



Agence Centre-Est

Site de Grenoble 38400 ST MARTIN D'HERES

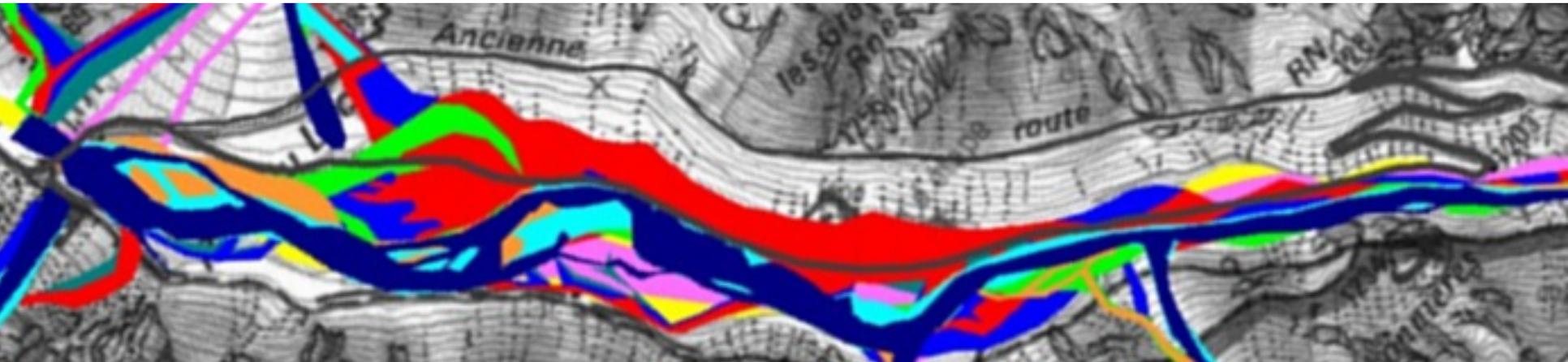
Site de Lyon 69425 LYON Cedex 03

Mobilité latérale et espace de bon fonctionnement

Journée technique ARRA

Mobilité des cours d'eau et continuité latérale

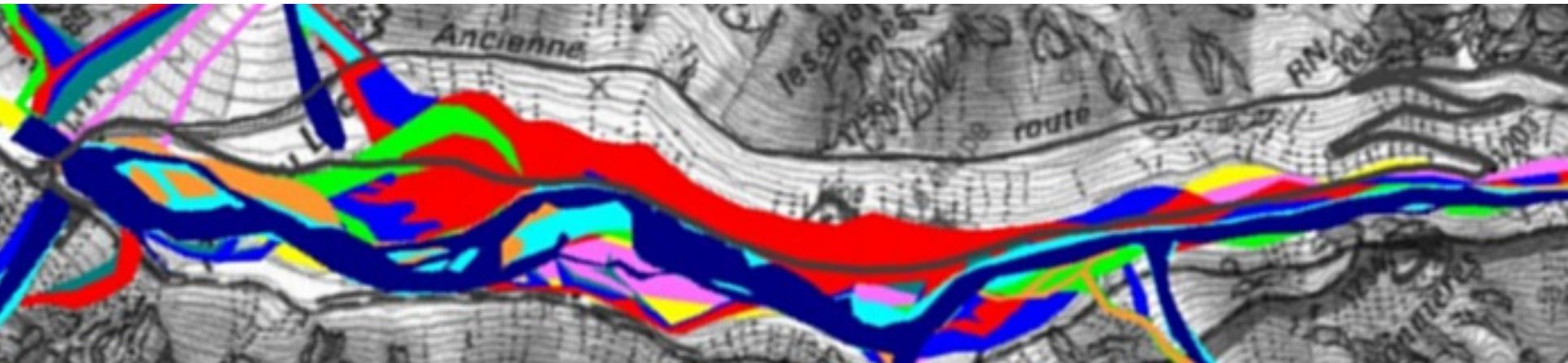
Bourgoin-Jallieu (38), le 9 décembre 2014



Sommaire

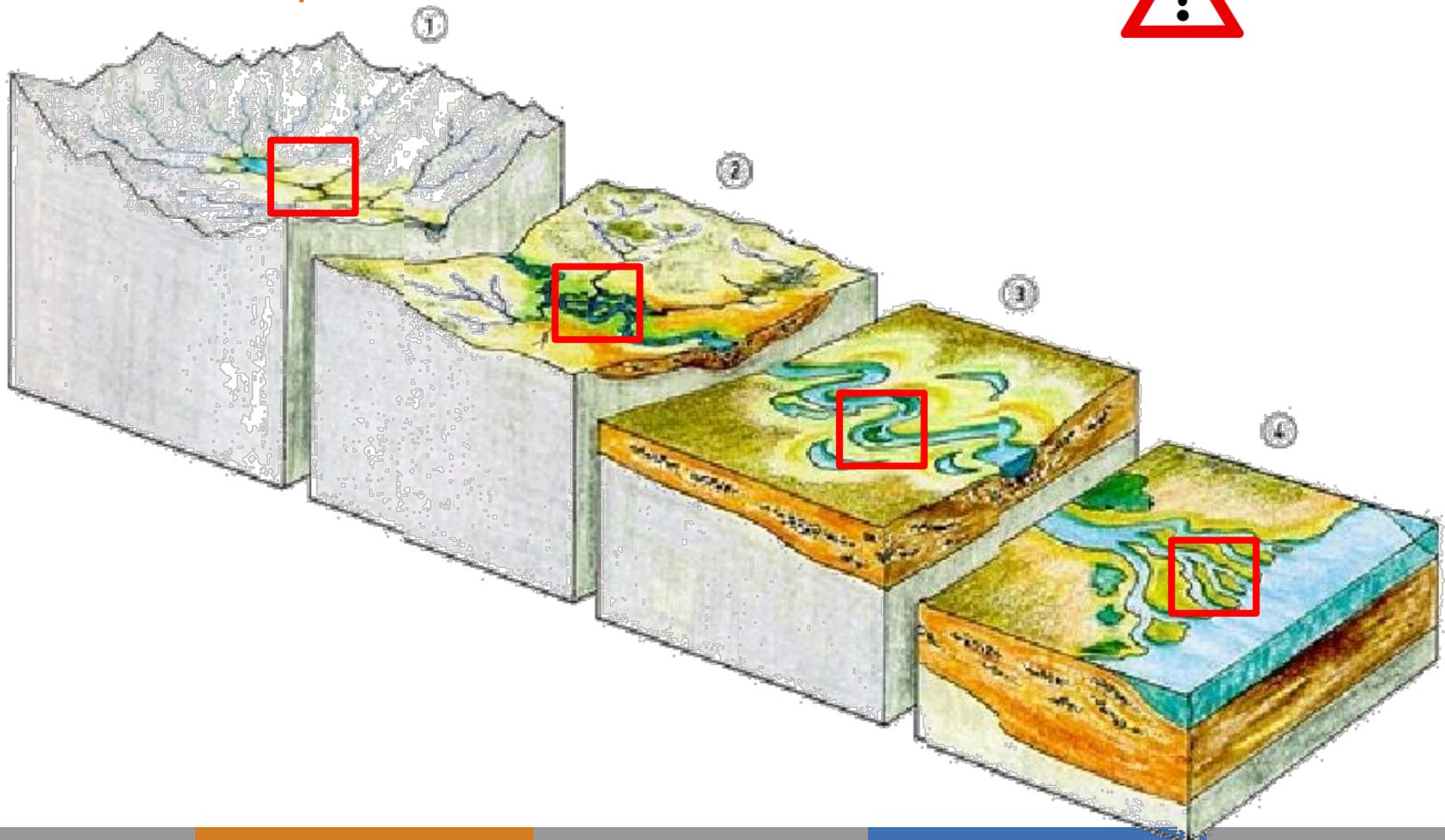
1. Mobilité latérale des cours d'eau :
un système en **équilibre dynamique**
2. **Fonctionnalités** de l'hydrosystème et **services rendus**
3. La détermination de **l'espace rivière** : un outil de gestion du territoire
4. Leviers pour les **travaux de restauration** de l'espace rivière :
pistes de réflexion et questionnements

Mobilité latérale des cours d'eau : un système en équilibre dynamique



Un système en équilibre dynamique

- Un cours d'eau et son bassin versant = un hydrosystème avec des variables de contrôle et d'ajustement
- Variables de contrôle régionales = géologie + relief + climat + végétation
 - Variables plutôt stables à l'échelle humaine, mais  au climat

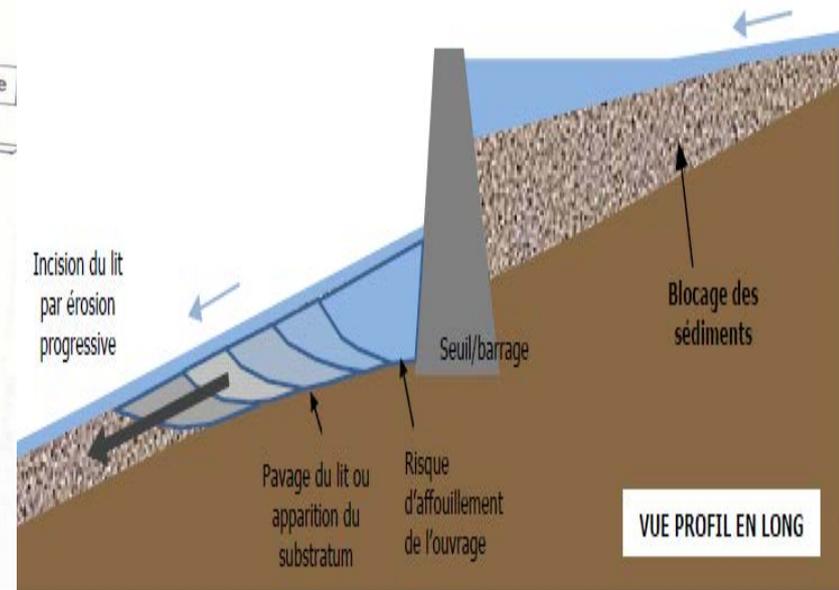
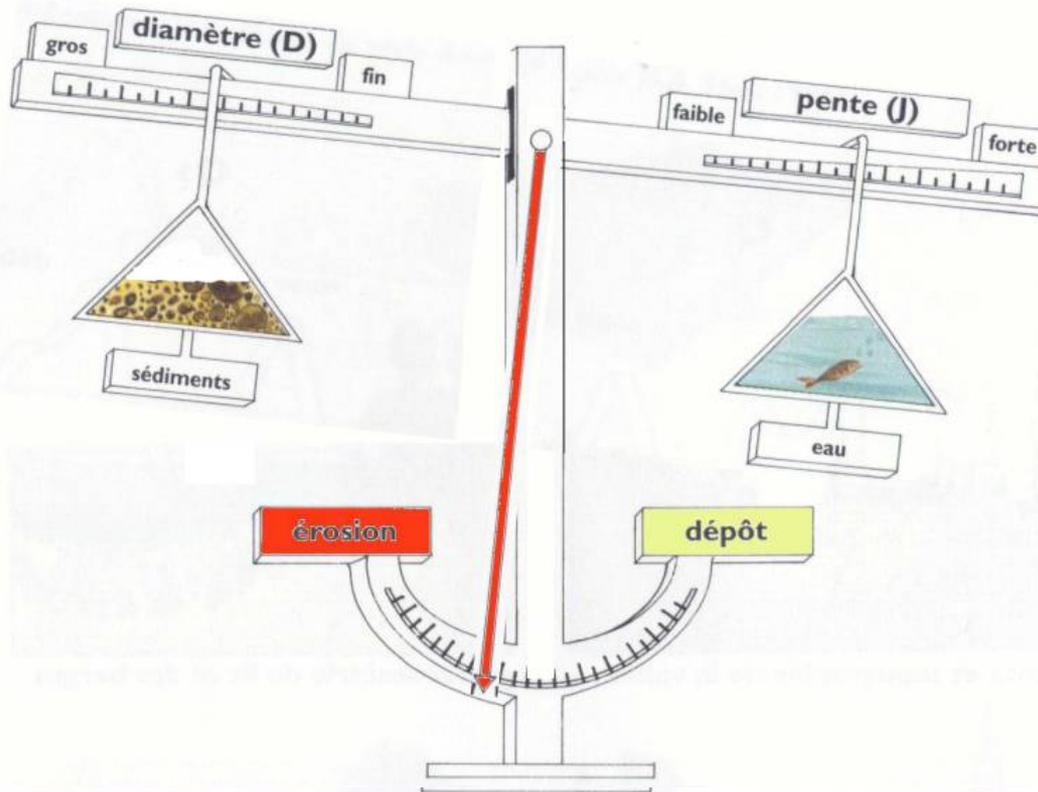


Un système en équilibre dynamique

- Variables de contrôle locales :
 - variables majeures = débit liquide et débit solide

Débit solide
(qui dissipe
l'énergie)

Débit liquide
(qui produit
l'énergie)



- Variables de contrôle locales :
 - variables majeures = débit liquide et débit solide

**Débit solide
(qui dissipe
l'énergie)**

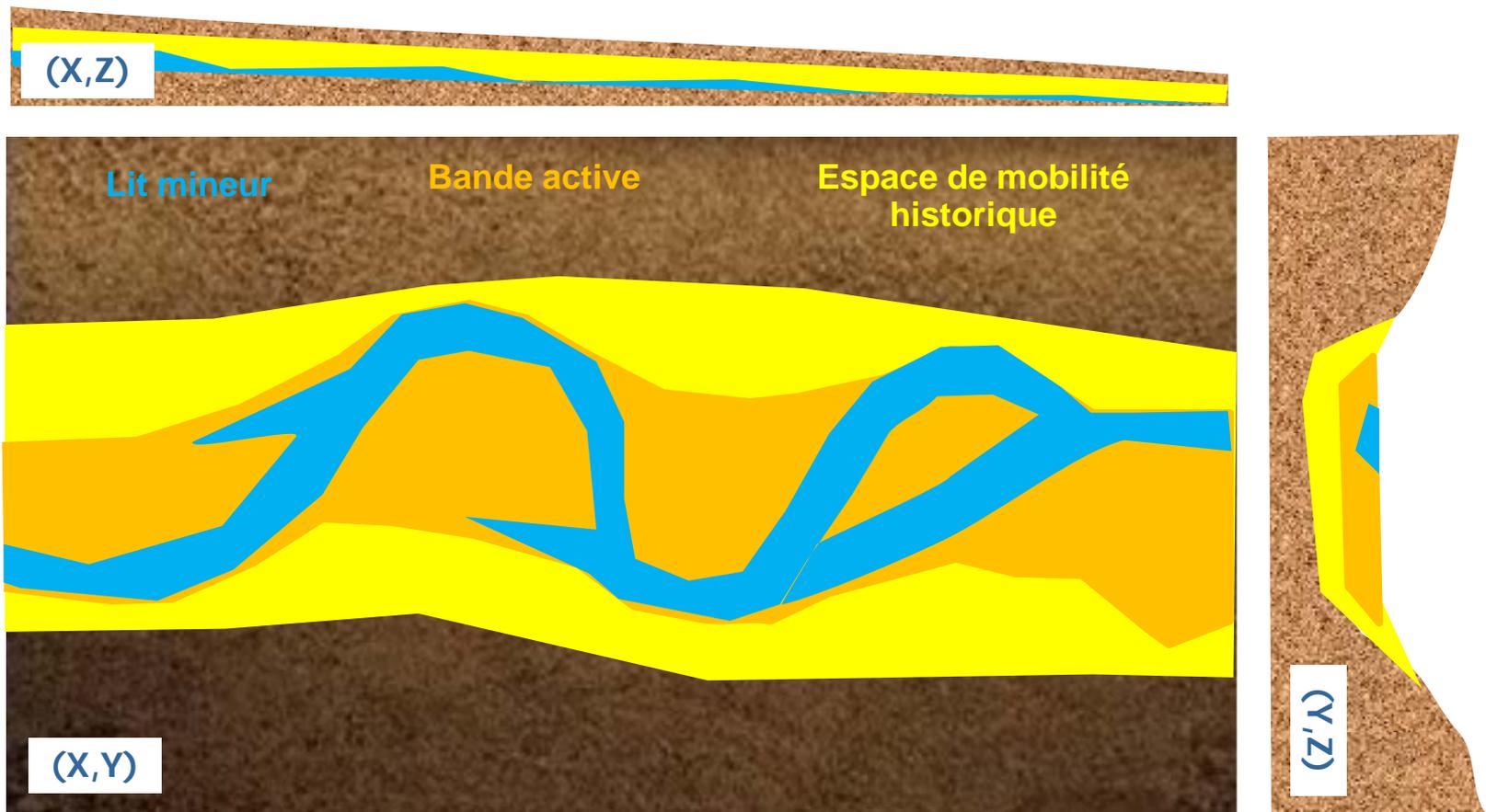
**Débit liquide
(qui produit
l'énergie)**

**Un cours d'eau ajuste en
permanence sa morphologie par
des phénomènes d'érosion/dépôt**



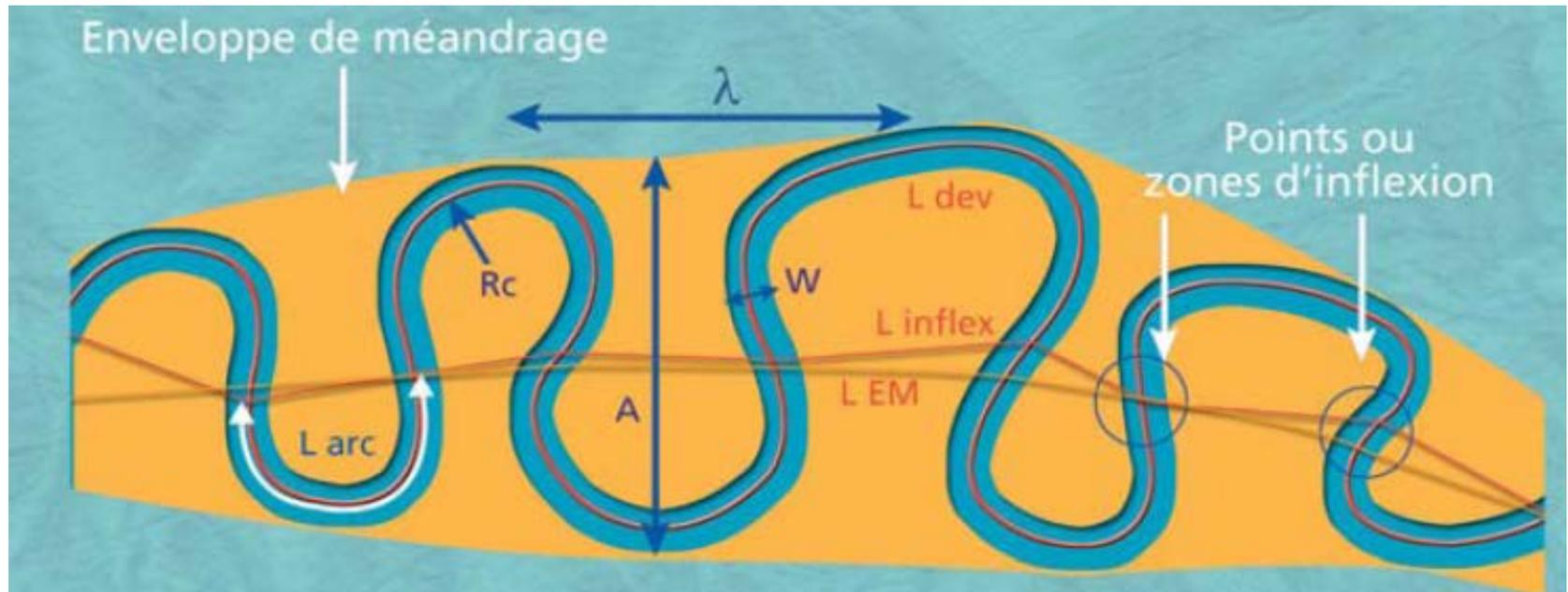
Un système en équilibre dynamique

- Variables d'ajustement :
 - Formes : lit d'étiage, mineur, bande active, espace de mobilité, stock
 - Morphométrie : pente, sinuosité, largeurs/amplitudes, profondeurs



