



Suivis et évaluation des opérations de restauration des milieux aquatiques

Principes, méthodes et applications à la restauration hydromorphologique des cours d'eau





**C'est quoi l'évaluation (suivi)
des opérations de
restauration ?**

Evaluer la restauration...

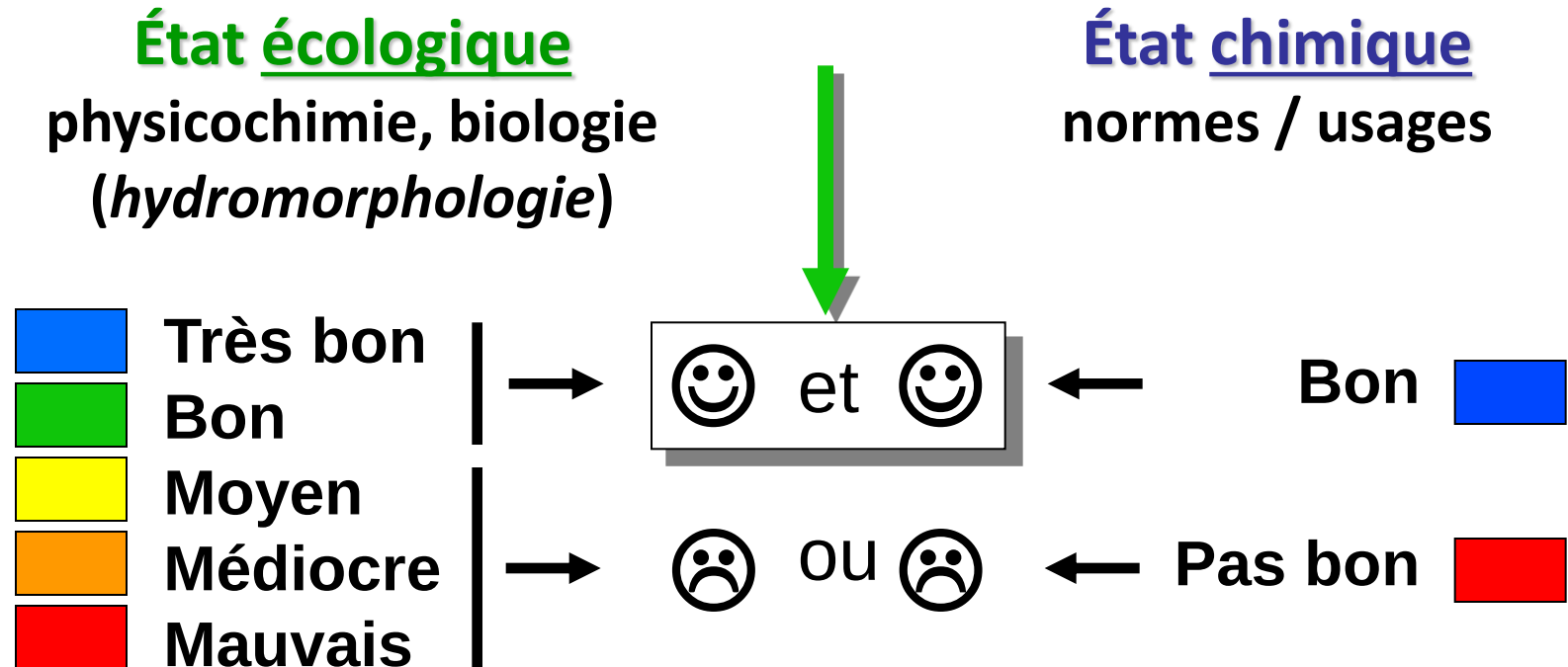
Identifier le succès des opérations de restauration !

Mais le succès c'est quoi ??

Il dépend en grande partie des objectifs qui ont été fixés au projet et des attentes des bénéficiaires : restaurer le fonctionnement écologique, améliorer la qualité de l'eau, réduire les risques liés aux inondations, améliorer le paysage, générer des gains financiers...



Pour la DCE, l'évaluation in fine = l'atteinte (ou non) du Bon Etat des masses d'eau

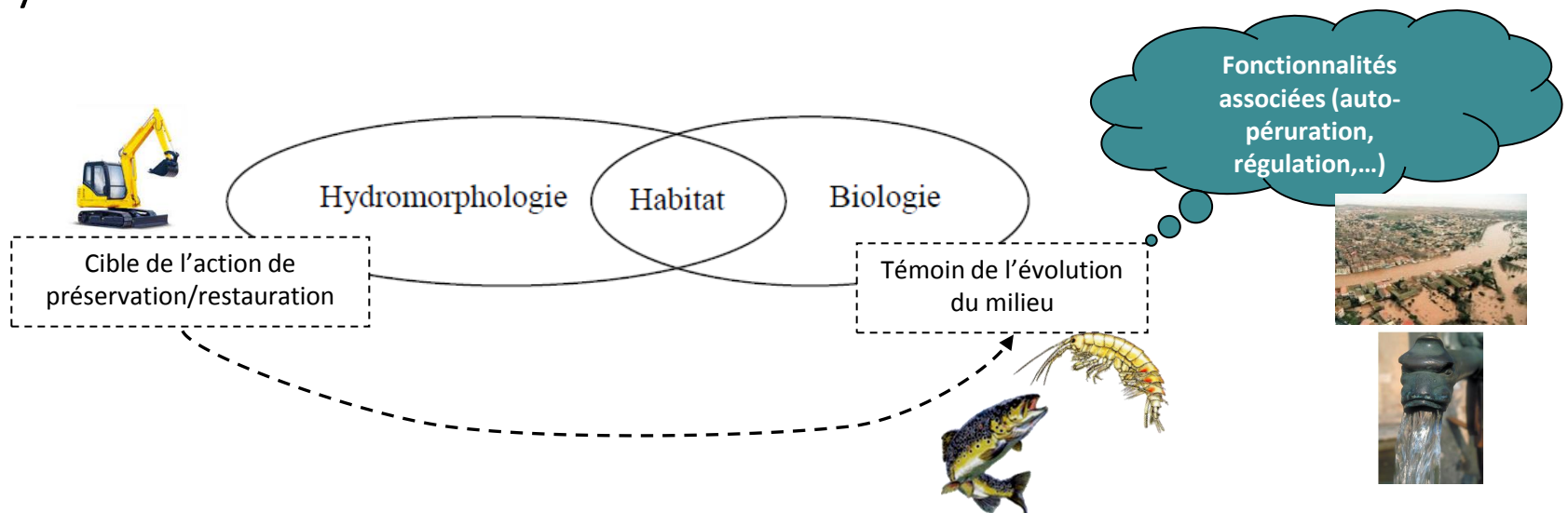


- L'hydromorphologie pour :
- définir le Très Bon Etat écologique
 - « soutenir » la biologie

Evaluer les effets écologiques des opérations de restauration

C'est décrire, dans le temps :

- les changements dans le fonctionnement du milieu (dégradation de la matière organique, formation d'habitats, transport sédimentaire...) générés par les travaux
- les réponses, induites par ces changements, des communautés biologiques et des fonctionnalités écologiques, témoins du fonctionnement global de l'écosystème.





Pourquoi évaluer les opérations de restauration ?

Préservation du bon état et vers le
très bon état...

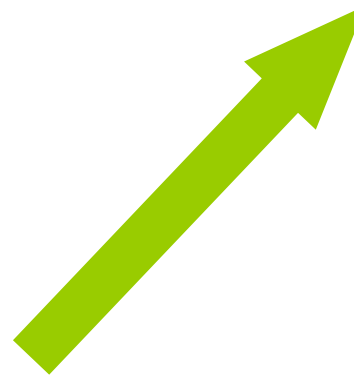
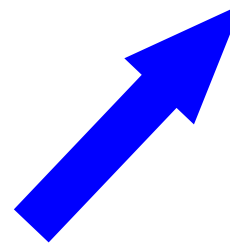
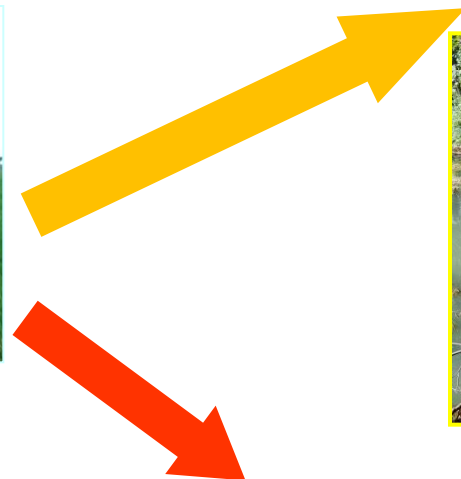
Etat objectif (2015)-2021-2027-...

