



Journées d'informations techniques

**Solutions techniques
pour réduire les impacts des plans d'eau**



Dausse Armel (Forum des Marais Atlantiques)
Mikaël Le Bihan (Direction Bretagne de l'OFB)

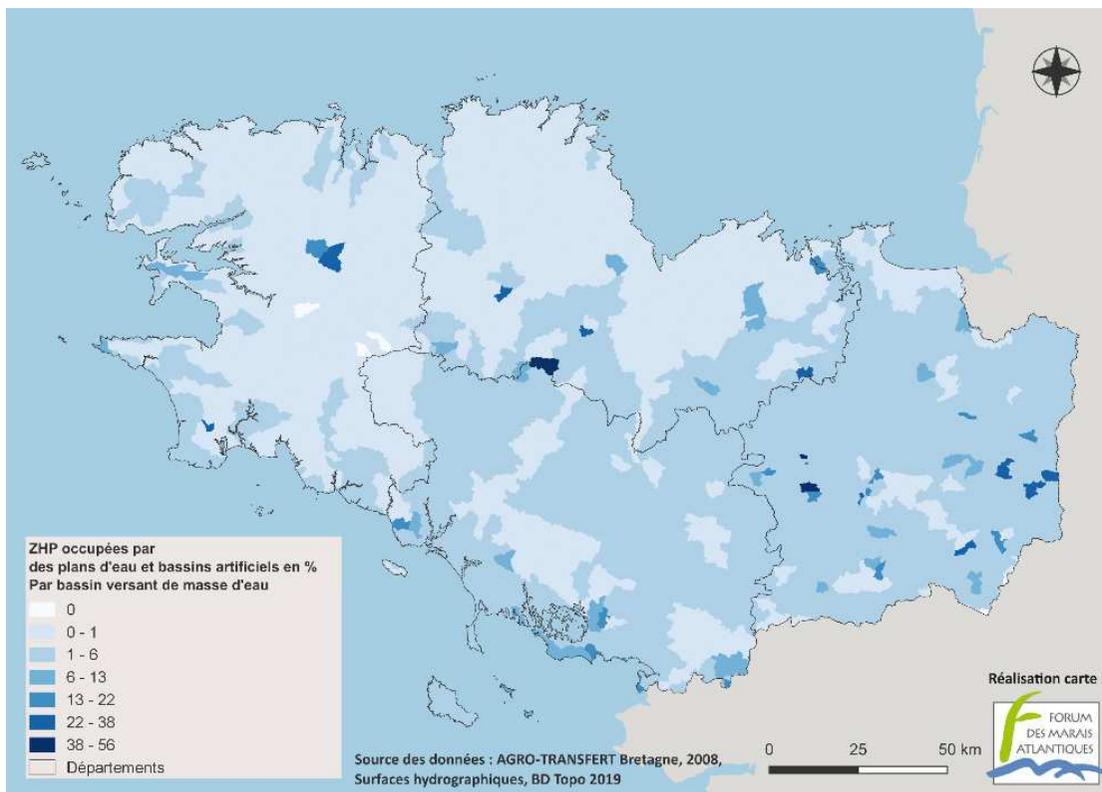
21 Juin 2021

Pourquoi supprimer un plan d'eau ?



RETOUR D'EXPÉRIENCES SUR LES SUPPRESSIONS DE PLANS D'EAU EN 2018

Les plans d'eau en zone humide



	Bretagne	Côtes d'Armor	Finistère	Ille-et-Vilaine	Morbihan
Plans d'eau situés sur des ZHP	10 992 ha	1 757ha	1 453 ha	4 815 ha	2 967 ha
	1,9%	1,3 %	1,3 %	2,7 %	2,1 %



Données cartographiques : © IGN, Mégalis Bretagne

POURQUOI SUPPRIMER DES PLANS D'EAU SUR COURS ?

Conséquences d'un plan d'eau construit en zone humide

Sur les conditions abiotiques

- Barrage en travers la vallée
 - obstacle à la continuité hydraulique = augmentation de l'humidité en amont, diminution en aval
 - obstacle à la continuité écologique (du CE, mais aussi des ZH)
 - mise en eau de surfaces humides ou non = perte d'habitat spécifique
 - accumulation de sédiments/atterrissement = rupture de pente
- ZH parfois surcreusées
- Eutrophisation du milieu (accumulation de sédiments et matière organique)

Sur les conditions biotiques

- Remplacement d'habitat
 - nouveaux habitats pouvant abriter une flore et une faune patrimoniale (enjeux contradictoires)
- Risque d'invasion biologiques
- Introduction d'espèces exotiques ou colonisation spontanée

Retour d'expériences de l'étude de Roxanne Fourche (FMA, 2019)



Observation

Les travaux de suppression de plan d'eau visent essentiellement la continuité écologique du cours d'eau

Peu de prise en compte de l'espace de fonctionnalité des cours d'eau et encore moins de la ZH dans les projets

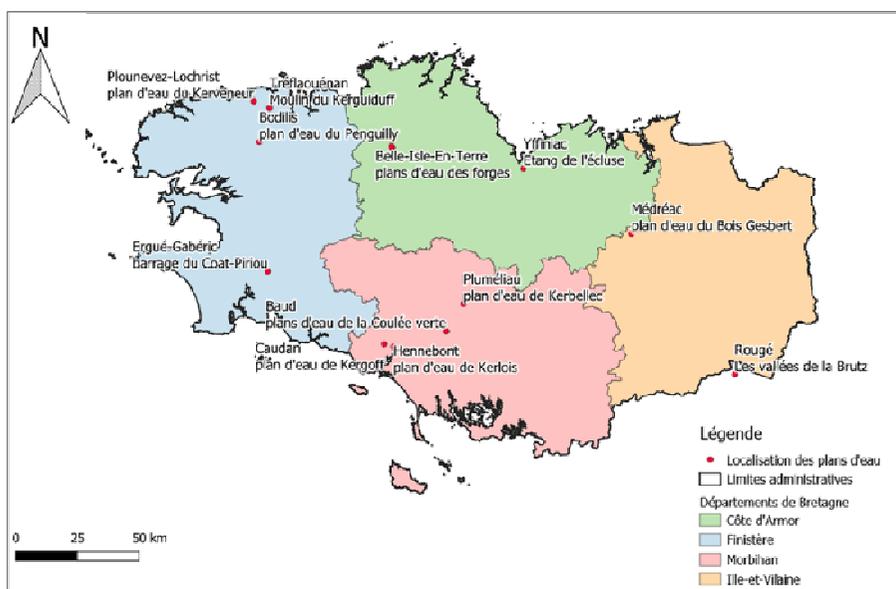
➔ Peut amener à des incohérences écologiques et une mauvaise fonctionnalité du secteur



Evaluation de la faisabilité de restaurer des zones humides suite à la suppression de plans d'eau sur cours

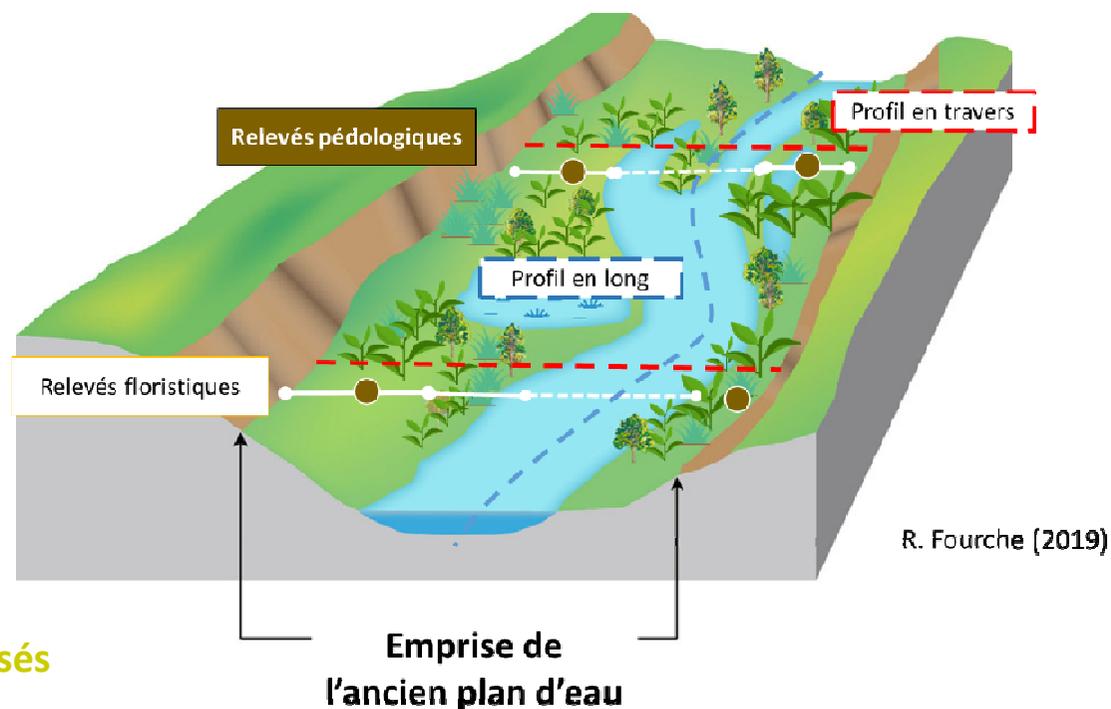
→ Stage de Roxanne Fourche (2019) co-encadré par l'OFB et le FMA

14 sites étudiés



Localisation des plans d'eau supprimés échantillonnés en Bretagne

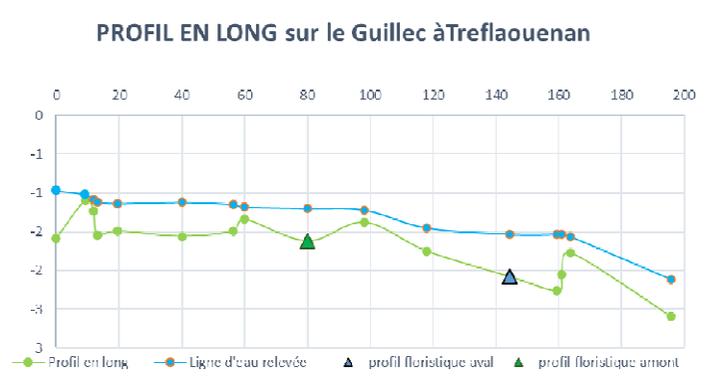
Relevés sur le cours d'eau et l'ancienne emprise du plan d'eau



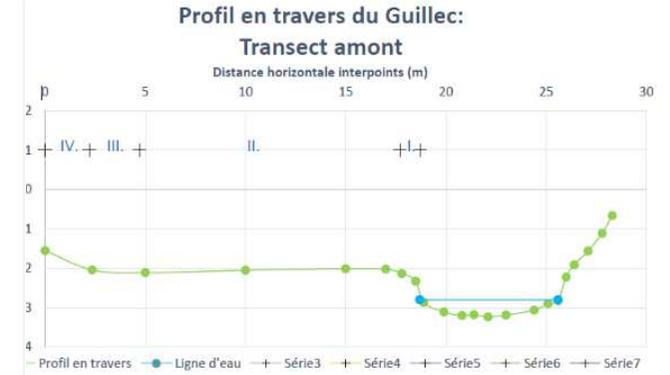
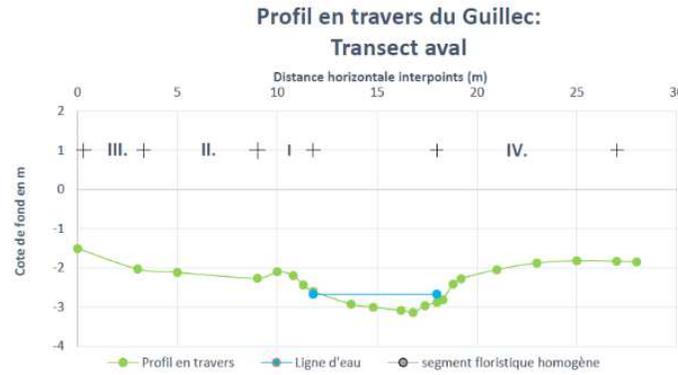
Analyse des modes opératoires et aménagements réalisés

