Journée technique La Roche-Posay

Réhabilitation de petits cours d'eau : les fondamentaux

M Bramard 19 octobre 2011

Faut-il restaurer?

Pour quoi?

Pour qui?

Pour où?

Pour quand?

Comment ?

A quel coût?

Les travaux et aménagements

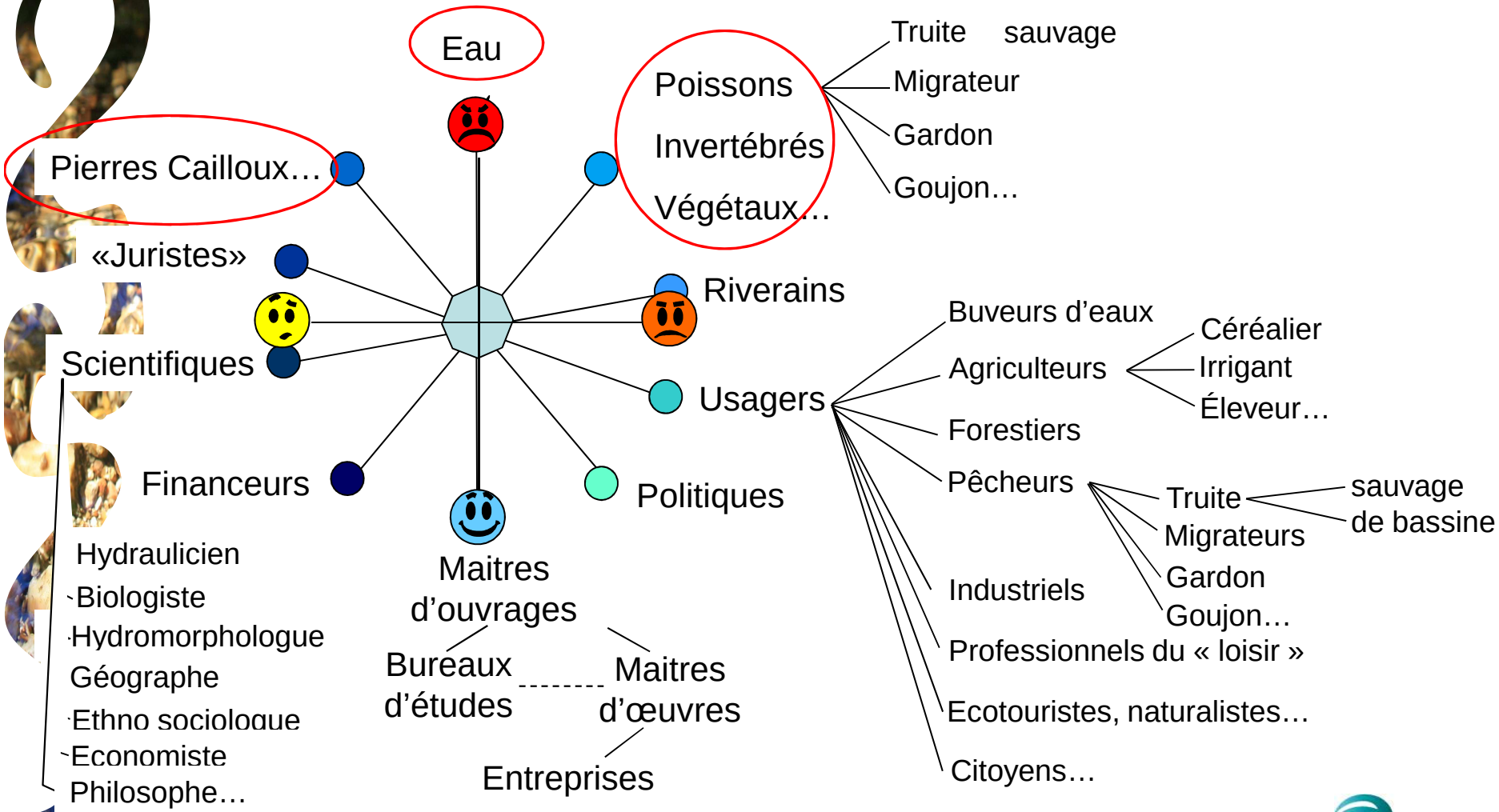
Qu'est-ce qui fonctionne?

Qu'est-ce qui ne fonctionne pas?

Qu'est-ce qui est susceptible de fonctionner?

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale Centre, Poitou-Charentes

Programme de restauration : pour quoi? Pour qui?



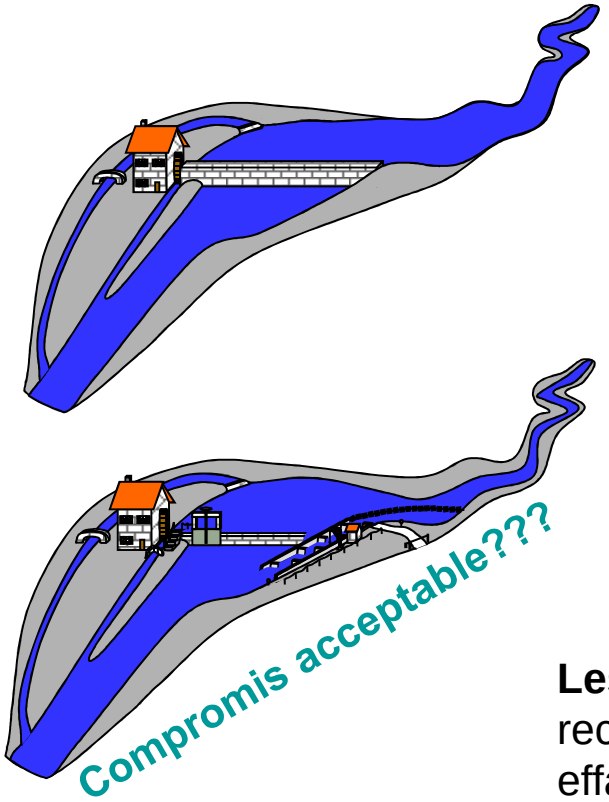
ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale Centre, Poitou-Charentes

ATTENTION aux compromis!

Le choix de traiter un ouvrage par un **arasement partiel** avec **équipement d'une passe à poissons** et **manœuvres de vanne** pour améliorer le transit sédimentaire peut apparaître comme un compromis intéressant!!!

Une analyse plus fine du projet fera apparaître généralement des contraintes supplémentaires :

- équipements de surveillance et contrôle
- entretien des ouvrages fixes et mobiles,
- entretien des berges amont et aval,
- gestion des atterrissements et des érosions
- gestion qualité d'eau et espèces invasives
- mesures correctives
- mesures « d'accompagnement social »
-…



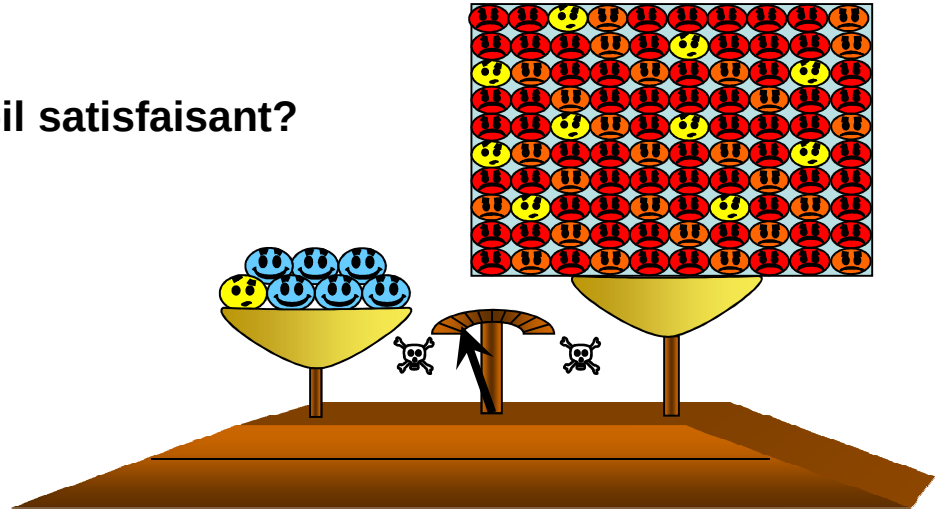
Le bilan écologique peut être assez négatif!

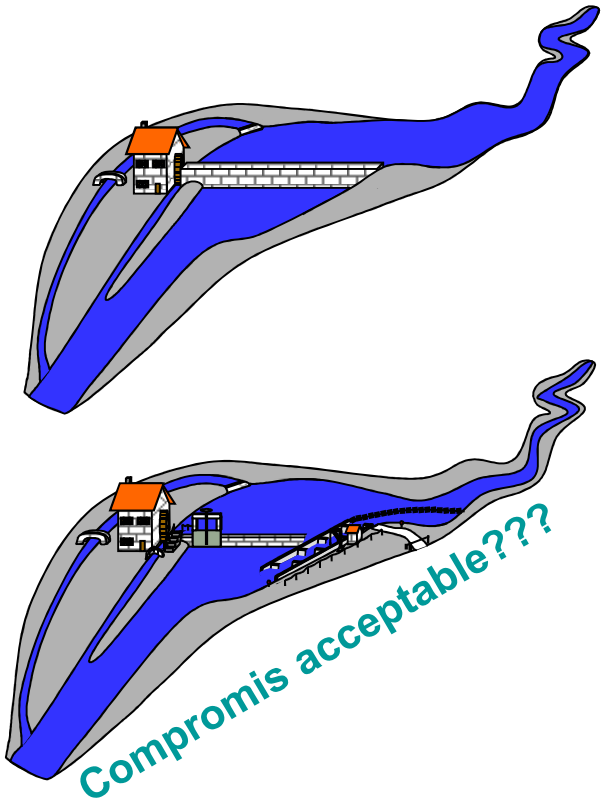
Les impacts résiduels doivent être compensés : recharge en granulats à l'aval (habitats, T° de l'ea u…), effacement d'un autre ouvrage sur le même bassin…

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale Centre, Poitou-Charentes

ATTENTION aux compromis!

Le bilan social et financier est-il satisfaisant?