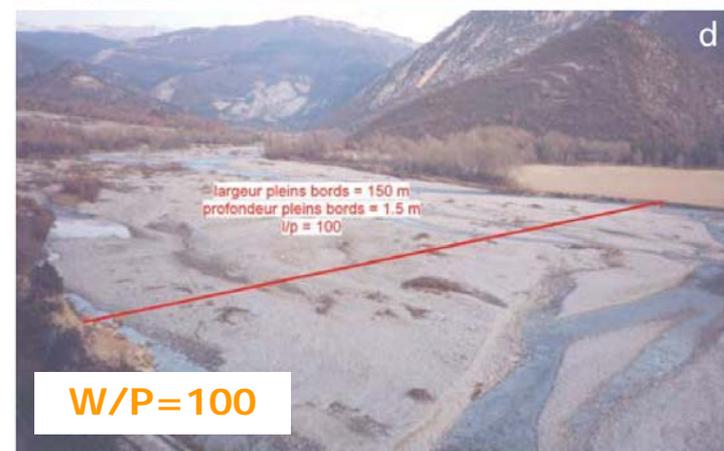
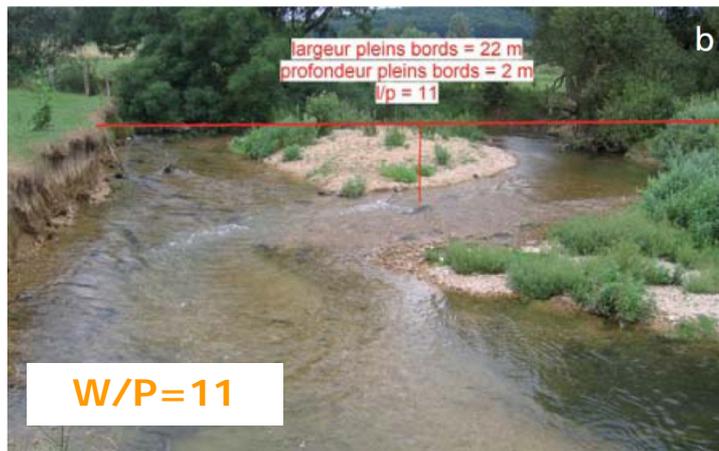
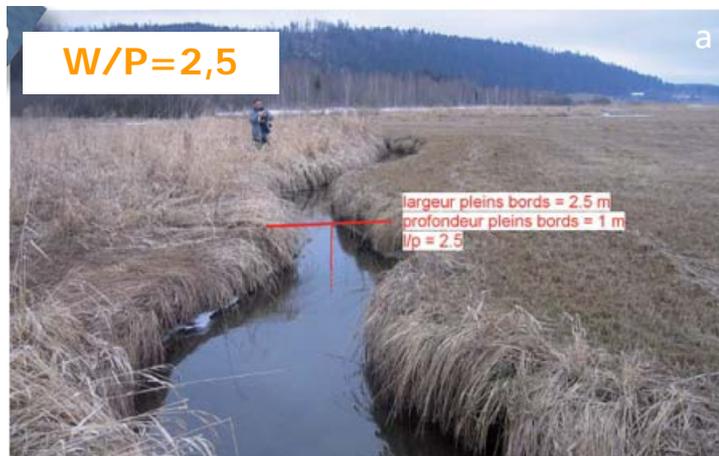
Un système en équilibre dynamique

- Variables d'ajustement :
 - Formes : lit d'étiage, mineur, bande active, espace de mobilité, stock
 - Morphométrie : pente, sinuosité, largeurs/amplitudes, profondeurs
 - Largeur pleins bords (W) \approx débit pleins bords (Q_{pb}) \approx taille BV (S)
 - Amplitude ($\frac{A}{W} = 5 \text{ à } 20$) ; longueur d'onde ($\frac{\lambda}{W} = 8 \text{ à } 15$)
 - Sinuosité ($S_i = 1 \text{ à } 3$), rayon de courbure ($Rc/W = 2$), profondeur (P)



Un système en équilibre dynamique

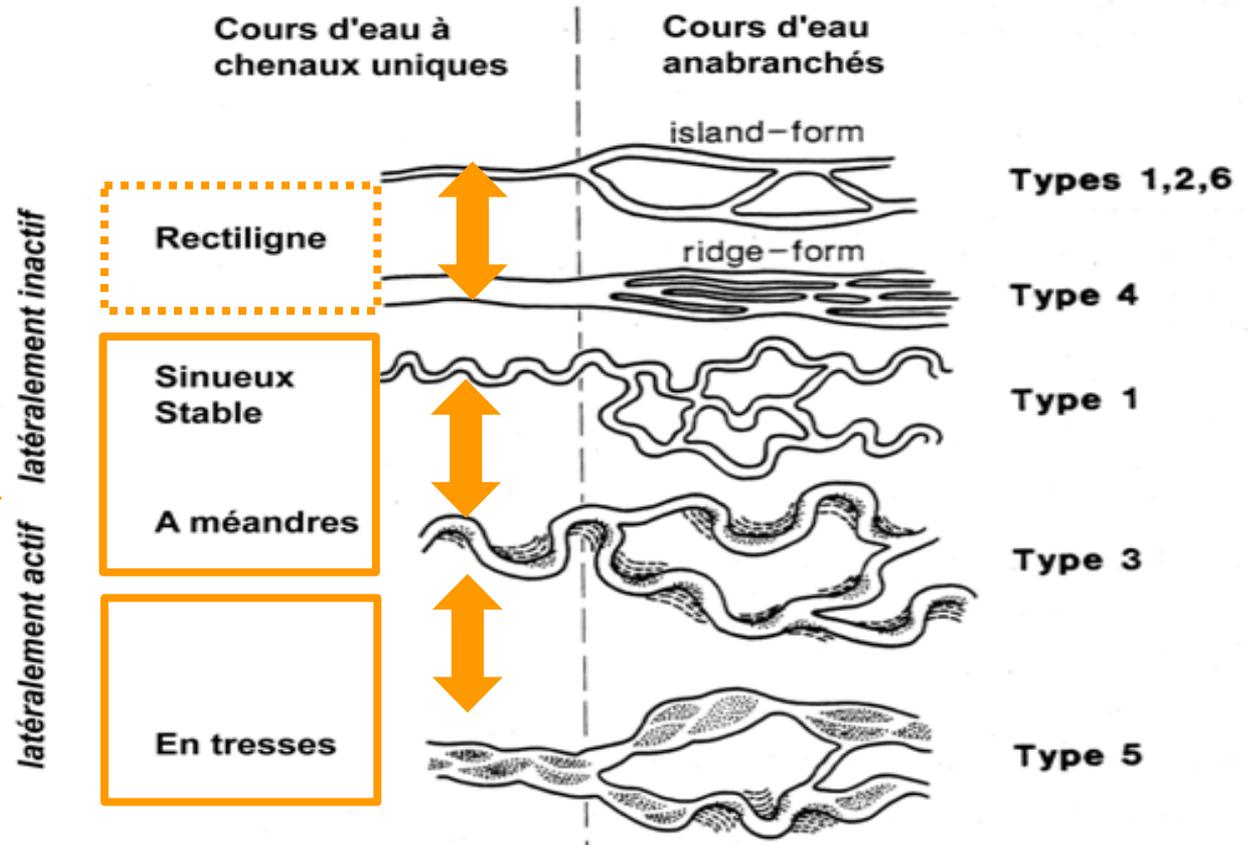
- Variables d'ajustement :
 - Formes : lit d'étiage, mineur, bande active, espace de mobilité, stock
 - Morphométrie : pente, sinuosité, largeurs/amplitudes, profondeurs
 - rapport largeur / profondeur (W/P)



Un système en équilibre dynamique

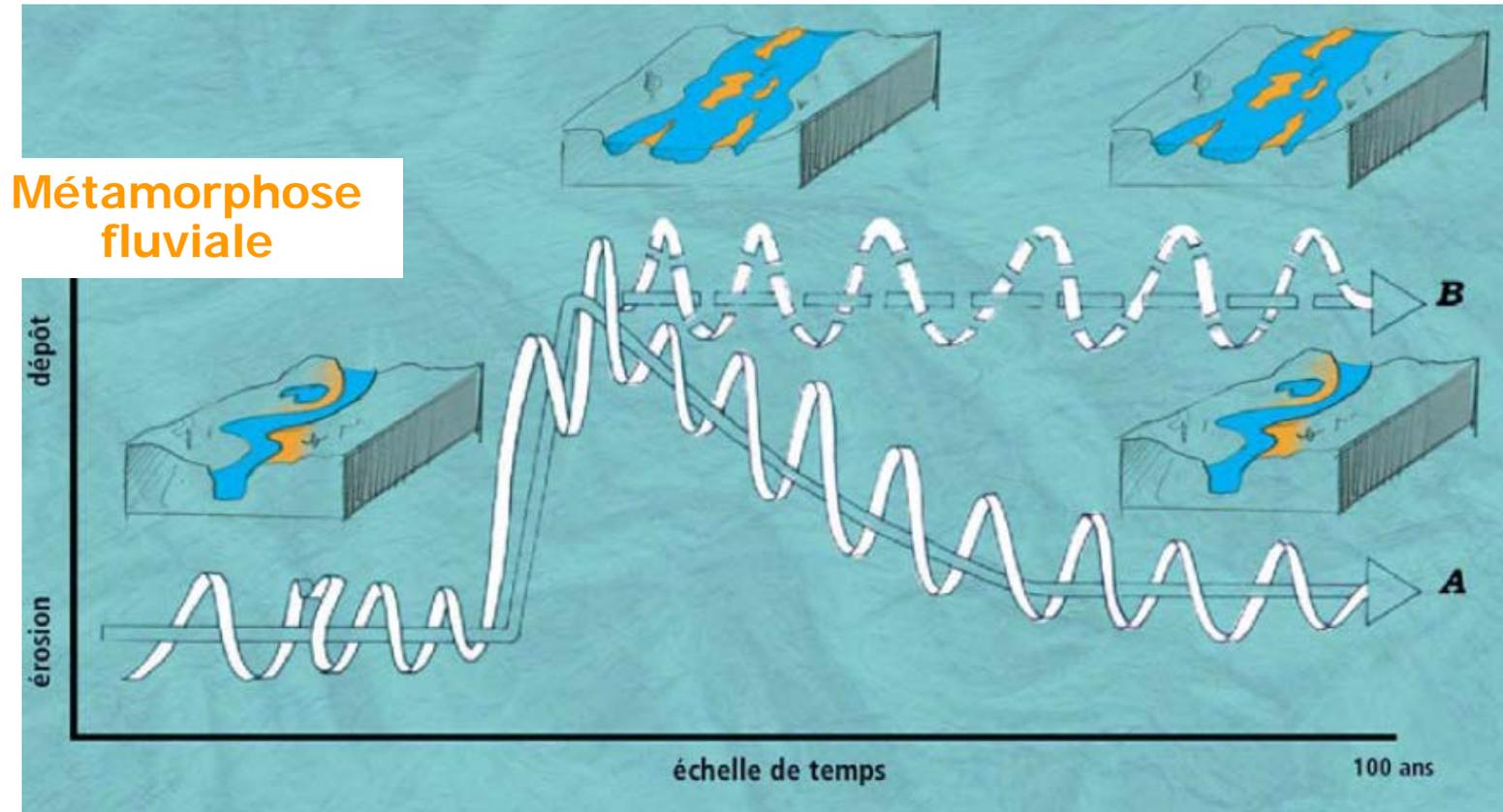
- Variables d'ajustement :
 - Formes : lit d'étiage, mineur, bande active, espace de mobilité, stock
 - Morphométrie : pente, sinuosité, largeurs/amplitudes, profondeurs
 - Style fluvial : tresses, sinueux, chenalisé

- Rôle de la charge solide**
- Métamorphose fluviale possible**
- Évolutions « naturelles » +/- rapides
- Impacts anthropiques +/- forts



Un système en équilibre dynamique

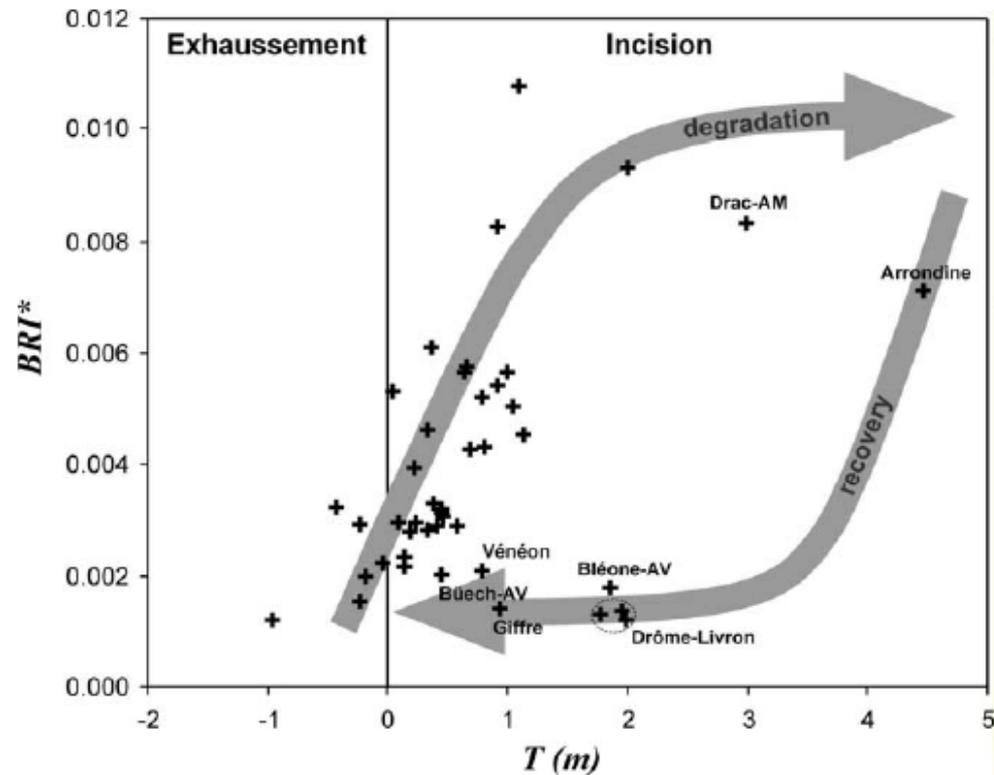
- Variables d'ajustement :
 - Formes : lit d'étiage, mineur, bande active, espace de mobilité, stock
 - Morphométrie : pente, sinuosité, largeurs/amplitudes, profondeurs
 - Style fluvial : tresses, sinueux, chenalisé



- Variables d'ajustement :
 - Formes : lit d'étiage, mineur, bande active, espace de mobilité, stock
 - Morphométrie : pente, sinuosité, largeurs/amplitudes, profondeurs
 - Style fluvial : tresses, sinueux, chenalisé

Métamorphose fluviale

« Trajectoire »
d'un cours d'eau
(rivières en
tresse ZABR,
2013)



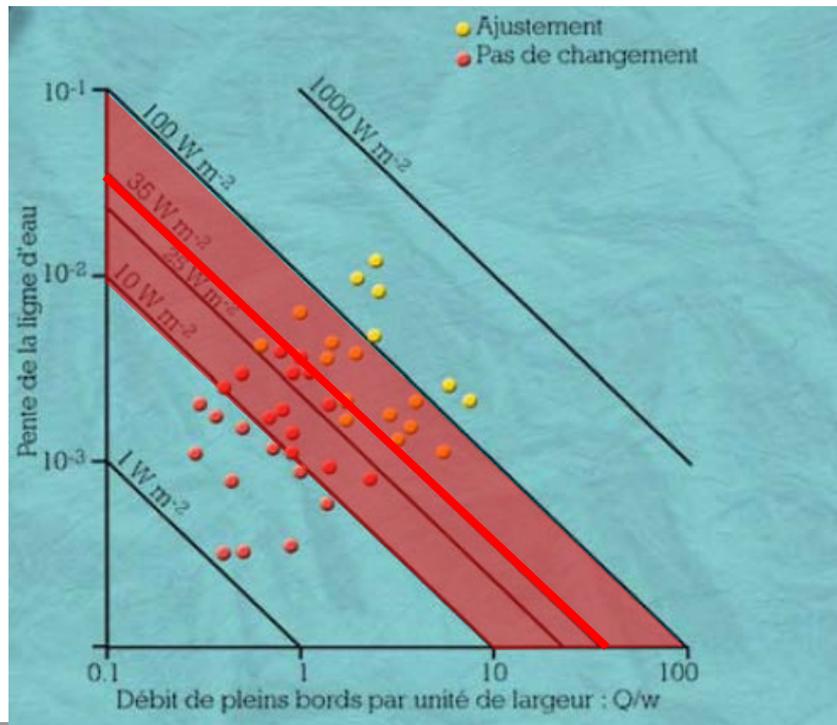
- Variables d'ajustement :
 - Formes : lit d'étiage, mineur, bande active, espace de mobilité, stock
 - Morphométrie : pente, sinuosité, largeurs/amplitudes, profondeurs
 - Style fluvial : tresses, sinueux, chenalisé