Analyse des résultats

Profils en long

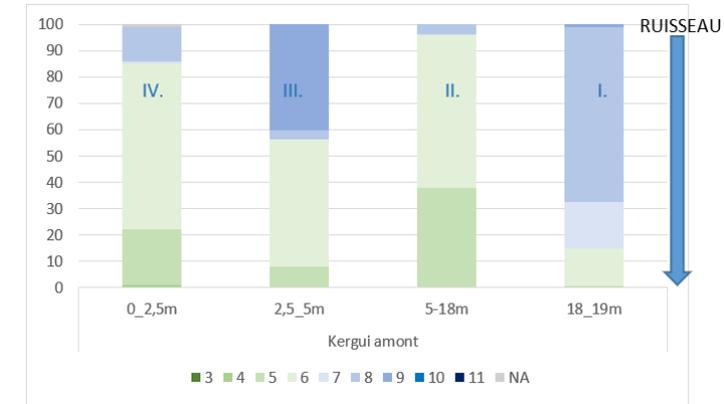
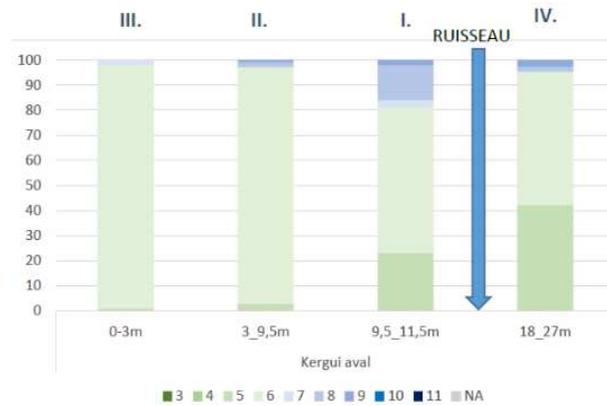


Profils en travers

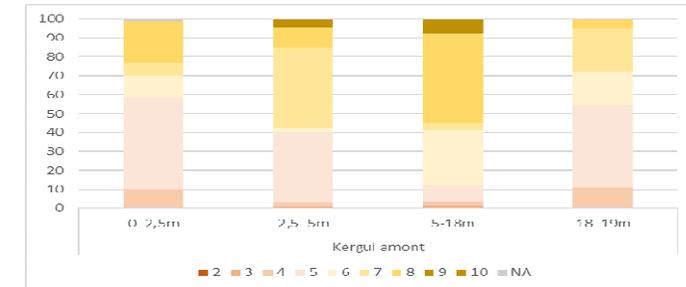
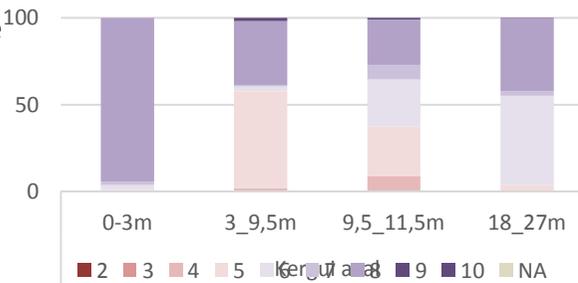


Relevés floristiques

- Indice d'humidité du sol



- Indice de niveau trophique



Le potentiel de restauration dépend :

Du contexte local

- Vérifier la continuité de zones humides
- Dans une enveloppe ZHP ou topo de la vallée (plus précis)

Du plan d'eau lui-même

- Niveau de sédiments accumulés
- ne remet pas en cause la faisabilité, mais rend le temps de la restauration de la ZH incertain
- Remodelage de terrain :
 - Plans d'eau surcreusés
 - Digues de ceinture, talutage



Plan d'eau entièrement comblé (dénivelé 3 m)

Résultats de l'étude

- Evolution favorable rapide des sites où il y a un niveau relatif faible du sol par rapport au niveau du cours d'eau (peu d'envasement), donc bonne connexion du milieu avec la nappe
- Sur les sites où le cours d'eau est plus bas, essentiellement lié à l'accumulation de sédiments, on trouve plutôt des espèces nitrophiles (dégradation de la MO accumulée)
- Plus de diversité spécifique sur les sites avec une plus forte sinuosité du cours d'eau
- La suppression totale de l'ouvrage semble plus favorable notamment du fait de la liberté du CE à retrouver un équilibre spontané



Contextes défavorables observés

- Incision du cours d'eau, entraînant une déconnexion ZH-CE, lié à
 - une accumulation de sédiment
 - un ancien aménagement (chenalisation antérieure au plan d'eau)
 - un ouvrage en place
- Aménagements durs figeant le cours d'eau
- Absence de prise en compte de la fonctionnalité du complexe CE-ZH
- Manque de cohérence entre objectifs de restauration du cours d'eau et suite du projet par la collectivité





Facteurs favorables qui ressortent

- Sites à faible niveau de comblement
- Remodelage des berges en pente douce pour retrouver le profil de la vallée
- Traçage spontané du cours d'eau
- Suppression totale de l'ouvrage

Question principale restant en suspend

- Comment gérer les dépôts importants de sédiments?
- Quelle dynamique de rétablissement du profil de la vallée?



Dausse, 2021



Vidange



Été suivant

Caudan (56)

La suppression de plans d'eau par étapes



Dans les cas les plus faciles : juste après une vidange lente



Plan d'eau de la mare aux cannes (72)

Le Bihan, 2019

Quelques mois après ...



ZH fonctionnelle



CE fonctionnel



Continuité écologique rétablie



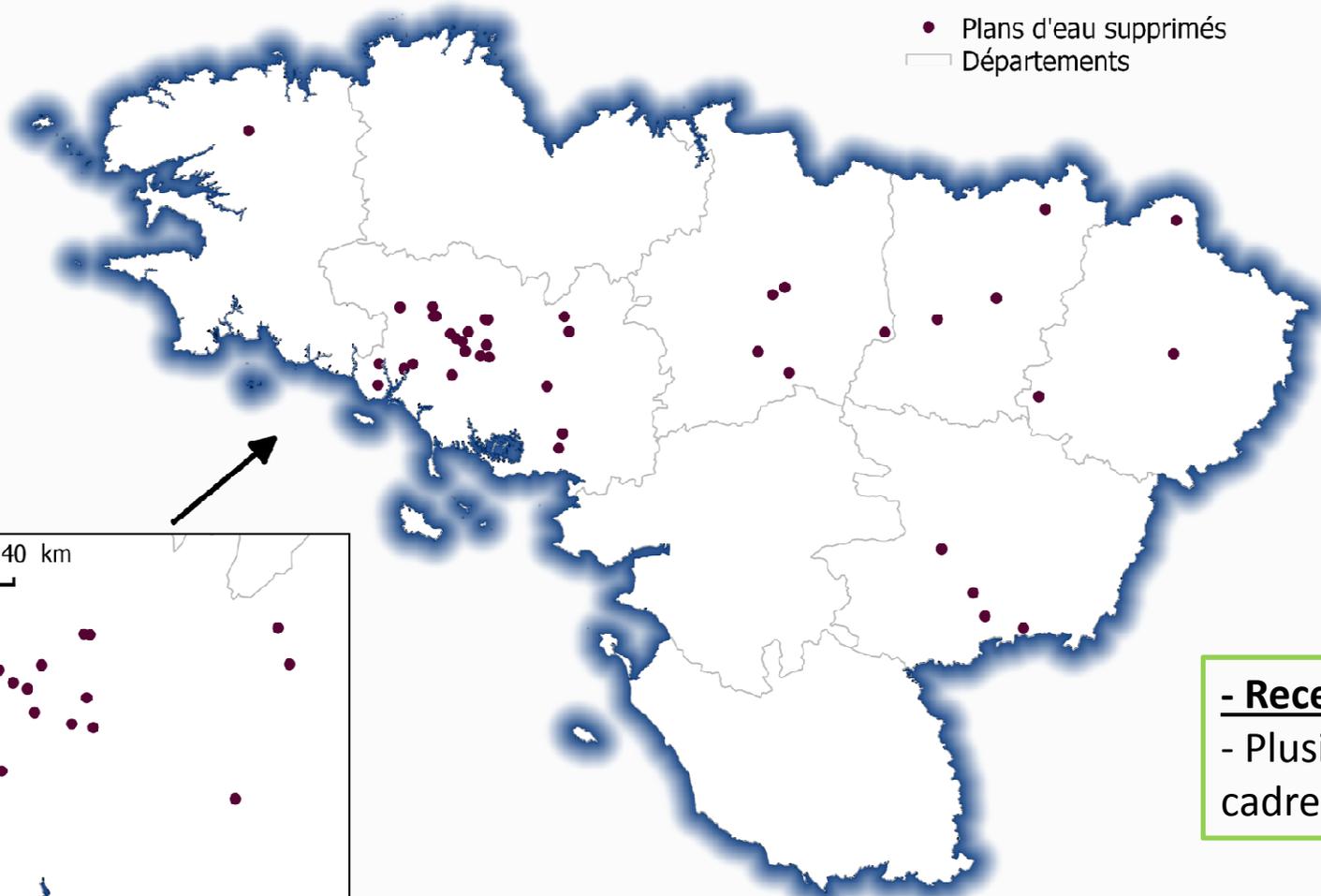
Mais ce n'est pas toujours si simple ...

Retour d'expériences sur les suppressions de plans d'eau en 2018

Localisation des suppressions de plans d'eau sur les régions Bretagne, Pays de la Loire



● Plans d'eau supprimés
□ Départements

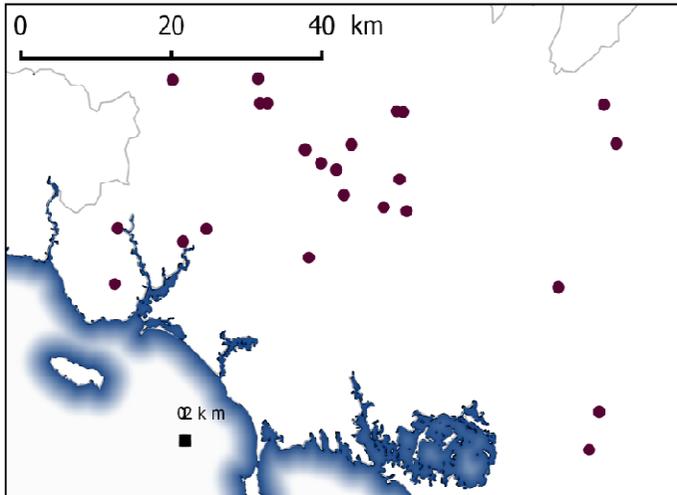


- Recensement non exhaustif
- Plusieurs opérations dans le cadre de mise en demeure

JEANNEAU & LE BIHAN, 2018

AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

Le Bihan, 2019



Sources des données : LE BIHAN & JEANNEAU
Fonds cartographiques : BD CARTO - © IGN
M. LE BIHAN © AFB, 2017

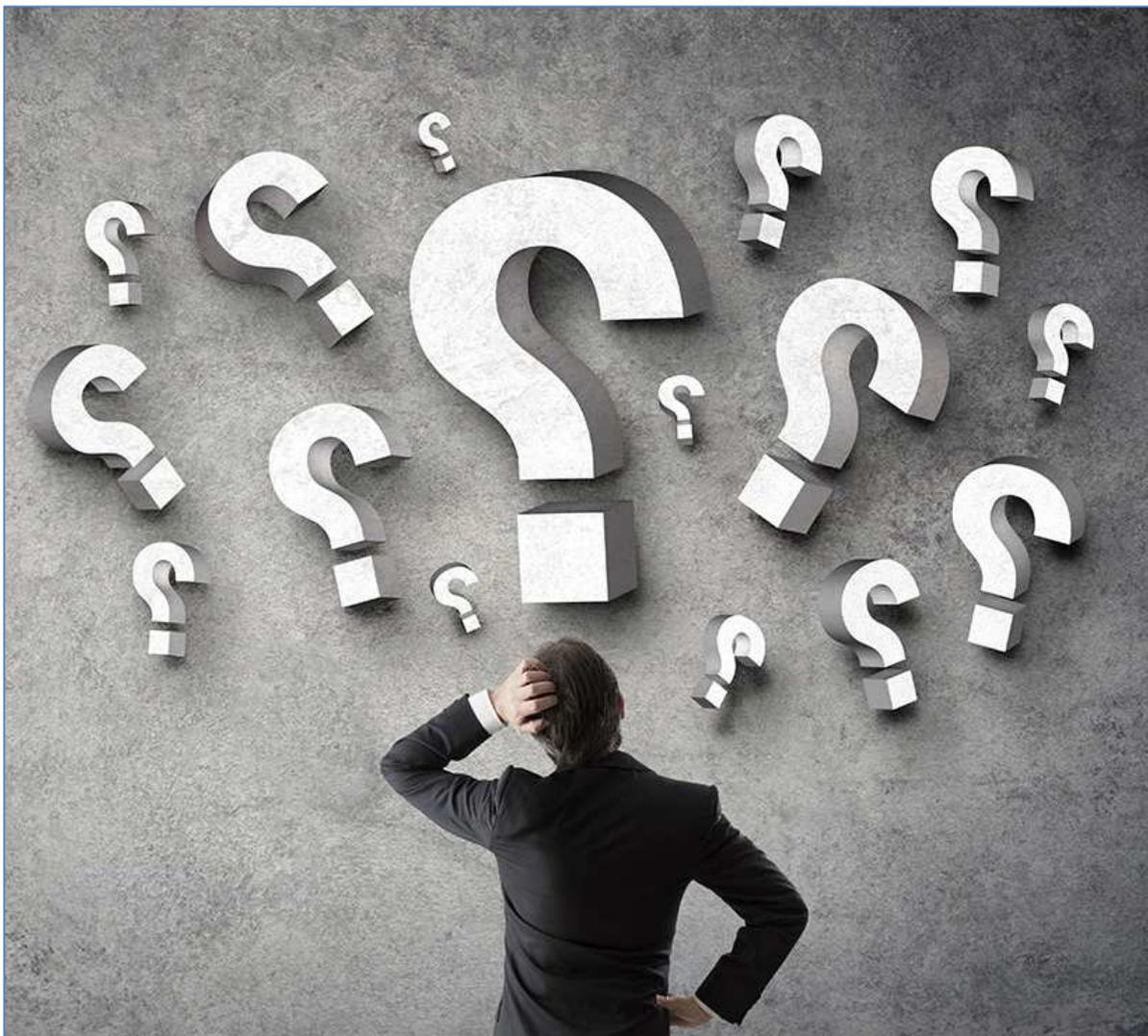
Quelles questions doit-on se poser avant la suppression d'un plan d'eau en barrage ?

