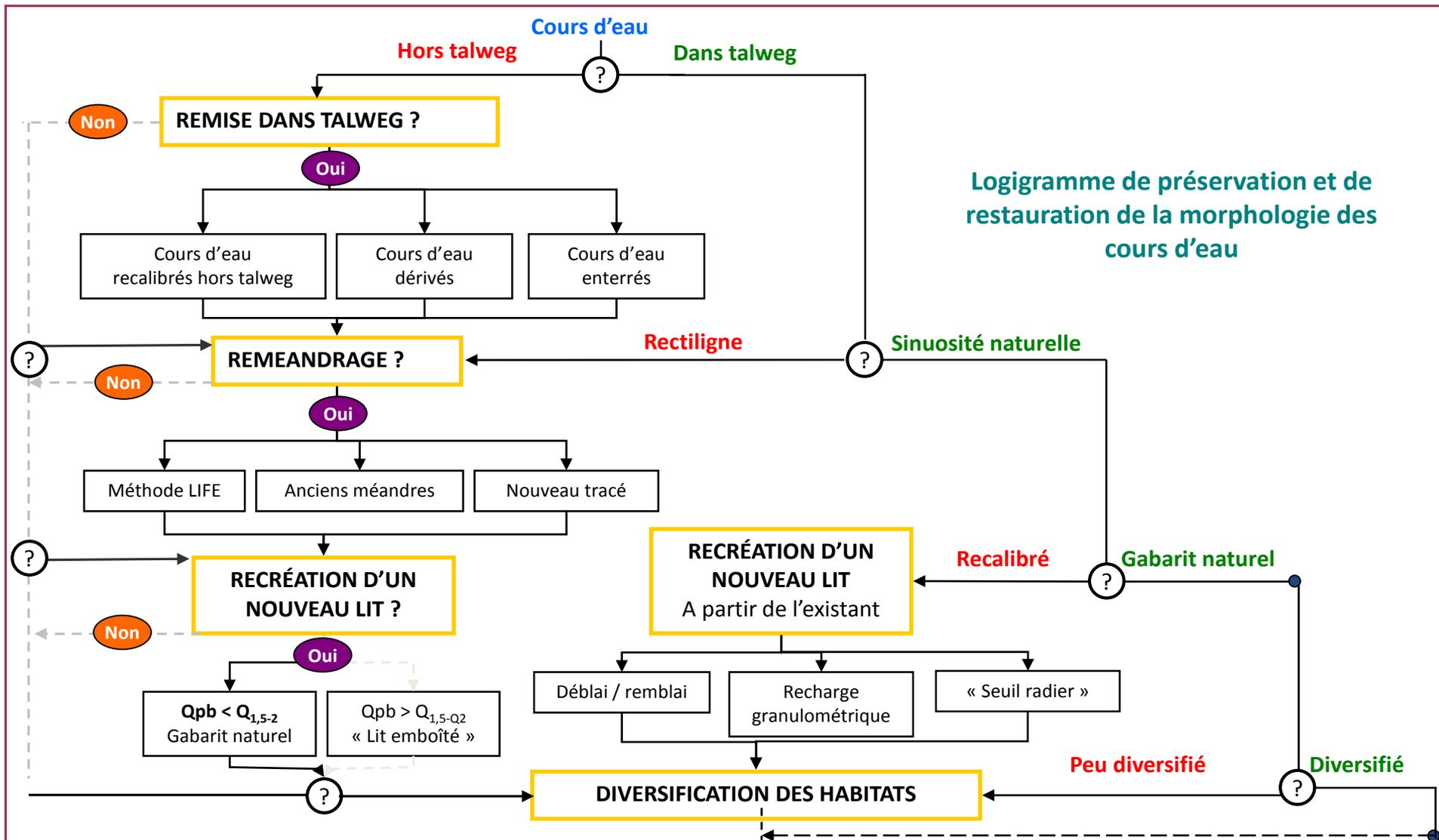
Priorité aux cours d'eau recalibrés de faible puissance

Diversifier ou donner la capacité à se diversifier



^{Lachat, 2008*}
Priorité aux cours d'eau ayant peu d'éléments de diversification (ex : berges fixées, absence de ripisylve...)

Logigramme de préservation et de restauration de la morphologie des cours d'eau



Rappel à la réglementation

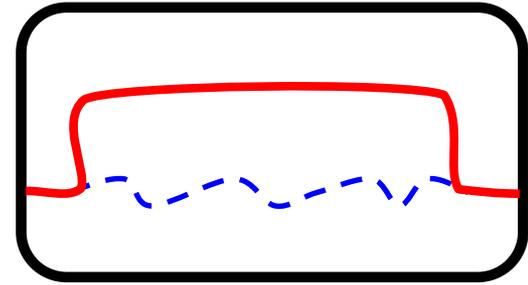
Respect de la Loi sur l'eau
Respect des Zones non Traitées
Respect des Bandes enherbées

Définition d'un espace de fonctionnalité

Sensibilisation technique
Intégration dans documents d'urbanisme
Intégration dans les documents de planification

Sensibilisation pour gérer cet espace

Maintien d'une ripisylve naturelle et diversifiée
Non retrait systématique du bois mort
Préservation contre le piétinement