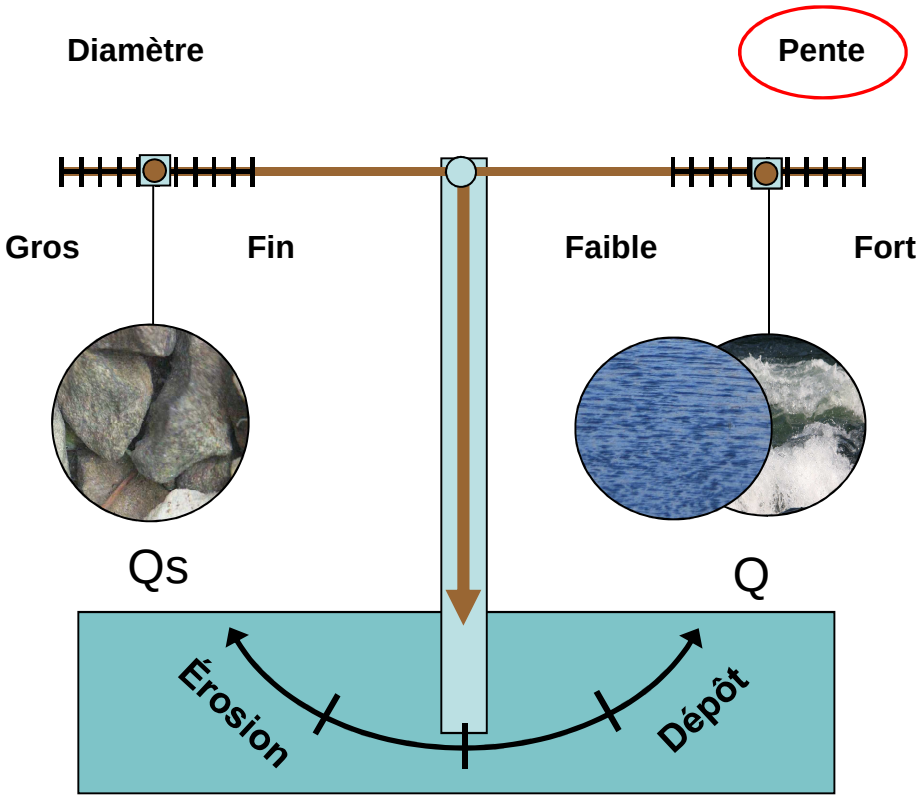




Une somme d'intérêts particuliers
ne fait pas un intérêt général

ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques
délégation interrégionale
Centre, Poitou-Charentes

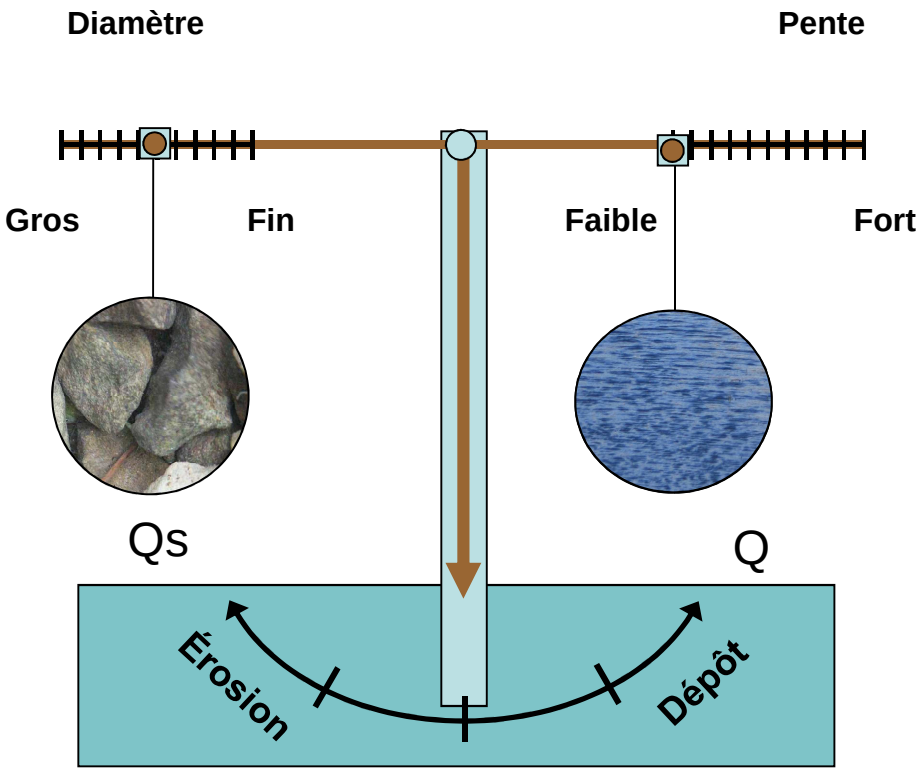
Rappel de quelques règles en hydromorphologie



« Balance de Lane » : principe de l'équilibre dynamique (Lane 1955)

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale Centre, Poitou-Charentes

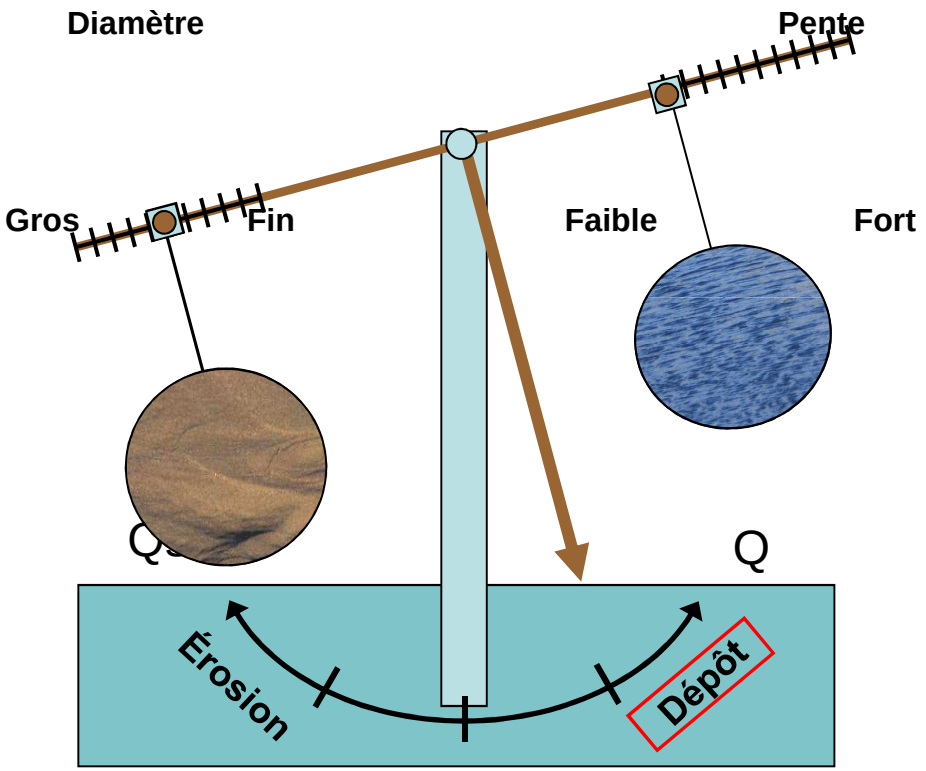
Rappel de quelques règles en hydromorphologie



« Balance de Lane » : principe de l'équilibre dynamique (Lane 1955)

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale Centre, Poitou-Charentes

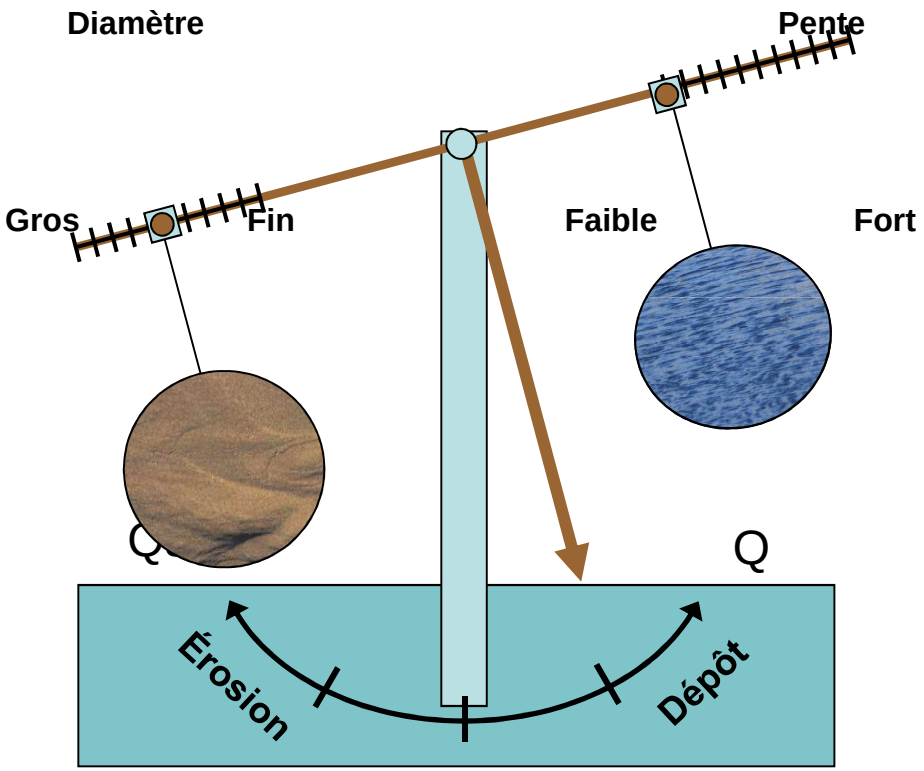
Rappel de quelques règles en hydromorphologie



« Balance de Lane » : principe de l'équilibre dynamique (Lane 1955)

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale Centre, Poitou-Charentes

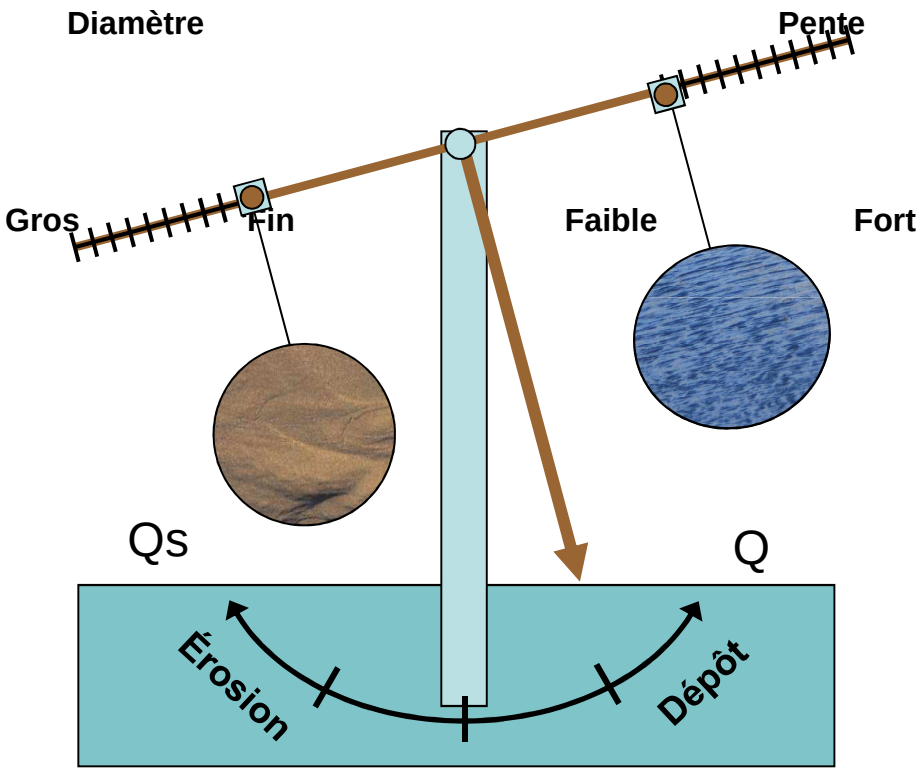
Rappel de quelques règles en hydromorphologie



« Balance de Lane » : principe de l'équilibre dynamique (Lane 1955)

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale Centre, Poitou-Charentes

Rappel de quelques règles en hydromorphologie



« Balance de Lane » : principe de l'équilibre dynamique (Lane 1955)

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale Centre, Poitou-Charentes

Les principales variables de contrôle *(Schum SA, 1977., The fluvial system. New York, Wiley and Sons)* sont imposées par la géographie : les formes de la vallée (surtout la pente du cours d'eau) et la pluviométrie :

Ce sont :

- le débit liquide
- le débit solide.