Métamorphose fluviale

**Cas du
Drac amont**
Forte énergie
Influence naturelle
et anthropique

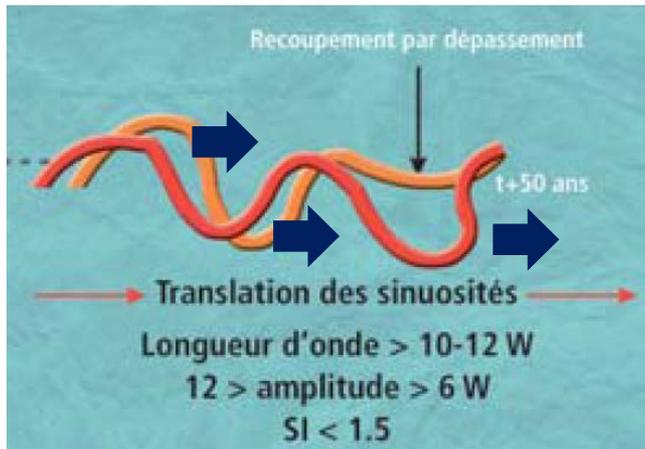


- Variables d'ajustement :
 - Formes : lit d'étiage, mineur, bande active, espace de mobilité, stock
 - Morphométrie : pente, sinuosité, largeurs/amplitudes, profondeurs
 - Style fluvial : tresses, sinueux, chenalisé
 - Intensité et vitesses des réponses :
 - puissance totale = $\Omega \approx Q_{pb} \cdot i$; spécifique = $\omega \approx Q_{pb} \cdot i \cdot W^{-1}$
 - érodabilité des berges, apports solides

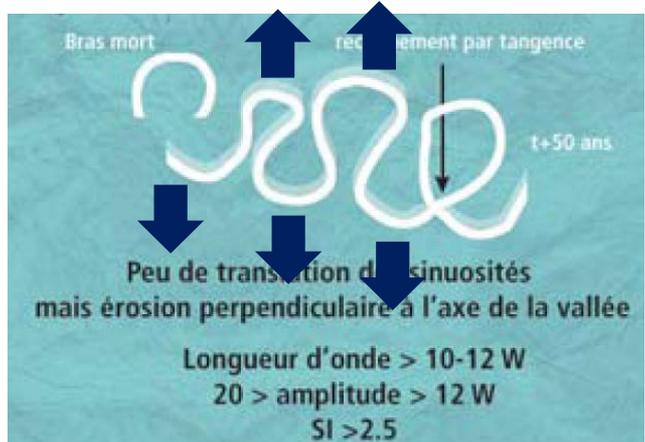


- Translation, migration, recouplement des méandres

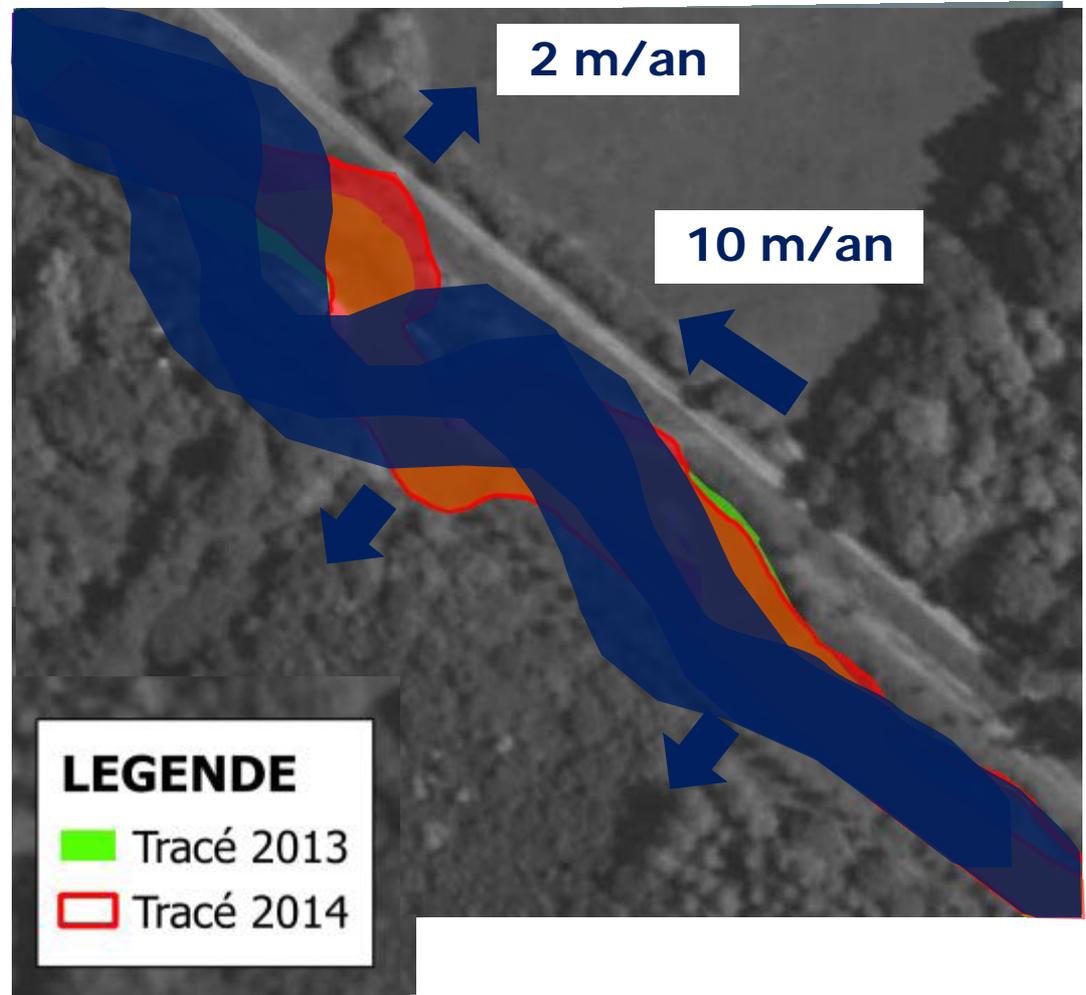
– Translation



– Extension



Exemple de la Bourbre à Villefontaine



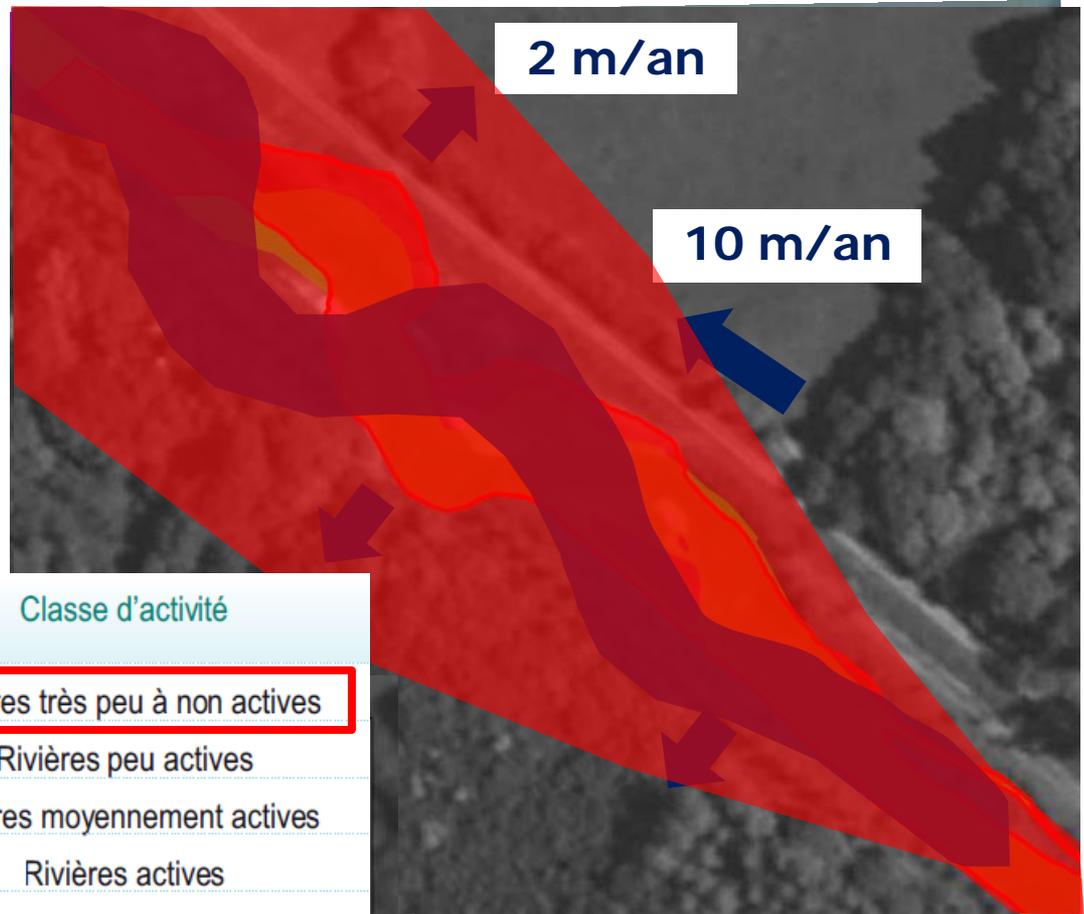
Un système en équilibre dynamique

- Translation, migration, recouplement des méandres

– Dynamique :

- $\omega = 50-100 \text{ W/m}^2$
- apports amont (graviers)
- recharge locale
- berges très érodables

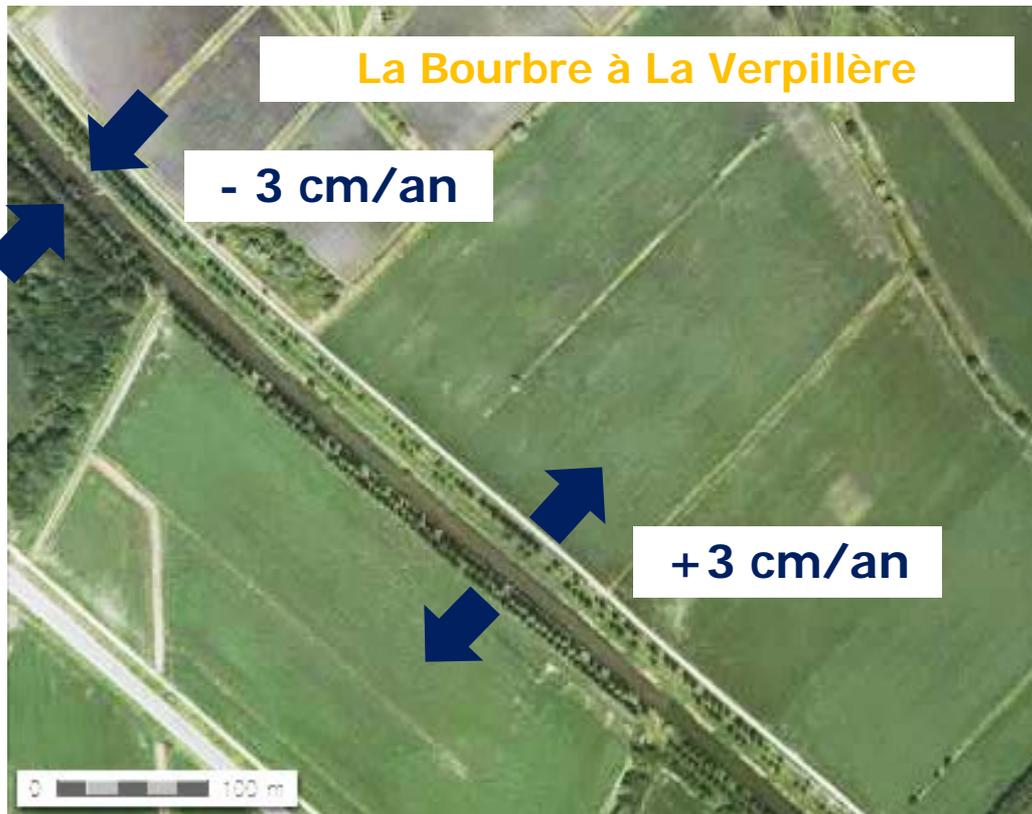
Exemple de la Bourbre à Villefontaine



Taux annuel d'érosion relative (% de la largeur)	Classe d'activité
< 1 %	Rivières très peu à non actives
1 - 3 %	Rivières peu actives
3 - 5 %	Rivières moyennement actives
5 - 10 %	Rivières actives
10 - 15 %	Rivières très actives
> 15 %	Rivières extrêmement actives

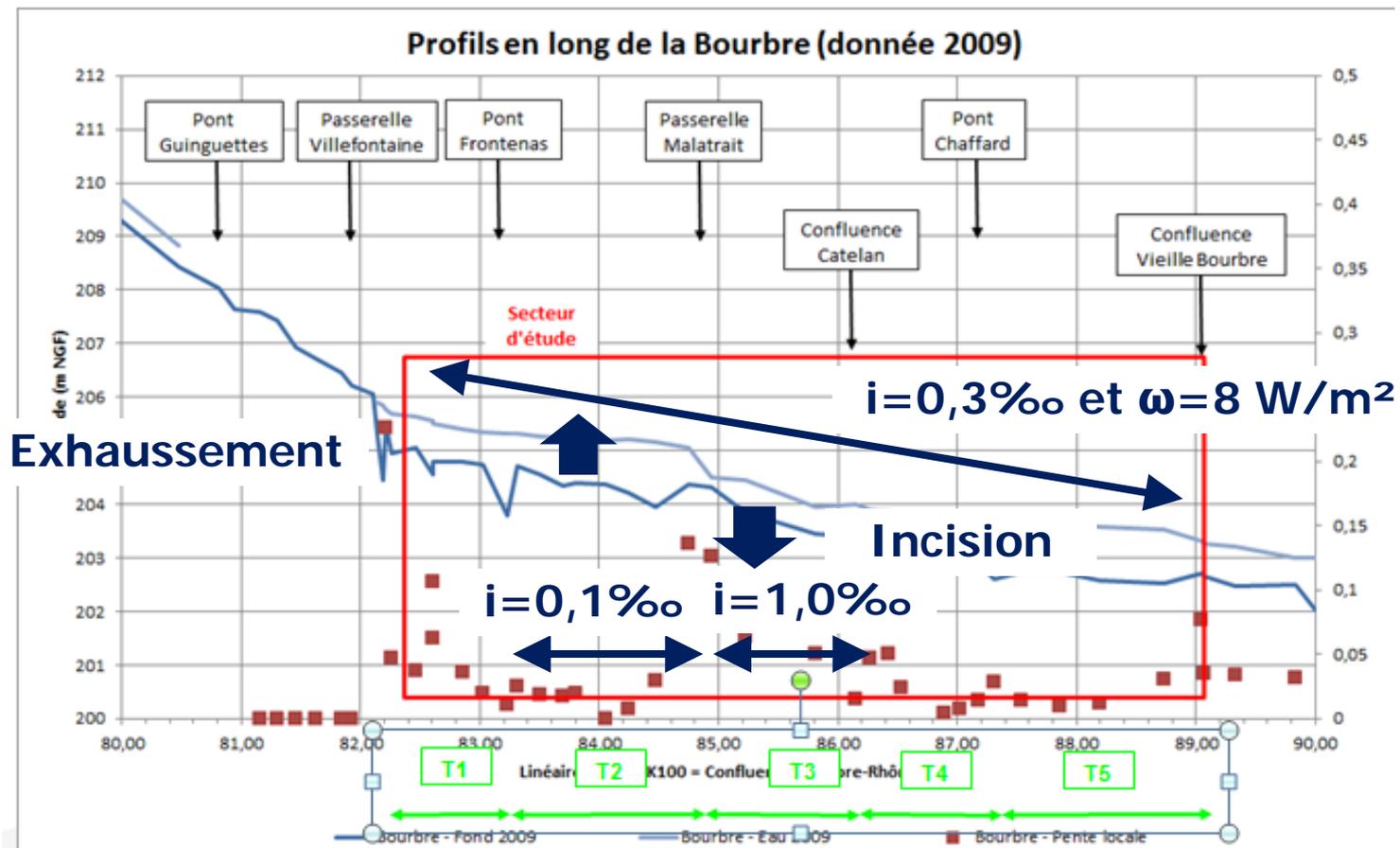
Un système en équilibre dynamique

- Même les rivières en apparence peu mobiles méritent de l'attention
 - Les évolutions latérales sont lentes mais elles existent
 - L'ajustement peut se reporter sur l'équilibre du profil en long



Un système en équilibre dynamique

- Même les rivières en apparence peu mobiles méritent de l'attention
 - Les évolutions latérales sont lentes mais elles existent
 - L'ajustement peut se reporter sur l'équilibre du profil en long. 
 - ... et posera à terme la question de l'espace à redonner à la rivière



Un système en équilibre dynamique



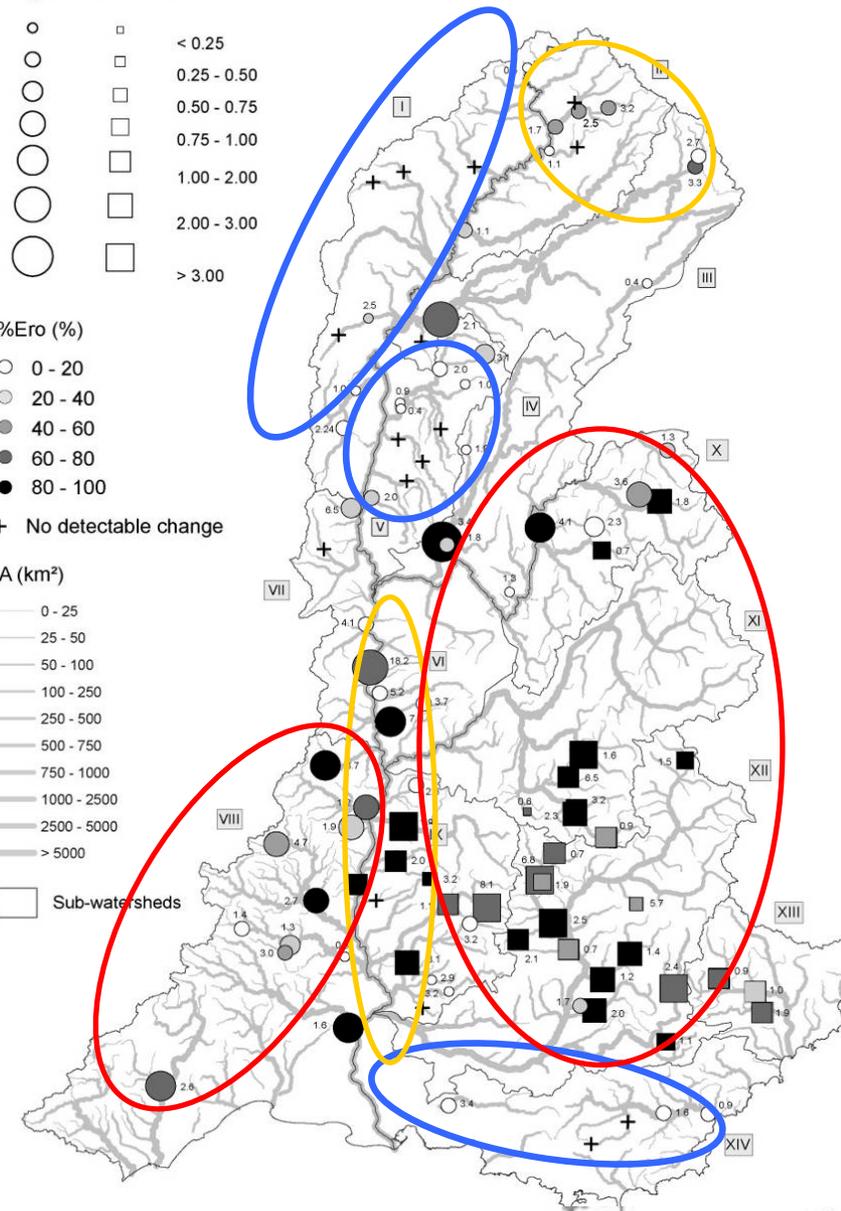
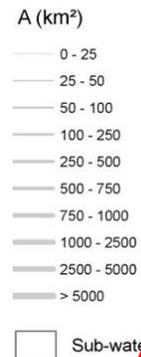
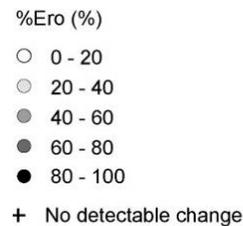
- Peut-on prédire à grande échelle les vitesses d'évolution latérale ?