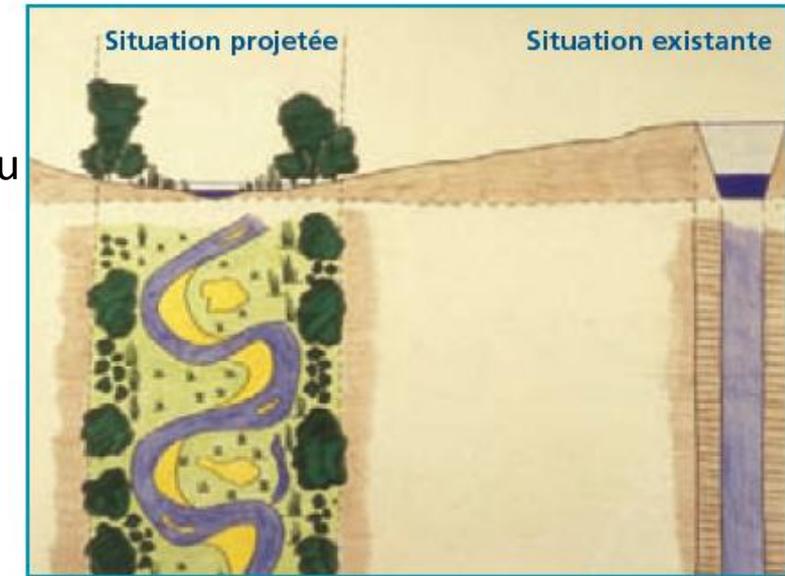
La remise dans le talweg



✓ Recréation d'un nouveau lit

❑ Objectifs

- **Limiter l'intermittence**
- Restaurer les échanges nappe - cours d'eau
- Augmenter la longueur du cours d'eau
- Réduire les vitesses d'écoulement
- Restaurer les habitats aquatiques
- Restaurer les capacités autoépuratoires



GGDL, 2007

❑ Différents cas de figures

- Dérivation de cours d'eau,
- Recalibrage de cours d'eau hors talweg
- Enterrement de cours d'eau

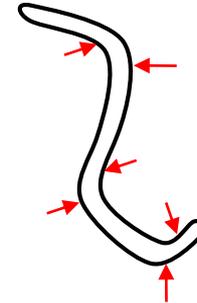
✓ Recréation d'un nouveau lit



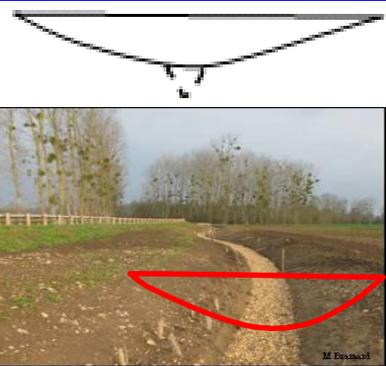
Un lit aux deux berges sub-verticales

- érosions importantes
- transports de sédiments fins à l'aval

Non recommandé



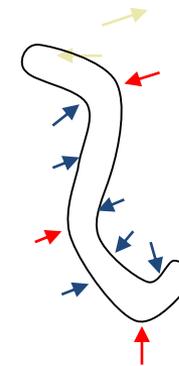
Un lit à berges verticales est censé ajuster son profil en forçant l'érosion en berges



Un lit aux deux berges en pente douce (de type « noue »)

- agrandissement excessif du gabarit
- sédimentation accrue, colmatage

Non recommandé



Un lit à berges très douces s'ajuste en sédimentant fortement

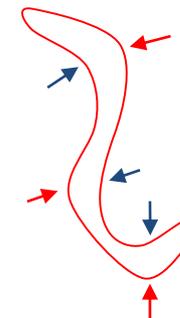


Un lit aux profils variés

(berges sub-verticales dans la partie concaves des méandres, berges en pente douce dans les parties convexes, et intermédiaires dans les autres cas)

- lit à pentes variées, habitats plus variés
- secteurs en pente douce favorisent les dépôts de matières fines...

Recommandé



On recherche, comme sur les cours d'eau naturels de plaine, à équilibrer érosions et dépôts.

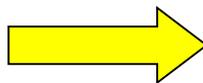
✓ **Recréation d'un nouveau lit : Le cas d'un cours d'eau recalibré (35)**



Commune d'Orgères



2014 :
Recréation du
ruisseau de la
Blanchetais



✓ Recréation d'un nouveau lit



© LE BIHAN, 2014

En secteur agricole
sur 100m (3000 euros)

La Bazouge-du-Désert

« Là où il n'y avait plus rien, les éphémères réapparaissent »

Mardi matin, 22 élèves de terminale du lycée agricole de Saint-Aubin-du-Cormier sont venus chez Christophe Boutequin, exploitant agricole à La Bazouge-du-Désert, dans le département de la Mayenne, pour participer à un atelier de restauration de cours d'eau.

L'objectif est de restaurer, dans le cadre de son programme de restauration de cours d'eau, y compris une action innovatrice, la remise à l'état d'un cours d'eau dégradé afin d'en restaurer ses fonctionnalités. « Les cours d'eau de type de bassin réceptionnent beaucoup de matière organique », précise Pierre Cordouan, technicien de rivière. Elle sera recyclée par les bactéries, les champignons et les invertébrés aquatiques qui constituent les premiers maillons de la chaîne alimentaire.

Réouvrir un ruisseau apparaît comme une opération essentielle pour restaurer la qualité de l'eau et des milieux aquatiques « grâce à la reconnexion des eaux de surface aux eaux souterraines », poursuit le technicien de rivière.

Deux années plus tard, les élèves pendant deux ans, vont vérifier l'implantation de leur enlevant l'évolution des populations d'invertébrés aquatiques dans le tronçon du ruisseau restauré.