Le débit solide, étroitement dépendant du débit liquide, **s'auto-ajuste avec la pente**.

Les variables de contrôle secondaire sont :

- le boisement du BV
- la couverture végétale des berges
- la nature des matériaux disponibles dans le lit et les berges (granulométrie et tenue mécanique)

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale Centre, Poitou-Charentes

Rappel de quelques règles en hydromorphologie

Les principales variables de réponse (ou variables d'ajustement) sont :

- la pente du fond,
- la taille des sédiments transportés
- la sinuosité (amplitude et longueur d'onde des méandres)
- la largeur
- la profondeur du lit,

Elles sont interdépendantes (pente et sinuosité, largeur et profondeur...).

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale Centre, Poitou-Charentes

Rappel de quelques règles en hydromorphologie

Les variables de contrôle « naturelles » se jouent

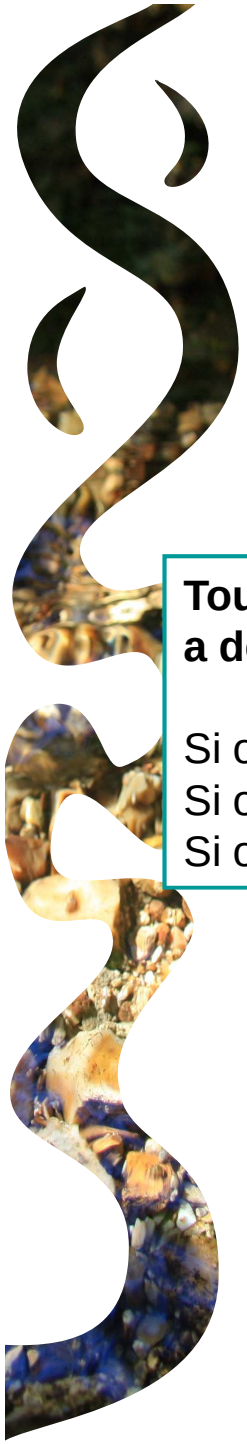
à l'échelle du bassin versant :

débit liquide + débit solide (surtout la charge de fond)

Elles dépendent de la puissance (débit liquide **et** pente)

Les variables de réponses se jouent essentiellement
à l'échelle du tronçon :
(pente, granulométrie, longueur et amplitude des méandres...)

ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques
délégation interrégionale
Centre, Poitou-Charentes



Rappel de quelques règles en hydromorphologie

Certaines atteintes aux cours d'eau ne peuvent trouver une réponse efficace et définitive qu'à l'échelle du bassin versant ou du lit majeur (imperméabilisation des sols, lessivage des sols nus etc.)

Avant d'envisager une restauration morphologique des cours d'eau (lit mineur), il faut lever les contraintes Bassin versant, lit majeur….

Toute intervention sur un des compartiments de la morphologie a des répercussions sur les autres :

Si on bloque une érosion en berge, l'énergie (et l'érosion) est reportée au fond du lit
Si on bloque l'érosion du fond du lit, l'énergie (et l'érosion) est reportée en berges
Si on bloque l'érosion des berges et du lit, l'énergie (et l'érosion) est reportée vers l'aval

« On ne soumet la nature qu'en lui obéissant »

Bacon 1561-1626

En petit cours d'eau, ce sont presqu'exclusivement les sédiments grossiers (transportés par charriage) qui contribuent aux formes naturelles du lit mineur

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale Centre, Poitou-Charentes

Définition du type de cours d'eau concerné
(analyse du fonctionnement général + appréciation du score géodynamique)

↓

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

↓

Analyse et mise en évidence des dysfonctionnements associés
(morphologiques, écologiques, hydrauliques, etc.)

↓

Types de restaurations possibles

↓

Evaluation du score d'efficience probable

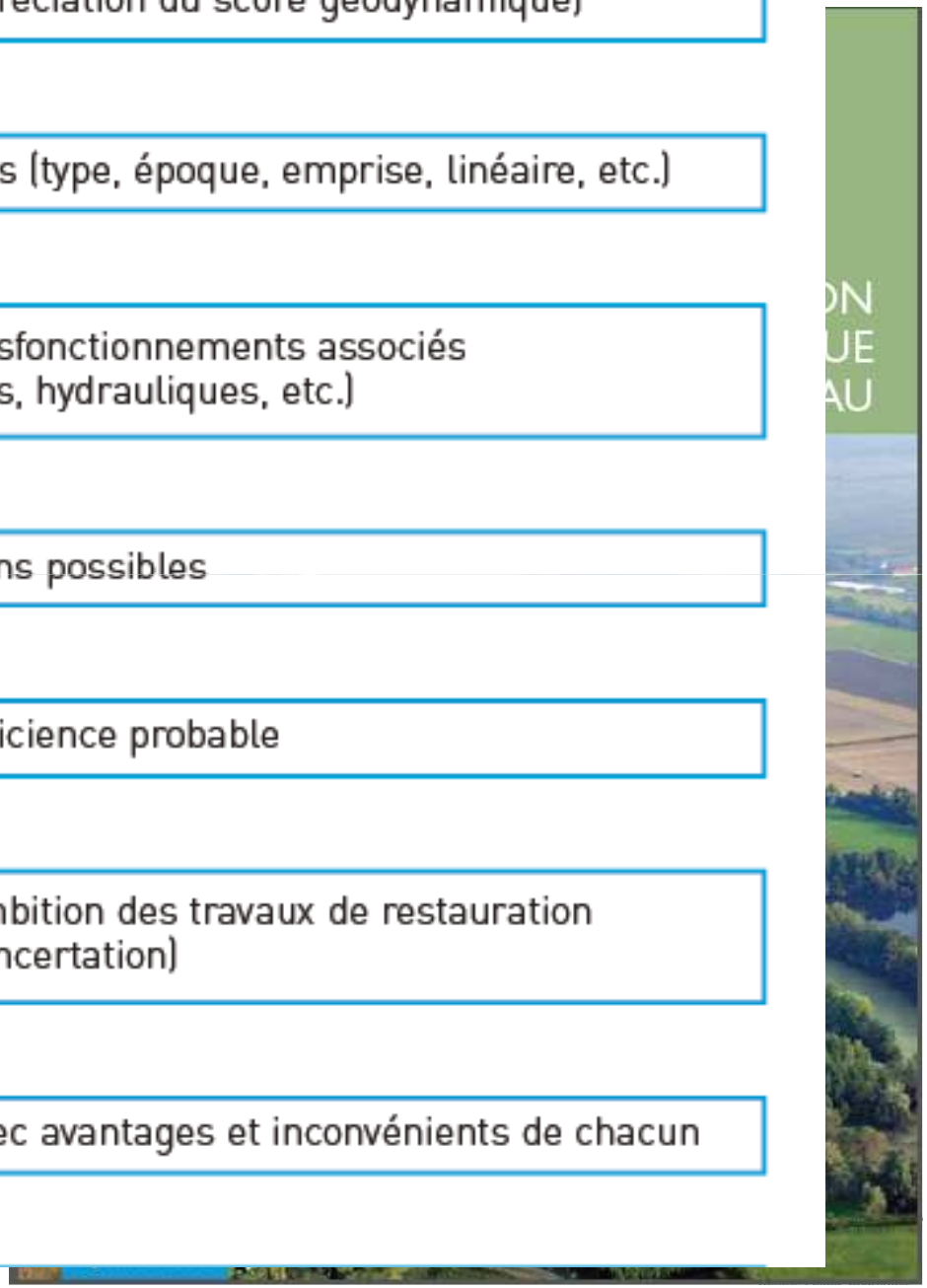
↓

Définition des objectifs et des niveaux d'ambition des travaux de restauration
(➔ 1re phase de concertation)

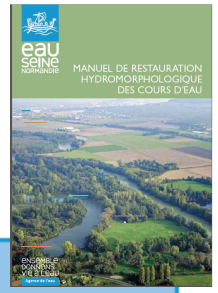
↓

Proposition de 2 ou 3 scenarii de restauration avec avantages et inconvénients de chacun

↓



Comment établir un programme de restauration



Type de dysfonctionnement	Niveau d'ambition souhaité R1 à R3	Familles de travaux envisageables à l'échelle locale	Remarques et précautions à prendre
Métamorphose fluviale liée à l'incision du lit mineur	R1	Action à l'échelle globale indispensable. On peut en partie freiner la métamorphose « tressage – méandrage » par un entretien systématique de la végétation du lit moyen (bande active) pour éviter une fermeture trop rapide du milieu alluvial	
	R2		
	R3		
Disparition des substrats liée à l'incision du lit mineur	R1	Apport de matériaux (fiche 5) + structures de blocage (fiches 3 et 6)	– Utiliser des alluvions de nature pétrographique et de granulométrie équivalente à celles que l'on devrait trouver sur le site à restaurer. – Régaler les alluvions pour ne pas trop réduire la section d'écoulement. – Plus le score physique est élevé, moins l'apport de matériaux sera nécessaire. – Attention à l'aggravation du déficit aval.
	R2	Apport de matériaux (fiche 5) + structures de blocage (fiches 3 et 6)	
	R3	Apport éventuel de matériaux (fiche 5) + structures de blocage (fiches 3 et 6) + espace de liberté	
Abaissement de la nappe lié à l'incision du lit mineur (cf. lit majeur)	R1	Mise en place de seuils (fiche 6)	– Attention aux impacts liés à la présence de seuils. – Plus le score physique est élevé, moins la hauteur des seuils sera importante.
	R2	Mise en place de seuils (fiche 6)	
	R3	Mise en place de seuils (fiche 6) + espace de liberté	

Figure 52 : Dysfonctionnement au sein du lit mineur ; incision.

amme de restauration

Restauration 2

La suppression ou la dérivation d'étangs sur cours d'eau

Supprimer des plans d'eau sur cours d'eau permet de rétablir la dynamique fluviale et la continuité écologique.

Les objectifs

Objectifs hydromorphologiques

- Restaurer la pente et le profil en long du cours d'eau.
- Réactiver la dynamique du cours d'eau par la reprise du transport solide et la recréation de zones préférentielles d'érosion et de dépôts.
- Diversifier les écoulements et les habitats du lit mineur : profondeurs, vitesses, substrats (réapparition de zones de substrats plus grossiers : graviers, blocs).
- Diversifier les profils en travers.
- Restaurer le régime des eaux.

Objectifs écologiques

- Restaurer des écosystèmes d'eau courante et assurer le retour d'espèces aquatiques typiques au dépend des espèces d'étangs.
- Améliorer la libre circulation des espèces aquatiques (poissons, écrevisses...).
- Permettre le brassage génétique des populations reconnectées.
- Reconquérir des zones humides fonctionnelles et d'intérêt écologique dans l'emprise de l'ancienne retenue et bien souvent en aval.
- Améliorer les capacités auto-épuratoires par la présence d'échanges entre la zone hyporhéique et la surface.
- Éliminer, en cas d'effacement total, les nuisances liées à la retenue (eutrophisation, réchauffement de l'eau, évaporation, etc.).

Autres gains attendus

- Valoriser le paysage et les activités récréatives aux abords et dans le lit de la rivière.