Objectif recherché : Bon état

Etat 2000/2010



Etat 1980



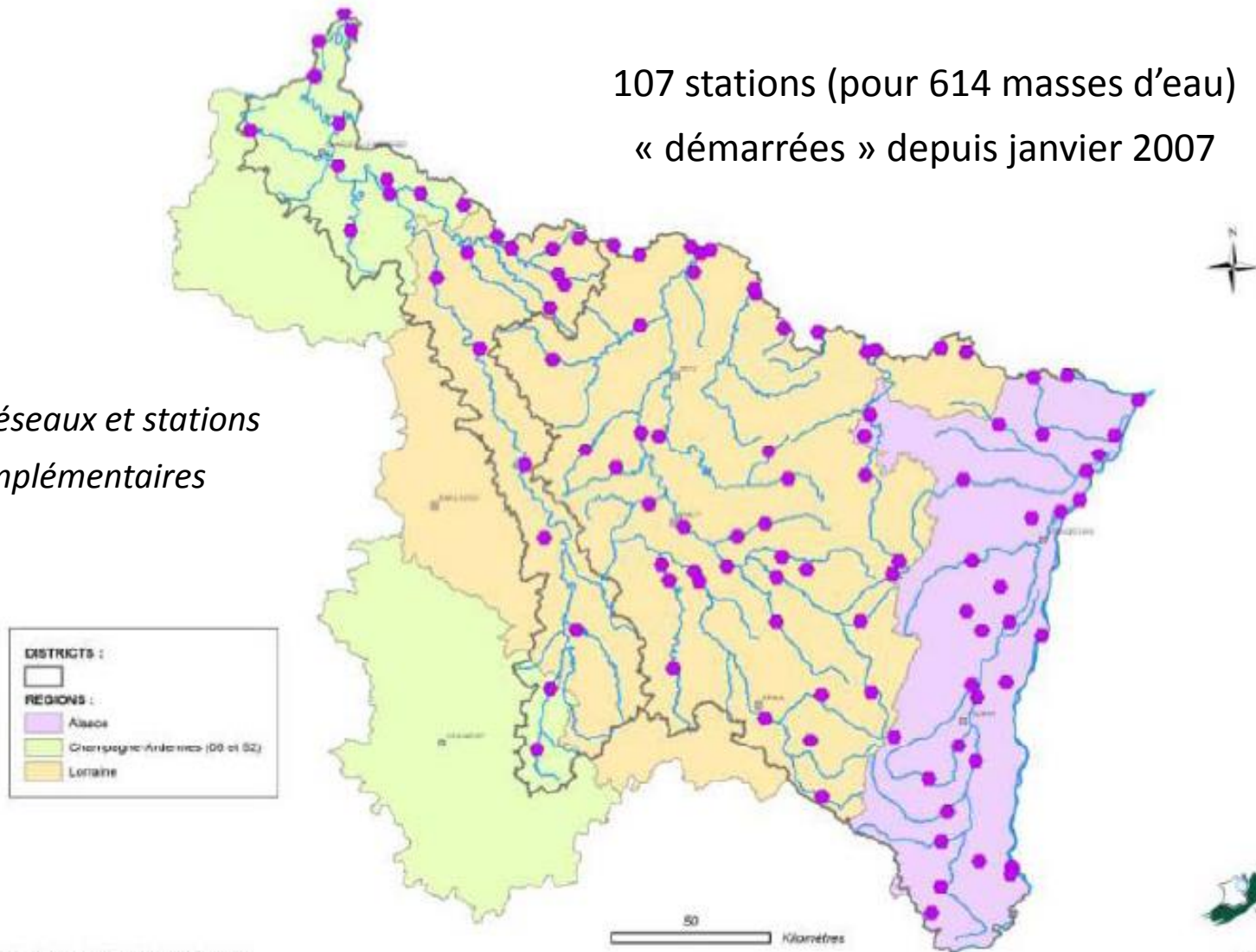
Surveillance de l'état des eaux

Le réseau de contrôle de surveillance Rhin et Meuse

107 stations (pour 614 masses d'eau)

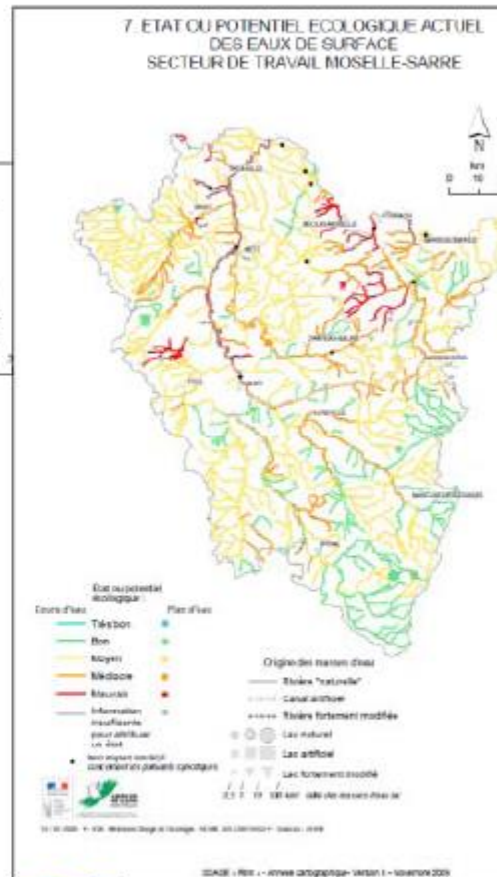
« démarrées » depuis janvier 2007

+ des réseaux et stations
complémentaires



Surveillance de l'état des eaux

Exemple de résultats : publication de la
carte d'état écologique en 2009



→ Complexe d'évaluer les effets des
opérations de restauration à cette échelle

Des besoins et des intérêts à suivre les opérations de restauration

(a minima d'un point de vue écologique = contribution au Bon Etat)

Manque de connaissances sur l'effet des travaux de restauration et peu d'opérations suivies permettant une évaluation des réponses du milieu

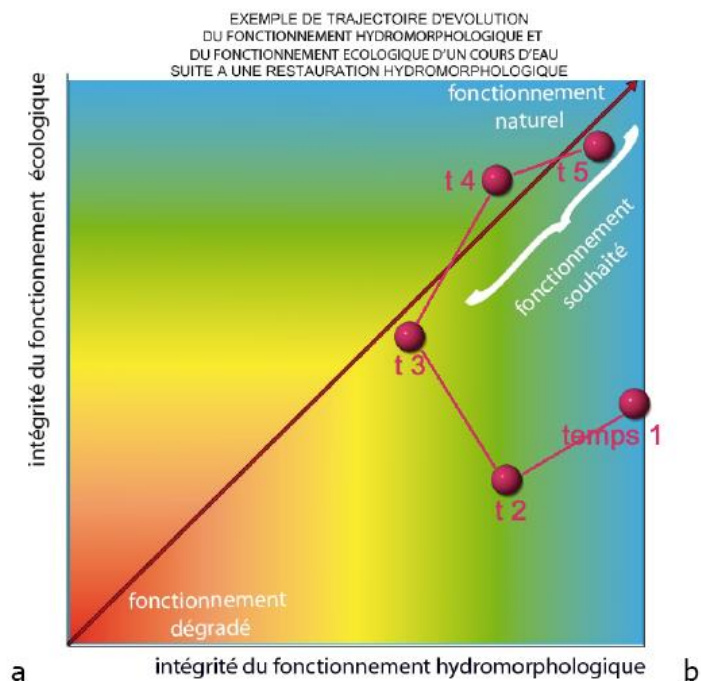
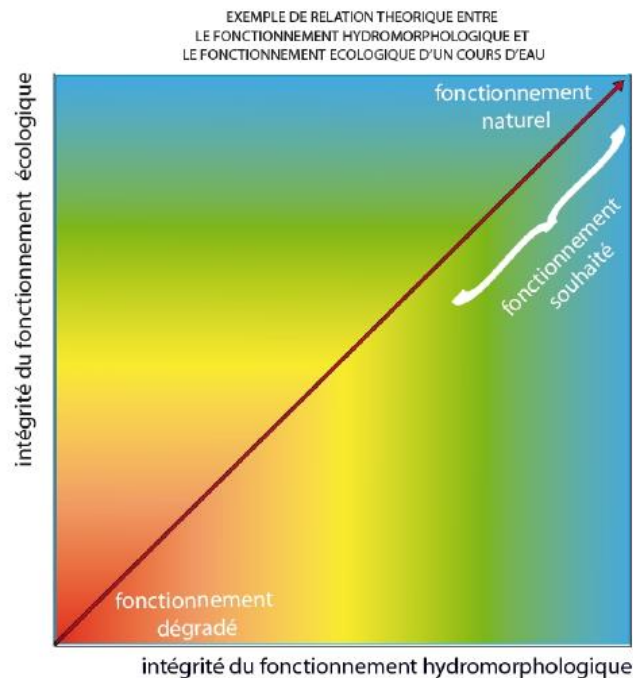
- Demandes des financeurs, porteurs de projet, bureaux d'études,... de **méthodes permettant de mesurer** l'efficacité et la réussite de la restauration par rapport aux objectifs de l'opération (*dépasser les bénéfices de principes*)
- Besoin de **valoriser** les réponses du milieu par rapport à l'action menée par le porteur de projet et d'en évaluer les bénéfices, en particulier socio-économiques
- Analyse des effets peut permettre de **progresser** sur le domaine de la restauration hydromorphologique (ciblage des travaux efficaces, mesures correctives en cas d'échec,...)