« Les premières observations sont déjà très optimistes puisque là où il n'y avait rien en août dernier, on

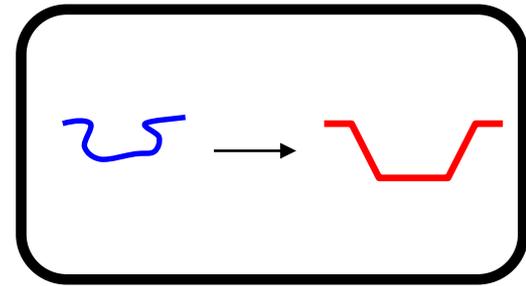


Les élèves prélevent dans le ruisseau les petits insectes.

retrouve maintenant des larves de libellules, des éphémères commes sous le nom de mouches de mai ou encore des larves de trichoptères.

indique Pierre Cordouan. Mardi, les élèves sont repartis avec les échantillons prélevés dans le ruisseau et vont les analyser en laboratoire.

toire. Ils reviendront à la fin du mois de mai pour savoir quelles nouvelles espèces auront recolonisé le milieu.



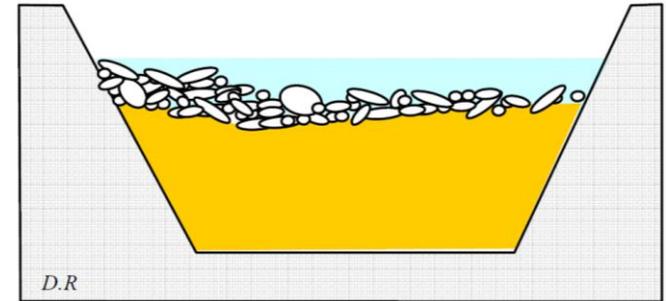
La création d'un nouveau lit à partir de l'existant



✓ **Recréation d'un nouveau lit**

❑ **Objectifs**

- ✓ Réduire l'intermittence
- ✓ Restaurer les échanges entre le cours d'eau et la nappe
- ✓ Restaurer une morphologie diversifiée (faciès d'écoulement, lit mineur d'étiage...)



❑ **Principe**

- ✓ Combler une partie du lit surdimensionnée

❑ **2 méthodes existent**

Recharge granulométrique

Déblais / remblais

Restituer des matériaux : de la terre, des cailloux...

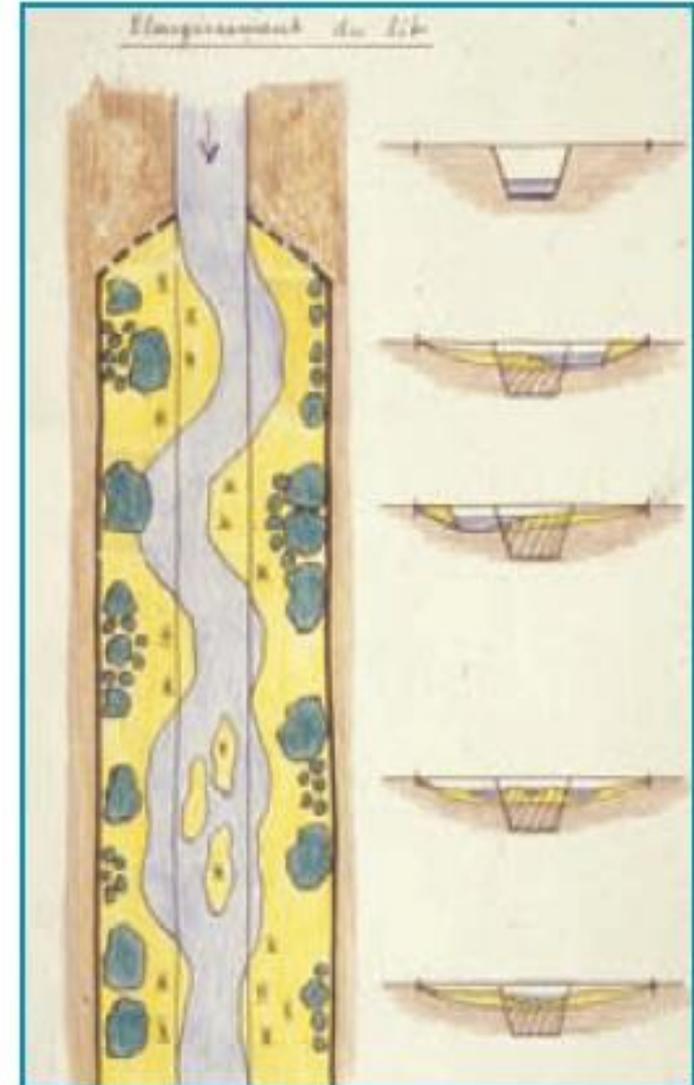
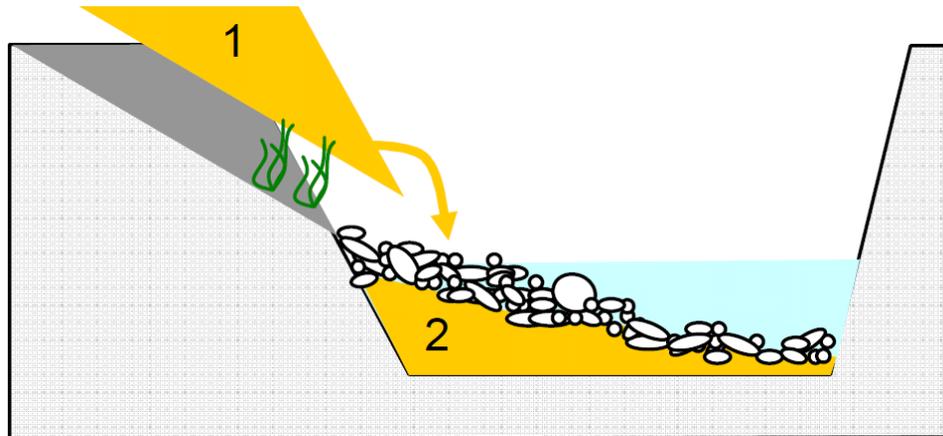
Restituer une capacité à structurer sa morphologie de manière pérenne