1. Quel cadre réglementaire ?

2. Quels objectifs ?

3. Quel contexte ?

4. Quels diagnostics ?



5. Pourquoi s'intéresser aux travaux anciens ?

6. Doit-on conserver la digue ?

7. Faut-il effectuer un curage des sédiments ?

8. Comment réaliser la vidange ?

9. Quelles évolutions post suppression ?

10. Quel risque d'érosion régressive ?

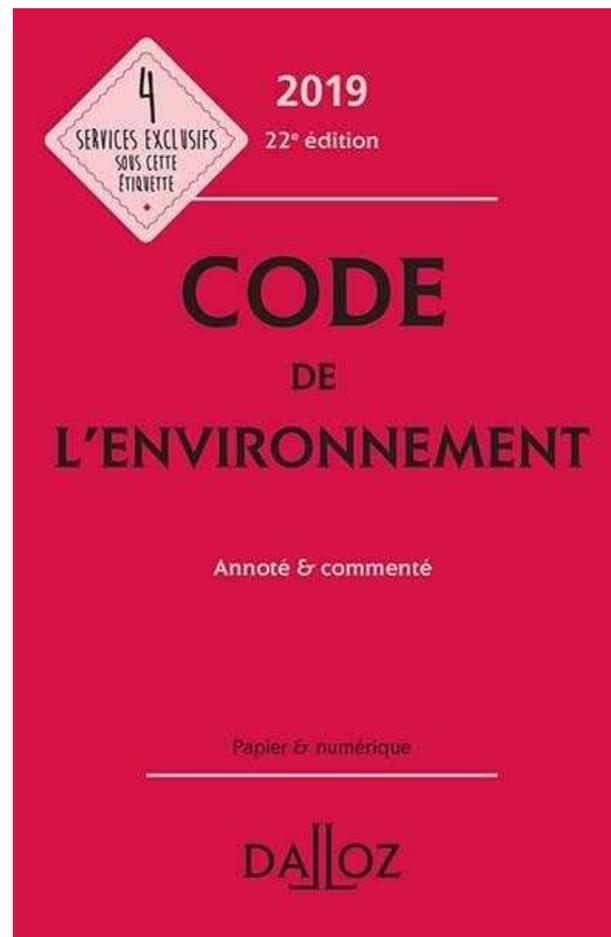
11. Quelles mesures d'accompagnement ?

12. Quelle gestion ?

13. Quel suivi ?

Aspects réglementaires liées à la suppression d'un plan d'eau

- Des prescriptions seront apportées par la DDTM au pétitionnaire concernant la mise en œuvre des différentes étapes des travaux (en cas de suppression : vidange, arasement de la digue, rétablissement du cours d'eau ou de la zone humide...).



Quelles questions doit-on se poser avant la suppression d'un plan d'eau en barrage ?

1. Quel cadre réglementaire ?

2. Quels objectifs ?

3. Quel contexte ?

4. Quels diagnostics ?



5. Pourquoi s'intéresser aux travaux anciens ?

6. Doit-on conserver la digue ?

7. Faut-il effectuer un curage des sédiments ?

8. Comment réaliser la vidange ?

9. Quelles évolutions post suppression ?

10. Quel risque d'érosion régressive ?

11. Quelles mesures d'accompagnement ?

12. Quelle gestion ?

13. Quel suivi ?

Identification des objectifs de la suppression



- Nécessité d'avoir des objectifs de la restauration clairement identifiés (Muotka, 2002*)

Cours d'eau

Zone humide

Continuité écologique

Qualité d'eau

Hydrologie

Température et changement climatique

Espèce cible

Sécurité des digues

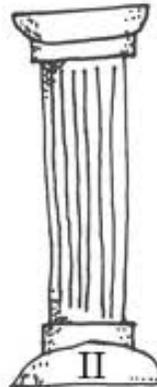
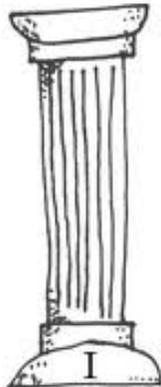
Paysage

Gestion des inondations

Essentiel pour
le diagnostic

Essentiel pour le
choix de la technique

Essentiel pour
le suivi



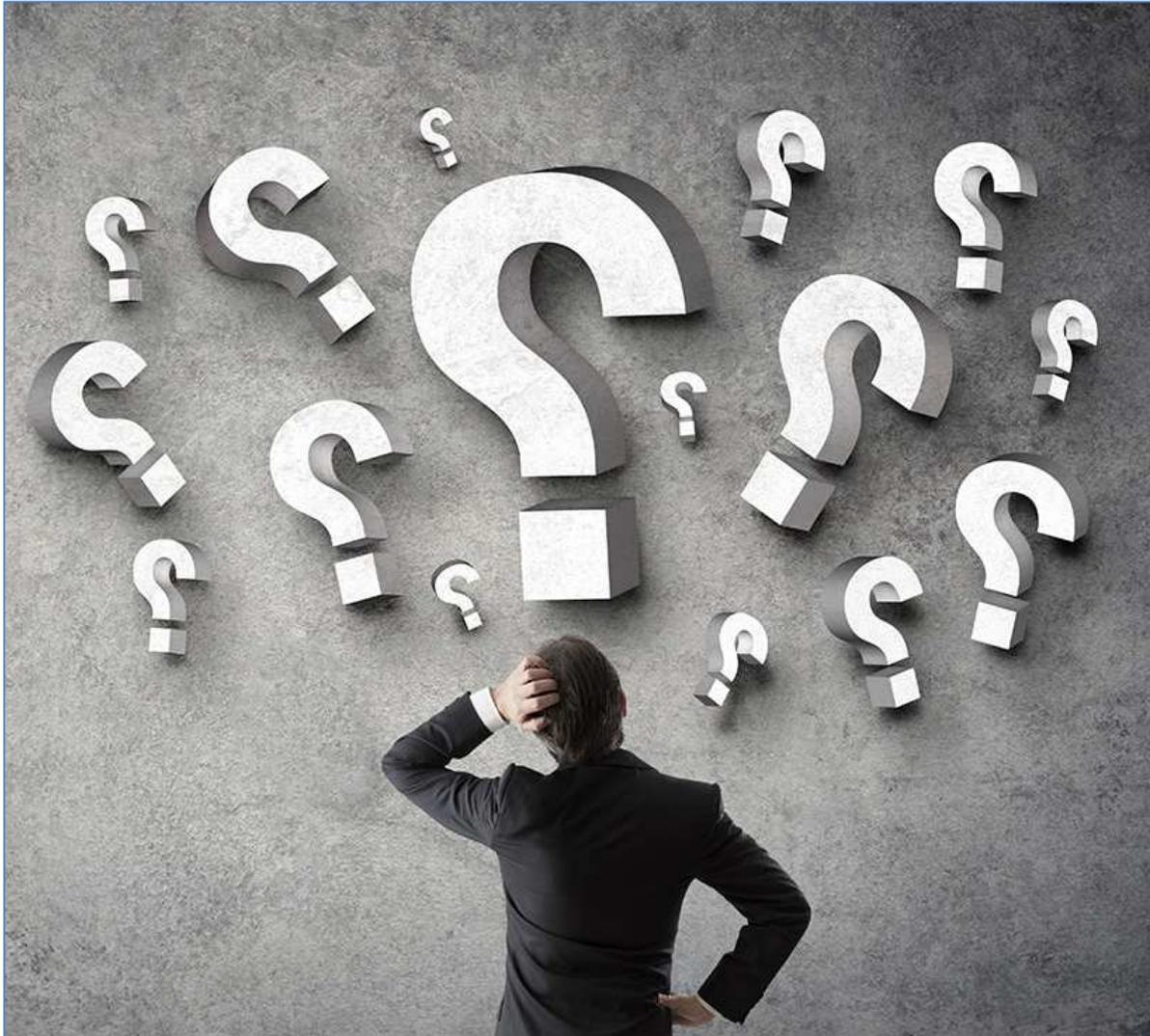
Quelles questions doit-on se poser avant la suppression d'un plan d'eau en barrage ?

1. Quel cadre réglementaire ?

2. Quels objectifs ?

3. Quel contexte ?

4. Quels diagnostics ?



5. Pourquoi s'intéresser aux travaux anciens ?

6. Doit-on conserver la digue ?

7. Faut-il effectuer un curage des sédiments ?

8. Comment réaliser la vidange ?

9. Quelles évolutions post suppression ?

10. Quel risque d'érosion régressive ?

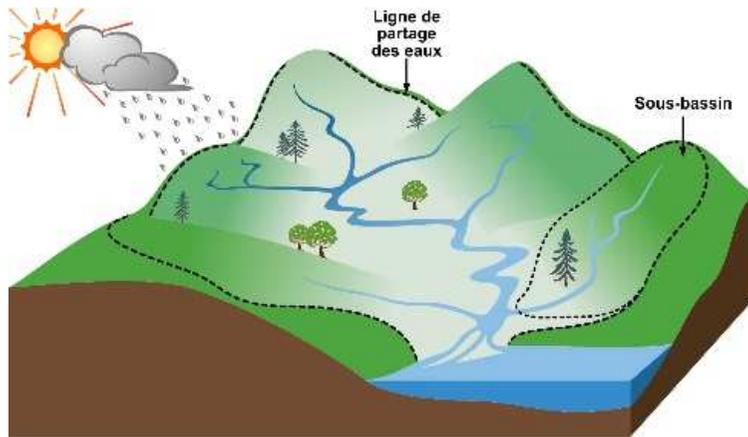
11. Quelles mesures d'accompagnement ?

12. Quelle gestion ?

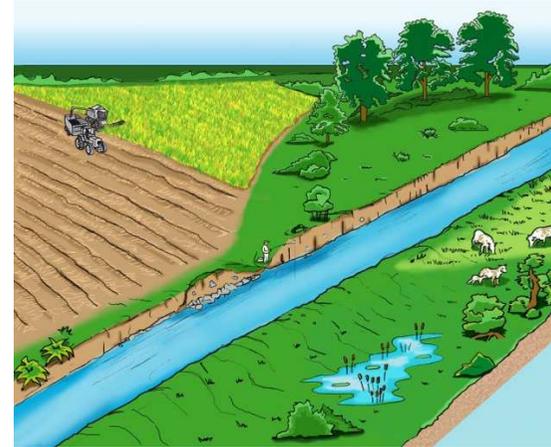
13. Quel suivi ?

Qu'est ce qui conditionne l'évolution des milieux post suppression ?

Caractéristiques naturelles de la vallée



Travaux historiques sur la vallée et/ou le cours d'eau



Niveau de remplissage du plan d'eau



Modalités de réalisation de la suppression



Les caractéristiques naturelles du CE qui déterminent son évolution ...

Les débits



La pente
(force d'arrachement)



La puissance spécifique



Les apports solides



La végétation rivulaire



L'hydrologie



Quelles questions doit-on se poser avant la suppression d'un plan d'eau en barrage ?