Réponses à quelques idées reçues

Moyennant des précautions particulières pendant la phase de travaux sur la gestion des fines, l'effacement de l'étang n'augmente pas le risque de colmatage du cours d'eau

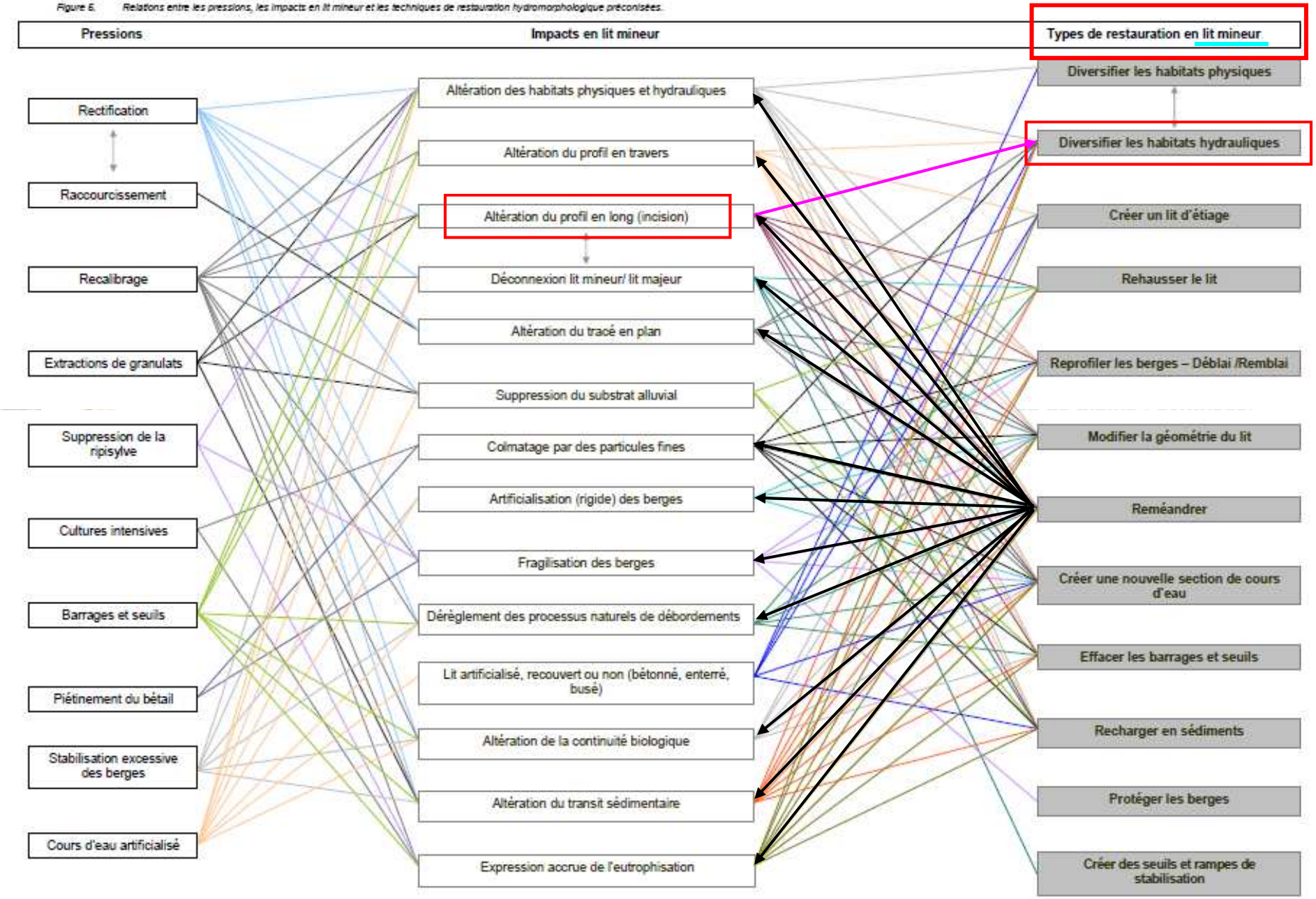
La restauration des cours d'eau

Recueil d'expériences sur l'hydromorphologie

ONEMA

Comment établir un programme de restauration

Figure 6. Relations entre les pressions, les impacts en lit mineur et les techniques de restauration hydromorphologique préconisées.



Reméandrage, seuil, pied de talus, réhabilitation de source, création de lit d’étiage, gué, abris piscicoles….

La recharge en granulats : le « couteau suisse »

de l’aménageur

Plus le substrat employé pour la recharge en granulats est hétérogène, plus il offre une résistance (relative) à l'érosion, et une diversité de faciès d'écoulements et d'habitats…

vase
sable
limon
gravier
cailloux
pierres
blocs

Mélange
gravier
pierres
cailloux

Fiche 5. Reprofiler les berges (déblai /remblai) — Cible : Pressions

R2 | Co | Qb | Qpc | M | Hy | C/E | Fo | P

Ensemble des impacts ciblés par cette technique

- Altération des profils en long et en travers
- Artificialisation ou fragilisation des berges
- Expression de l'eutrophisation
- Colmatage
- Altération des habitats physiques et hydrauliques
- Altération du tracé en plan
- Altération de la continuité sédimentaire

Fiche 6. Modifier la géométrie du lit — Cible : Pressions

R3 | Co | Qb | Qpc | Qh | Hy | C/E | Fo | P

Ensemble des impacts ciblés par cette technique

- Altération des profils en long et en travers
- Déconnexion lit majeur/ lit mineur
- Dérèglement des processus naturels de débordements
- Altération des habitats physiques et hydrauliques
- Altération de la continuité écologique
- Artificialisation des berges
- Colmatage
- Expression de l'eutrophisation
- Altération du tracé en plan

Fiche 4. Rehausser le lit — Cible : Impacts

R2 | Co | Qb | Qpc | M | Hy | C/E | Fo | P

Ensemble des impacts ciblés par cette technique

- Altération du profil en long
- Déconnexion lit majeur/ lit mineur
- Altération de la continuité écologique
- Dérèglement des processus naturels de débordements
- Suppression du substrat alluvial
- Fragilisation des berges
- Altération des habitats hydrauliques

Fiche 7. Reméandrer — Cible : Pressions

R3 | Co | Qb | Qpc | M | Hy | C/E | Fo | P

Ensemble des impacts ciblés par cette technique

- Altération du tracé en plan
- Déconnexion lit majeur/ lit mineur
- Dérèglement des processus naturels de débordements
- Artificialisation des berges
- Altération des profils en long et en travers
- Altération des habitats physiques et hydrauliques
- Altération de la continuité écologique
- Colmatage
- Expression de l'eutrophisation

Pression(s). Extraction de granulats. Barrages et seuils. Curage. Recalibrage. Rectification. Stabilisation des berges.

Impact(s) hydromorphologique(s). Altération du profil en long (incision, érosion progressive et régressive). Déconnexion lit mineur/ lit majeur. Fragilisation des berges. Dérèglement des processus naturels de débordements

Objectif opérationnel n°2 . Bloquer ou compenser l'incision du lit

Enjeu(x) globaux associés. Rééquilibrage des processus naturels de débordement, conservation ou amélioration de la qualité biologique et de la qualité physico chimique de l'eau

Fiche 12. Créer des seuils et rampes de stabilisation — Cible : Impacts

R1 | Co | Qb | Qpc | M | Hy | C/E | Fo | P

Ensemble des impacts ciblés par cette technique

- Altération du profil en long (incision, érosion progressive)

Fiche 8. Créer une nouvelle section de cours d'eau — Cible : Pressions

R3 | Co | Qb | Qpc | M | Hy | C/E | Fo | P

Ensemble des impacts ciblés par cette technique

- Artificialisation du lit (bétonné, busé ou enterré)
- Altération des habitats physiques et hydrauliques
- Altération du tracé en plan
- Altération des profils en long et en travers
- Altération de la continuité écologique
- Dérèglement des processus naturels de débordements
- Déconnexion lit majeur/ lit mineur
- Colmatage
- Expression de l'eutrophisation
- Artificialisation des berges

Fiche 9. Effacer les barrages et seuils — Cible : Pressions

R3 | Co | Qb | Qpc | M | Hy | C/E | Fo | P

Ensemble des impacts ciblés par cette technique

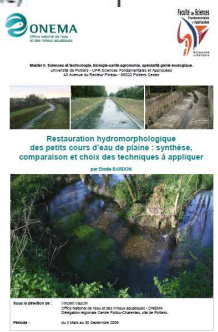
- Altération de la continuité écologique
- Altération des habitats physiques et hydrauliques
- Expression de l'eutrophisation
- Colmatage
- Altération des profils en long et en travers
- Dérèglement des processus naturels de débordements

Fiche 10. Recharger en sédiments — Cible : Impacts

R2 | Co | Qb | Qpc | M | Hy | C/E | Fo | P

Ensemble des impacts ciblés par cette technique

- Suppression du substrat alluvial
- Altération du transit sédimentaire
- Altération du profil en long (incision)
- Artificialisation du lit (bétonné, busé ou enterré)
- Altération des habitats physiques et hydraul
- Expression de l'eutrophisation
- Colmatage
- Altération du profil en travers



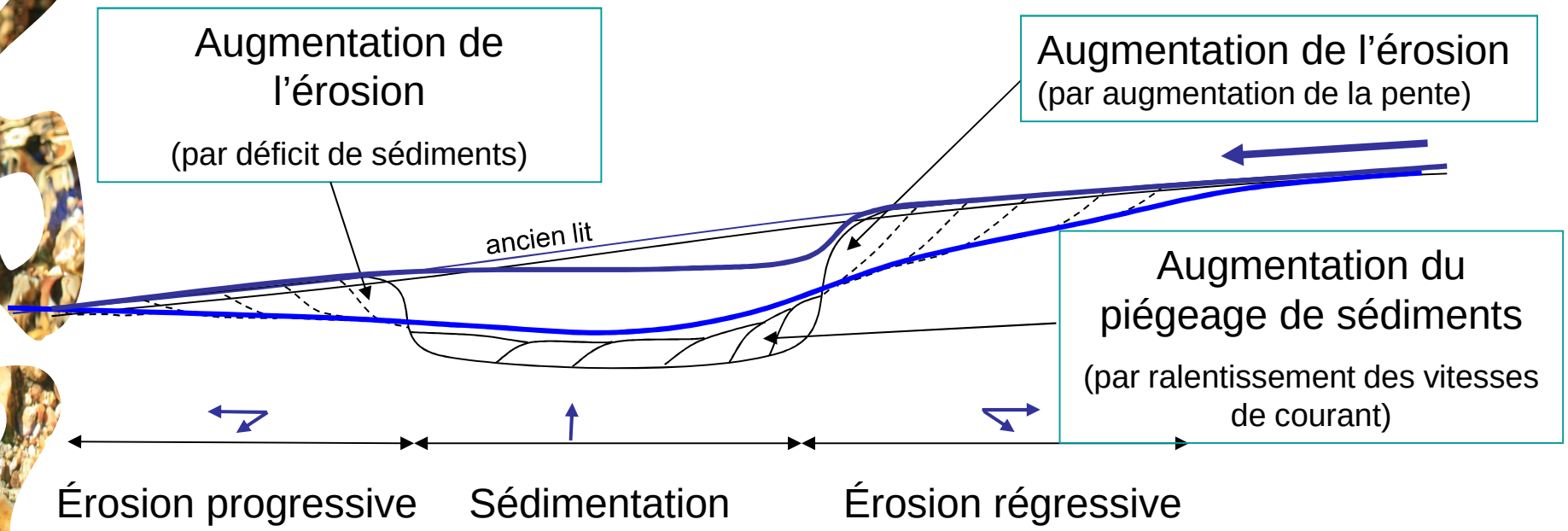
Partiellement efficace

Efficace mais surdimensionnée par rapport à l'objectif opérationnel (rapport coût/efficacité élevé)