✓ **Recréation d'un nouveau lit : déblais / remblais**

● **Principe et méthodes**

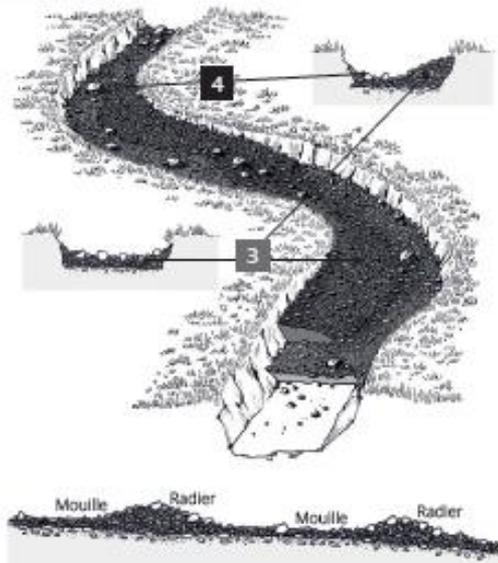
✓ Comblement partiel du lit artificiel à section trapézoïdale, combiné éventuellement à un déblayage le long de chaque berge (remblais à partir de déblais)

✓ Par l'élargissement du lit et le rehaussement du fond, on obtient un écoulement plus large et moins profond. La rivière est réintégrée dans son milieu avec des transitions douces au niveau des berges (Bardon, 2009*)



✓ Recréation d'un nouveau lit : la recharge granulométrique

Lit curé

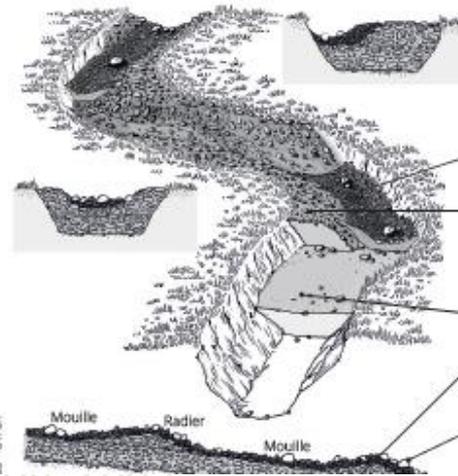


Ordre de mise en oeuvre

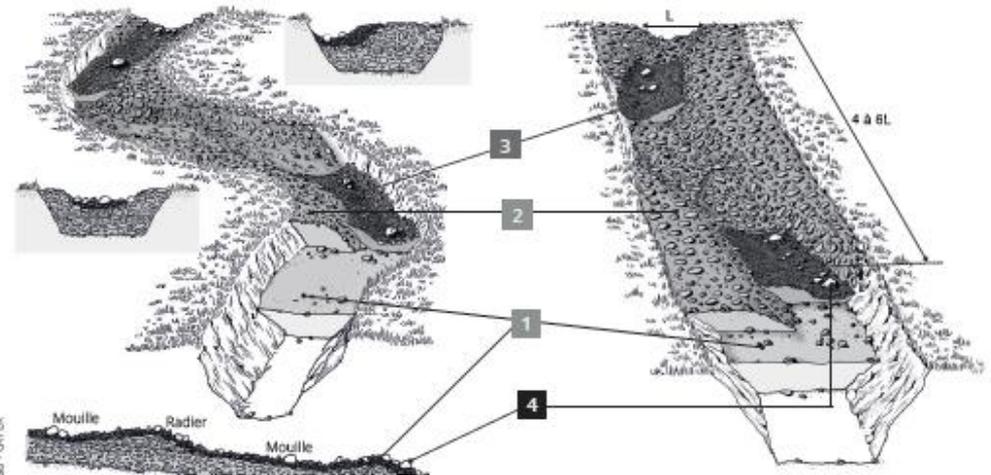
- 1 Réhaussement du fond si nécessaire (matériau de comblement)
- 2 Remblaiement latéral pour reconstituer la berge si nécessaire (matériau de comblement)
- 3 Reconstitution du matelas alluvial et des radiers (matériau de recharge)
- 4 Apport de quelques blocs

Le matériau de comblement est utilisé pour compenser latéralement et verticalement les travaux d'élargissement et d'approfondissement. Il est moins coûteux et plus grossier que le matériaux de recharge.