1. Quel cadre réglementaire ?

2. Quels objectifs ?

3. Quel contexte ?

4. Quels diagnostics ?



5. Pourquoi s'intéresser aux travaux anciens ?

6. Doit-on conserver la digue ?

7. Faut-il effectuer un curage des sédiments ?

8. Comment réaliser la vidange ?

9. Quelles évolutions post suppression ?

10. Quel risque d'érosion régressive ?

11. Quelles mesures d'accompagnement ?

12. Quelle gestion ?

13. Quel suivi ?

Quelques éléments clés du diagnostic

Caractéristiques du lit (sinuosité, profils en travers amont-aval, pente, faciès d'écoulement...)

Hydrologie (Q2, QMNA5, débits durant les mois de la vidange...)

Emprise du remous liquide/solide

Apports latéraux connus (affluents, sources)

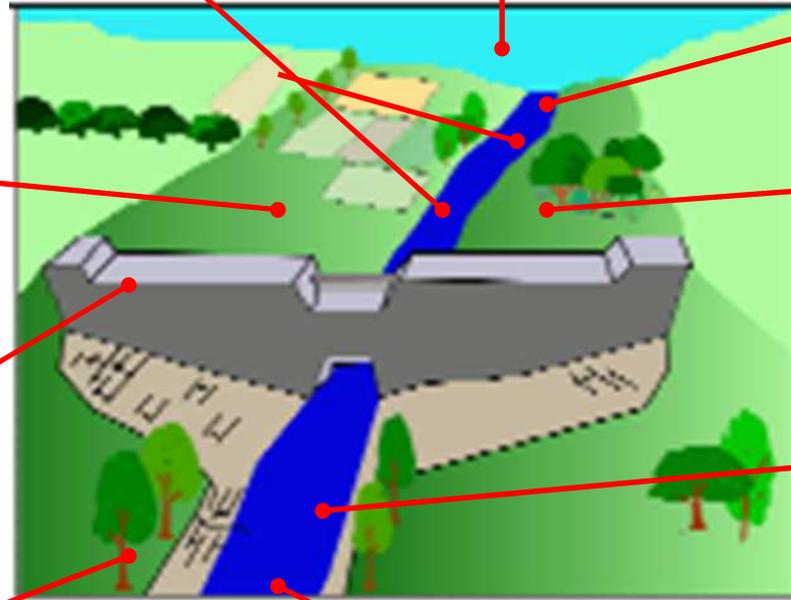
Caractéristiques de la vallée / « cuvette »

Caractéristiques de la digue (hauteur, épaisseur, nature)

Etat hydromorphologique en aval (érodabilité des berges, colmatage, incision...)

Enjeux relatifs à la continuité écologique

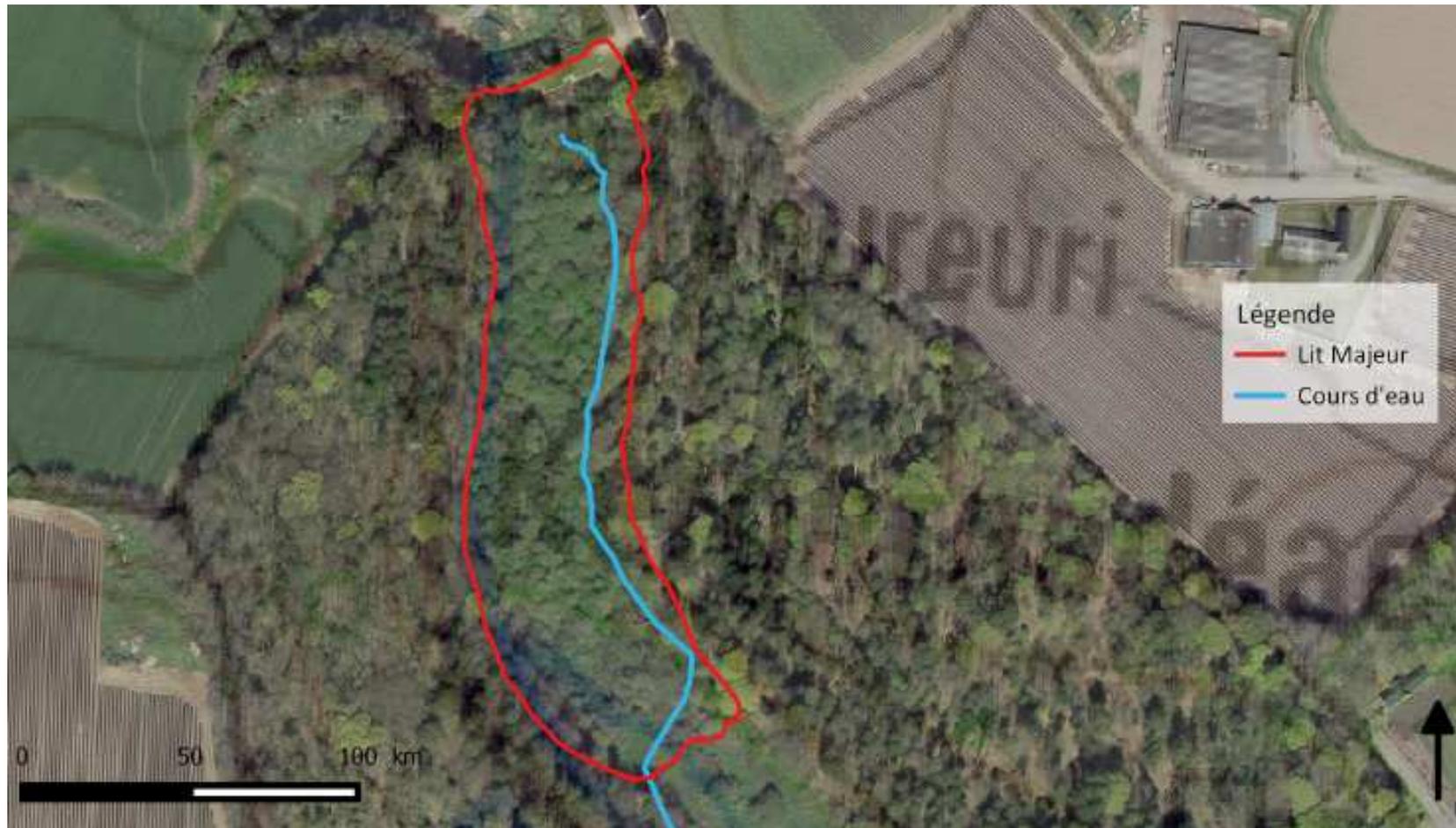
Espèces protégées, espèces envahissantes/invasives



*Les objectifs de préservation/restauration de la biodiversité d'un site d'eau courante doivent reposer sur le maintien/retour du peuplement qui colonise naturellement le bassin versant et non pas sur la recherche d'un nombre maximum d'espèces (Note du CS AFB, 2018).

Essentiel de caractériser la largeur naturelle du fond de vallée « à plat »

- Cette largeur renseigne sur le potentiel de reconquête : de zones humides, de zones d'expansion de crues.
- Mesure à réaliser sur le terrain à l'aide d'un GPS



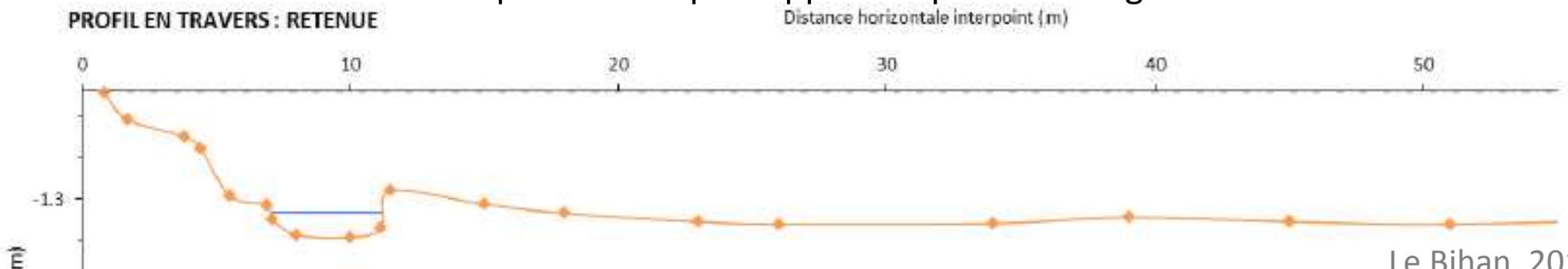
Etude du profil en travers de la vallée

● Intérêts pour caractériser le :

- ✓ Niveau de remplissage par les sédiments,
- ✓ Niveau d'eau au moment des suivis,
- ✓ Positionnement du talweg (visible après vidange)

● Méthode :

- ✓ Même transect pour tout le suivi (géolocalisation),
- ✓ En intégrant les coteaux en rive gauche et en rive droite,
- ✓ En décrivant avec précision le lit mineur (début et fin lit mouillée),
- ✓ Profil en travers à repositionner par rapport au profil en long.



Quelles questions doit-on se poser avant la suppression d'un plan d'eau en barrage ?

1. Quel cadre réglementaire ?

2. Quels objectifs ?

3. Quel contexte ?

4. Quels diagnostics ?



5. Pourquoi s'intéresser aux travaux anciens ?

6. Doit-on conserver la digue ?

7. Faut-il effectuer un curage des sédiments ?

8. Comment réaliser la vidange ?

9. Quelles évolutions post suppression ?

10. Quel risque d'érosion régressive ?

11. Quelles mesures d'accompagnement ?

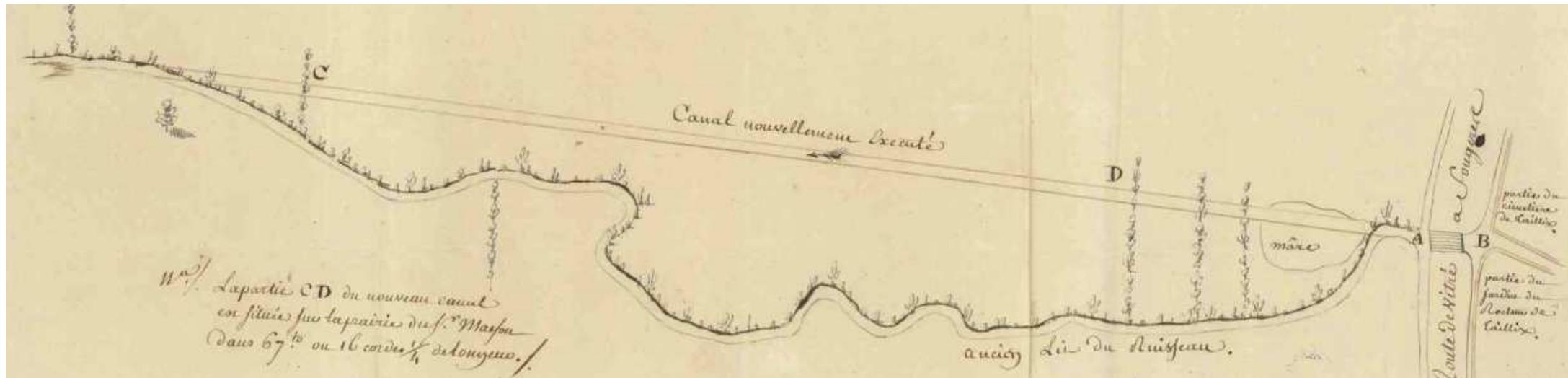
12. Quelle gestion ?

13. Quel suivi ?

La présence d'anciens travaux hydrauliques sur le lit mineur

● Identification des rectifications/ recalibrages dans l'emprise du plan d'eau

- ✓ A partir des anciennes cartes / photographies anciennes



- ✓ A partir de l'état hydromorphologique des tronçons en amont et en aval du plans d'eau

La présence d'anciens travaux hydrauliques sur le lit mineur

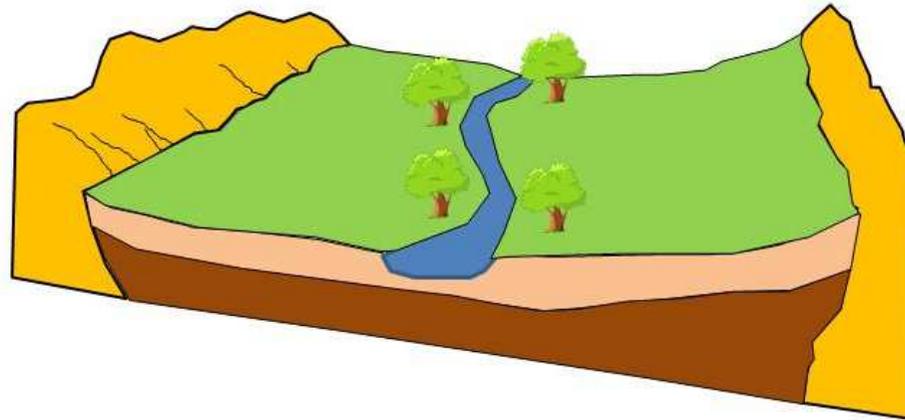
- Identification préalable des rectifications/ recalibrages dans l'emprise du plan d'eau



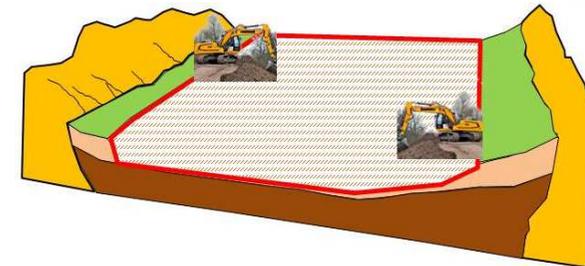
- Le caractère rectiligne de l'écoulement tend à augmenter les phénomènes d'incision du lit mineur.