Efficace mais contraire à la dynamique naturelle du cours d'eau (à utiliser en dernier recours)

Bien évaluer les avantages et inconvénients de chaque technique

Exemple : extraction de granulats⇨ enfoncement du lit de la rivière



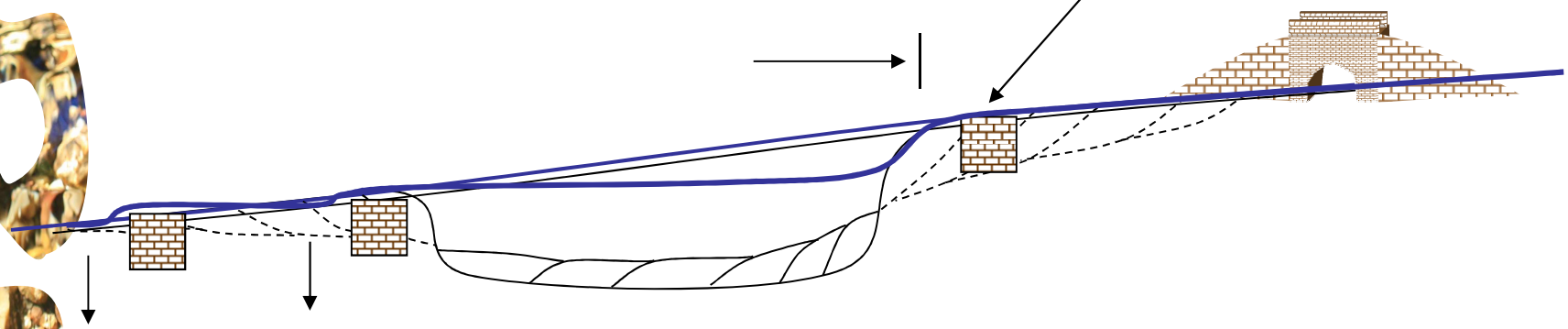
Le cours d'eau essaie de se rapprocher de son profil en long naturel

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale Centre, Poitou-Charentes

Bien évaluer les avantages et inconvénients de chaque technique

Exemple : extraction de granulats : élargissement et enfoncement du lit de la rivière, ou augmentation de gabarit en petit cours d'eau.

Si des enjeux à l'amont le nécessitent, un unique seuil noyé peut suffire à bloquer l'érosion <u>régressive</u>



Mais face à une érosion <u>progressive</u> liée au déficit de sédiment, des <u>seuils noyés</u> n'empêcheront pas l'incision à l'aval

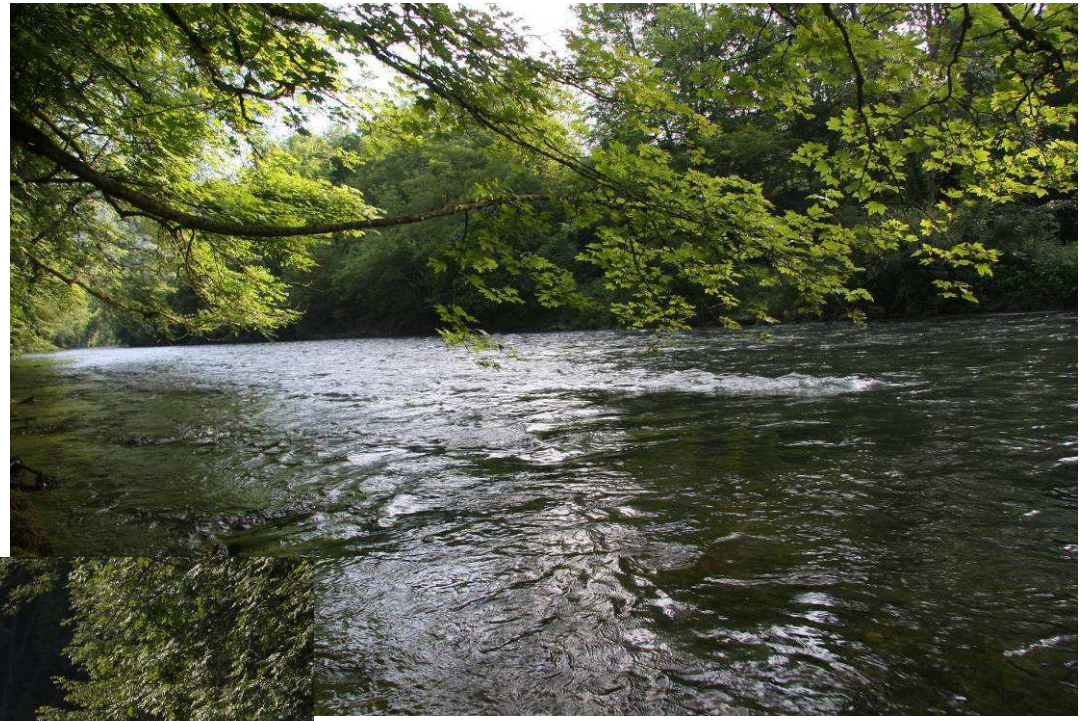
Des <u>seuils dénoyés</u> peuvent freiner temporairement la dévalaison des sédiments, mais ils accentueront le déficit de la portion encore plus aval, et ils entraîneront localement une forte artificialisation du milieu (sédimentation et pertes d'habitats piscicoles etc.)

Les erreurs de diagnostic érosion progressive/ régressive sont fréquentes et conduisent souvent à des solutions inadaptées.

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale Centre, Poitou-Charentes

Bien évaluer les avantages et inconvénients de chaque technique

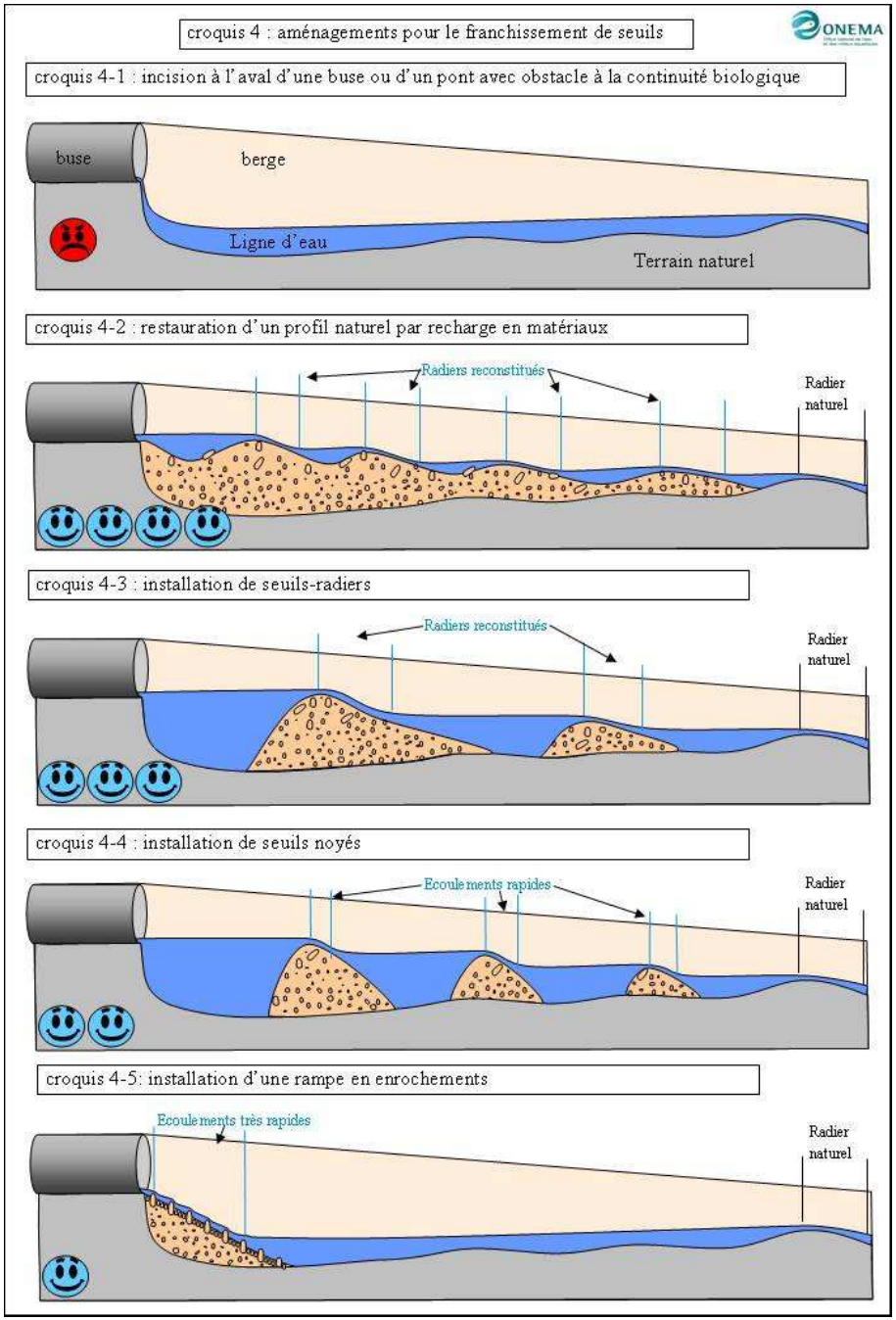
Sans seuil, un radier de plus d'un hectare



Sur le même cours d'eau, un peu plus à l'aval, avec un seuil, les habitats d'écoulements rapides sont réduits à environ 200 m²

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale Centre, Poitou-Charentes

Bien évaluer les avantages et inconvénients de chaque technique



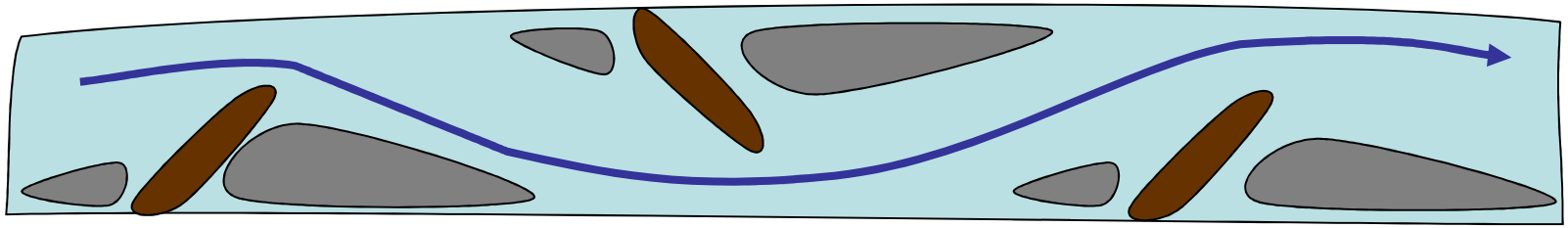
Privilégier la solution la plus bénéfique pour le milieu