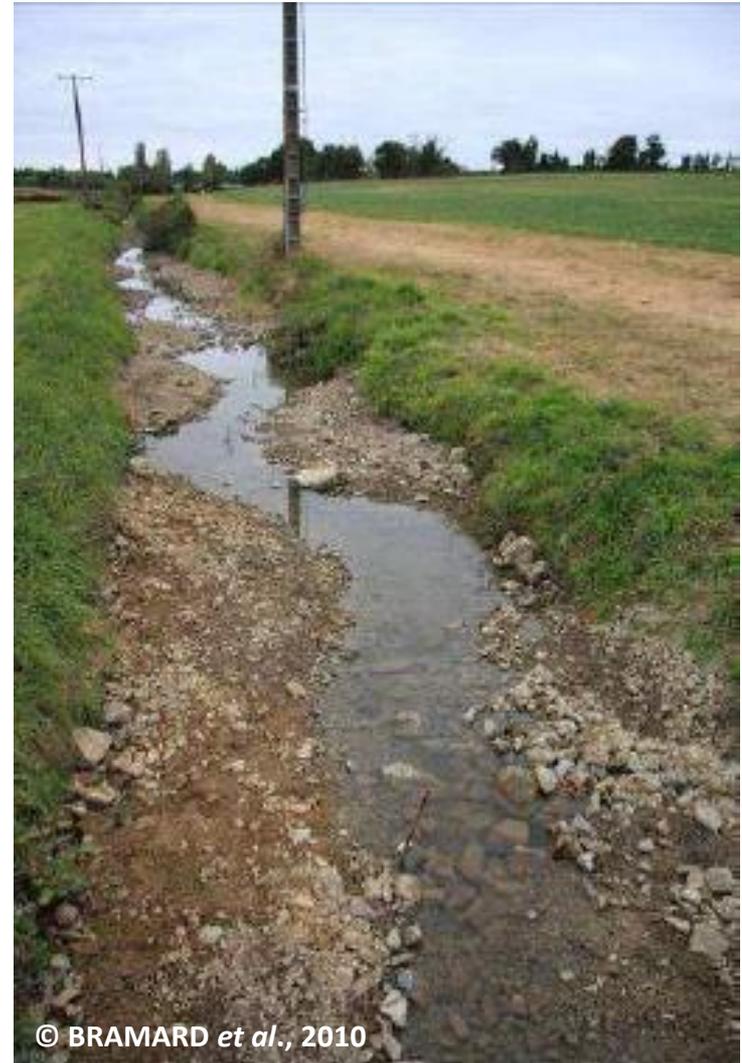
Lit recalibré non redressé



Lit recalibré et redressé



✓ **Recréation d'un nouveau lit : la recharge granulométrique**



Les Magnerolles : avant et après travaux

Bardon, 2009*

GGDL, 2007

✓ **Recréation d'un nouveau lit : la recharge granulométrique**



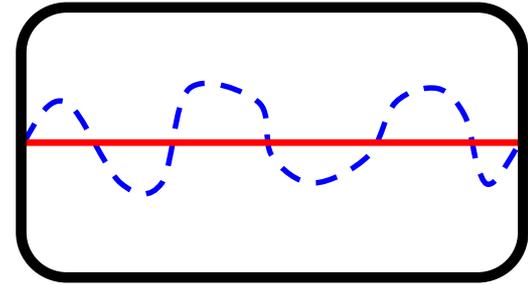
© LE BIHAN, 2014

Ruisseau de Citraie (44)



© LE BIHAN, 2014

L'Oisillière (44)



Le reméandrage



✓ Le reméandrage

❑ **Le reméandrage consiste à allonger le tracé et réduire la pente**

❑ **3 méthodes :**

✓ **Remettre le cours d'eau dans ses anciens méandres**

- Si méandres identifiables (terrain, cartes...)
- Si pas d'éléments bloquant (faisabilité foncière...)

Tassard, 2011*

✓ **Recréer un nouveau lit sinueux à méandrique**

- En respectant les lois morphologiques connues et/ou calculables (coefficient de sinuosité, longueur d'onde et amplitude des sinuosités, profil en long et en travers...)

✓ **Favoriser le méandrage par l'érosion des berges**

- Déflecteurs
- Gestion de la ripisylve

ONEMA, 2010*

Reméandrage du Langonnet (56)

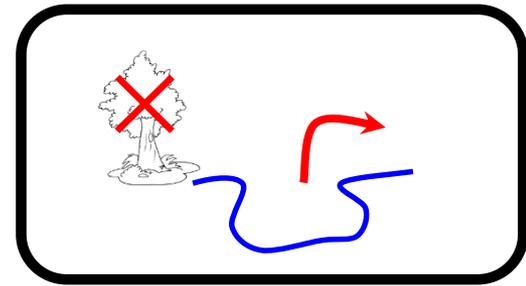


© FDPPMA56, 2012

© FDPPMA56, 2012

© FDPPMA56, 2012

© FDPPMA56, 2012



La diversification des habitats



✓ La diversification des habitats

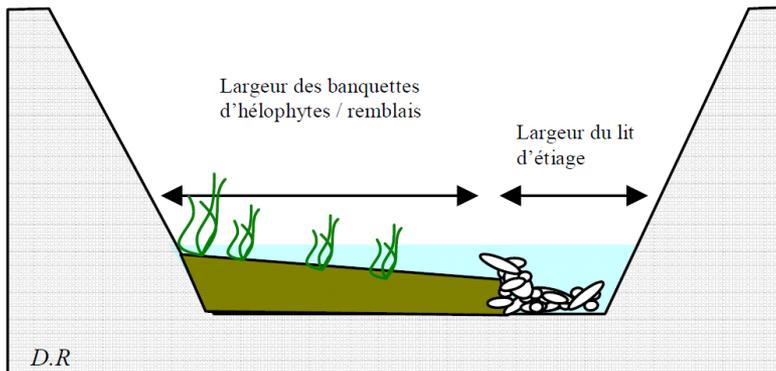
□ Objectif

- ✓ Diversification localisée des écoulements et des substrats (granulométrie différenciée au fond du lit, faciès d'écoulements)
- ✓ Diversification des habitats
- ✓ Rétrécissement local du lit d'étiage, retrouver une légère sinuosité
- ✓ Oxygénation locale de l'eau, température

Tassard, 2011*

□ Différentes techniques

- ✓ Epis, déflecteurs, banquettes, risbermes, recharge granulométrique légère, pose d'abris (grandes pierres, souches...), création de frayères, seuil de fond, sous-berges artificielles, fascines, bois morts...