Effets de la restauration sur la biologie....

Action de restauration de l'hydromorphologie = effets variables :

- dans le temps
- dans l'espace (au droit du site, à l'amont, à l'aval)
- sur les paramètres biologiques selon le compartiment

Ne jamais perdre de vue que d'autres facteurs interviennent : effets bassin versant (occupation des sols, affluents,...), événements exceptionnels, pollutions,...

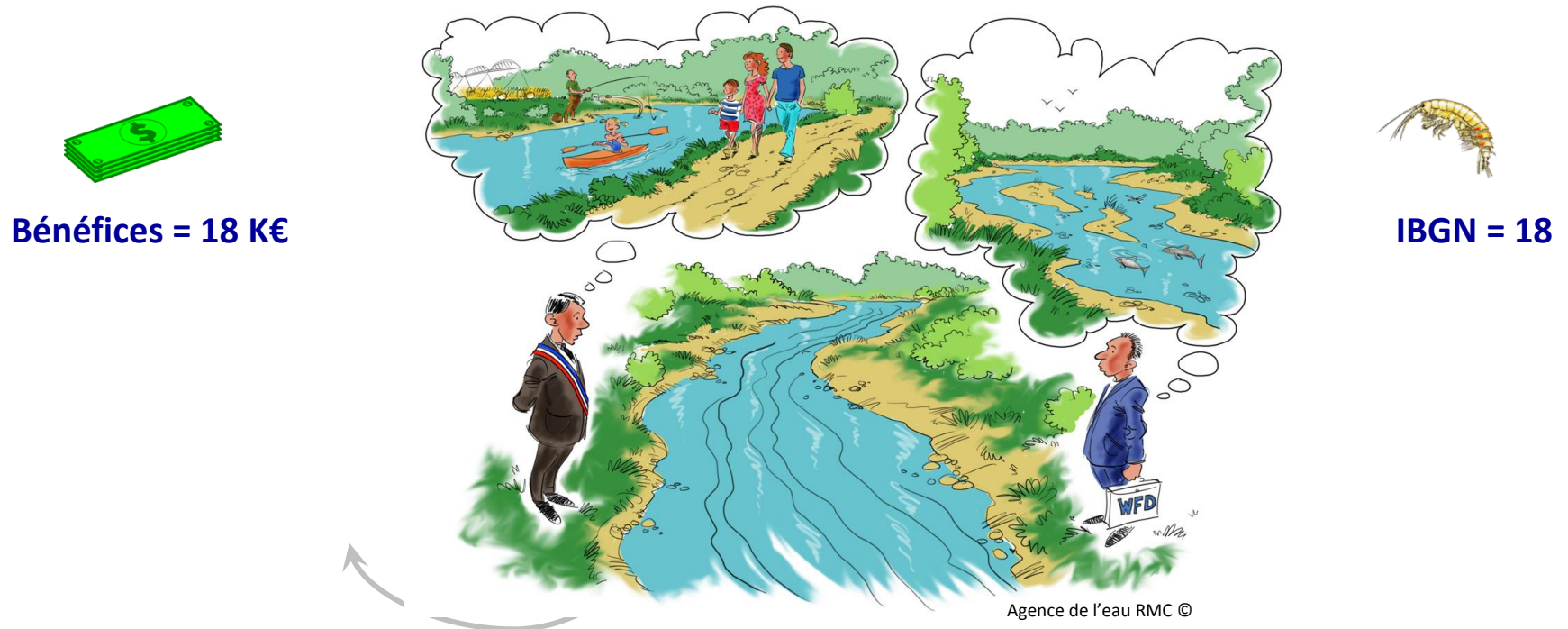


a) Relation théorique idéale entre hydromorphologie et écologie

b) Exemple de trajectoire d'évolution au cours du temps du fonctionnement hydromorphologique et écologique suite à des travaux de restauration

Et pouvoir également décrire les améliorations des processus de fonctionnement des milieux...

Mettre en évidence des fonctionnalités des milieux (autoépuration, régulation hydraulique,...) au-delà de l'atteinte du bon état écologique tel que défini par la DCE



Développement d'indicateurs fonctionnels....

Des intérêts qui vont au-delà de la qualité biologique :

Autoépuration, dénitrification, régulation hydraulique,...

« Plus signifiants pour la société et le monde économique »

Avantages multiples de ce type d'indicateurs dans le cadre du suivi d'opérations de restauration (coût et simplicité de mise en œuvre, intégrateurs, sensibles, communicants, utilité pour les évaluations économiques...)



= n X





**Quels moyens et stratégies
pour suivre les opérations
de restauration ?**

Des questions qui se posent...

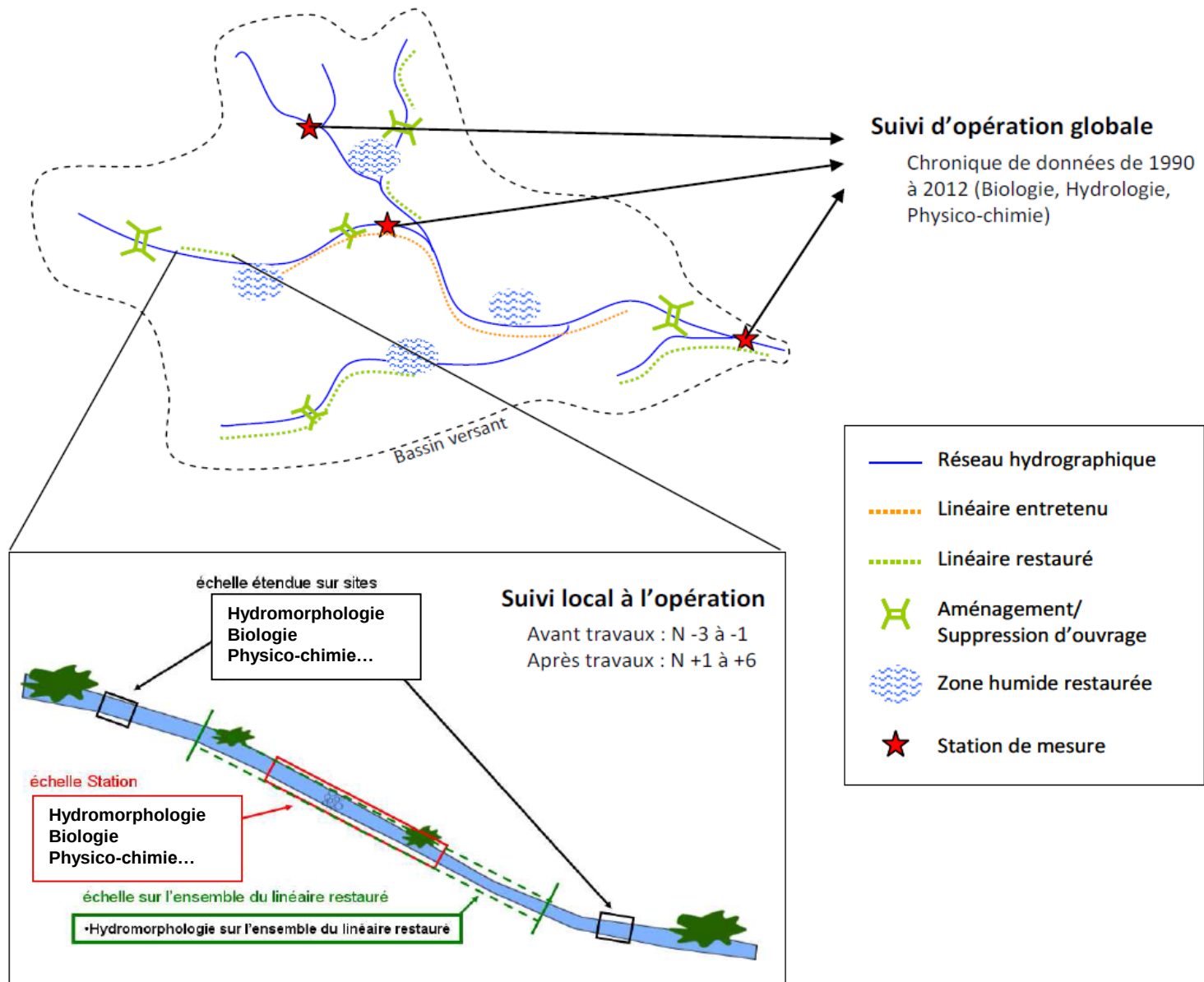
Suivi = stratégie à définir avec de nombreuses questions qui se posent...

- En fonction des différents niveaux de réponse ou gain que l'on souhaite mettre en évidence, comment définir la méthode et le protocole de suivi ?
- Quel(s) compartiment(s) suivre : biologique, hydromorphologique, sociétal ?
- Besoin d'un état initial ?
- Fréquence des suivis avant et après restauration ?
- Nombre de stations de suivi ?
- Localisation des stations de suivi ?
- Besoin d'une station témoin ?
- Station témoin représentative d'une portion de cours d'eau impacté non restauré ? Ou d'une portion non impactée ?
- Avoir plus de stations suivis moins fréquemment ou moins de stations suivis plus fréquemment ?
- Longueur de la station échantillonnée ? Toute la zone qui va être restaurée ou x fois la largeur mouillée ?
- Quelle méthode de prélèvement ?
- Etc, etc....