- Thèse d'Adrien ALBER (Lyon 2)

- Hydroécorégions
- 100 tronçons a priori non influencés (1 ou x lits)
- Erosion latérale Erolin (m/an)
- Taux érosion linéaire (%Ero)

- Résultats

- Secteurs très peu actifs
- Secteurs très mobiles

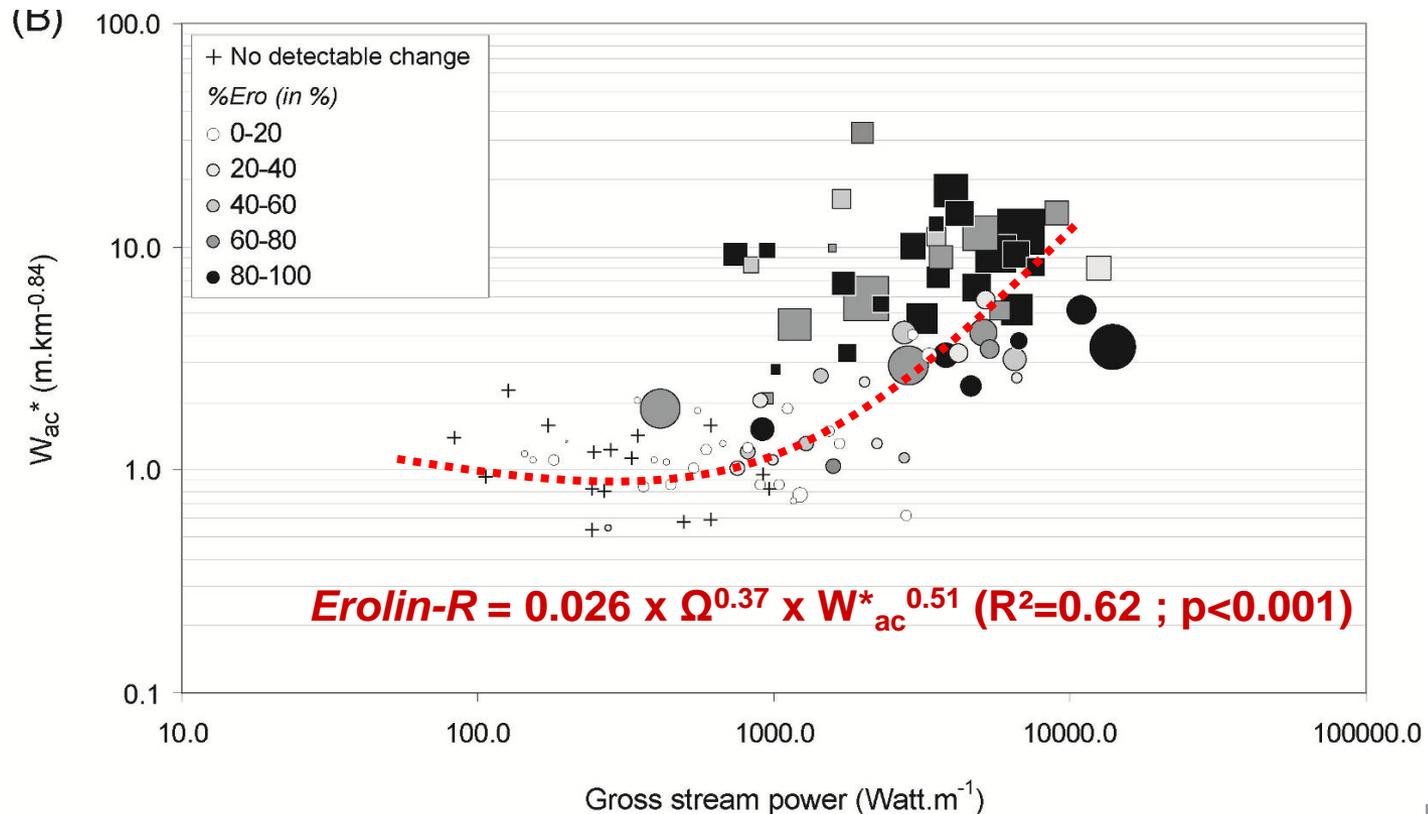


- Peut-on prédire à grande échelle les vitesses d'évolution latérale ?

– Résultats

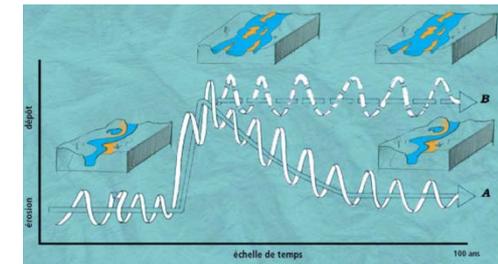
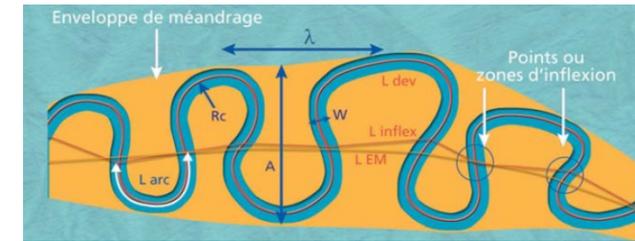
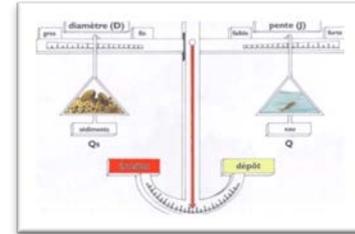
- Régression sur puissance et largeur pleins bords : perfectible
- A approfondir avec « nature des berges », « transport solide amont », « interventions humaines » ?

– Cibler amplitude maximale (A) plutôt que la mobilité latérale (Erolin-R) ?



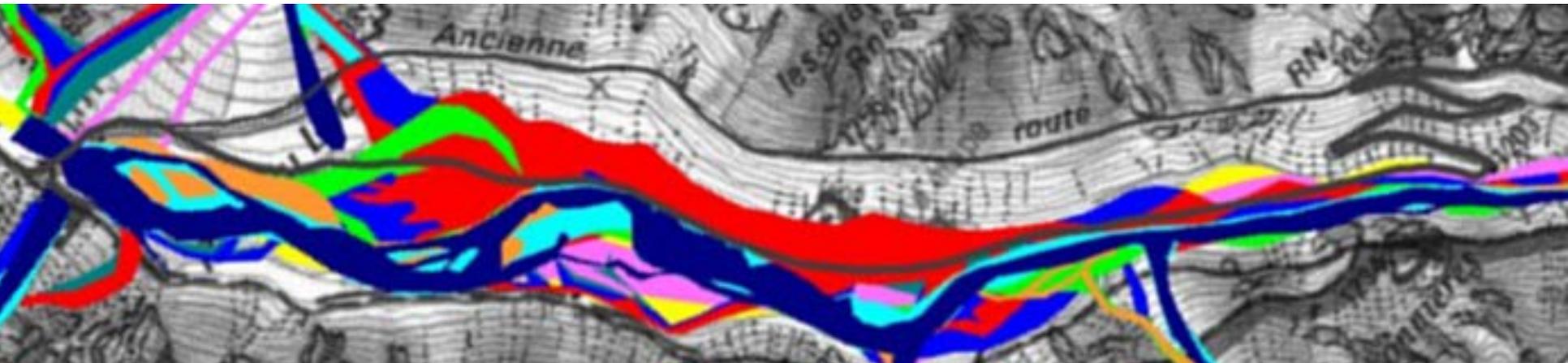
Un système en équilibre dynamique - Synthèse

- Variables de contrôle :
 - variables majeures :
 - débit liquide
 - apports solides amont et production locale
 - variables secondaires :
 - substratum rocheux
 - nature des sédiments
 - végétation : versants, ripisylve, bois mort
- Variables d'ajustement :
 - Formes alluviales, morphométrie
 - Style fluvial, mobilité latérale, profil en long
 - Trajectoire +/- intense et +/- rapide dans le temps
 - en fonction des variables de contrôle naturelles
 - en fonction des aménagements anthropiques
 - peut être révélatrice d'un déséquilibre

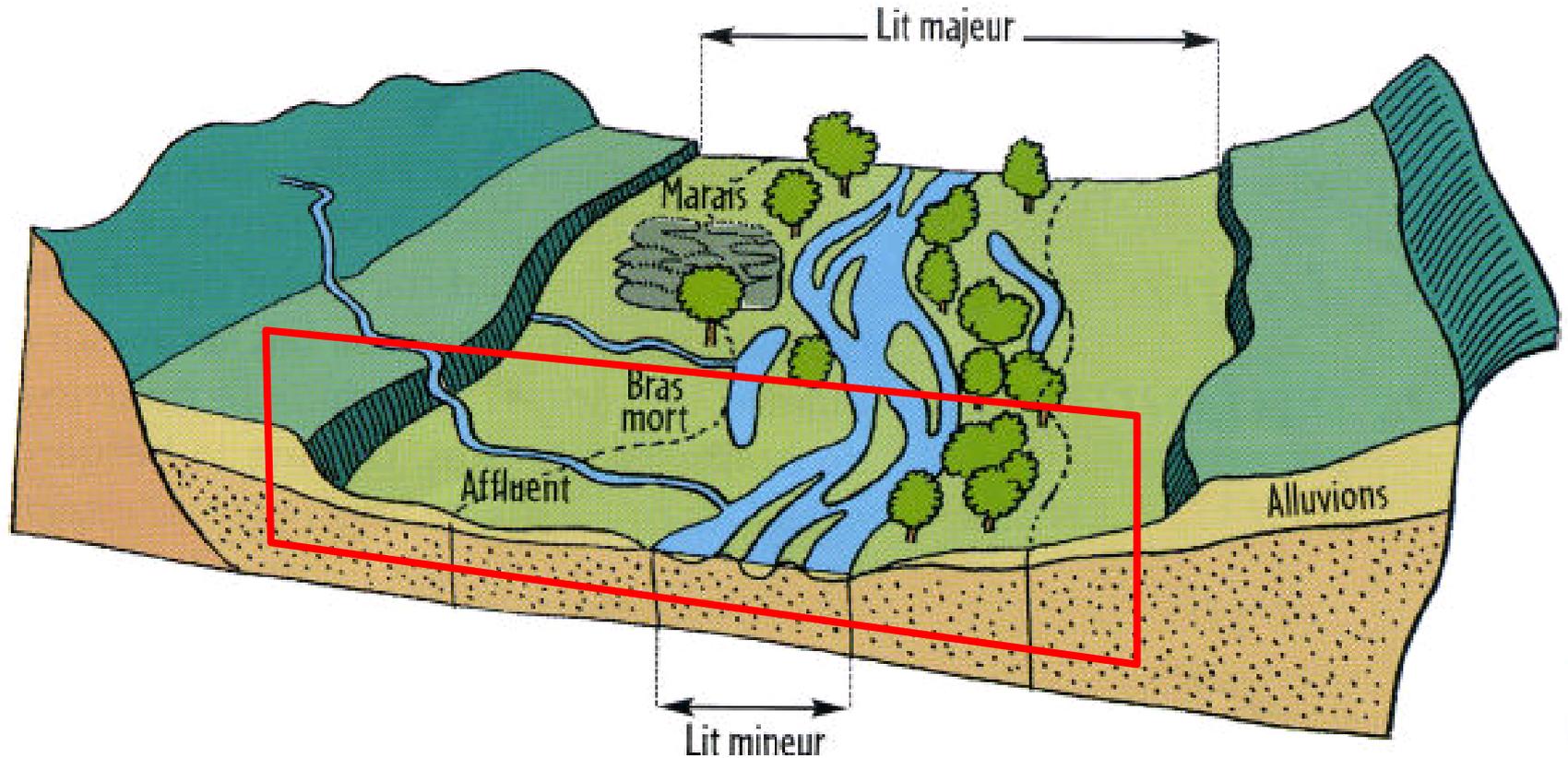


- ➔ Nécessité d'un espace à 3 dimensions pour permettre les ajustements
- ➔ Mobilité latérale +/- rapide au sein d'un espace délimité

Fonctionnalités de l'hydrosystème et services rendus



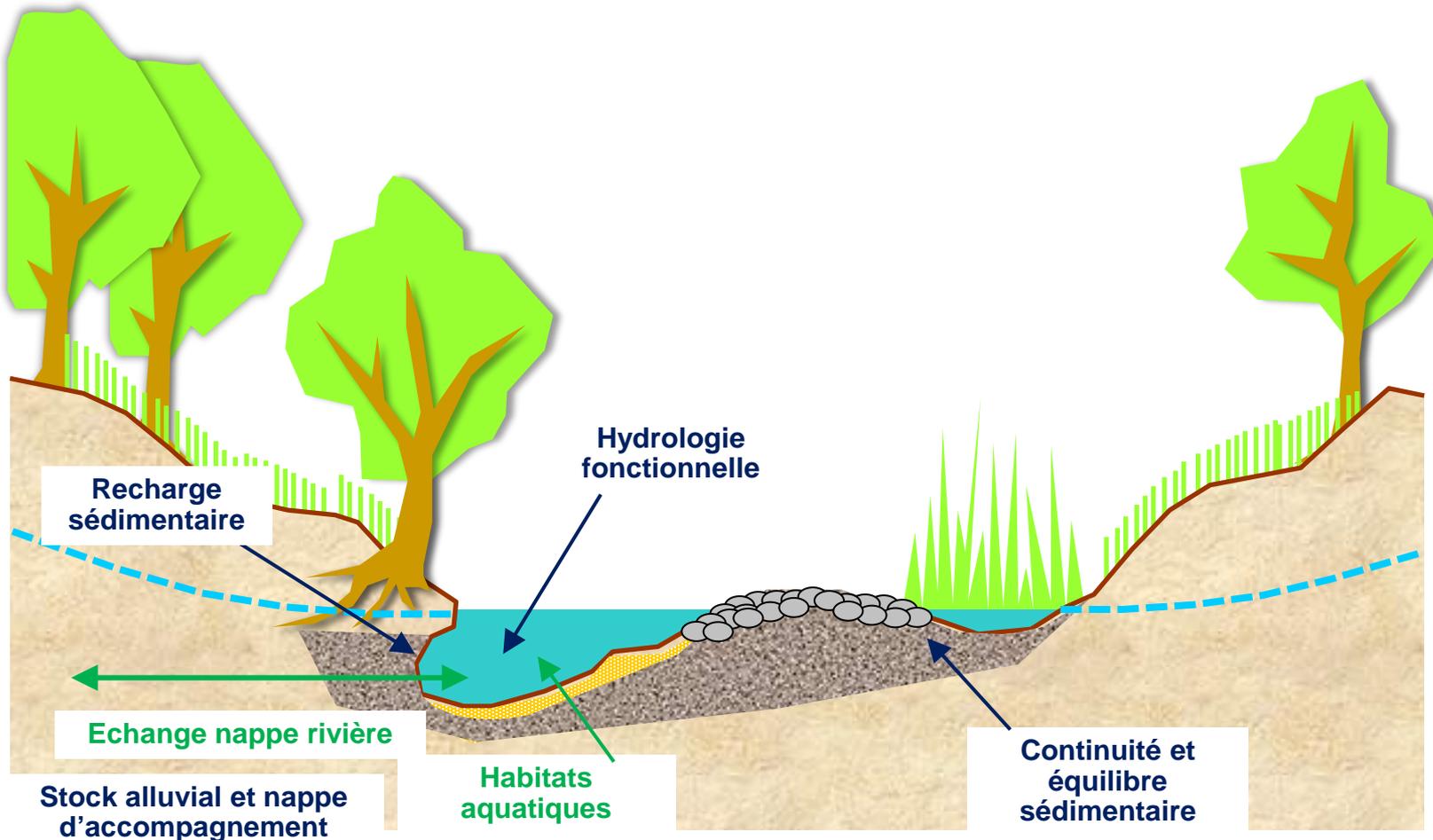
- L'espace rivière : le lieu où s'expriment les fonctionnalités du cours d'eau



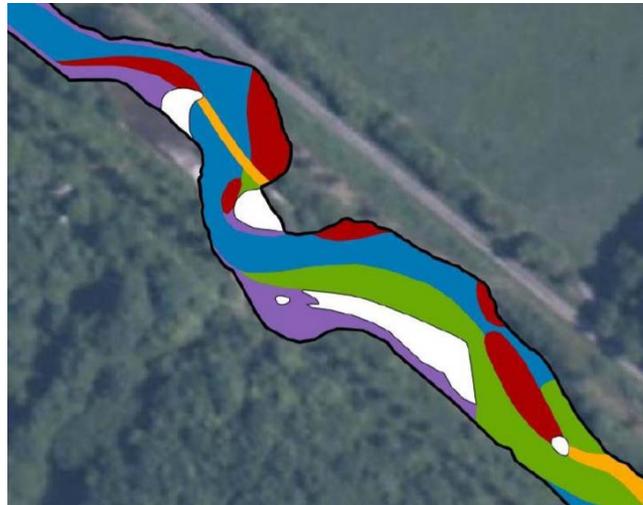
- L'espace rivière : le lieu où s'expriment les fonctionnalités du cours d'eau