ONEMA, 2010*

Ces techniques s'appliquent aux cours d'eau ayant subi des travaux hydrauliques qui n'ont pas modifié le tracé naturel (LIFE, 2009)

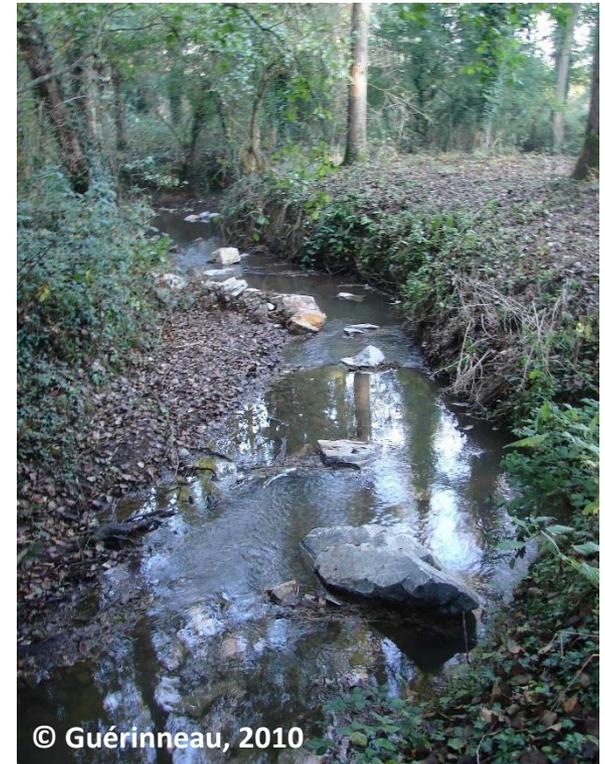
✓ La diversification des habitats

☐ Objectifs de la pose d'abris (Lenormand, 1999)

- ✓ Intéressant lorsque ces derniers ont été enlevés (souches, bois, pierres)
- ✓ Protection des poissons contre les prédateurs, zone de croissance ou de repos
- ✓ Diversification locale des écoulements

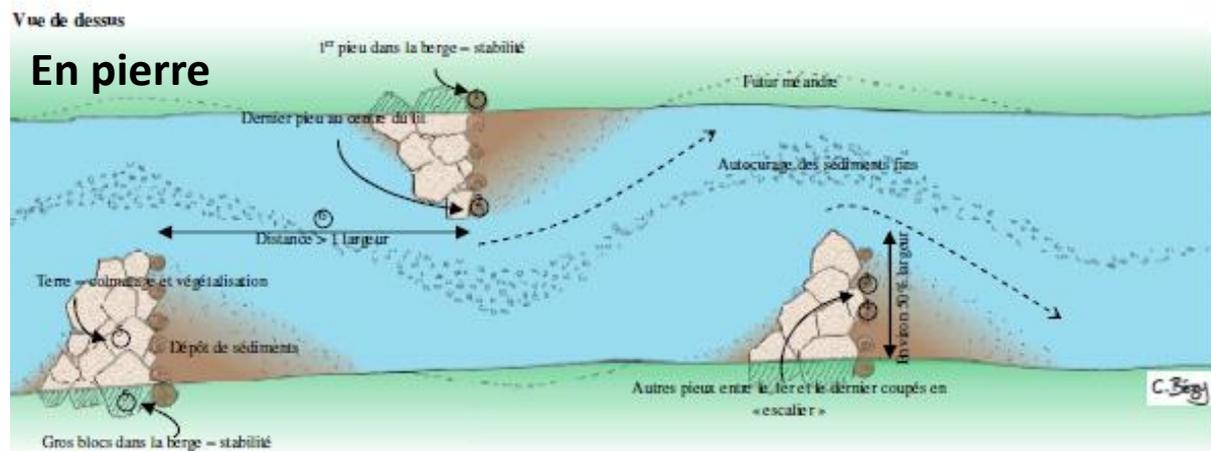
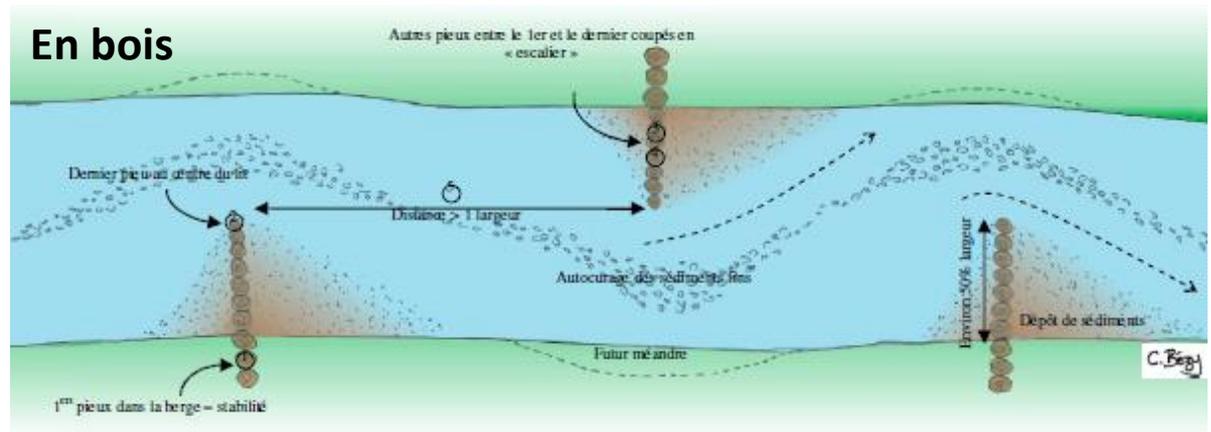