Utiliser <u>en priorité</u> des aménagements <u>souples</u> qui peuvent s'ajuster aux évolutions morphologiques du cours d'eau

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale

Bien évaluer les avantages et inconvénients de chaque technique

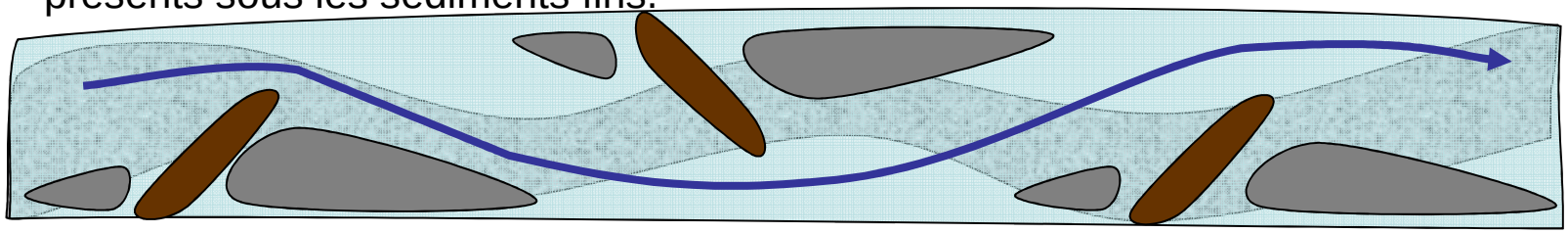
Recréer un lit d'étiage sur un cours d'eau sur-élargi



Pour atteindre cet objectif, la technique des épis est souvent utilisée.

Employée seule, cette technique offre des résultats généralement très décevants (selon l'énergie du cours d'eau, la qualité du transport sédimentaire et la nature du sur-élargissement).

Si le sur-élargissement est la conséquence d'un piétinement par du bétail ou d'une mauvaise gestion de la ripisylve…, des granulats grossiers sont encore présents sous les sédiments fins.

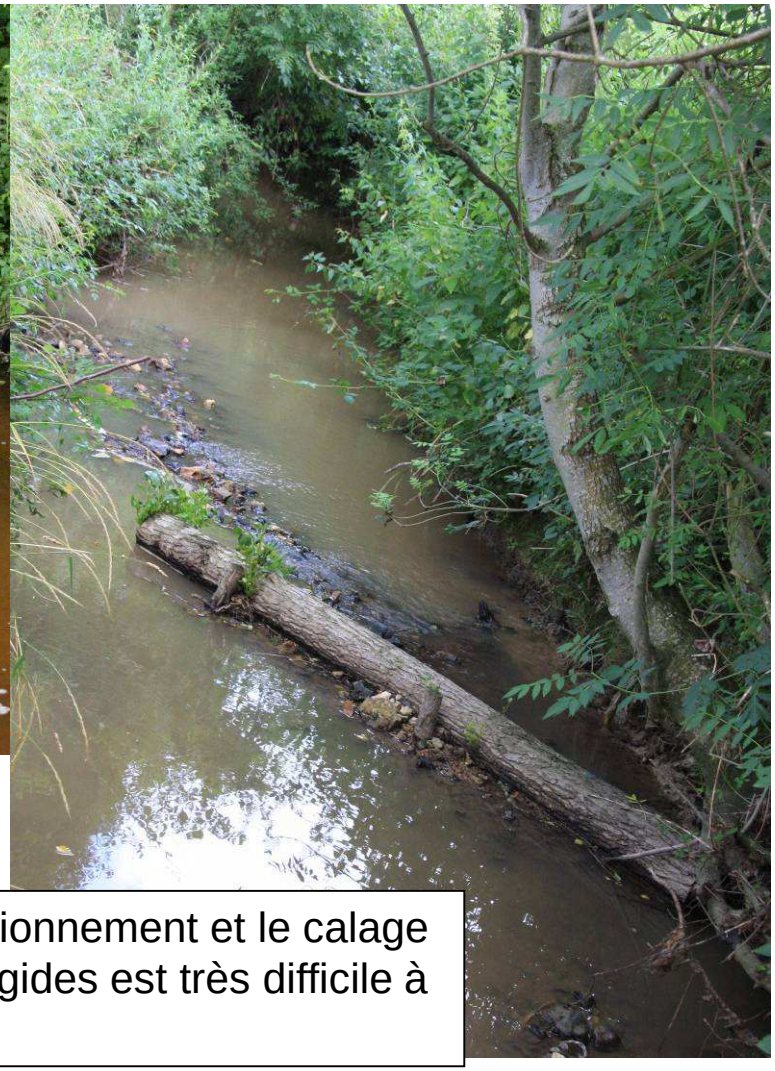


Mais les granulats ont été généralement assez dispersés par le piétinement ou le courant et le positionnement des épis ne permettra d'en refaire apparaître qu'une portion limitée

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale Centre, Poitou-Charentes

Sur-élargissement dû à une suppression de ripisylve et piétinement de bovins : berges basses

Sur-élargissement dû à un recalibrage (granulo 20 – 30 ans après travaux) : berges hautes



Le dimensionnement et le calage des épis rigides est très difficile à maitriser

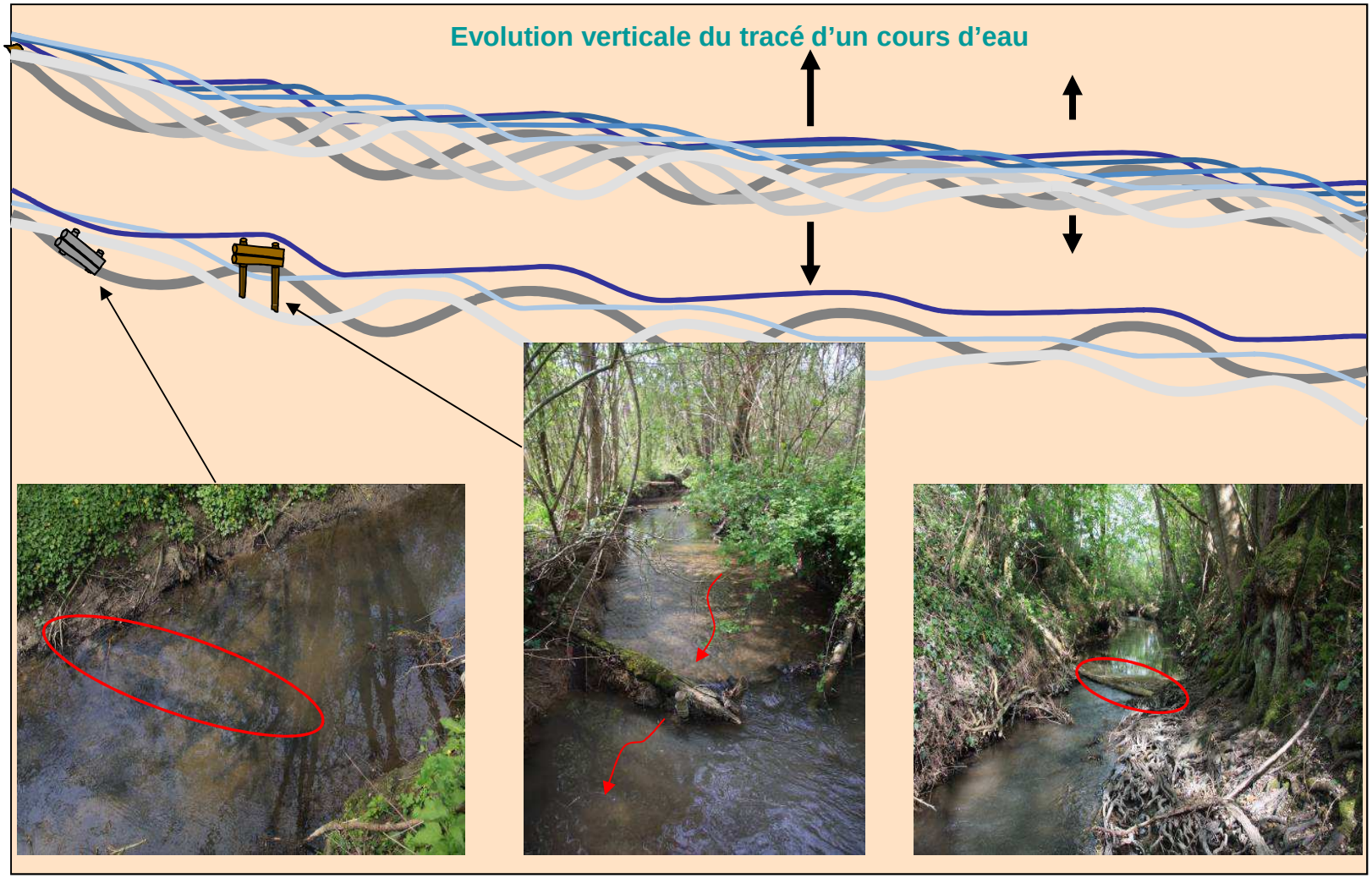
Les épis en technique souple (recharge en granulats) s'ajustent très naturellement par le cours d'eau, mais si le matelas alluvial a disparu, il faut également le reconstituer

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale Centre, Poitou-Charentes

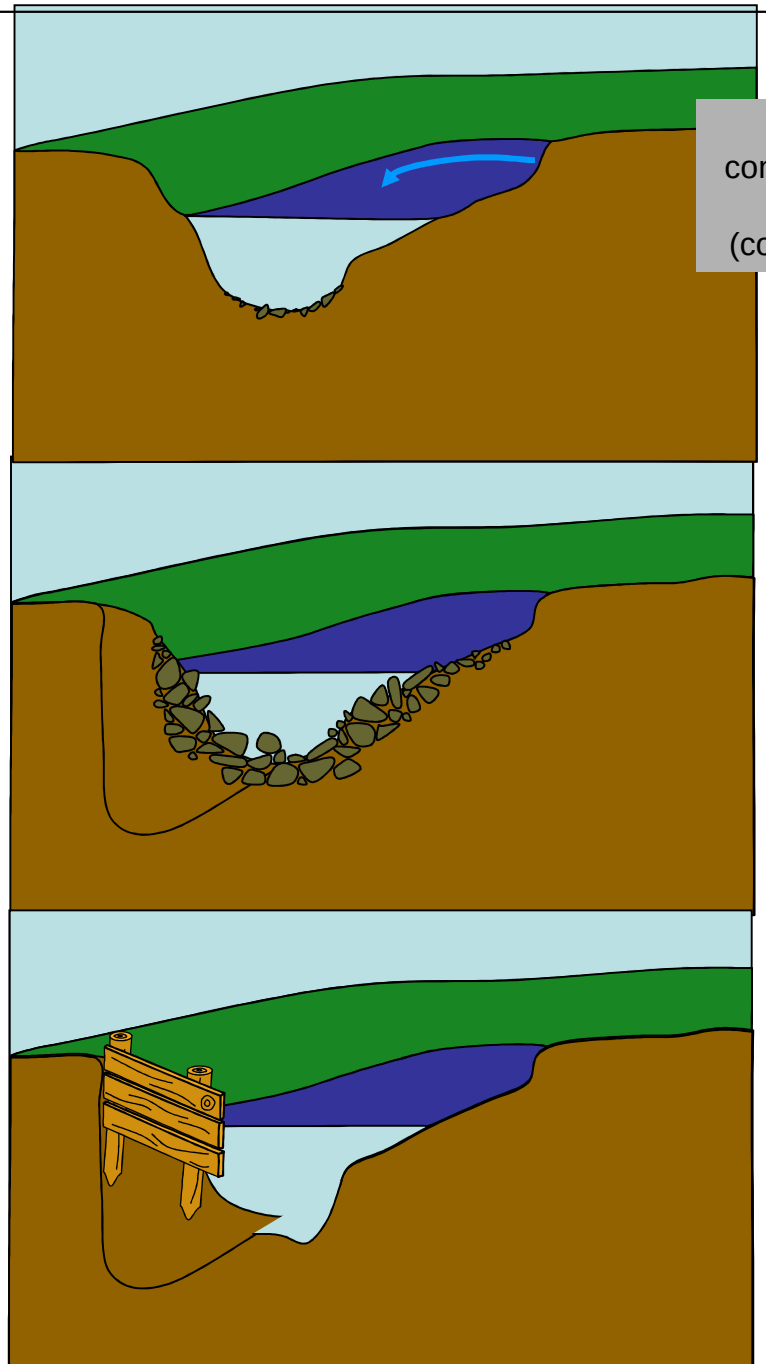
Bien évaluer les avantages et inconvénients de chaque technique