Des fonctionnalités primaires (structurantes)

Des fonctionnalités secondaires (résultantes)



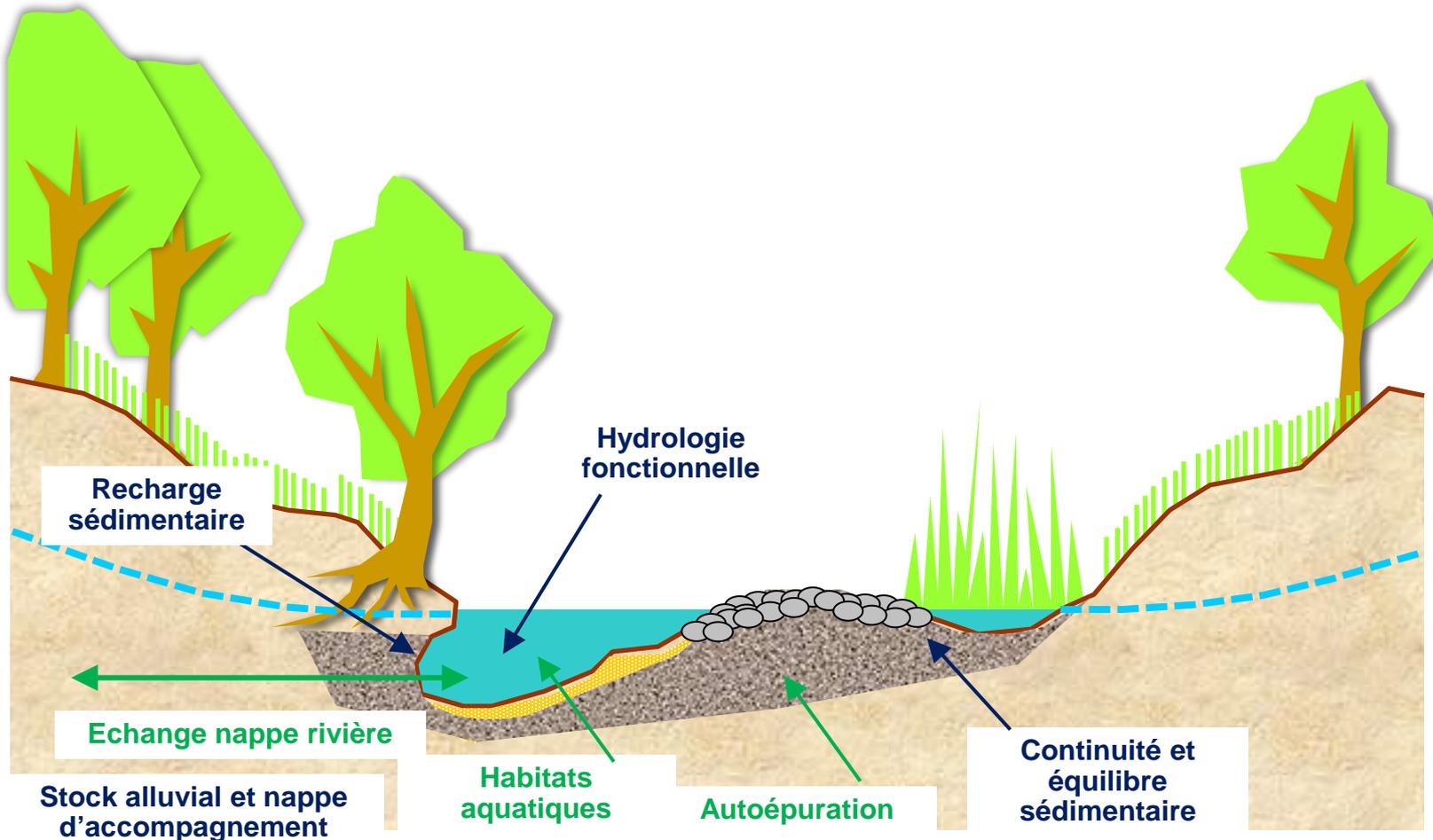
- L'espace rivière : le lieu où s'expriment les fonctionnalités du cours d'eau
 - Habitats aquatiques : faciès d'écoulement, frayères, caches/abris, etc.



Exemple de la
Bourbre à
Villefontaine



- L'espace rivière : le lieu où s'expriment les fonctionnalités du cours d'eau



- L'espace rivière : le lieu où s'expriment les fonctionnalités du cours d'eau
 - **Autoépuration :**
 - Travaux de la ZABR (Lyon 2)

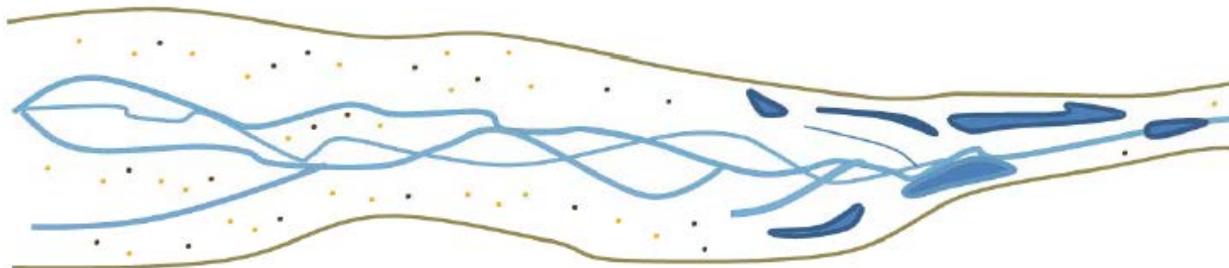
Amont

Aval

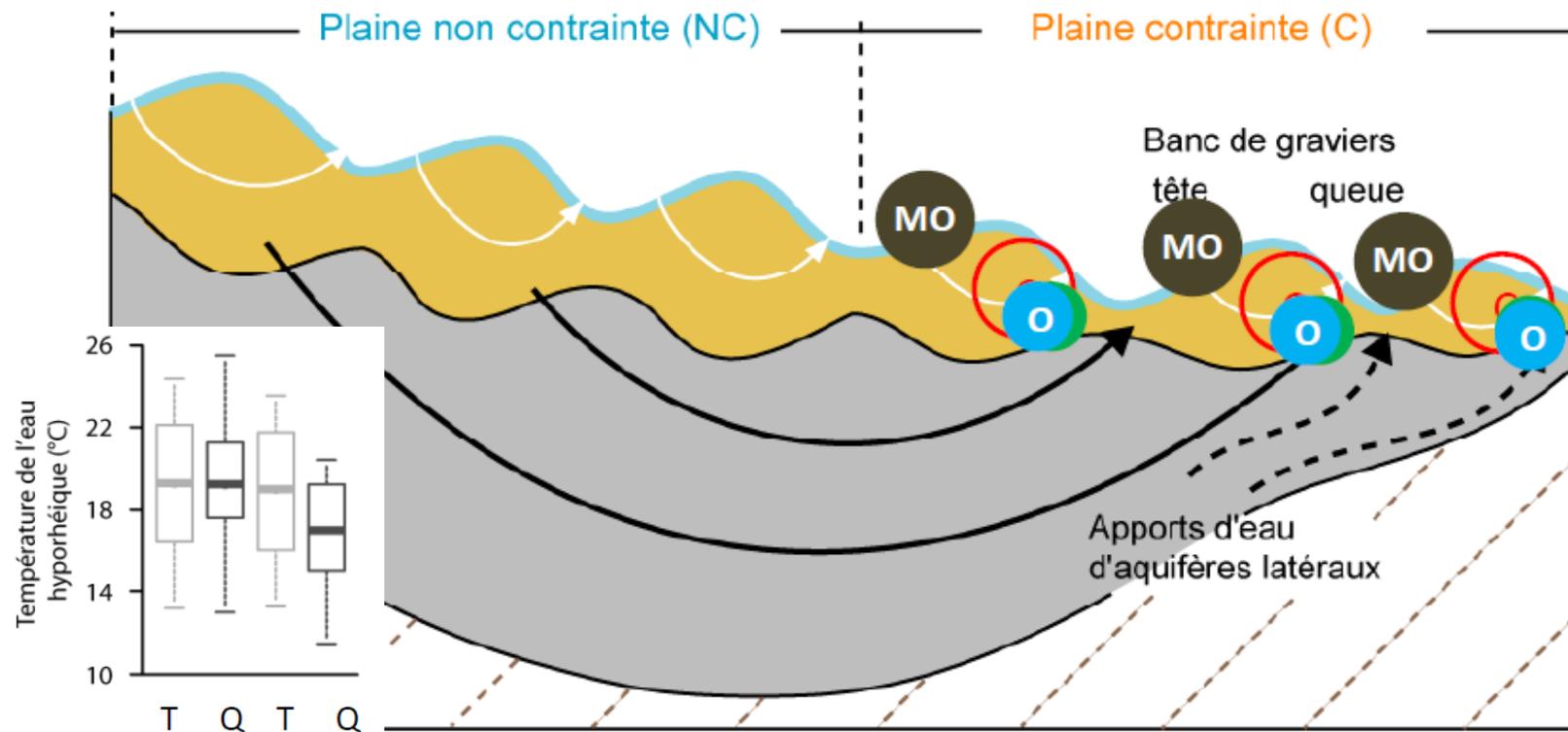


Plaine non contrainte (NC)

Plaine contrainte (C)

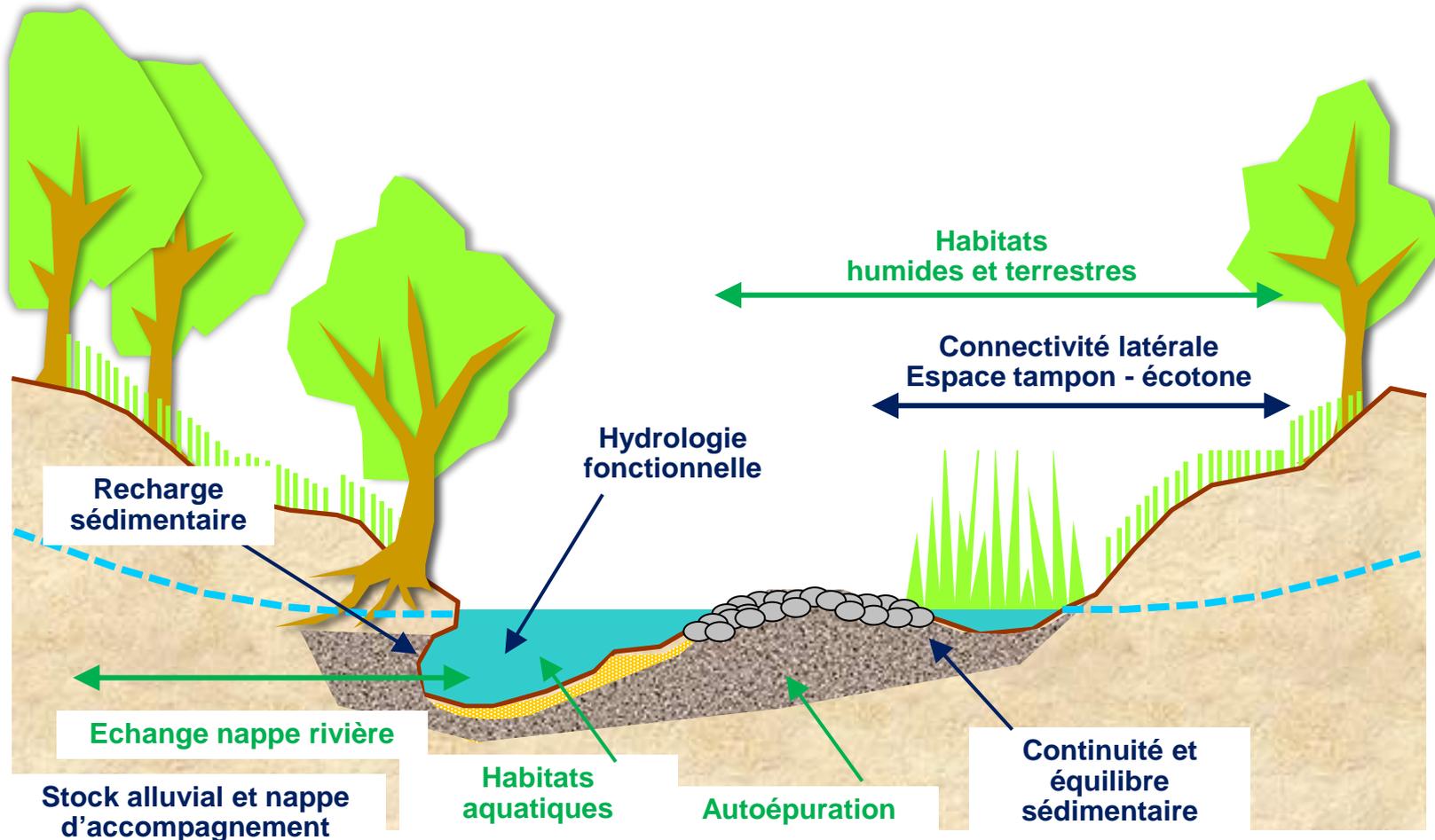


- L'espace rivière : le lieu où s'expriment les fonctionnalités du cours d'eau
 - **Autoépuration** : écoulement hyporhéïque, interface lit/berge, piégeage
 - Travaux de la ZABR (Lyon 2)
 - Ecoulements hyporhéïques et souterrains
 - Effets de régulation et d'épuration : conductivité, température, oxygène, MOOX, colonies d'invertébrés



Fonctionnalités et services rendus

- L'espace rivière : le lieu où s'expriment les fonctionnalités du cours d'eau



- L'espace rivière : le lieu où s'expriment les fonctionnalités du cours d'eau
 - Diversité de la mosaïque des habitats amphibies et terrestres

Vegetations arbustives

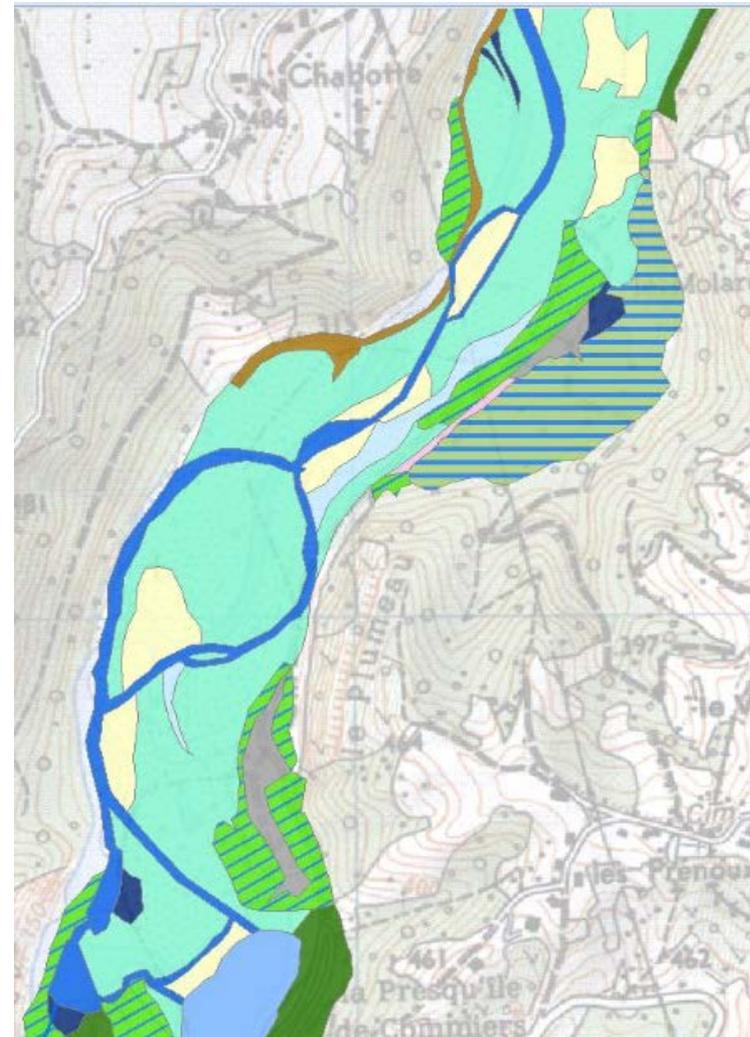
-  Saulaie alluviale arbustive (bois tendre) (*Salicion incanae*)
-  Complexe de Saulaie alluviale arbustive (bois tendre) et de Végétation des bancs de galets
-  Complexe de Friche et Saulaie alluviale arbustive (bois tendre)
-  Fruticée alluviale (bois dur) (*Salici cinerea-Rhamnion catharticae*)
-  Saulaie alluviale arborescente en transition vers l'*Alnion incanae* (bois tendre) (*Salicion albae*)
-  Aulnaie-frênaie, Aulnaie-peupleraie et Frênaie-peupleraie (bois dur) (*Alnion incanae*)
-  variante humide
-  variante sèche
-  variante rudérale