Enrochements sur
le bassin versant
du Linon
(CTMA 2011)



✓ Diversification des habitats : les épis

Longueur des épis au minimum égale à 50% de la largeur du gabarit de référence du cours d'eau

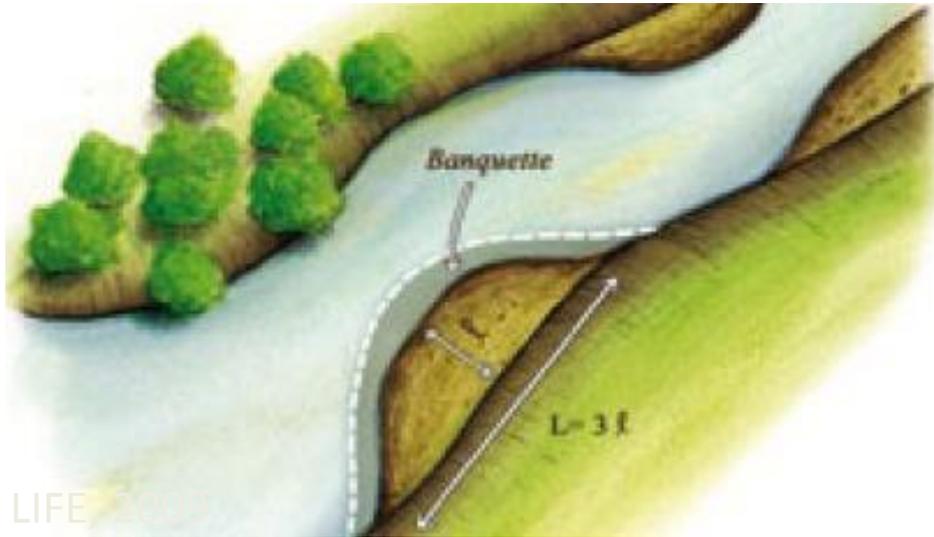


Epis en voie de comblement

Lenormand (CTMA Ille-et-Illlet) ; Bardon, 2009* ; Catroux & Bézy, 2010*

Catroux & Bézy, 2010*

✓ Diversification des habitats : la création de risbermes

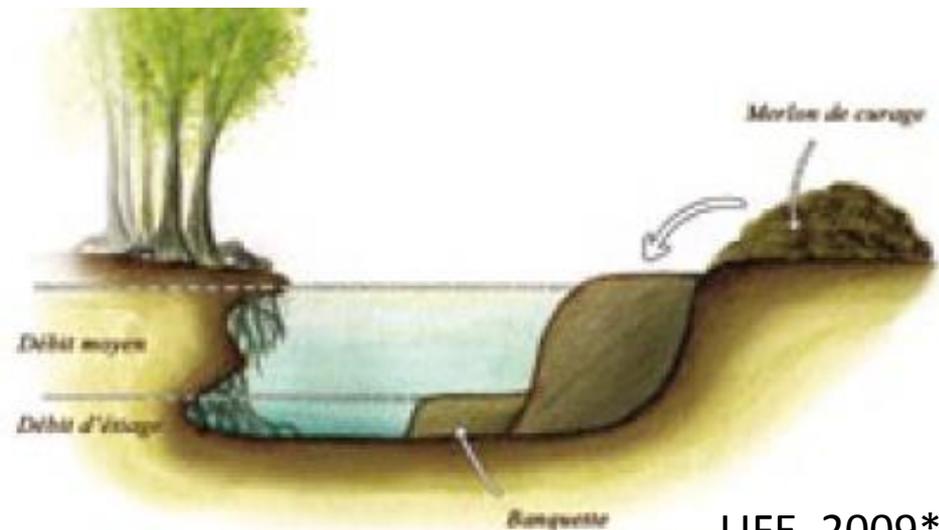


Longueur d'environ 3 fois leur largeur pour être optimums (LIFE, 2009*)

Intérêt d'utiliser des matériaux mobiles pour permettre l'adaptation du cours d'eau

Afin d'éviter l'étalement du cours d'eau en période de faible débit, réalisation d'un resserrement du lit infra-mineur.

Si le cours d'eau est incisé, nécessaire de coupler cette technique à un rehaussement du lit.
(cf. partie récréation d'un nouveau lit)



LIFE, 2009*



Les mesures accompagnant la restauration



✓ Les mesures accompagnant la restauration

☐ Éléments à prendre à compte avant les travaux

- ✓ **Période des travaux** (conciliation entre la limitation des impacts écologiques et la faisabilité des travaux)
- ✓ Si besoin : création d'ouvrages de franchissement de cours d'eau (LIFE, 2009*)
- ✓ Si obstacles à la continuité : mise en place de passe adaptée aux espèces piscicoles en tête de bassin (LIFE, 2009*)
- ✓ **Pêche de sauvetage si besoin, préservation des espèces sensibles**
(FDPPMA 44 & SD44 ONEMA)
- ✓ **Conciliation des activités des usagers dans la mesure du possible**
- ✓ **Si suivi envisagé, réalisation de l'état initial**
- ✓ **Procédures réglementaires**
- ✓ ...