Une approche à plusieurs niveaux et échelles

- Suivis « illustratifs » d'opérations locales = produire des retours d'expériences avant/après travaux avec photos et éventuelles mesures (milieu physique, poissons,...).
- Suivis « démonstratifs » d'opérations locales = évaluer plus finement les effets écologiques des projets de restauration hydromorphologique (cadre national ONEMA-IRSTEA) sur des opérations d'ampleur. Capitaliser des données à l'échelle nationale.
- Evaluation à « large échelle spatiale et temporelle » = évaluer les effets des actions de restauration à l'échelle d'un bassin versant et sur une longue chronique (>10 ans) permettant d'intégrer des « cumuls » d'actions.
- Développement d'indicateurs et suivis scientifiques (conventions de recherche ONEMA & Agences).

Une approche à plusieurs niveaux et échelles



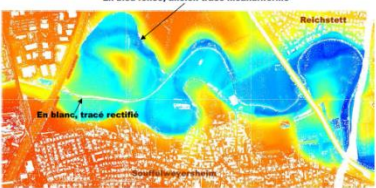
Des suivis illustratifs pour un premier niveau de valorisation...

Retours d'expériences visuels et qualitatifs avec éventuellement quelques données de suivis écologiques (pêches électriques, inventaire faune-flore simplifié,...)



Déviation de la Souffel dans son ancien lit à Reichstett : un exemple de restauration de la fonctionnalité d'un cours d'eau

La Souffel est un cours d'eau prenant sa source à Kuttolsheim pour se jeter dans l'Ill à La Wantzenau. Elle parcourt pour une grande partie de son linéaire la plaine agricole du Kochersberg et son tracé a très fortement été remanié comme on peut le voir sur le plan ci-dessous, obtenu à partir de modèles numérisés de terrain qui font apparaître en bleu les zones basses et en rouge les zones plus élevées.



En bleu foncé, ancien tracé méandrique
En blanc, tracé rectifié

Le lit mineur de la Souffel est globalement fortement encaissé avec des berges raides présentant des brouillards de curage. Il reste généralement totalement déconnecté de son lit majeur.

RETOUR D'EXPERIENCE

La Vezouze à l'aval de Lunéville

Création de chenaux de crues et renaturation de cours d'eau

Comment concilier objectifs hydrauliques et écologiques pour la gestion des inondations ?

Objectif : Gérer de manière durable les inondations en favorisant l'écoulement en période de hautes eaux par la reconstitution de milieux fonctionnels et diversifiés dans le lit majeur du cours d'eau.

Maître d'ouvrage : Communauté de Communes du Lunévillois

Année des travaux : printemps - été 2007

Montant des travaux : 1 368 000 euros HT (Ingénierie et travaux)

Travaux définis et suivis par plusieurs bureaux d'études et réalisés par une entreprise de terrassement et deux entreprises spécialisées en génie végétal.

Subvention : Agence de l'Eau Rhin-Meuse /Etat 64%



La création de chenaux de crues et la préservation des prairies dans le lit majeur du cours d'eau permettent la présence d'une végétation (rouvraies) qui joue un rôle important pour l'épuration naturelle des eaux, en particulier avant leur arrivée dans le cours d'eau ou la nappe.

Les annexes hydrauliques, nouvellement créées, constituent des milieux humides propices au développement d'une flore diversifiée et à la faune en tant que zones de refuge, d'alimentation voire de reproduction (brochet, batraciens, etc.).

Le décaissement du lit majeur et les chenaux de crues ont pour objectif principal l'amélioration des conditions d'écoulement en période de crues pour limiter les phénomènes d'inondation des zones urbaines situées à l'amont.

© 2009 Agence de l'eau Rhin-Meuse - Tous droits réservés - Création d'un chenal de crue sur la Vezouze à Lunéville. Actions menées sur le Bassin Rhin-Meuse : retour d'expérience - Crédits photos JERSM

- page 1 -

La restauration des cours d'eau

Recueil d'expériences sur l'hydromorphologie



La localisation

Catégorie	Restauration
Type d'opération	Reméandrage
Type de milieu concerné	Cours d'eau de plaine
Etat des habitats	Bon état des habitats
Enjeux (eau, biodiversité, climat)	
Début des travaux	Avril 2008
Fin des travaux	Juin 2009
Linéaire concerné par les travaux	800 m

Le cours d'eau dans la partie restaurée

Donnée	Valeur
Nom	Le Nant de Sion
Distance à la source	9,1 km
Largeur moyenne	4 m
Pente moyenne	3 ‰
Débit moyen	0,4 m³/s

Les objectifs du maître d'ouvrage

- Retour à une diversité de conditions hydrauliques favorables à l'ombre commun.
- Ne pas endommager les digues et berges de plans d'eau se trouvant de part et d'autre du Nant de Sion.

Le milieu et les pressions

Le Nant de Sion est un affluent de l'Arve. Il est issu de la confluence entre le ruisseau de la Madeline et le ruisseau de Thozard et fait 3,4 kilomètres de long (10 km depuis les sources). Le bassin versant est occupé par la forêt sur le tiers avant, tandis que d'importantes infrastructures notamment routières le contraignent sur les deux tiers aval. Sur cette partie, le Nant de Sion a été fortement recalibré et rectifié. Les berges sont hautes et pentues. Ces travaux ont homogénéisé les paramètres physiques du cours d'eau (hauteur d'eau, vitesses, substrat). Par conséquent, les habitats favorables à l'ombre commun, et à ses espèces accompagnatrices comme le vairon et la loche, ont quasiment disparu. La population d'ombre commun, historiquement présente sur le bassin de l'Arve et sur le Nant de Sion connaît une importante baisse de ses effectifs.

Contenu réglementaire

Document	Statut
Plan de gestion	Non concerné
Plan de gestion	Non concerné
Plan de gestion	Non concerné

→ Peuvent être réalisés à moindre coût par l'ensemble des acteurs/porteurs des projets de restauration, pour communiquer notamment vers un public non spécialiste

...mais qui ont leurs limites

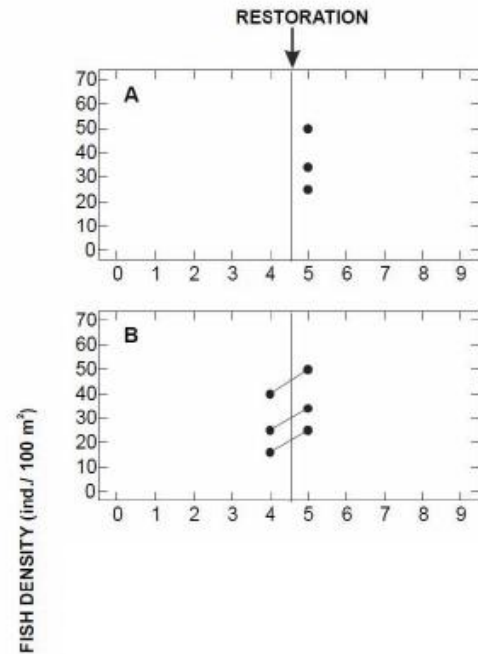
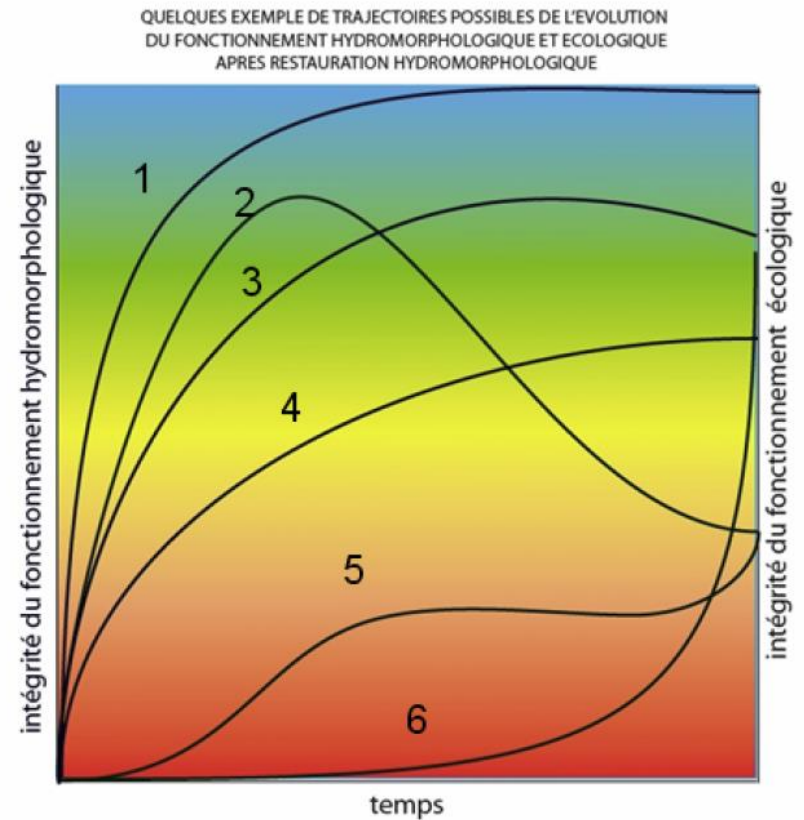


Figure 9 : exemple de protocoles possibles (A à D) pour un suivi biologique (Meissner, 2000). Suivi A : 1 année post travaux. Suivi B : 1 année pré et une année post sur 3 stations restaurées. Suivi C : 5 ans pré et 5 ans post sur 3 stations restaurées. Suivi D : 5 ans pré et 5 ans post sur 3 stations restaurées ET 3 stations témoins.