Végétations arborescentes

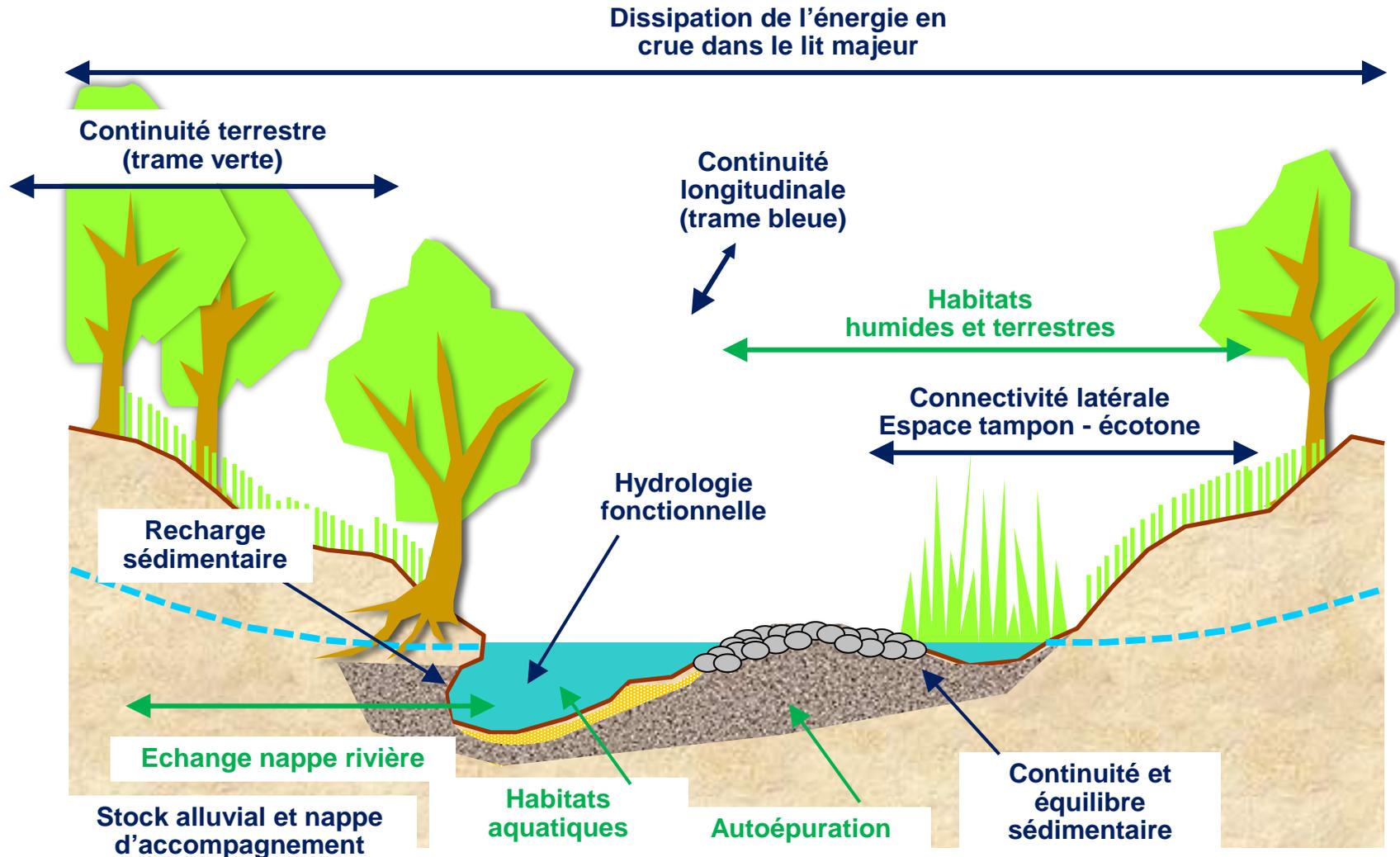
-  Bétulaie et saulaie marécageuses (bois dur) (*Alnion glutinosae + Salicion cinerea*)
-  Complexe de Bétulaie marécageuse, Cladaie, Bas-marais alcalin et de Végétation aquatique d'eau stagnante
-  Chênaie pédonculée-frênaie (bois dur) (*Fraxino excelsioris-Quercion roboris*)
-  Pré-bois et taillis thermoxérophiles (bois dur) (*Quercion pubescenti-sessiliflorae + Berberidion vulgaris*)
-  Chênaie-charmaie collinéenne
-  Plantation de Peuplier noir
-  Robinieraie
-  Autre plantation
-  Cultures
-  Friche
-  Zone rudérale

Divers

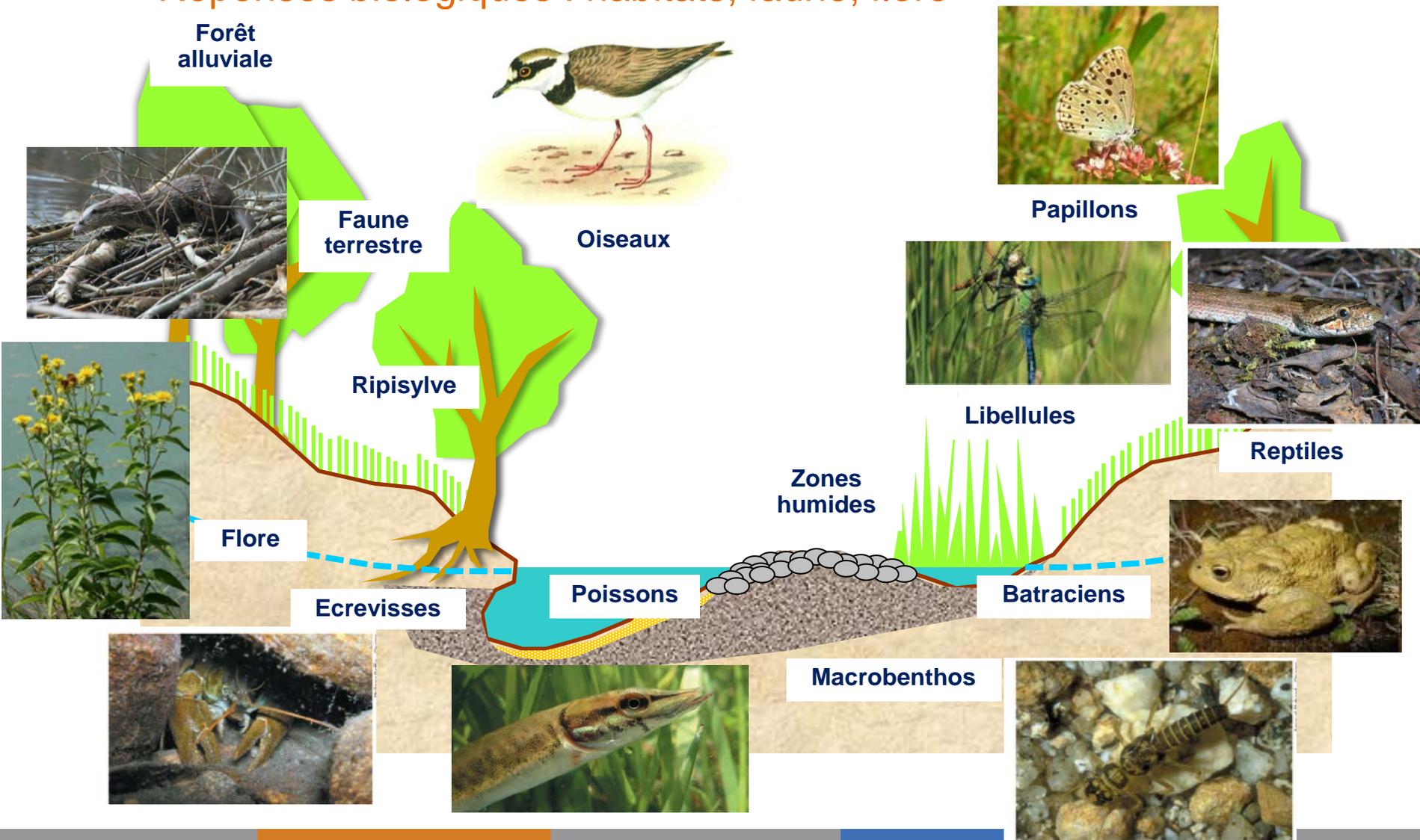
-  Zone artificielle



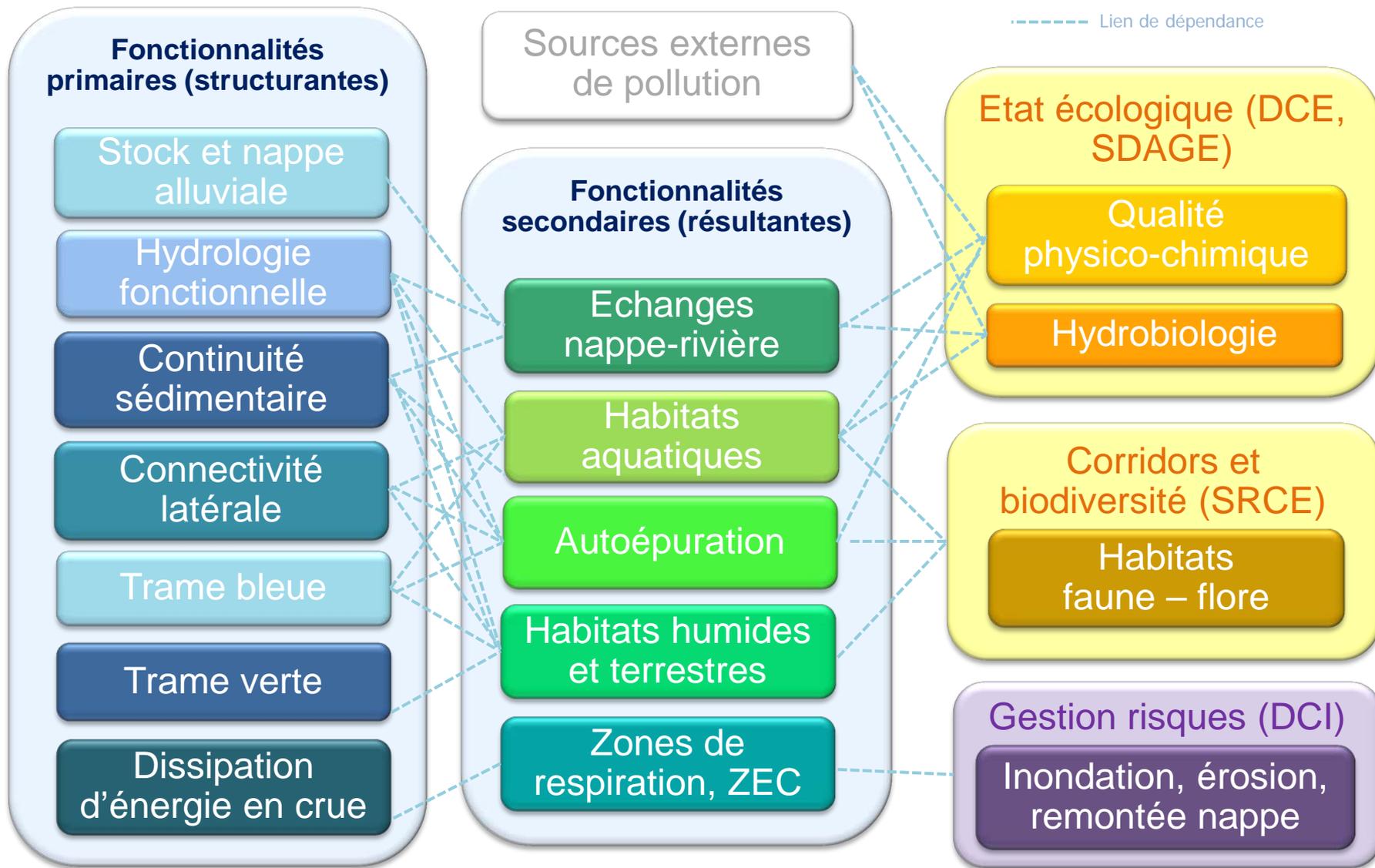
- L'espace rivière : le lieu où s'expriment les fonctionnalités du cours d'eau



- L'espace rivière : le lieu où s'expriment les fonctionnalités du cours d'eau
 - Réponses biologiques : habitats, faune, flore

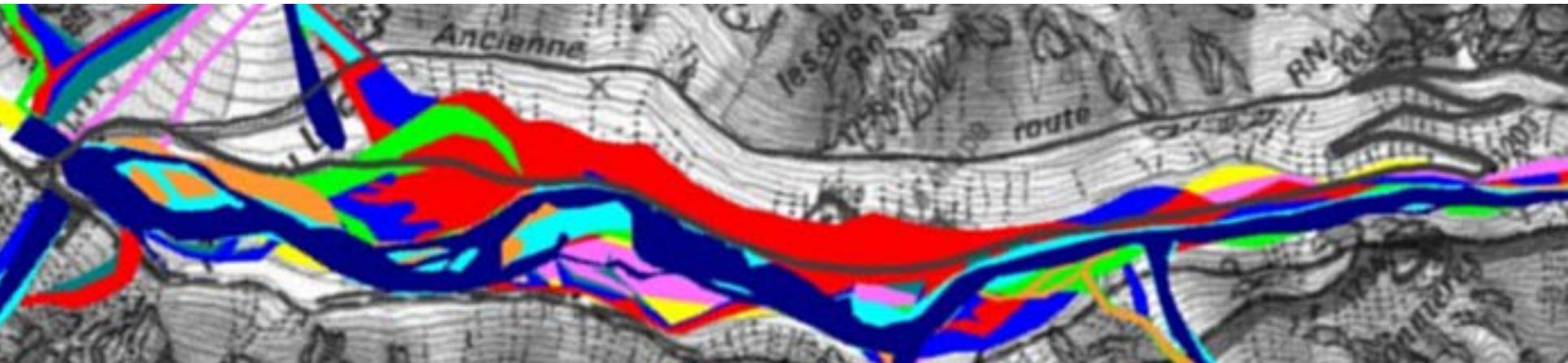


- Matrice des fonctionnalités hydromorphologiques



- Exemples de services rendus par les cours d'eau :
 - **Services d'approvisionnement**
 - Services essentiels : AEP, abreuvement, bois,
 - Usages de l'eau : irrigation, hydroélectricité, industrie, pisciculture, etc.
 - Usages terrestres : agriculture, transports, etc.
 - **Services de régulation et d'auto-entretien**
 - Amélioration de la qualité de l'eau (autoépuration)
 - Recharge des aquifères, préservation de la ressource en eau
 - Régulation des extrêmes : rétention en crue (ZEC, ZH), étiages (ZH)
 - Fonctions essentielles : formation des sols, renouvellement des écosystèmes, cycle de l'eau, photosynthèse, biodiversité, etc.
 - **Services culturels**
 - Lieux de détente (pêche, promenade, Voies Vertes, canoë-kayak, etc.)
 - Qualité de vie, espaces culturels
- Les fonctionnalités de l'hydrosystème sont garantes de l'intégrité et de la pérennité des services rendus à la société
- Leur préservation et leur restauration sont les conditions d'un développement durable des territoires

Détermination de l'espace rivière : un outil de gestion du territoire



- L'émergence de la notion d'espace rivière :
 - **Espace de liberté (ou de mobilité) :**
 - 1981 : L'Allier (Guinard) ; 1980-1990 : L'Ain (PIREN Rhône)
 - 1990 : Assises Nationales de l'Eau
 - 1996 : SDAGE RM&C 1996 : « espace du lit majeur à l'intérieur duquel le ou les chenaux fluviaux assurent des translations latérales pour permettre une mobilisation des sédiments ainsi que le fonctionnement optimum des écosystèmes aquatiques et terrestres »
 - SDAGE LB : « fuseau de mobilité ». « Priorité au déplacement des méandres ».
 - SDAGE SN : « espace de liberté ». « libre divagation » « moindre coût »
 - 1998 : Guide technique n°2 : détermination de l'espace de liberté
 - 2001 : Arrêté carrières ; Loi 2003 : servitudes de mobilité
 - **Espace de bon fonctionnement :**
 - 2005 (ZABR) : Guy OBERLIN : « La "réunion" des Espaces nécessaires à un cours d'eau pour Bien assurer ses diverses Fonctionnalités
 - 1) l'Inondabilité : la principale fonctionnalité (lits, annexes, etc.)
 - 2) l'Hydrobiologie : la locomotive "résultante" des autres
 - 3) la Dynamique Fluviale : conduit à l'Espace de Liberté
 - 4) l'Auto-Epuratoire : la plus motivante pour les usages
 - 5) le Paysage : lisible dès le court terme

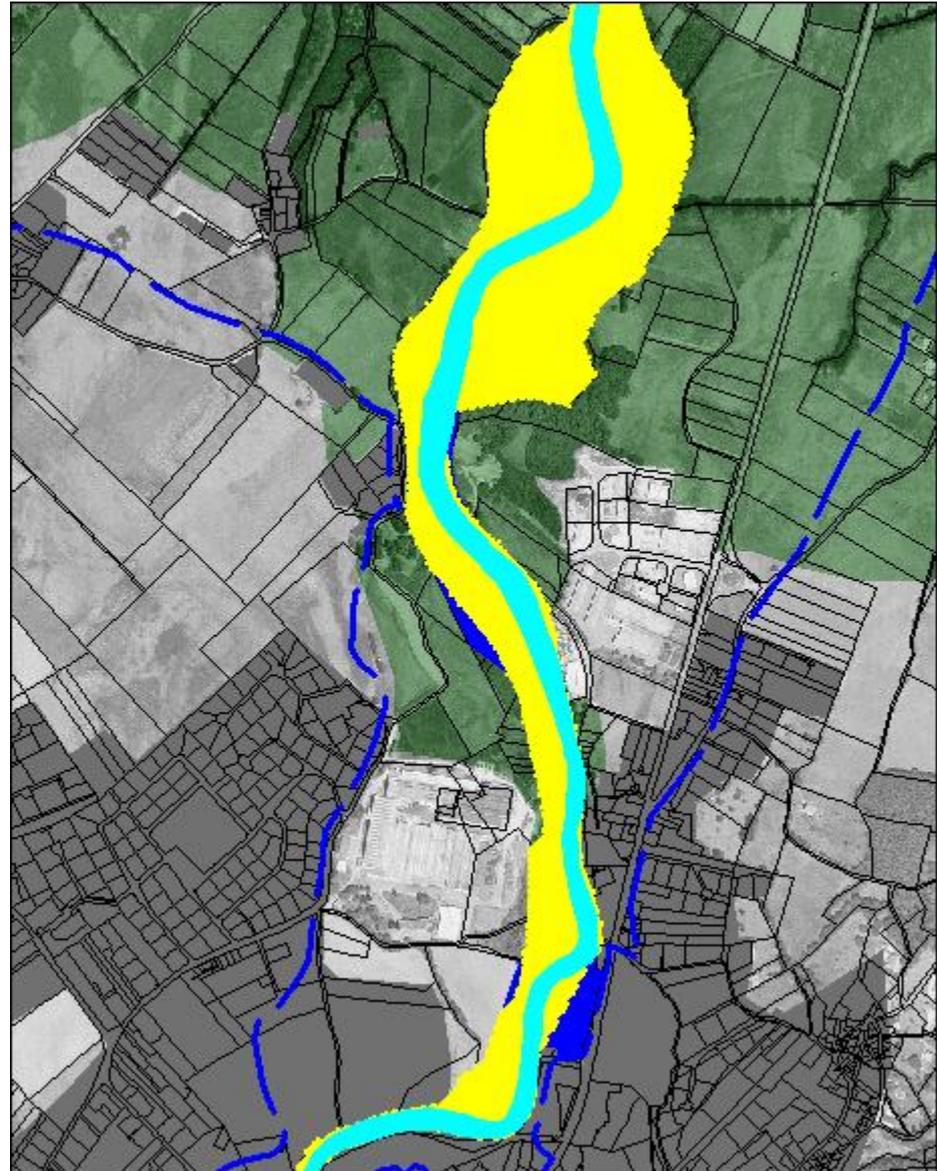
- SDAGE RM 2010-2015 – Espaces de bon fonctionnement
 - Répond à 2 orientations :
 - OF2 - concrétiser la mise en œuvre du principe de non dégradation des milieux aquatiques (préservation)
 - OF6 - préserver et développer les fonctionnalités naturelles des bassins et des milieux aquatiques (restauration) : « agir sur le décloisonnement »
 - Prise en compte des espaces nécessaires à chaque fonctionnalité
- Expériences européennes :
 - « espace cours d'eau » en Suisse (courbe de satisfaction), Allemagne, etc.
- Projet de SDAGE 2016-2021 :
 - Orientations fondamentales
 - OF0 - S'adapter aux effets du changement climatique
 - OF8 - Synergie avec protection contre les inondations
 - Espaces de bon fonctionnement :
 - Lit mineur (lit pleins bords)
 - Espace de mobilité (Guide 1998)
 - Annexes fluviales
 - Tout ou partie du lit majeur (ZEC)