Etude de la forme de la cuvette

- **Cas simple** : Cuvette non sur-creusée et niveau de remplissage par les sédiments faibles
 - ✓ la reconstitution naturelle du lit peut se dérouler (en l'absence de travaux hydrauliques anciens sur le cours d'eau)



- **Cas complexe** : cuvette sur-creusée et/ou niveau de remplissage important par des sédiments
 - ✓ évaluation du niveau de remplissage du plan d'eau ainsi que de la forme actuelle de la vallée (profils en travers)



La reconstitution de la forme de la vallée

- **Nécessité de bien définir la morphologie de la future vallée**



Trop de matériaux apportés
Remblais de la vallée, des ZH
cours d'eau surdimensionnés
Trop rectiligne



Cours d'eau endigués

La reconstitution de la forme de la vallée

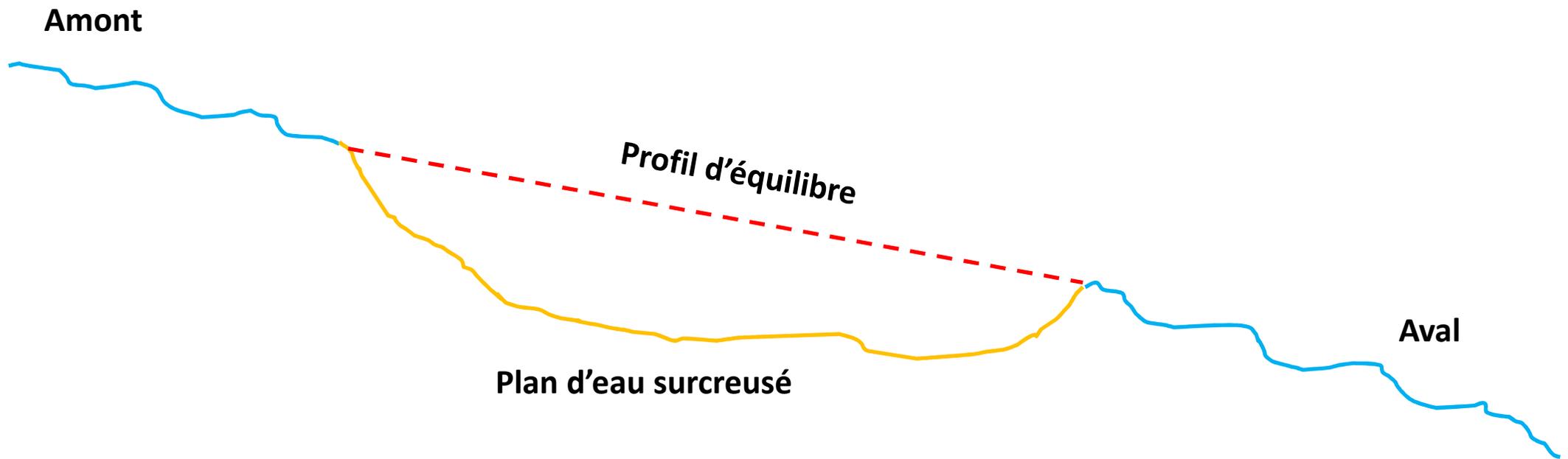
● Maintien en eau de la vallée suite à la suppression :

- ✓ Cuvette sur creusée
- ✓ Pas assez de matériaux apportés pour reconfigurer la cuvette



Attention, le phénomène d'envoieement se produit souvent avec seulement quelques dizaines de cm d'eau

Pourquoi le plan d'eau supprimé reste t'il en eau ?



Quelles questions doit-on se poser avant la suppression d'un plan d'eau en barrage ?

1. Quel cadre réglementaire ?

2. Quels objectifs ?

3. Quel contexte ?

4. Quels diagnostics ?



5. Pourquoi s'intéresser aux travaux anciens ?

6. La digue doit-elle être conservée ?

7. Faut-il effectuer un curage des sédiments ?

8. Comment réaliser la vidange ?

9. Quelles évolutions post suppression ?

10. Quel risque d'érosion régressive ?

11. Quelles mesures d'accompagnement ?

12. Quelle gestion ?

13. Quel suivi ?

Devenir de la digue

- **La suppression de la totalité de la digue est souvent recommandée pour :**
 - ✓ favoriser une restauration optimale du fond de vallée, du cours d'eau et des zones humides



© LE BIHAN, 2015

Le Bihan, 2019

Dans le cas de la réalisation d'une brèche dans la digue

● **Nécessité de réaliser une brèche suffisamment large pour éviter les obstructions accidentelles ou volontaires :**

- ✓ **Largeur conseillée** : 3 à 4 fois la largeur du lit à plein bord
- ✓ Largeur minimum de 4 mètres pour les très petits cours d'eau.



© LE BIHAN, 2015

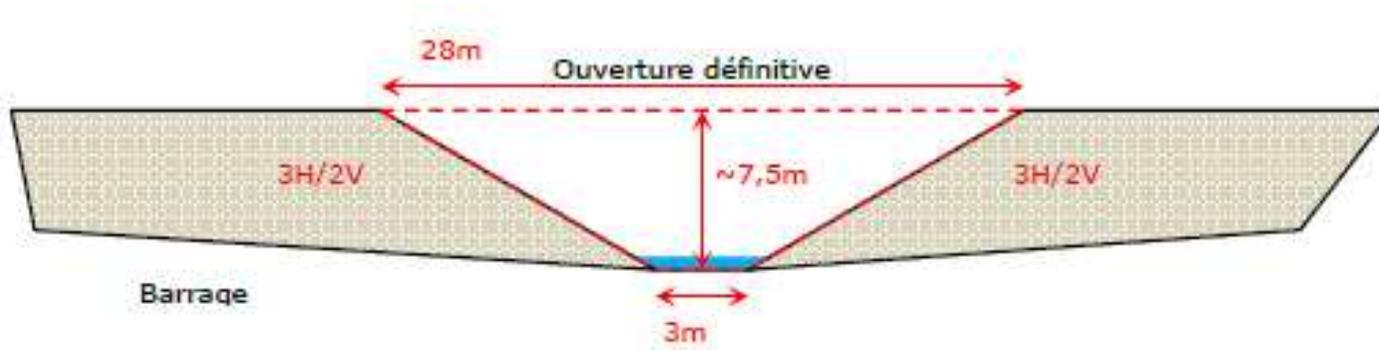


© LE BIHAN, 2019

A réaliser si possible au droit du talweg (qui ne correspond pas forcément au lieu d'implantation des systèmes de vidange).

Dans le cas d'une réalisation d'une brèche dans la digue

- Dans le cas de digues très hautes



Etude géotechnique
souvent conseillée



Quelles questions doit-on se poser avant la suppression d'un plan d'eau en barrage ?

1. Quel cadre réglementaire ?

2. Quels objectifs ?

3. Quel contexte ?

4. Quels diagnostics ?



5. Pourquoi s'intéresser aux travaux anciens ?

6. Doit-on conserver la digue ?

7. Faut-il effectuer un curage des sédiments ?

8. Comment réaliser la vidange ?

9. Quelles évolutions post suppression ?

10. Quel risque d'érosion régressive ?

11. Quelles mesures d'accompagnement ?

12. Quelle gestion ?

13. Quel suivi ?

En cas d'excès de sédiments dans la retenue

● **Prévoir une période de mise en assec (6 mois minimum) du plan d'eau avant sa suppression définitive afin de :**

- ✓ Permettre un blocage physique des sédiments fins grâce à la végétation (entre 2 à 4 mois après travaux en général)
- ✓ Assurer la minéralisation des vases



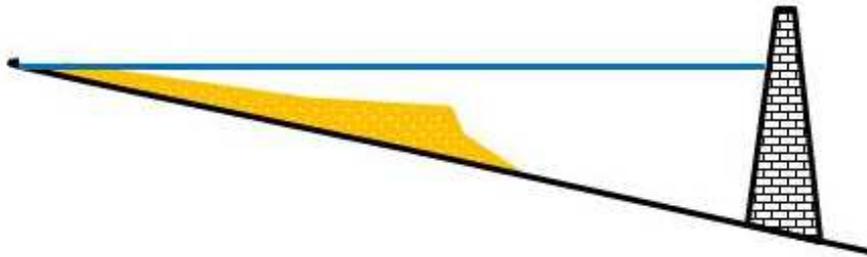
Hasselquist *et al.* (2015) ont ainsi observé que la végétation riveraine avait besoin de 25 ans ou plus pour se rétablir après une perturbation. L'implantation rapide des premiers stades ligneux (ex : saule, bouleau) sur certains milieux nécessite de prévoir une gestion adaptée.

En cas d'excès de sédiments dans la retenue

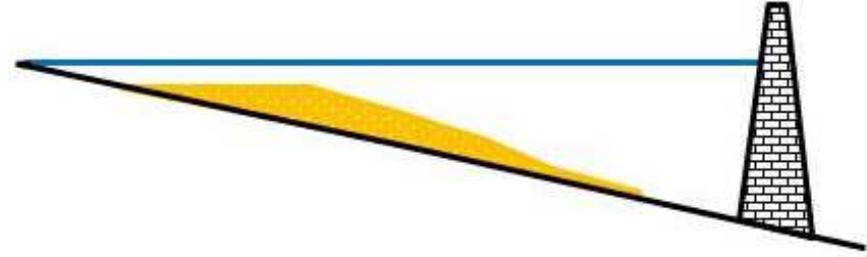
● Dans certains cas, un export de vase doit être envisagé en cas d'accumulation importante à l'amont immédiat de la digue :

- ✓ préciser la destinée de ces matériaux (hors zones humides et zones inondables)
- ✓ Analyse toxicologique en cas de risques.

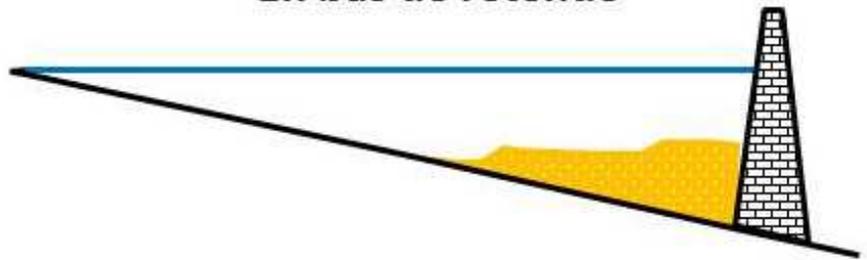
Delta



Dégressif



En bas de retenue



Uniforme



Quelles questions doit-on se poser avant la suppression d'un plan d'eau en barrage ?

1. Quel cadre réglementaire ?

2. Quels objectifs ?

3. Quel contexte ?

4. Quels diagnostics ?



5. Pourquoi s'intéresser aux travaux anciens ?

6. Doit-on conserver la digue ?

7. Faut-il effectuer un curage des sédiments ?

8. Comment réaliser la vidange ?

9. Quelles évolutions post suppression ?

10. Quel risque d'érosion régressive ?

11. Quelles mesures d'accompagnement ?

12. Quelle gestion ?

13. Quel suivi ?

Comment réaliser la vidange avant suppression ?

- **Se doter des moyens nécessaires pour permettre une vidange lente**

- **Période conseillée :**

- ✓ Mai à Octobre (à adapter selon les années),
- ✓ en évitant les étiages sévères et les périodes de fortes chaleurs.

- **Intérêt du choix de cette période :**

- ✓ réduire les risques associés au remplissage accidentel du plan d'eau en cas de crue,
- ✓ faciliter la végétalisation des sédiments les plus fins (si vidange milieu de printemps),
- ✓ éviter les impacts sur les phases de reproduction des espèces salmonicoles.