Sous l'action des débits liquides et solides, le cours d'eau se déplace <u>verticalement</u> dans son lit mineur (succession fosses-radiers)

Les structures rigides ancrées en fond et en berges sont à éviter



Bien évaluer les avantages et inconvénients de chaque technique



Avant travaux : érosion en rive concave, matelas alluvial absent ou de très faible granulométrie (conséquences curage, recalibrage …

Les choix des techniques de restauration à adopter doivent être réfléchis pour avoir une action efficace et durable.

Une érosion en berge peut être bloquée, ralentie, ou laissée en évolution libre…

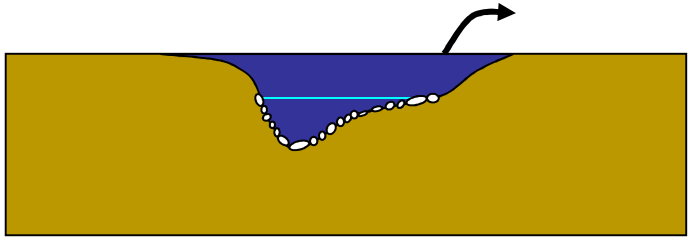
Les conséquences seront différentes pour la berge comme pour le fond du lit

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale

Bien évaluer les avantages et inconvénients de chaque technique

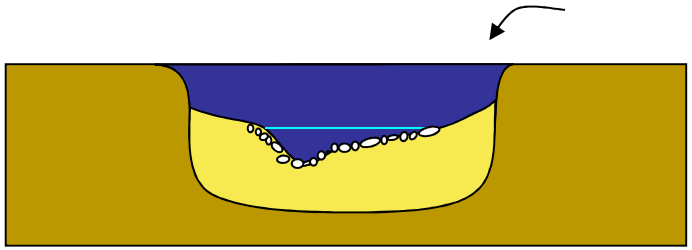
Les modifications du gabarit

Cours d'eau naturel : Débit de plein bord ≈Q2



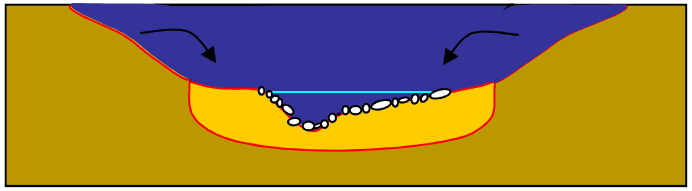
bien évaluer les conséquences des opérations de retalutage des berges

Cours d'eau recalibré : DPB = Q5, Q10…

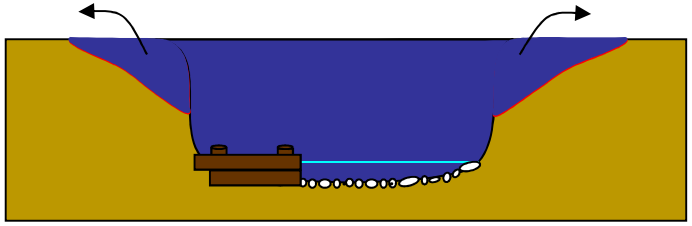


Remblais = réduction du gabarit et du DPB

Retalutage de berges



Déblais / Remblais = conservation du DPB

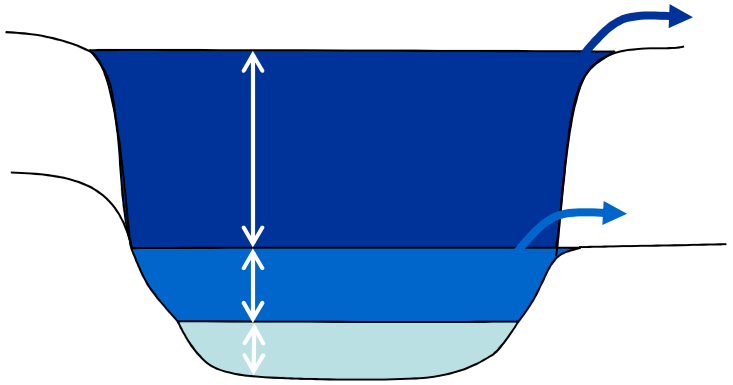


Déblais = augmentation du DPB

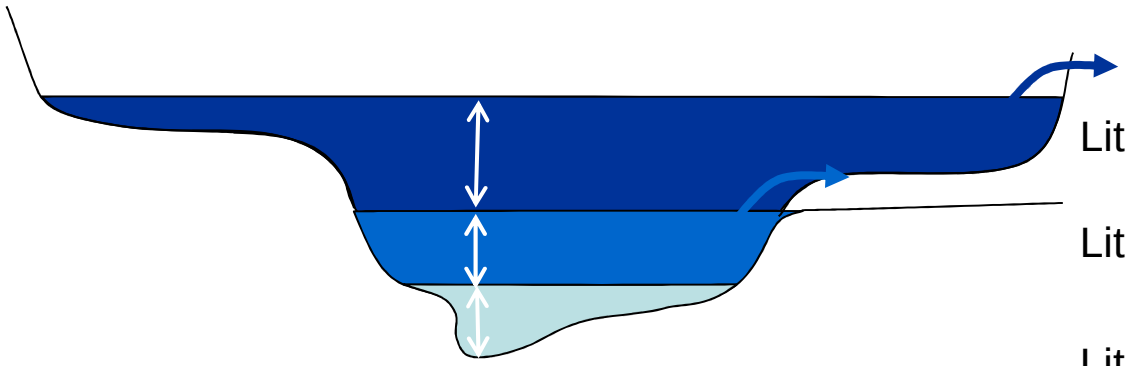
ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale Centre, Poitou-Charentes

Bien évaluer les avantages et inconvénients de chaque technique

Redessiner un lit de cours d'eau (reméandrage, remise en fond de talweg….)



Sur un lit artificialisé (recalibrage, curage…), la forme du lit favorise une **sédimentation** à l'étiage et une **érosion** en crue



En donnant une forme de lit d'étiage en « V », on favorise un auto-curage.

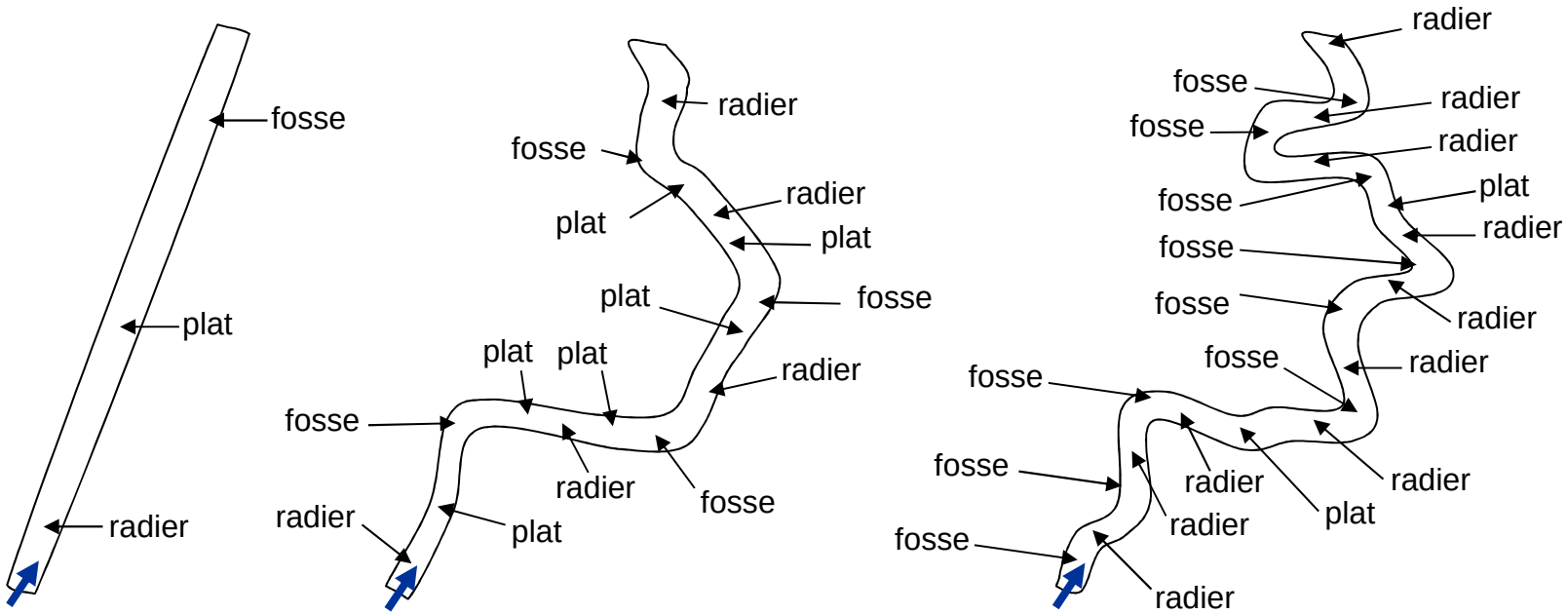
Avec un lit « <u>emboité</u> » (Q2, Q5, Q10…), l'énergie est dissipée pendant la crue, l'érosion est limitée, la qualité des habitats est meilleure.