✓ Les suivis

❑ Un double objectif (AESN, 2007)

- ✓ Analyser les impacts positifs (ou négatifs) dans le temps des travaux réalisés
- ✓ Proposer des mesures correctives si besoin

❑ Complémentarité des suivis

- ✓ **Hydromorphologique** (taux d'érosion latérale, évolution du profil en long et en travers, les phénomènes d'alluvionnement, les relations avec la nappe alluviale, la diversification des écoulements...)
- ✓ **Biologique** : état des biocénoses aquatiques, amélioration de la qualité physico- chimique)
- ✓ **Sociologique** : nouvelle vision des têtes de bassin



❑ Éléments à intégrer

- ✓ **Le pas de temps** (supérieur à un an, 5 ans)
- ✓ **Emprise du suivi**

Les enjeux et les perspectives sur le territoire du SAGE

Les têtes de bassin versant et le SAGE Estuaire de la Loire

SDAGE Loire-Bretagne 2009 - 2015 :
introduit la thématique TBV

Démarche initiée en 2016
dans le cadre du stage
de Benoît SALPIN et
poursuivie avec l'équipe du
SYLOA

Mise en œuvre du
SAGE 2009 - 2015

- Etat des lieux -
diagnostic
- Scénario et tendances
- Stratégie
- Ecriture du SAGE

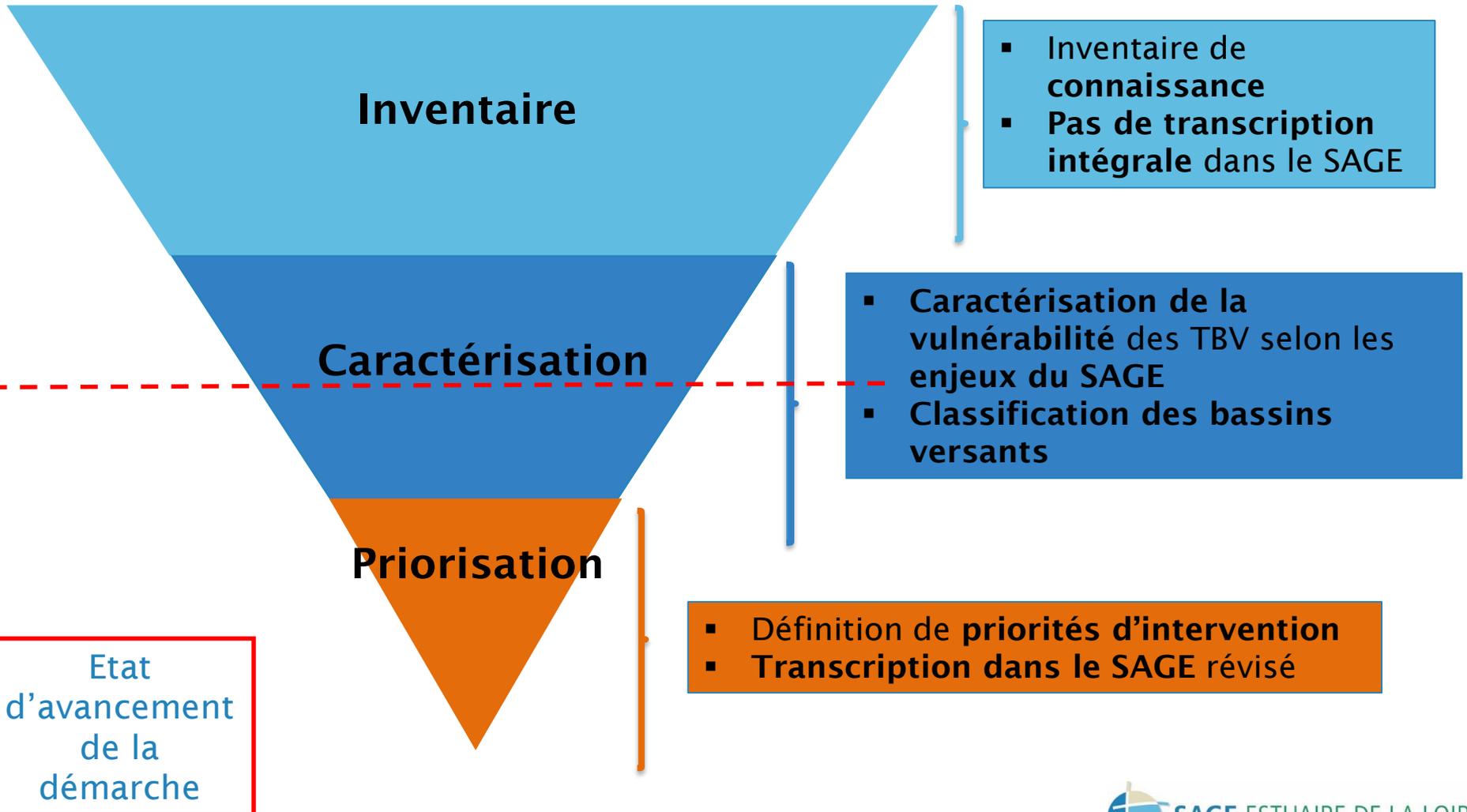
- N'aborde pas
spécifiquement la
thématique TBV

- **Intégration de la
thématique TBV :**
 - Inventaire
 - Caractérisation
 - Priorisation et
déclinaison programmes
d'actions
 - Sensibilisation

2004 - 2009
Elaboration du
SAGE

Révision du SAGE

SDAGE Loire-Bretagne 2016 - 2021 :
renforce la prise en compte des TBV



Phase de caractérisation et de priorisation en cours

Objectifs :

- Elaborer un **outil d'aide à la décision (OAD)** dans un objectif d'une meilleure prise en compte des enjeux en TBV :

- Qualité des milieux
- Qualité de l'eau
- Gestion quantitative
- Aménagement du territoire



Révision du SAGE :

- Appropriation des enjeux** liés aux TBV par les membres de la CLE afin de contribuer à la **définition de la stratégie du SAGE révisé**
- Intégration des objectifs et principes de gestion des TBV** déclinés en plan d'action
- Sensibilisation** sur le rôle des TBV



Temps d'échanges