- **Différentes possibilités pour réaliser la vidange :**

- ✓ A l'aide d'un moine (si existant)
- ✓ A l'aide d'une vanne de fond (si existante)
- ✓ A l'aide d'une pompe (anticiper d'éventuels évènements pluvieux) **siphonnage**

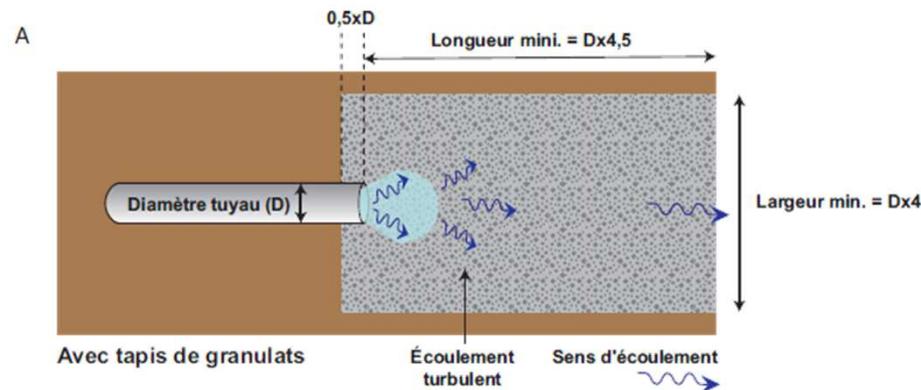


Comment réaliser la vidange avant suppression ?

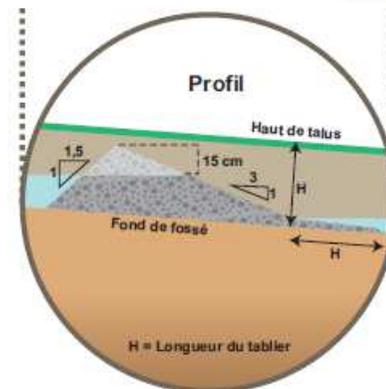
- **Choix des systèmes de filtration à disposer en aval immédiat du plan d'eau, en fonction :**
 - ✓ des risques de transfert en aval (niveau de remplissage de la retenue, nature des sédiments présents),
 - ✓ des enjeux en aval (habitats, espèces, proximité à l'estuaire, station de potabilisation...).

- **Complémentarité des dispositifs :**

- ✓ Protection des points de rejets des eaux (Guide chantier AFB, Fiche lutter n°7, pages 65-69)



- ✓ Seuil anti-érosion semi perméable (Guide chantier AFB, Fiche lutter n°8, pages 70-75)

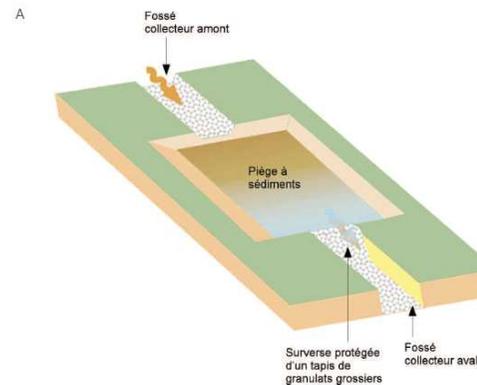


Nécessité d'en prévoir au moins deux (afin de limiter le risque de relargage de sédiments stockés en cas de renouvellement). Ces dispositifs remplacent les filtres à pailles.

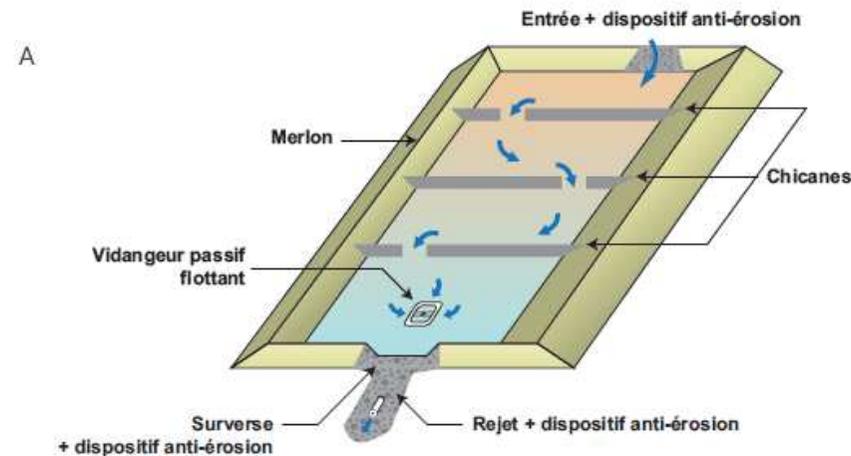
Comment réaliser la vidange avant suppression ?

● Complémentarité des dispositifs :

- ✓ piège à sédiments provisoires (Guide chantier AFB, Fiche traiter n°1, pages 97-99)



- ✓ bassin de décantation provisoire (Guide chantier AFB, Fiche traiter n°1, pages 100-118)



Prévoir la réalisation d'un pêche de sauvetage

● Cette opération est fortement recommandée

● Intérêts :

- ✓ limiter les mortalités piscicoles au cours de la vidange,
- ✓ gérer les espèces invasives, envahissantes,
- ✓ participer à une partie de l'état initial dans le cadre d'un suivi écologique.



Arrêté de Prescriptions Générales du 27 Août 1999 : L'étang ou le plan d'eau doit être agencé pour permettre la récupération de tous les poissons et crustacés dévalant lors des vidanges, notamment afin d'éviter leur passage dans le cours d'eau récepteur.

Quelles questions doit-on se poser avant la suppression d'un plan d'eau en barrage ?

1. Quel cadre réglementaire ?

2. Quels objectifs ?

3. Quel contexte ?

4. Quels diagnostics ?



5. Pourquoi s'intéresser aux travaux anciens ?

6. Doit-on conserver la digue ?

7. Faut-il effectuer un curage des sédiments ?

8. Comment réaliser la vidange ?

9. Quelles évolutions post suppression ?

10. Quel risque d'érosion régressive ?

11. Quelles mesures d'accompagnement ?

12. Quelle gestion ?

13. Quel suivi ?

Ajustements hydromorphologiques

- La suppression entraîne un réajustement brutal des variables de contrôle :



- Deux phases peuvent être distinguées :

- ✓ **La vidange progressive de la retenue** (abaissement de la ligne d'eau) : augmentation des débits restitués en aval
- ✓ **La phase de stabilisation** : débits en amont et en aval retrouvent leur équilibre naturel
 - > la ligne d'eau s'ajuste sur de nouveaux points de contrôle des écoulements (radiers éventuels, points durs....),
 - > la pente hydraulique augmente alors entraînant une augmentation des vitesses d'écoulement et de la force d'arrachement des écoulements.

Quelles questions doit-on se poser avant la suppression d'un plan d'eau en barrage ?

1. Quel cadre réglementaire ?

2. Quels objectifs ?

3. Quel contexte ?

4. Quels diagnostics ?



5. Pourquoi s'intéresser aux travaux anciens ?

6. Doit-on conserver la digue ?

7. Faut-il effectuer un curage des sédiments ?

8. Comment réaliser la vidange ?

9. Quelles évolutions post suppression ?

10. Quel risque d'érosion régressive ?

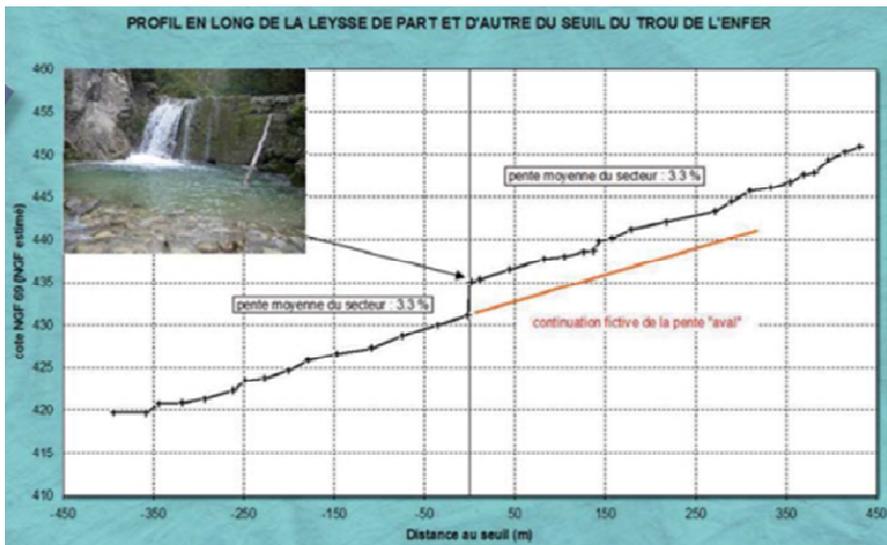
11. Quelles mesures d'accompagnement ?

12. Quelle gestion ?

13. Quel suivi ?

Qu'est ce que l'érosion régressive ?

- Processus d'érosion verticale se manifestant de l'aval vers l'amont du cours d'eau
- L'érosion régressive est généralement associée à un abaissement du niveau de base d'un cours d'eau :
 - ✓ abaissement généralisé (ex : grosse zone d'extraction en lit mineur) ou,
 - ✓ abaissement localisé (disparition d'un seuil ou d'un barrage par exemple).
- L'effacement d'un ouvrage s'accompagne d'une érosion régressive dans le remous solide généré par l'ouvrage, voire au delà si un processus d'érosion régressive (lié a une autre cause) existe en aval du seuil à déraser ou araser (Malavoi & Salgues, 2011).



Ajustement local du profil en long sur un point de contrôle aval artificiel (seuil). La pente d'équilibre est la même de part et d'autre de l'ouvrage, mais décalée de +4 m en amont du seuil (Malavoi & Bravard, 2010).

Sensibilité des cours d'eau au phénomène d'érosion régressive

- **Les cours d'eau ne présentent pas la même sensibilité à ce phénomène** (pente et débit) :
 - ✓ les systèmes à fortes énergies sont capables d'éroder les sédiments plus rapidement et d'ajuster le lit plus rapidement que les systèmes à faible énergie.
- **Les deux facteurs principaux entraînant un risque important d'érosion régressive sont** (Malavoi & Salgues, 2011) :
 - ✓ le déséquilibre du cours d'eau (érosions régressive et/ou progressive préexistantes),
 - ✓ l'importance du remous solide (quantité de sédiments stockés, granulométrie).



Nature des sédiments : Dans le cas de retenues comblées par des sédiments fins, ces derniers seront facilement mobilisés et le temps de réponse entre l'effacement et les changements sera très court (Doyle, 2005).

Anticiper les phénomènes d'érosion régressive

- En cas de travaux hydrauliques sur le lit mineur ou la cuvette du plan d'eau
 - ✓ Risques d'érosions régressives difficilement maîtrisables



Exemple d'érosion régressive au niveau de la queue du plan d'eau

Quelles questions doit-on se poser avant la suppression d'un plan d'eau en barrage ?

1. Quel cadre réglementaire ?

2. Quels objectifs ?

3. Quel contexte ?

4. Quels diagnostics ?



5. Pourquoi s'intéresser aux travaux anciens ?

6. Doit-on conserver la digue ?

7. Faut-il effectuer un curage des sédiments ?

8. Comment réaliser la vidange ?

9. Quelles évolutions post suppression ?

10. Quel risque d'érosion régressive ?

11. Quelles mesures d'accompagnement ?

12. Quelle gestion ?

13. Quel suivi ?

Comment limiter la zone influencée par l'érosion régressive ?

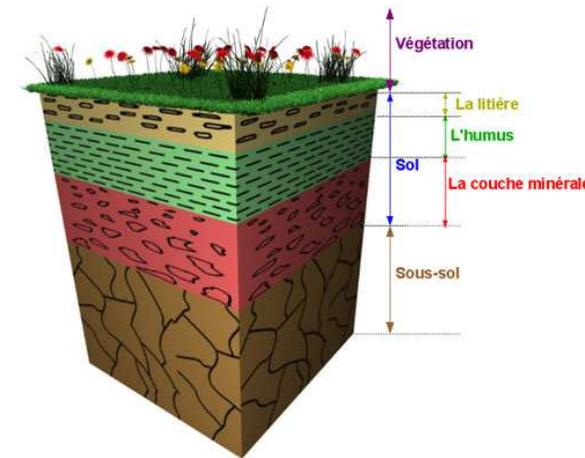
- Vérifier la présence de radiers naturels en amont et en aval du plan d'eau
- En cas d'absence, prévoir la reconstitution de radiers :
 - ✓ à l'aval immédiat de la digue
 - ✓ au niveau du remous du plan d'eau
- Caractéristiques des radiers :
 - granulométrie suffisamment élevée pour résister aux premières crues (se baser sur la granulométrie grossière naturellement présente sur le cours d'eau étudié)

Ces radiers serviront de points durs sur le profil en long et permettront de préserver le linéaire en amont de ce phénomène d'érosion régressive.