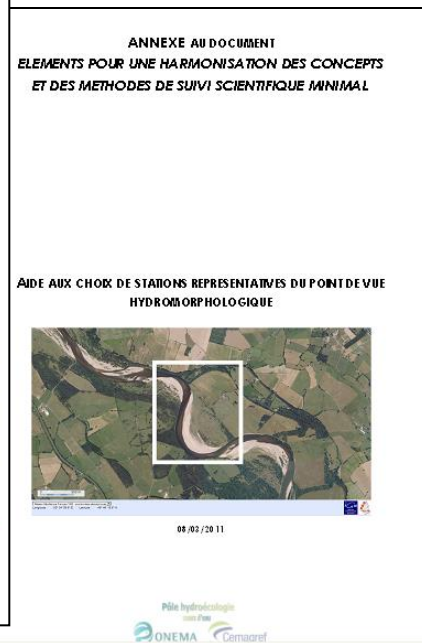
Source : Eléments pour une harmonisation des concepts et des méthodes de suivi scientifique minimal, ONEMA/CEMAGREF, 2010

Des suivis démonstratifs pour aller plus loin dans la compréhension des effets

Suivre des projets emblématiques afin de capitaliser des données robustes sur les effets écologiques de la restauration hydromorphologique.

Cadre technique national (2009) : Définition d'une méthode scientifique harmonisée de suivi des éléments biologiques, hydromorpho, physico-chimiques, hydrologiques

http://www.onema.fr/IMG/pdf/Restauration_SUIVI-MINIMAL-2.pdf



<http://www.onema.fr/IMG/pdf/aide-preco-suivis-restauration-v20121022.pdf>

→ Appui technique ONEMA et AERM pour la mise en place de ce type de suivi

→ Financement AERM à 80% (étude) voire prise en charge par marché AERM

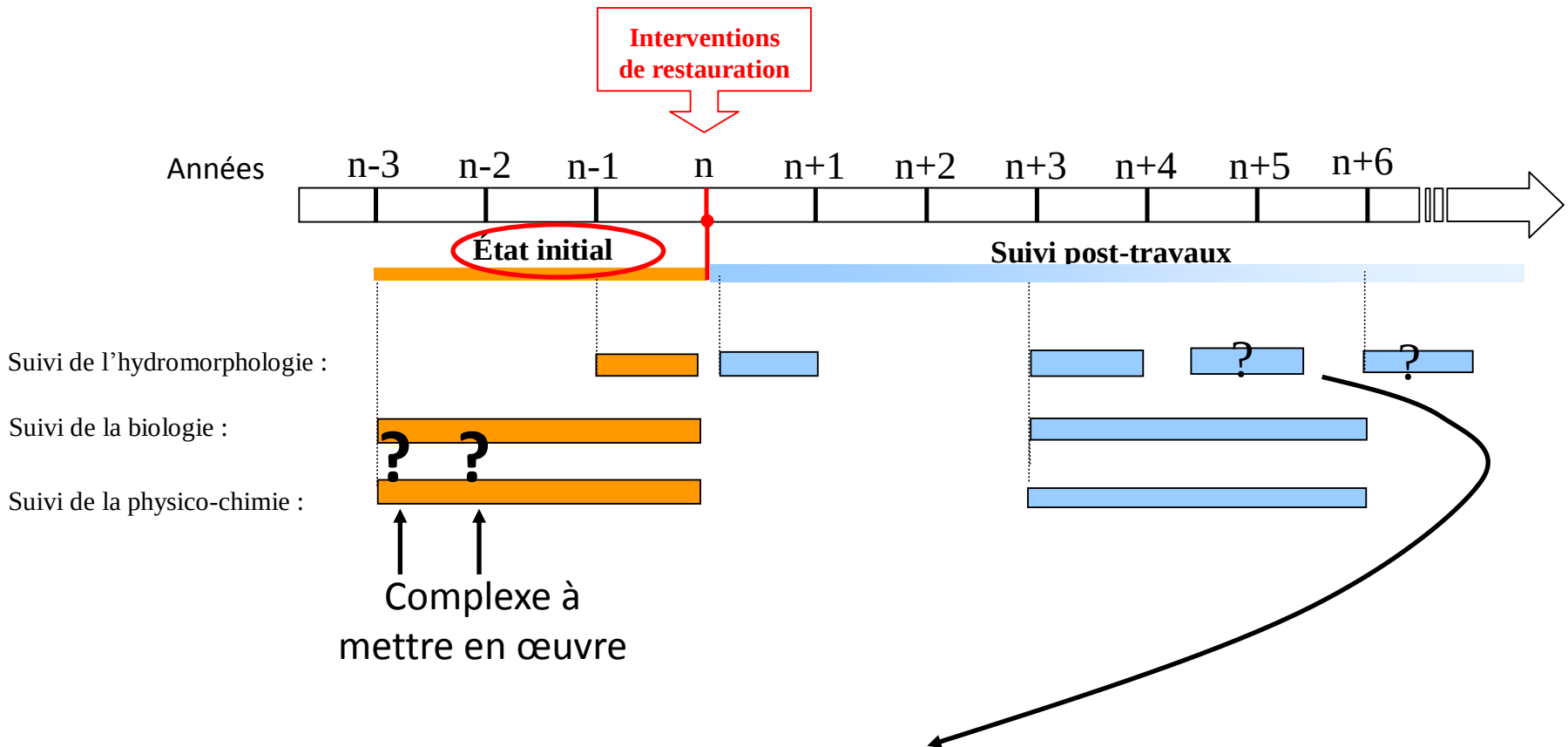
Principes et préconisations

- Suivi scientifique minimal : ce que l'on doit **mesurer *a minima*** pour toute opération de restauration hydromorphologique répondant aux critères « d'éligibilité » à un suivi et permettant une exploitation scientifique des données
- Critères de sélection d'une étude de suivi scientifique :
 - **linéaire restauré au minimum 50 fois la largeur de plein bords (PB)**
 - **effacement > 2m hauteur** de chute ou remous 50 fois la largeur PB*pas adapté pour évaluer les effets de restauration globale à l'échelle d'un bassin*
- 4 types de suivi déclinés en fonction des types d'intervention (effacement d'ouvrages transversaux/intervention linéaire) et des échelles de réponses probables (locales /globales)
- 3 échelles d'investigation : Station, ensemble du linéaire restauré et étendue sur sites
- Fréquence de suivi : réalisation des états avant / après travaux