N'apparaissent plus explicitement :

- La totalité du lit majeur
- L'espace de fonctionnalité des ZH
- Les espaces auto-épuratoires
- Les bassins d'alimentation des nappes
- Les réservoirs biologiques, les corridors

Détermination de l'espace rivière

- Méthode fonction du type de rivière et du contexte
- Exemple de détermination de l'espace rivière :
 - **Espaces pour fonctionnalités :**
 - Lit mineur et annexes
 - Zones humides, forêt alluviale
 - Zones inondables et aléas
 - Espaces de mobilité (EMAX, EFONC) 
Référence géomorphologique
 - **Enjeux socio-économiques :**
 - Zones urbaines et d'activités
 - Usages (réseaux, etc.)
 - Espace alluvial bon fct (EMIN)
 - **3 espaces du territoire :**
 - Zones inondables Q100
 - Zones humides non alluviales
 - Espace alluvial de bon fonctionnement

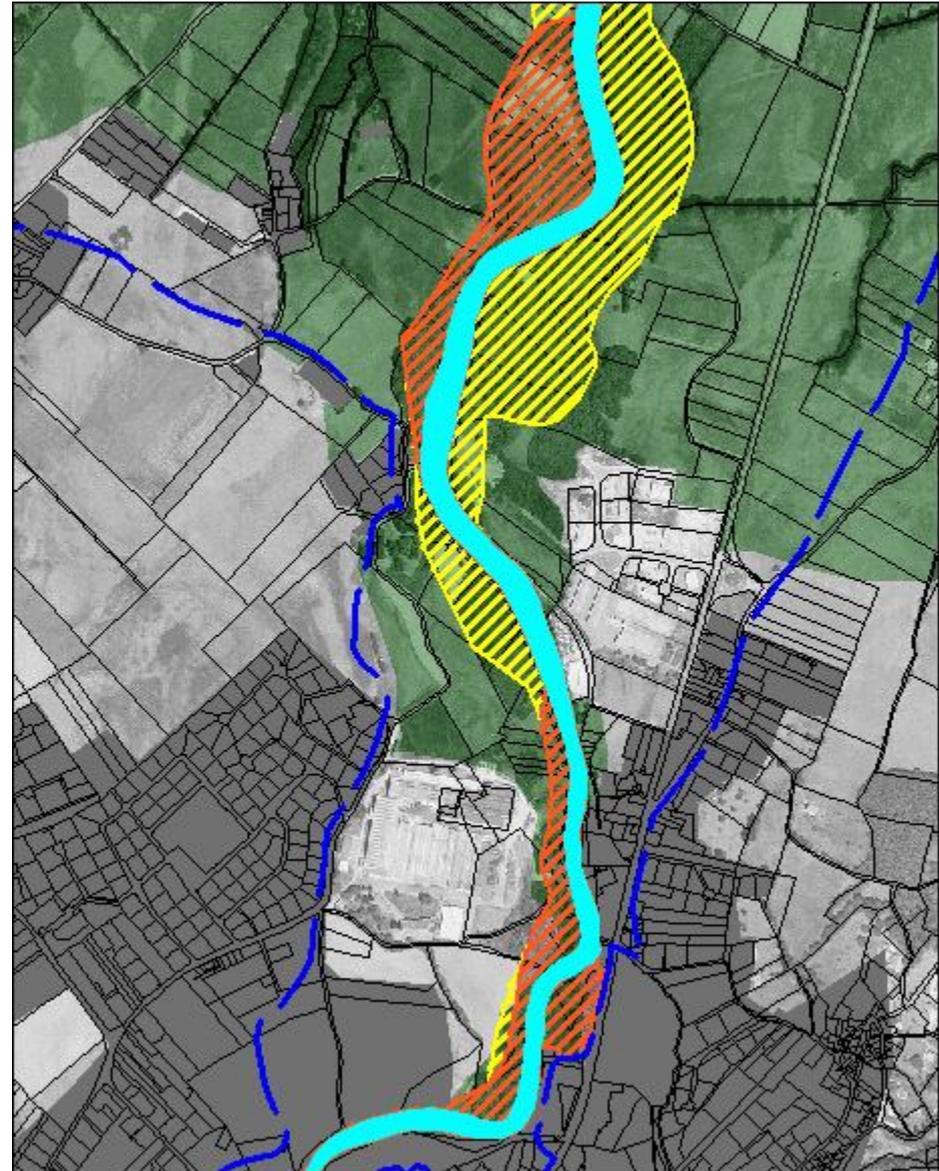


- Outil de gestion du territoire :

 EAF : espace alluvial fonctionnel
→ actuellement fonctionnel

 EABF : espace alluvial de bon fonctionnement
→ gestion à long terme (15-20 ans et +)

 EABFR : espace alluvial de bon fonctionnement à restaurer
→ restauration à court terme (5-7 ans)



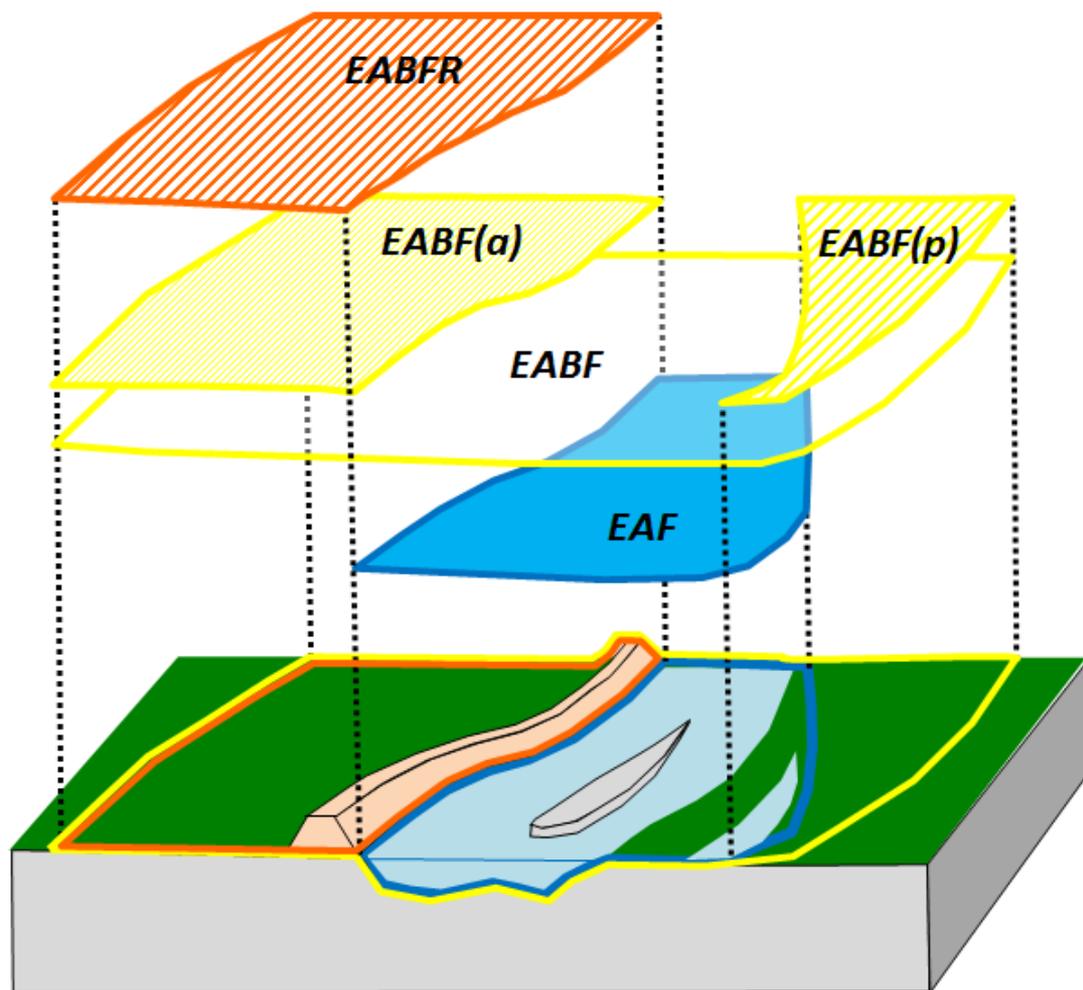
- Outil de gestion du territoire :

 EAF : espace alluvial fonctionnel

 EABF : espace alluvial de bon fonctionnement

- à préserver (p)
 - $\omega > 35 \text{ W/m}^2$
- à aménager (a)
 - $\omega < 35 \text{ W/m}^2$
 - et/ou contrainte à supprimer

 EABFR : espace alluvial de bon fonctionnement à restaurer



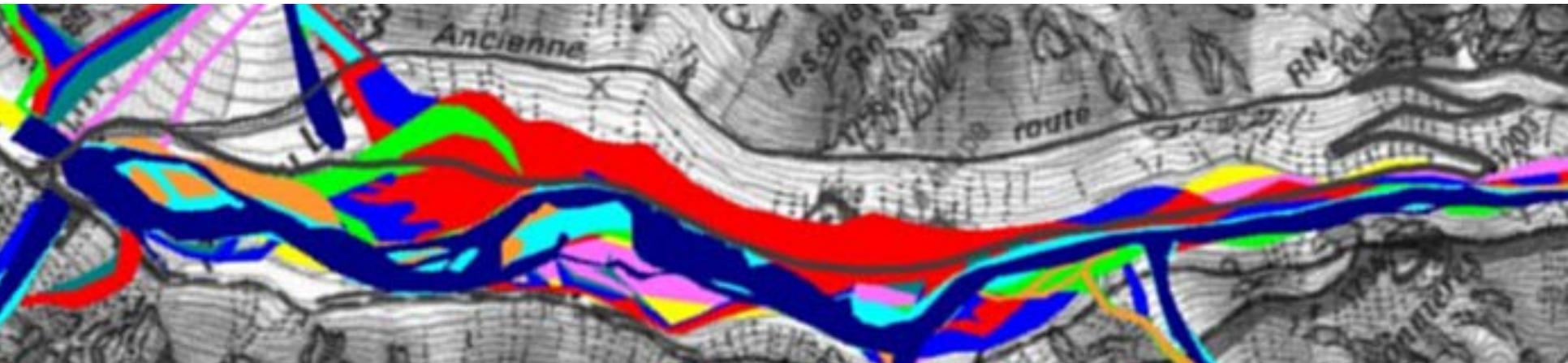
– Les atouts de l'espace rivière – espaces de bon fonctionnement :

- permet de garantir la résilience et la pérennité des fonctionnalités des milieux
- permet de garantir la pérennité des usages et des services rendus
- est un outil technique et foncier :
 - de préservation, de restauration et de gestion durable
 - d'anticipation (périodes de crises : étiage, crues, chang^t climatique) 
 - de maîtrise et d'optimisation de la dépense publique (protections en limite de l'espace)
- permet de tendre vers l'atteinte du bon état écologique (DCE, SRCE)
- permet de protéger contre les inondations (DCI) : zones d'expansion de crue

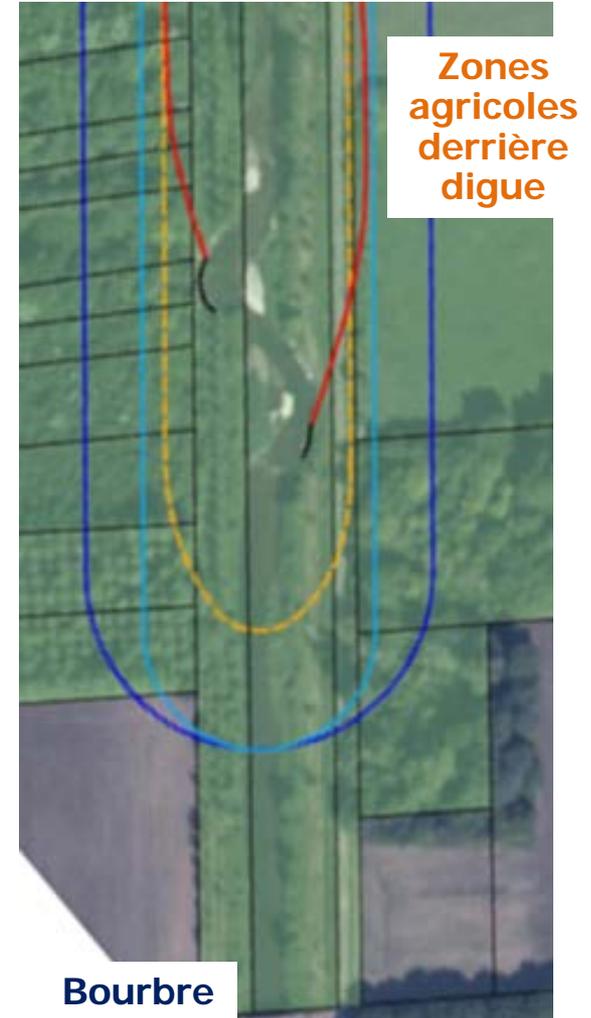
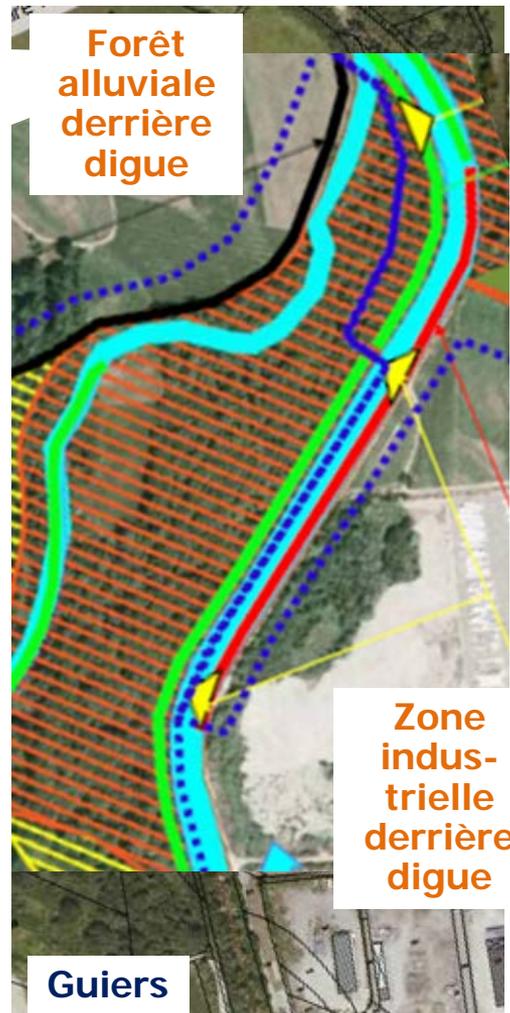
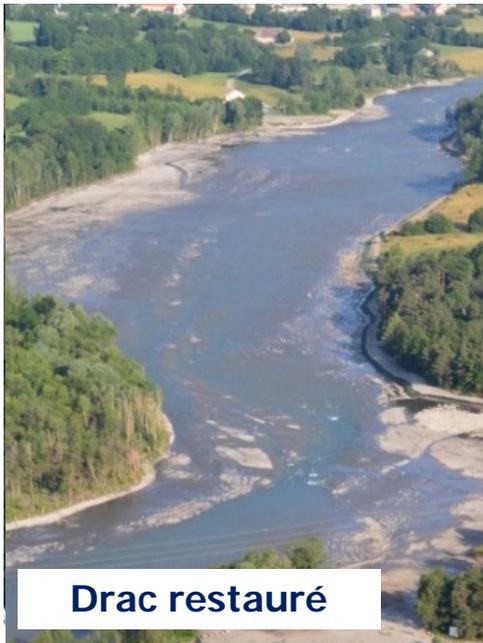
– Les traductions opérationnelles :

- à inscrire dans les documents d'urbanisme (SCOT, PLU) + ZH + ZI Q100
- pour les projets de préservation et/ou de restauration :
 - lorsque nécessaire, mettre en place des modalités foncières : sensibilisation, conventionnement, acquisition ;
 - définir un projet de territoire avec les acteurs intéressés et concernés pour repenser la place de la rivière à l'avenir avec un regard historique (cf. précédentes journées ARRA)

Leviers pour les travaux de restauration de l'espace rivière : pistes de réflexion et questionnements



- Exemples de 3 situations très différenciées :
 - Quels usages terrestres « nouveaux » se sont installés dans ce qui était auparavant l'espace rivière ? Quels acteurs concernés ?