En cas d'apports de matériaux

- **Pour reconstituer la vallée : respecter la stratigraphie des sols**
 - ✓ En se basant sur des profils pédologiques de l'amont et/ou de l'aval du plan d'eau,
 - ✓ En laissant de la terre végétale en surface (pour faciliter la végétalisation),
 - ✓ En vérifiant que les matériaux ne soient pas trop perméables/poreux.



Titre: Schéma d'une coupe de sol

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

Relation porosité efficace-vitesse d'écoulement. Modifié de l'*U.S. Geological Survey*.

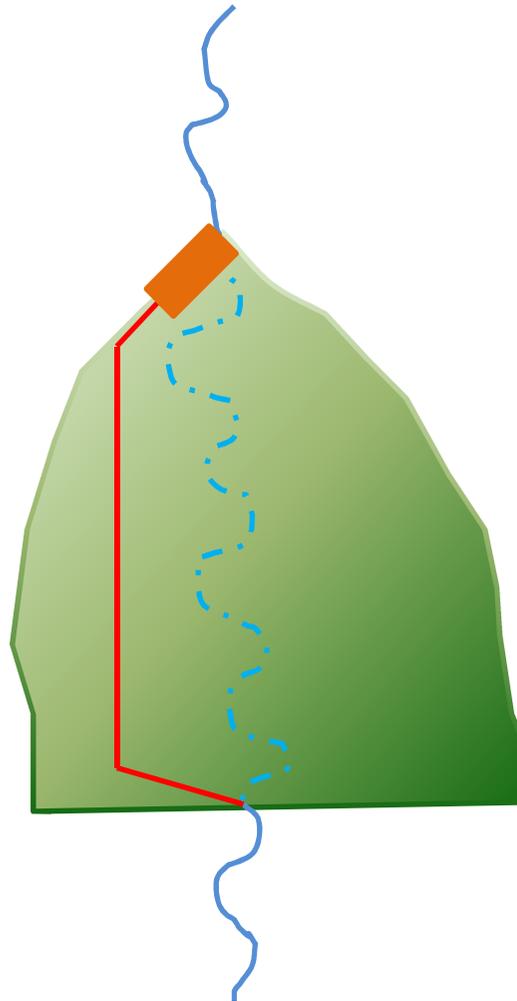
Datry *et al.*, 2008

Le Bihan, 2019

Dans le cas de travaux hydrauliques anciens sur le cours d'eau

- **Tout faire pour que le cours d'eau ne retrouve pas son lit altéré :**

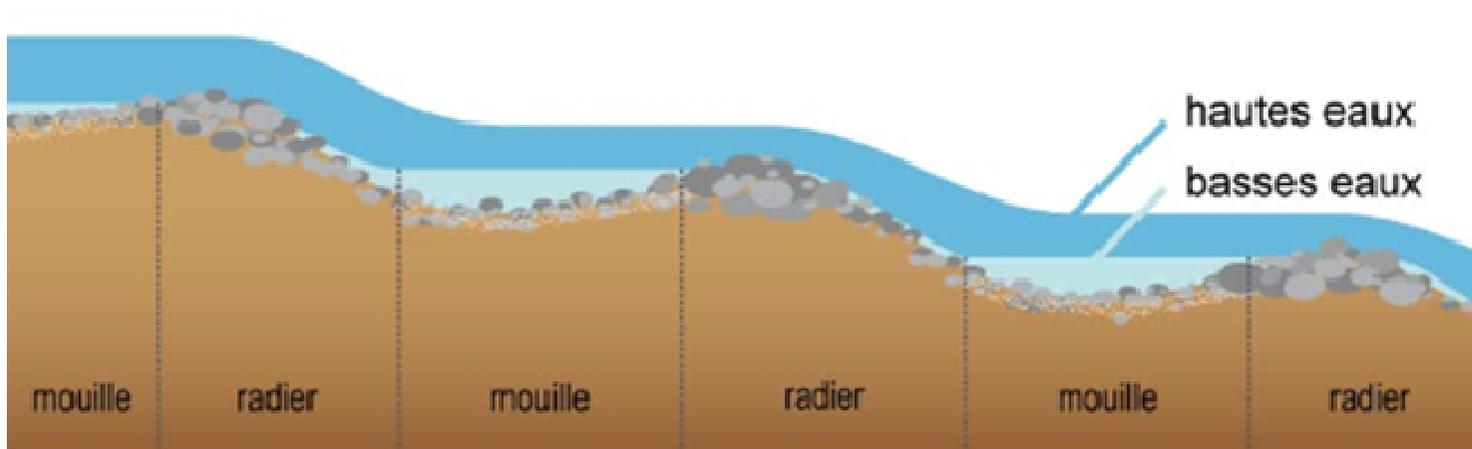
- ✓ **exemple :** orienter les écoulements vers la partie centrale de la vallée à l'aide de bouchon étanche à l'amont



Dormir, c'est TOUT ce que je veux.

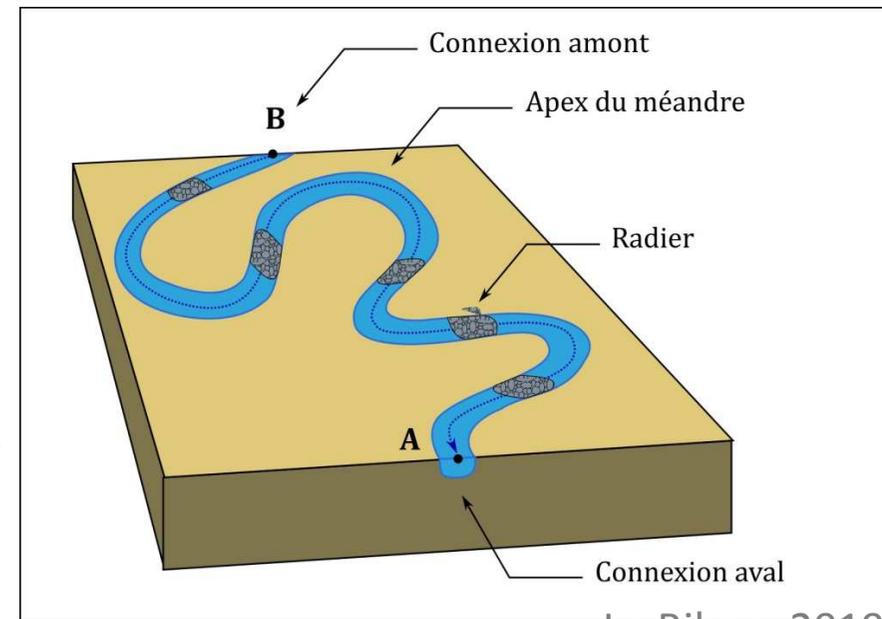
En cas de non reconstitution naturelle du matelas alluvial

- A minima, prévoir la reconstitution de radiers régulièrement répartis :



● Caractéristiques des radiers :

- ✓ Disposés tous les 4 à 6 fois la L_{pb} (Brookes, 1988 ; Bossis, 2014)
- ✓ Aux points d'inflexions des méandres
- ✓ Similaires à ceux présents sur ce cours d'eau dans des segments hydromorphologiques homogènes comparables (nature géologique, classes granulométriques, longueur, pente, épaisseur...)



Quelles questions doit-on se poser avant la suppression d'un plan d'eau en barrage ?

1. Quel cadre réglementaire ?

2. Quels objectifs ?

3. Quel contexte ?

4. Quels diagnostics ?



5. Pourquoi s'intéresser aux travaux anciens ?

6. Doit-on conserver la digue ?

7. Faut-il effectuer un curage des sédiments ?

8. Comment réaliser la vidange ?

9. Quelles évolutions post suppression ?

10. Quel risque d'érosion régressive ?

11. Quelles mesures d'accompagnement ?

12. Quelle gestion ?

13. Quel suivi ?

Mode des gestion post vidange

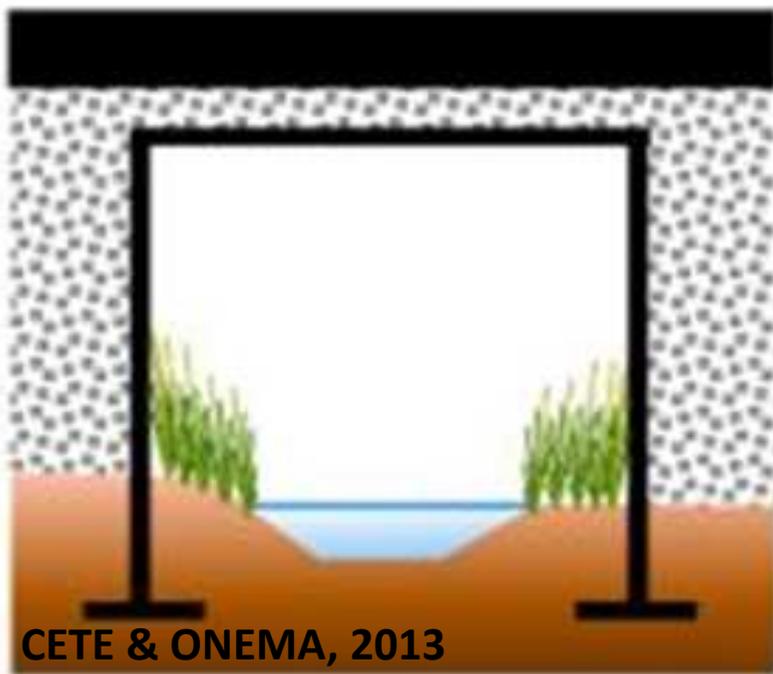
● Différentes possibilités :

- ✓ non intervention (évolution libre)
- ✓ intervention légère : fauche avec export, écopaturage
- ✓ intervention pour permettre l'accueil du public



En cas de création d'un ouvrage de franchissement

- **Privilégier les ouvrages sans assise dans le fond du lit mineur**
 - ✓ Notamment en raison des ajustements hydromorphologiques majeurs



- **Arrêté de Prescriptions Générales du 28 Novembre 2007 applicables aux opérations soumises à déclaration** (La circulaire du 24 juillet 2002 indique qu'« Ils doivent constituer des bases minimum de prescriptions pour les arrêtés d'autorisation » : Cf. circulaire DE/SDGE/BPIDPFCCG/n° 426 du 24 juillet 2002.

En cas des risque d'apparition d'espèces invasives/envahissantes

- **Prévoir un ensemencement afin de reconstituer rapidement la strate herbacée** (Mc Donald *et al.*, 2018)
- **Suivre les recommandations adaptées pour éviter la prolifération de l'espèce invasive vers l'aval**