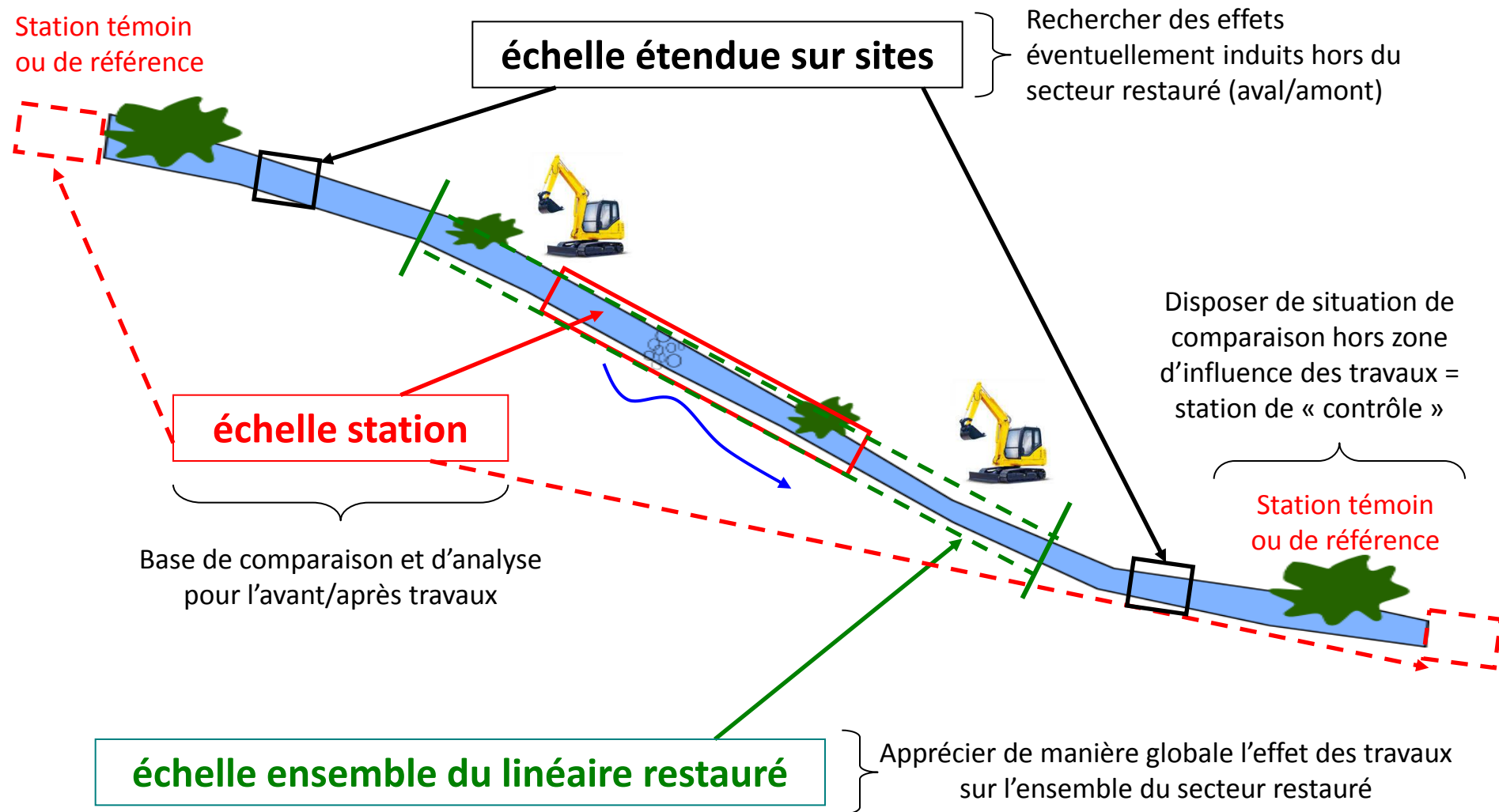
Échelle temporelle :

Quand faire les mesures ?



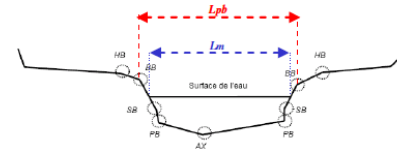
Pour hydromorphologie → 2e point post-travaux à caler sur une crue **morphogène** entre $N+3$ et $N+6$ → si pas de crue morphogène dans cet intervalle = 3e point à $N+6$.

Les différentes échelles spatiales sur un site restauré



Quels compartiments suivre ?

- Station : 14 fois Largeur plein bords (protocole CARHYCE)
- Hydromorphologie (habitat et altérations) : CARHYCE
- Invertébrés : Méthodes IBGN – DCE (I2M2)
- Poissons : pêche électrique avec 2 passages sans remise (Carle et Strube) ou par ambiances ou points, avec biométrie
- Physico-chimie : Débit, température, O2, pH, conductivité, substances de niveau 2 seulement
- *en complément éventuel : Végétation aquatique (IBMR), si excès nutriment (DBO5, DCO, N, P, MES)*





Exemple de suivis démonstratifs

Département 54

COMITÉ DE BASSIN RIVERMEUSE
Secteur Technique de Bassin

RESTAURATION RENATURATION DE COURS D'EAU

RETOUR D'EXPERIENCE

L'Orne à Hatrizze

Effacement du seuil de l'ancien moulin

Suppression d'un ouvrage fortement dégradé sur un cours d'eau de plaine

Objectif : Supprimer un seuil sans usage afin d'améliorer la qualité écologique de l'Orne, dégradée sur plusieurs kilomètres, tout en préservant les activités et le patrimoine associés au site.

Maître d'ouvrage : Syndicat des Communes Riveraines de l'Orne (SCRO)

Année des travaux : printemps 2011

Montant des travaux : 440 000 euros HT incluant maîtrise d'œuvre (SINIBIO) et travaux (NE THT) dont la répartition des coûts par grande poste est la suivante :

- 30% pour la suppression de l'ouvrage et la mise en place d'un seuil de fond
- 30% pour les aménagements de berges à l'amont et à l'aval du site
- 25% pour le réaménagement de l'ancien canal d'amenée au moulin et de l'île
- 15% pour la restauration d'un bras mort

Subvention : 50 % (dans le cadre du contrat de projets Etat-Région 2007-2013)

- Agence de l'Eau Rhin-Meuse : 60 %
- Conseil Régional de Lorraine : 30 %

L'effet « plan d'eau » (remous), produit en amont du seuil, provoque une dégradation de la qualité de l'eau due notamment au réchauffement et à l'envasement de la rivière. La suppression de l'ouvrage a permis le retour de zones plus courantes et diversifiées, et a amélioré ainsi la qualité de l'eau.

Sur ce cours d'eau de plaine à très faible pente, les impacts écologiques de l'ouvrage sont majeurs : passage total à sec à la fois une rupture de continuité et une banalisation des habitats sur un linéaire considérable (plusieurs kilomètres). La démolition de l'ouvrage a ainsi permis de rétablir les circulations d'écofaune, mais également une partie de la diversité des habitats du lit à l'amont.

Compte tenu de la forte dégradation des ouvrages et de l'abandon de gestion, le système mondial d'importants dysfonctionnements hydrauliques. La suppression de l'ouvrage et l'aménagement de l'ancien seuil d'origine constituent à rebrousse un équilibre favorable pour la répartition des habitats, en privilégiant l'alimentation du cours « naturel », en particulier en période d'étiage lorsque les débits sont faibles.

© 2011 Agence de l'Eau Rhin-Meuse - Tous droits réservés - Effacement du seuil d'Hatrizze sur l'Orne. Actions menées sur le Bassin Rhin-Meuse - retour d'expérience - Crédits photos AEMR (sauf mention contraire).

Localisation et aperçu des aménagements

Suppression du barrage et reconstitution de faciès diversifiés sur plusieurs kilomètres de cours d'eau

Etat initial (2007)

Après démolition (mai 2011)

Retour de zones diversifiées en amont (juin 2011)

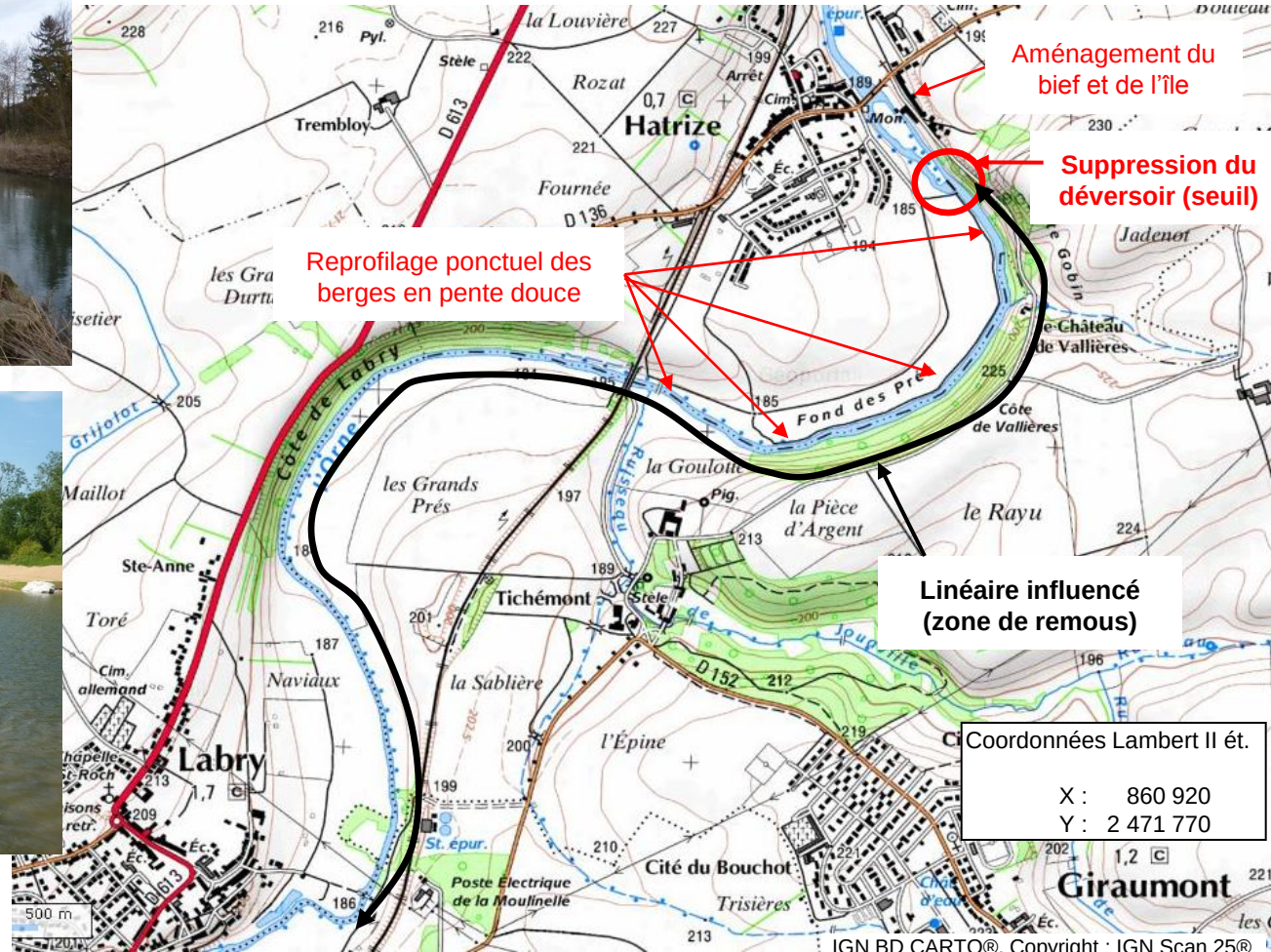
Le seuil de l'ancien moulin d'Hatrizze engendrait de fortes perturbations sur l'Orne, à la fois en termes de continuité écologique et de banalisation du cours amont. Il génère en effet une zone morte et homogène de près de 5 km, peu propice au bon fonctionnement de la rivière. La suppression de l'ouvrage a ainsi permis de rétablir complètement les circulations biologiques et sédimentaires au niveau du seuil mais aussi de redécouvrir une diversité d'écoulements et d'habitats sur plusieurs kilomètres à l'amont.