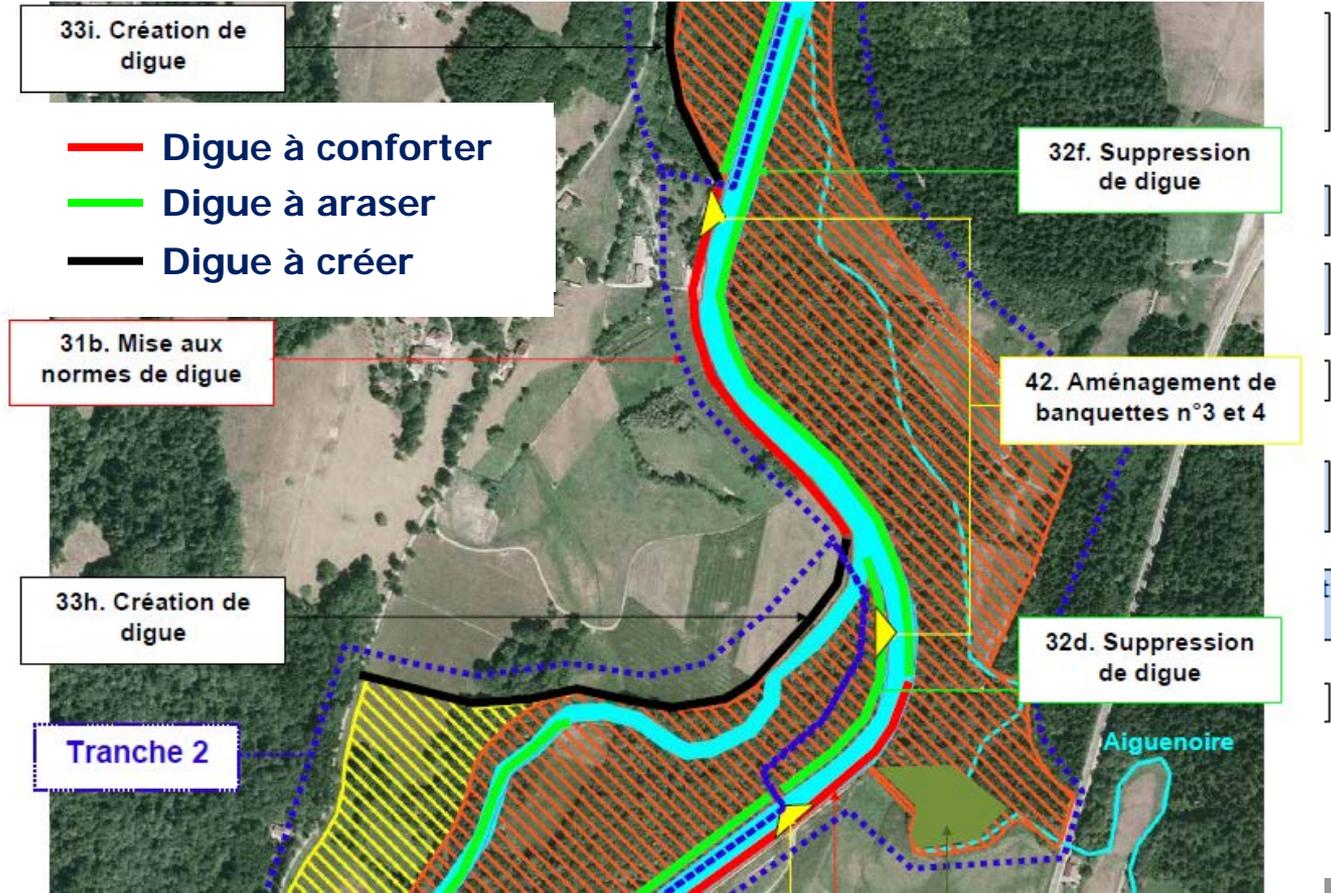


- Leviers techniques

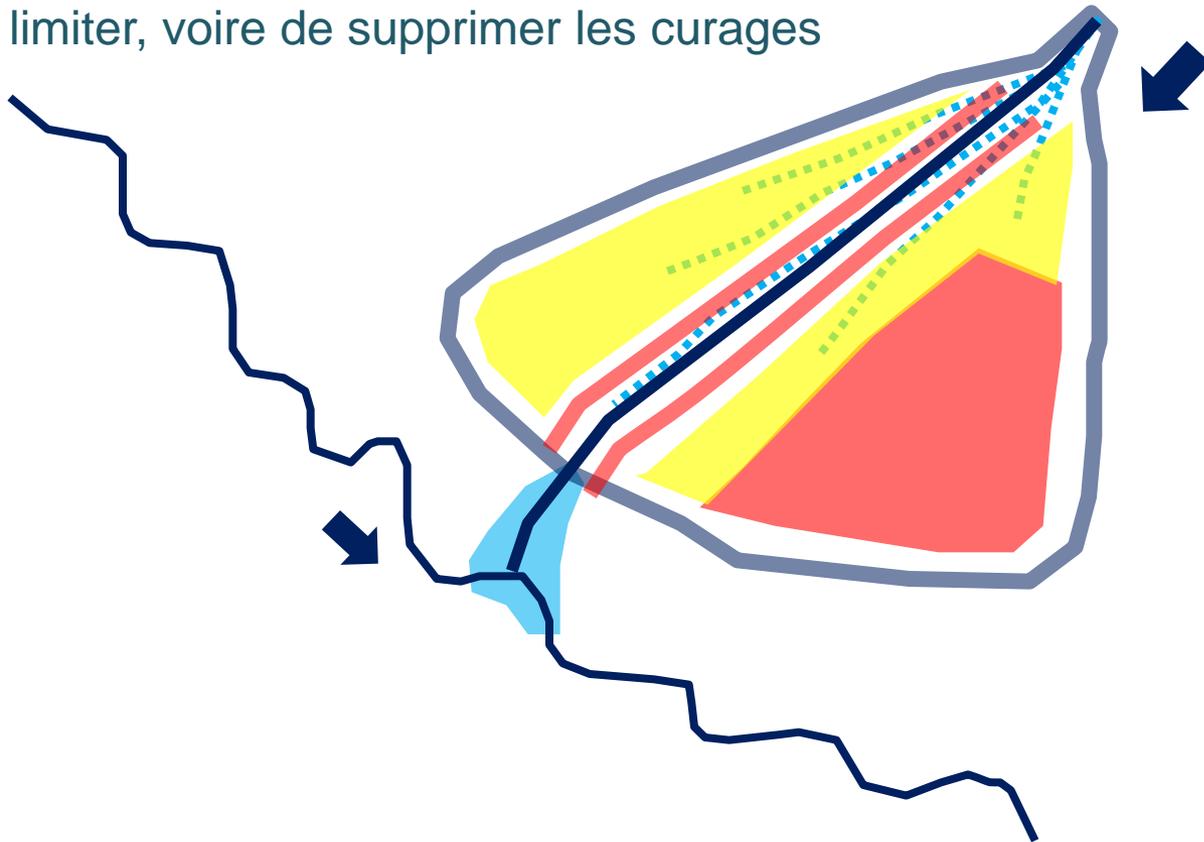
- Protection contre les inondations

- Restauration de zones d'expansion de crues ( à la pente)
 - Effacement, arasement, recul de digue

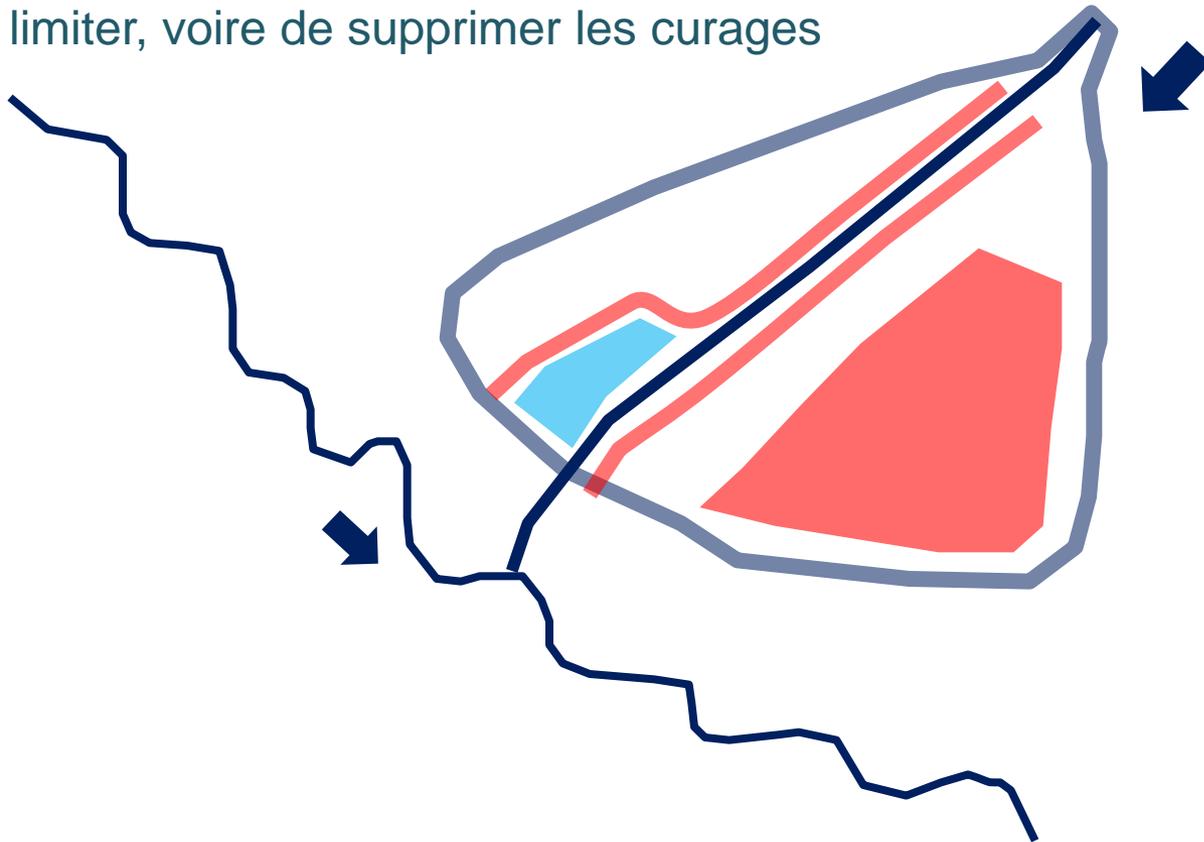
- Réflexion sur les digues dans la détermination de l'espace rivière :



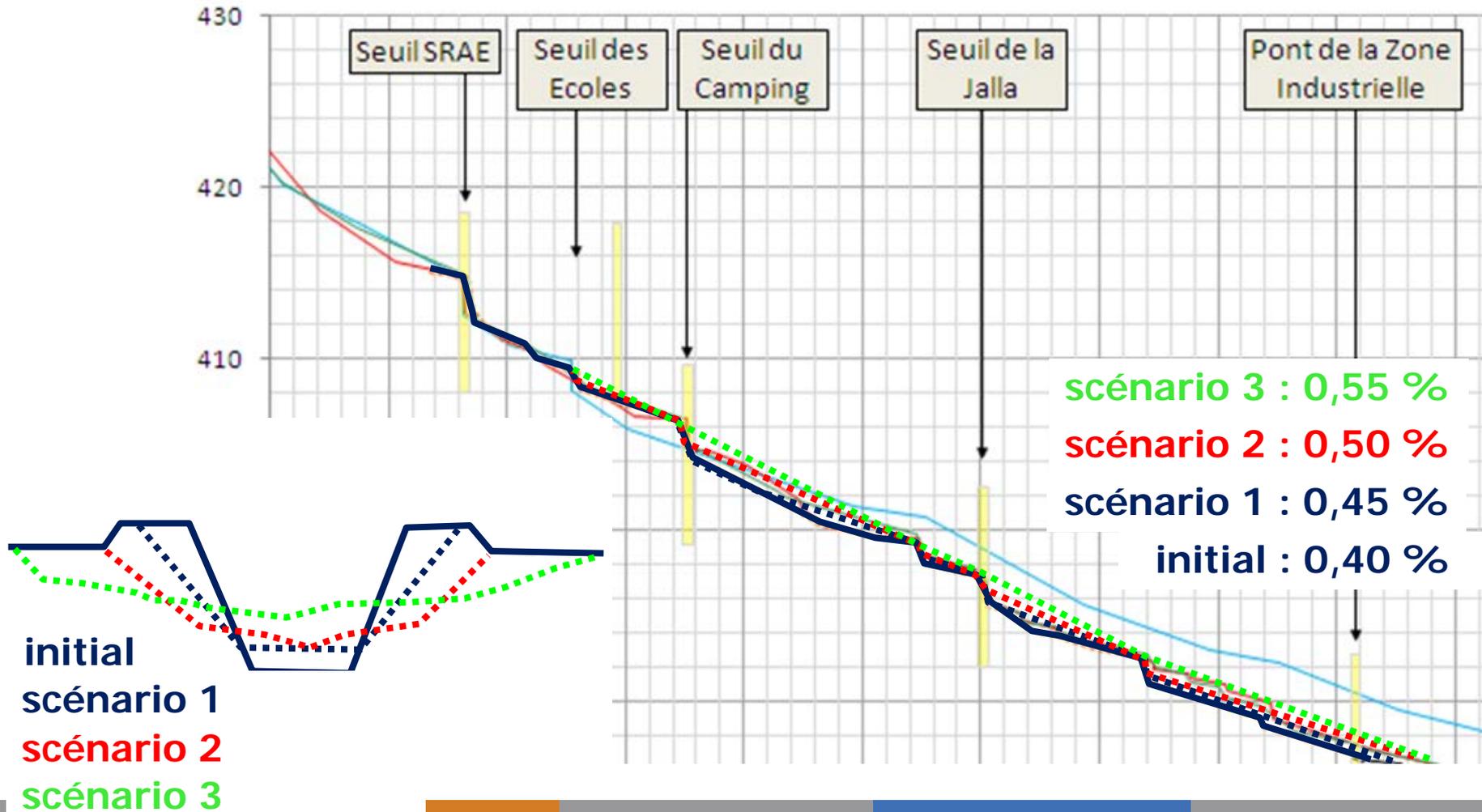
- Leviers techniques :
 - **Excédents de transport solide (ex : cône de déjection)**
 - Peuvent résulter de la chenalisation des cours d'eau, torrents, combes, etc.
 - Trouvaient réponse historiquement par des opérations de curage
 - Un espace rivière peut permettre de freiner le transit sédimentaire, donc de limiter, voire de supprimer les curages



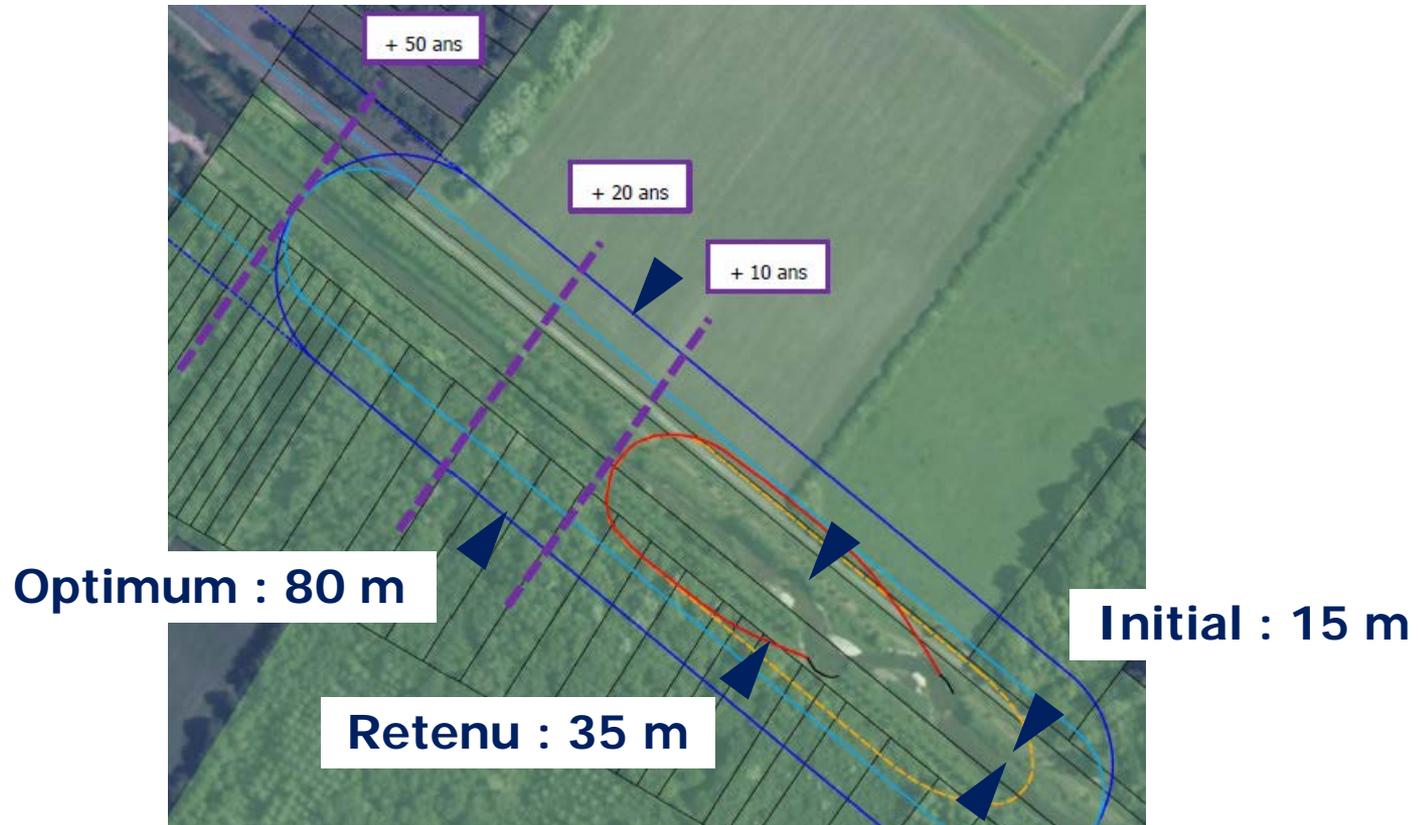
- Leviers techniques :
 - **Excédents de transport solide (ex : cône de déjection)**
 - Peuvent résulter de la chenalisation des cours d'eau, torrents, combes, etc.
 - Trouvaient réponse historiquement par des opérations de curage
 - Un espace rivière peut permettre de freiner le transit sédimentaire, donc de limiter, voire de supprimer les curages



- Rivière à forte énergie + transport solide
 - Nécessité de réfléchir le profil en long d'équilibre (ou de bon fonctionnement - PLBF ?) et les apports solides amont avec l'espace de bon fonctionnement



- Questionnement :
 - La restauration de l'espace rivière est-elle pertinente avec un objectif intermédiaire entre l'état initial et l'optimal ?



- ➔ Analyse coût / bénéfice indispensable
- ➔ Evaluations des gains écologiques et intégration des usages
- ➔ Devoir d'apporter de la certitude là où il y a de l'incertitude (d'évolution)

- Travaux de restauration de l'espace rivière : début de typologie

– Rivières à forte énergie :

- Suppression des contraintes :
 - Enlèvement de protections de berge (linéaires, épis, etc.)
 - Recul de digue
 - Arasement de digue
- Gestion de la végétation :
 - Scarification de bancs
 - Essartement,
 - Défrichage
- Réactivation d'un bras secondaire
- Recharge sédimentaire

 **Adour,
Echez (65)**

 **Ain (01)**
 **Giffre (74)**

– Rivières à faible énergie

- Suppression des contraintes et reméandrage
- Création d'un nouveau lit

 **Vistre (30)**



Merci de votre attention

f.laval@burgeap.fr