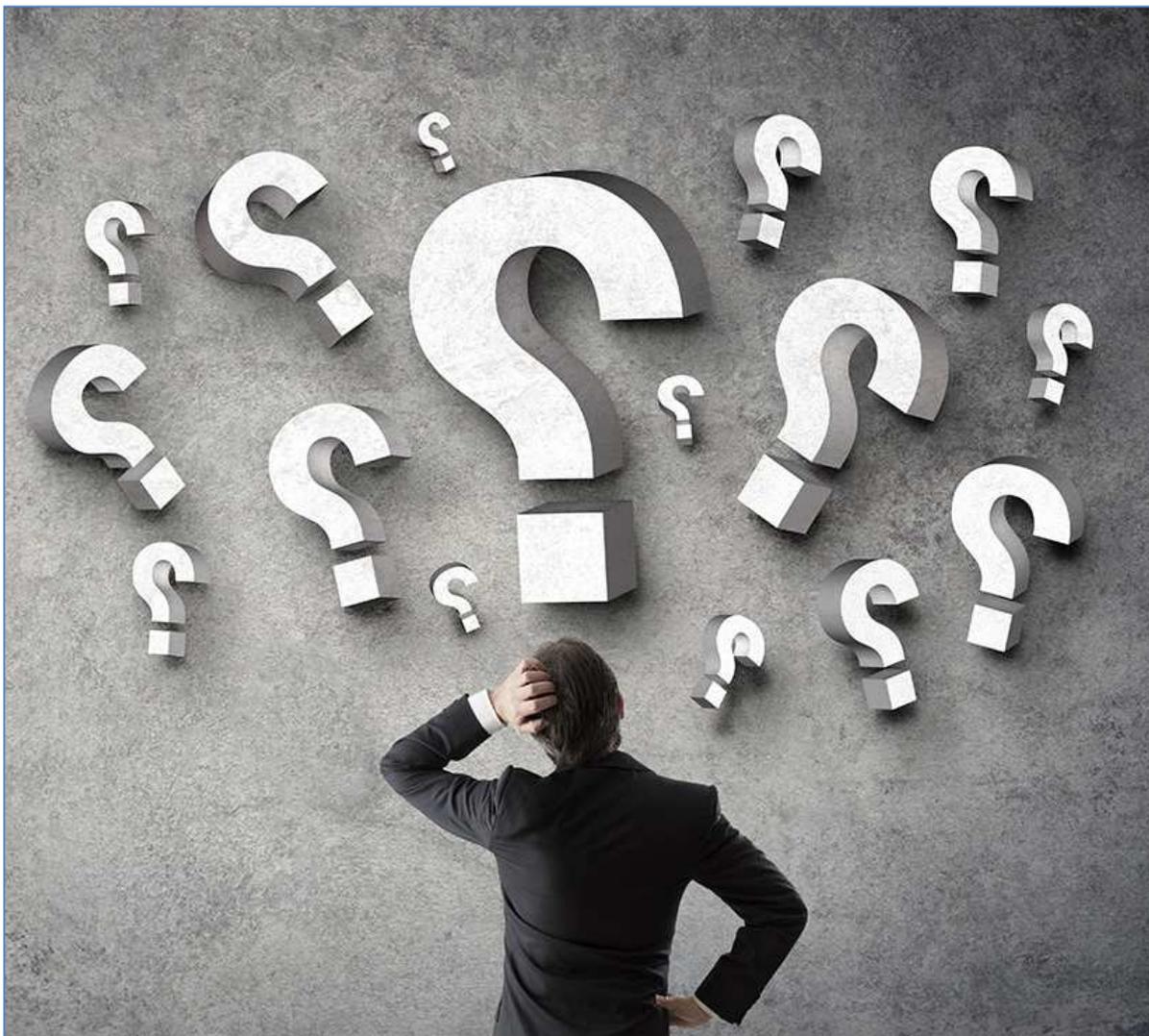
Quelles questions doit-on se poser avant la suppression d'un plan d'eau en barrage ?

1. Quel cadre réglementaire ?

2. Quels objectifs ?

3. Quel contexte ?

4. Quels diagnostics ?



5. Pourquoi s'intéresser aux travaux anciens ?

6. Doit-on conserver la digue ?

7. Faut-il effectuer un curage des sédiments ?

8. Comment réaliser la vidange ?

9. Quelles évolutions post suppression ?

10. Quel risque d'érosion régressive ?

11. Quelles mesures d'accompagnement ?

12. Quelle gestion ?

13. Quel suivi ?

Les suivis écologiques

Aide à l'élaboration d'un programme pour le suivi des travaux de restauration de cours d'eau (continuité et hydromorphologie) : Guide à l'usage des gestionnaires de milieux aquatiques



Rapport en version 1

Janvier 2019

AGENCE FRANÇAISE POUR LA BIODIVERSITÉ
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT



Creseb Centre National d'Expertise Scientifique sur l'Eau de Bretagne

Institution d'aménagement de la Villedaine



SYLVA syndicat Loire aval

CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE

4 : Atteinte totale

Objets à 50 cm

SITUATION RÉELLE

SITUATION REQUISE

1) La méthode de la suppression de la hauteur de chute

Les méthodes du niveau de suivi 2 sont à réaliser systématiquement dans leur globalité, à l'exception de celles indiquées en italique qui sont optionnelles.

Au niveau de suivi 2, c'est au gestionnaire de choisir les méthodes qu'il souhaite réaliser en fonction de ses objectifs. Une indication est donnée à l'aide des points noirs (4 méthode conseillée) et blancs (0 méthode pouvant être mise en place sur des secteurs à enjeux particuliers).

Objectifs

- Assurer la franchissabilité des espèces le long de la rivière
- Faciliter la biodiversité
- Maximiser et diversifier les habitats aquatiques
- Maximiser et diversifier les habitats riverains
- Limiter la prolifération d'espèces invasives
- Améliorer la continuité sédimentaire
- Restituer le profil en long naturel du cours d'eau
- Diversifier les faciès d'écoulement
- Restituer un profil en long naturel du cours d'eau
- Maximiser la colonisation du substrat
- Restituer un régime hydrologique naturel (crues/févier)
- Améliorer les capacités autoépurationnelles
- Maximiser les régimes hydrologiques naturels

Méthodes de suivi proposées par niveau, selon 2 une suppression de la hauteur de chute d'un ouvrage (0,5m et objectifs associés)

Méthode	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5	Niveau 6	Niveau 7	Niveau 8	Niveau 9	Niveau 10
Photographies	•	•								
Hauteur de chute (x l'écluse)	•	•								
Lithaire amont favorisant la circulation piscicole	•	•								
Taux d'engorgement (à partir du rang 2 dans l'arborescence de Strahler)	•	•								
Taux de fractionnement litot ou/et spécifique (échelle des tronçons géomorphologiquement homogènes de l'axe STRAHLER)	•	•								
Lithaire de la zone de remous liquide et/ou solide	•	•								
Profil en travers	•	•								
Proportion des faciès d'écoulement (en %)	•	•								
Niveau de suivi 2										
Cartographie des faciès d'écoulement	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Profil en long	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Classes granulométriques dominantes et accessoires des rivières	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Classes granulométriques dominantes et accessoires par faciès	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Wolman	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Calutage	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Habitats complémentaires	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Atacts invertébrés	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Ichtyofaune	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•



Les suivis écologiques : quelques points de vigilance à identifier

● Apparition de « knick point »



● Apparition du substratum argileux



Les suivis écologiques : quelques points de vigilance à identifier

● Identification des zones de « craquèlement »



Pour aller plus loin sur les suppressions de plans d'eau

AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

Retour d'expériences sur les
opérations de suppressions de plan
d'eau à l'échelle du territoire
Bretagne, Pays de la Loire



Rapport final

Gérard JEANNEAU & Mikael LE BIHAN
(Agence Française pour la Biodiversité)

Août 2018



Éléments techniques
pour la préservation
des ruisseaux et de
la continuité écologique

RETOUR D'EXPIÉRIENCES DES PROGRAMMES LIFE
Ruisseaux de rives de bassins et la zone patrimoniale associée - 2004 / 2009
Continuité écologique, gestion de bassin-versant et la zone patrimoniale associée - 2011 / 2017



université
de BORDEAUX

AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ
ÉTABLISSMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

FORUM
DES MARAIS
ATLANTIQUES

Master 2 mention Biodiversité, Ecologie et Evolution
parcours « BIODIVERSITÉ ET SUIVIS ENVIRONNEMENTAUX »
Université de Bordeaux

Rapport de stage de ROXANNE FOURCHE

Etude de l'évolution des zones humides
après des travaux de suppression de plans
d'eau



Structure d'accueil :
Forum des Marais Atlantiques (FMA)
Antenne relais de Brest
40 quai de la douane
29200 BREST

Maîtres de stage :
DAUSSE Arnel
(Forum des Marais Atlantiques)
LE BIHAN Mikael
(Agence Française pour la biodiversité)

Rex ONEMA/AFB/OFB/...

- **Disponible sur :** <https://professionnels.afbiodiversite.fr/fr/node/217>
- **Une fiche introductive spécifique à la suppression ou à la dérivation d'étangs sur cours**
- **7 retours d'expériences sur les suppressions :**
 - 2010 : Suppression d'une digue d'étang en barrage sur un affluent du Petersbach
 - 2010 : Effacement du plan d'eau de Coupeau sur le Vicoin et réaménagement du lit mineur
 - 2010 : Effacement d'un plan d'eau de loisirs sur la Zinsel du Sud
 - 2012 : Effacement d'un chapelet de 5 étangs sur le ruisseau du Val des Choues
 - 2016 : Suppression de l'étang de Condé-sur-Iton et restauration de zones humides
 - 2016 : Suppression d'un étang sur l'Erve et conservation du patrimoine historique de Sainte Suzanne-et-Chammes
 - 2018 : Effacement d'un chapelet de 8 étangs sur la Bildmuehle



An aerial photograph of a shallow stream with a rocky and sandy bed. The water is clear, reflecting the surrounding environment. In the lower half of the image, the reflections of four people are visible in the water, appearing as dark, inverted shapes. The text 'MERCI DE VOTRE ATTENTION' is overlaid in white, bold, sans-serif font across the center of the image.

MERCI DE VOTRE ATTENTION

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOSSIS, M., 2014.** Étude de l'hydromorphologie à l'échelle stationnelle des cours d'eau de tête de bassin versant armoricains en situation de référence. Rapport de stage de Master 2. Onema/Université de Rennes 1, 19 p. + annexes, disponible sur : <https://www.documentation.eauetbiodiversite.fr/notice/00000000015dd1e7c7ea10f58dfc5b99>
- BROOKES A., 1988.** Rivers channelization, Perspectives for environmental management. *Wiley interscience*, 326 pages.
- BURROUGHS B.A., HAYES D.B., KLOMP K.D., HANSEN J.F. & MISTAK J., 2009,** Effects of Stronach Dam removal on fluvial geomorphology in the Pine River, Michigan, United States, *Geomorphology*, **110** (3-4), 96-107.
- CLUER & THORNE, 2013.** A stream evolution model integrating habitat and ecosystem benefits. River research and applications. 20 pages.
- DATRY T., DOLE-OLIVIER M.J., MARMONIER P., CLARET C., PERRIN J.F., LAFONT M. & BREIL P., 2008,** La zone hyporhéique, une composante à ne pas négliger dans l'état des lieux et la restauration des cours d'eau, *Ingénieries - E A T*, **54**, 16 pages.
- DOYLE M.W., STANLEY E.H. & HARBOR J.M., 2003,** Channel adjustments following two dam removals in Wisconsin, *Water Resources Research*, **39** (1), art. no.-1011.
- DOYLE M.W., STANLEY E.H., ORR C.H., SELLE A.R., SETHI S.A. & HARBOR, J.M., 2005,** Stream ecosystem response to small dam removal : Lessons from the Heartland, *Geomorphology*, **71** (1-2), 227.
- FOURCHE R., 2019.** Etude de l'évolution des zones humides après des travaux de suppression de plans d'eau. Rapport de stage de Master 2. Université de Bordeaux. FMA/AFB. 30 pages.
- HASSELQUIST EM, NILSSON C, HJÄRTE N J, JØRGENSEN D, LIND L, POLVI LE. 2015.** Time for recovery of riparian plants in restored northern Swedish streams : a chronosequence study. *Ecol Appl.* **25** : 1373-89.
- HUBERT A., LE BIHAN M., GRIMAUULT L., PECHEUX N., MAY C., SEGUY P. & MEVEL A., 2019 (Version 1 au 1/01/2019).** Aide à l'élaboration d'un programme pour le suivi des travaux de restauration de cours d'eau (continuité et hydromorphologie) : Guide à l'usage des gestionnaires de milieux aquatiques. Guide de l'Agence Française pour la Biodiversité, Direction Interrégionale Bretagne, Pays de la Loire. 47 pages.
- GALMICHE N. COORD., 2017.** Éléments techniques pour la préservation des ruisseaux et de la continuité écologique. PNRM / PNRBV / ONF / ADAPEMONT / PNRHJ. LIFE10 NAT/FR/192. 116 pages.
- JEANNEAU & LE BIHAN, 2018.** Retour d'expériences sur les opérations de suppressions de plans d'eau à l'échelle du territoire Bretagne, Pays de la Loire. Rapport de l'Agence Française pour la Biodiversité, Direction Interrégionale Bretagne, Pays de la Loire, 32 pages.
- LE BIHAN, 2019.** 3 solutions pour réduire les impacts des plans d'eau. Support de présentation. Direction Bretagne de l'OFB. 89 diapos.
- MALAVOI J.R. & BRAVARD J.P., 2010,** Éléments d'hydromorphologie fluviale, ONEMA, 224 pages.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- MALAVOI & SALGUES, 2011**, Arasement et dérasement de seuils, Aide à la définition de Cahier des Charges pour les études de faisabilité Compartiments hydromorphologie et hydroécologie, Rapport Pôle hydroécologie des cours d'eau Onema Cemagref Lyon, 83 pages.
- MONTGOMERY D.R., COLLINS B.D., BUFFINGTON J.M. & ABBE T.B., 2003**, Geomorphic effects of wood in rivers, American Fisheries Society Symposium, **37**, 21-47.
- MUOTKA T. & LAASONEN P., 2002**, Ecosystem recovery in restored headwater streams : the role of enhanced leaf retention, *Journal of Applied Ecology*, **39**, 145-156.
- SCHUMM S.A., 1984**. The Fluvial System, *John Wiley and Sons*, New York.