© 2011 Agence de l'Eau Rhin-Meuse - Tous droits réservés - Effacement du seuil d'Hatrizze sur l'Orne. Actions menées sur le Bassin Rhin-Meuse - retour d'expérience - Crédits photos AEMR (sauf mention contraire).

Effacement d'ouvrage sur l'Orne à Hatrizze

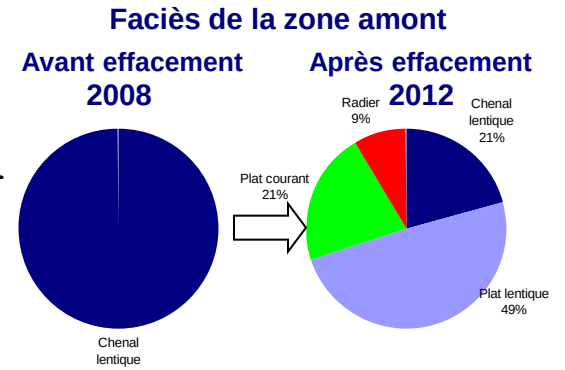
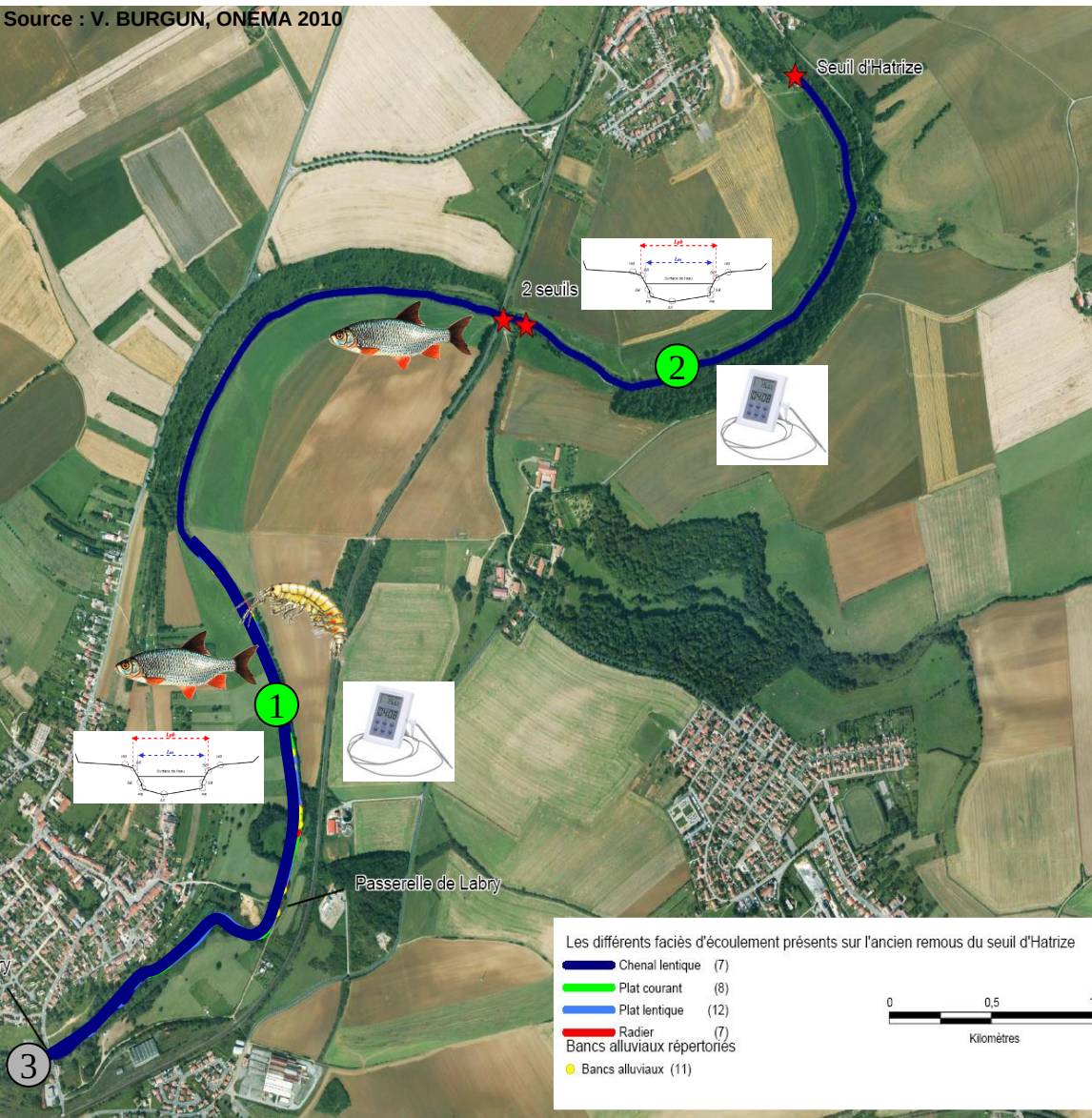
Situation et contexte de l'opération

Effacement d'un seuil de 1,5 m de hauteur générant un remous d'environ 5 km sur un cours d'eau de plaine



Suivi mis en place

Source : V. BURGUN, ONÉMA 2010

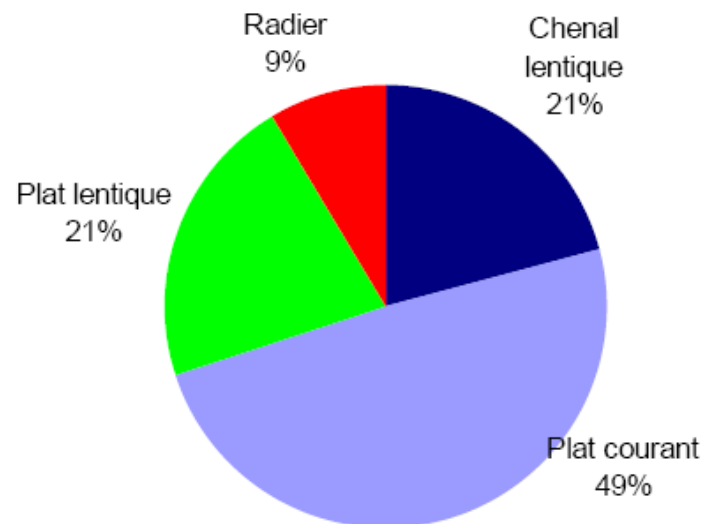


Etude des faciès – après effacement



Typologie des faciès d'écoulement sur la zone « libérée »

Type de faciès	Longueur total en m	%
Chenal lentique	395	20,7
Plat lentique	409	49,2
Plat courant	939	21,5
Radier	164	8,6
Total	1907	100,0