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale Centre, Poitou-Charentes

Bien évaluer les avantages et inconvénients de chaque technique

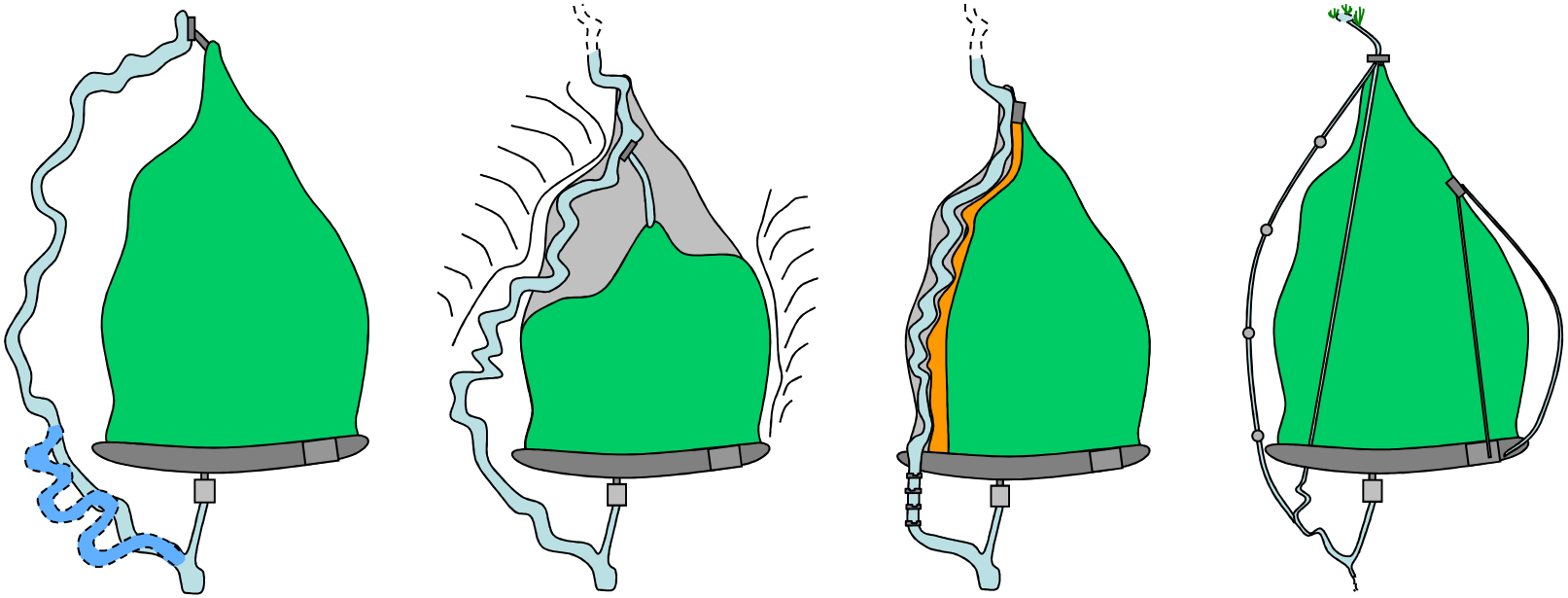
Reméandrage, remise en fond de talweg….

COMPARAISON DE TROIS PROFILS EN PLAN



Plus le tracé en plan est diversifié (macro et micro sinuosités), plus la quantité et la qualité des faciès d'écoulement augmentent.

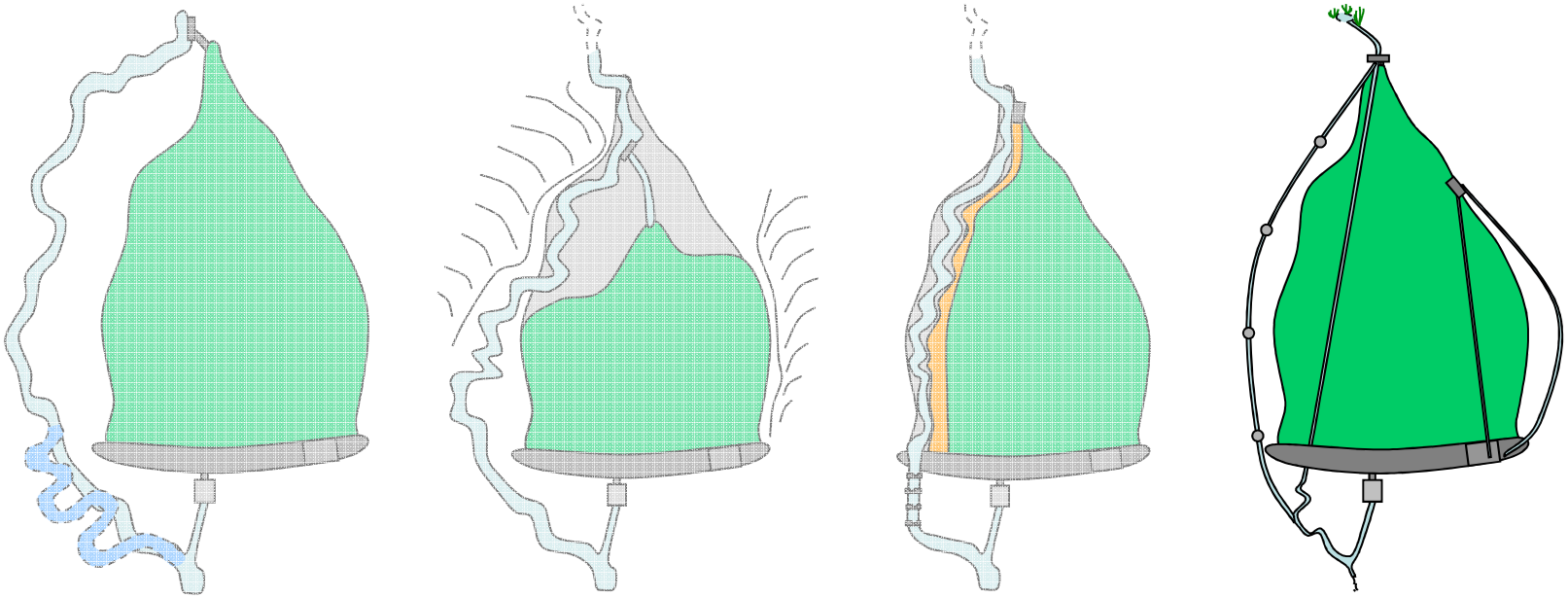
ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale Centre, Poitou-Charentes



Les modalités d'intervention doivent s'adapter aux contraintes foncières et techniques imposées par le terrain

Si les enjeux biologiques et sédimentaires à l'amont de l'étang sont « absents » (proximité des sources), l'intervention peut <u>exceptionnellement</u> se limiter aux aspects quantité et qualité d'eau en réalisant le transfert du débit vers l'aval par un busage.

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale Centre, Poitou-Charentes

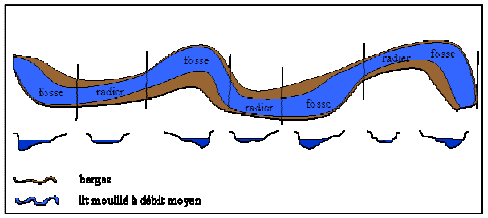


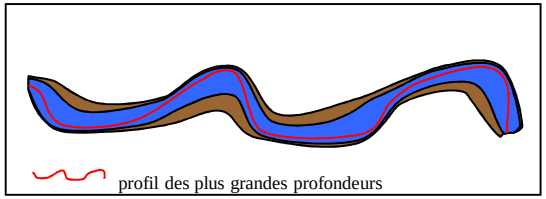
Les modalités d'intervention doivent s'adapter aux contraintes foncières et techniques imposées par le terrain

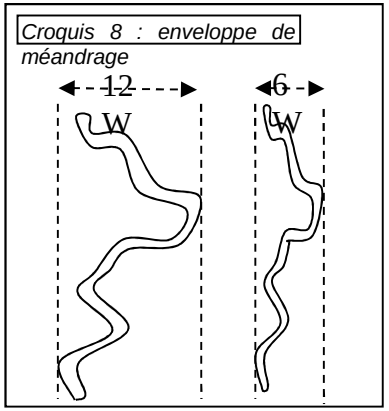
Si les enjeux biologiques et sédimentaires à l'amont de l'étang sont « absents » (proximité des sources), l'intervention peut <u>exceptionnellement</u> se limiter aux aspects quantité et qualité d'eau en réalisant le transfert du débit vers l'aval par un busage.

Pour retenir ce choix d'aménagement, les apports hydriques et sédimentaires du Bassin Versant intercepté doivent être correctement évalués. Les habitats détruits par l'emprise de l'étang ainsi que l'interception des apports sédimentaires doivent être compensés.

Concevoir un projet de reméandrage







Définir un espace de liberté (de fonctionnalité)

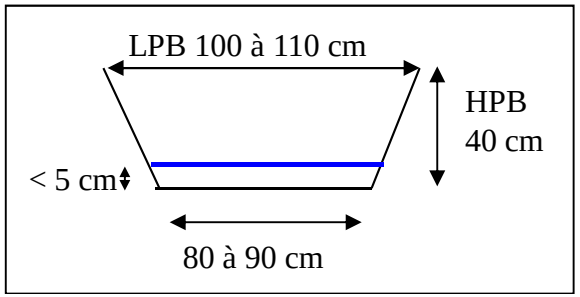
(Re)définir un débit projet (gabarit du cours d'eau)

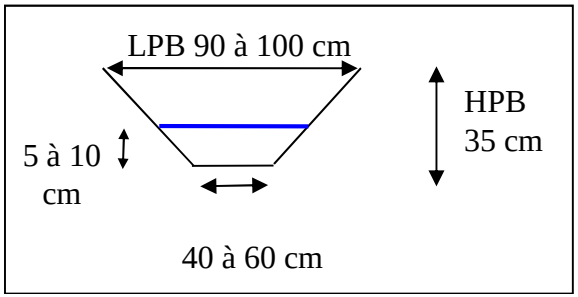
Définir les variables morphologiques du projet : coefficient de sinuosité, longueur d'ondes et amplitude des méandres, rapport hauteur-largeur des berges…

Définir la nature et la granulométrie des sédiments à employer

Localiser les tracés et les faciès d'écoulement

Travailler de l'amont vers l'aval (eau, sédiments, ripisylve…), travailler de l'aval vers l'amont pour les migrateurs amphihalins.



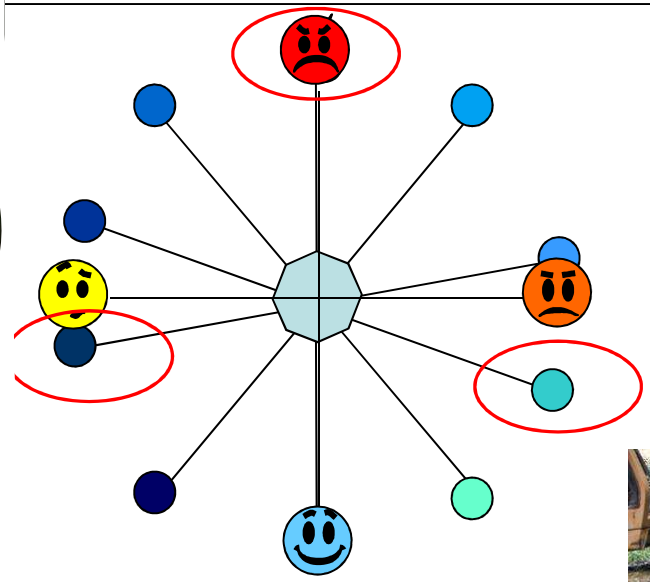


ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques
délégation interrégionale Centre, Poitou-Charentes

Essayer d'anticiper sur l'avenir

Certains indices (hauteur des berges, racinaires nus, pavage des fonds…) peuvent annoncer des bouleversements profonds et souvent irréversibles…

Essayer d'anticiper sur l'avenir



Merci de votre attention