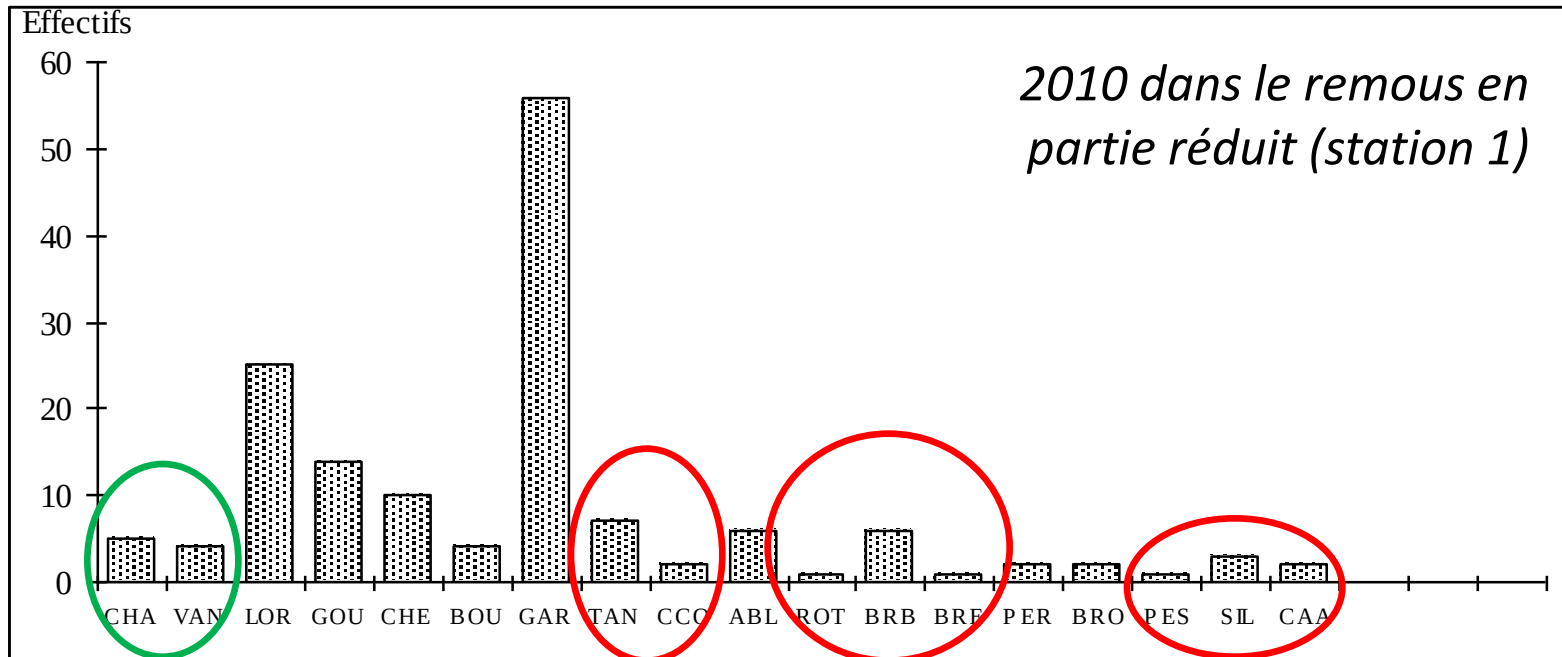
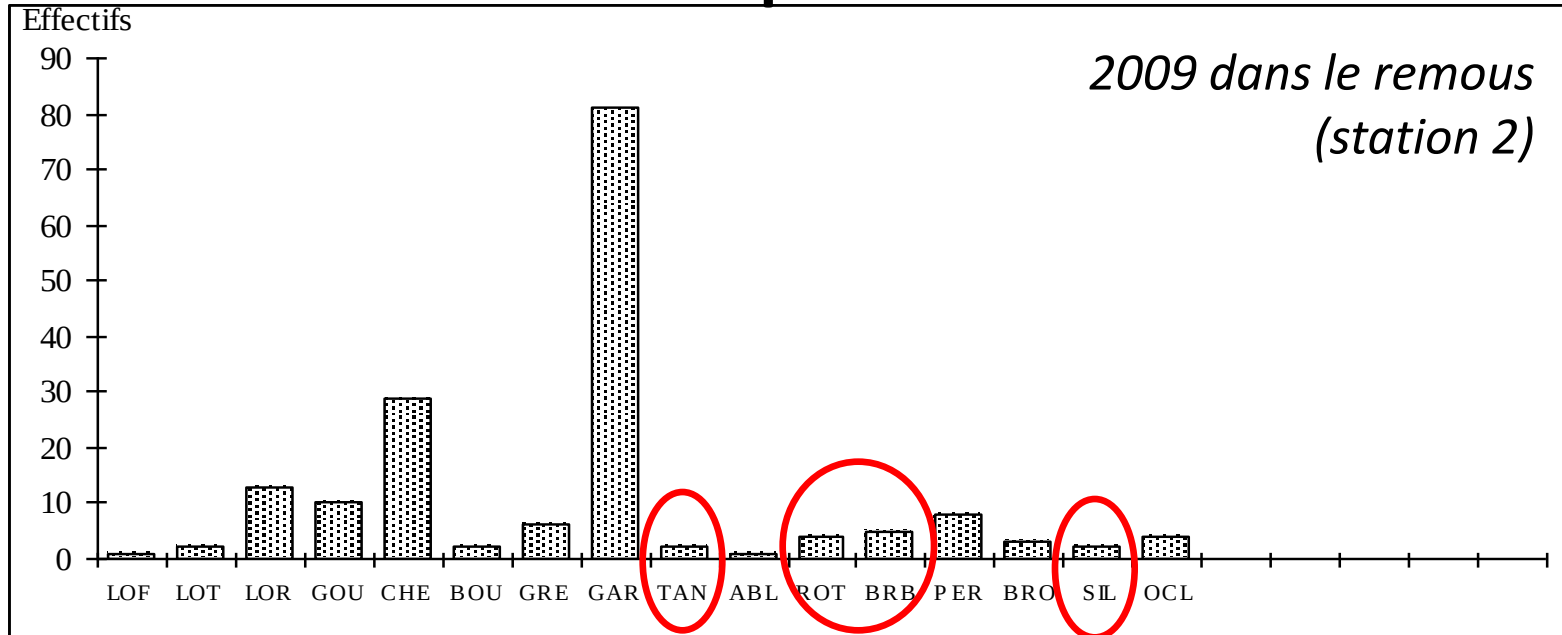
Pêches électriques dans le remous de l'ouvrage avant effacement



Dominance des espèces d'eaux calmes,
peuplement quasi typique de plan d'eau



Pêches électriques avant travaux



Pêches électriques après effacement



Chabot (*Cottus gobio*)



Barbeau fluviatile
(*Barbus barbus*)



Goujon
(*Gobio gobio*)

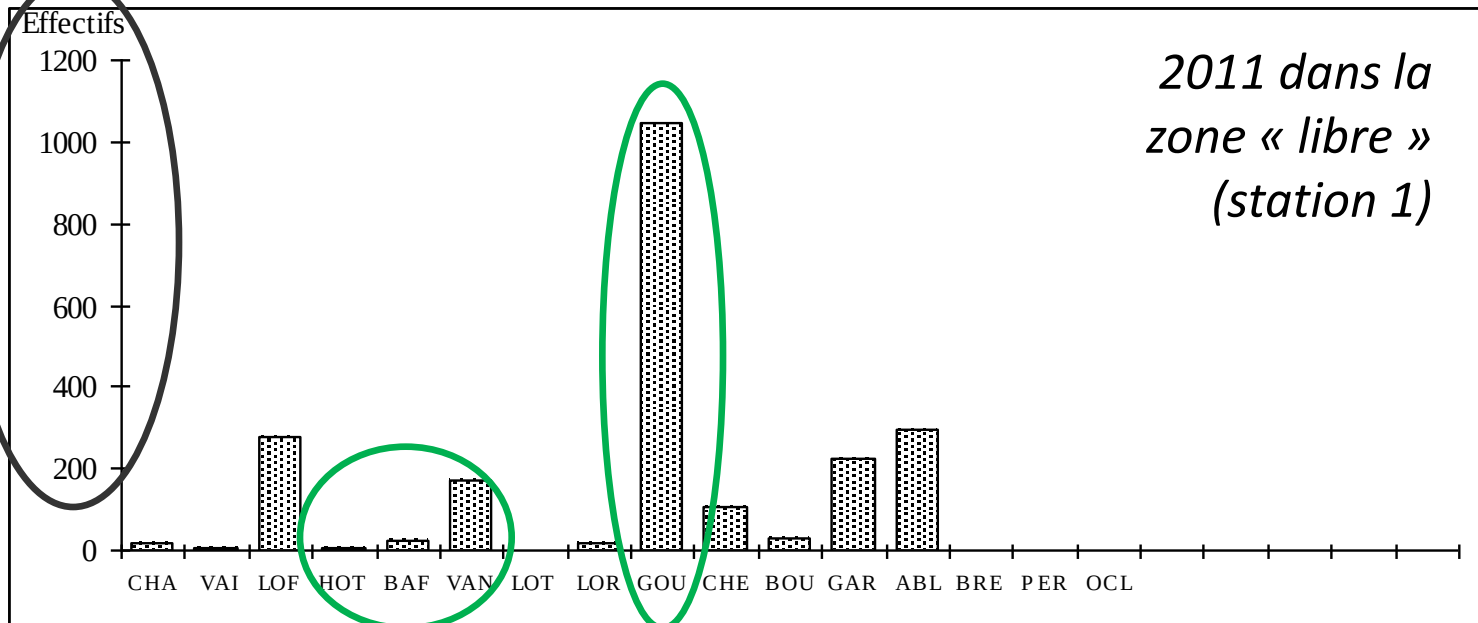
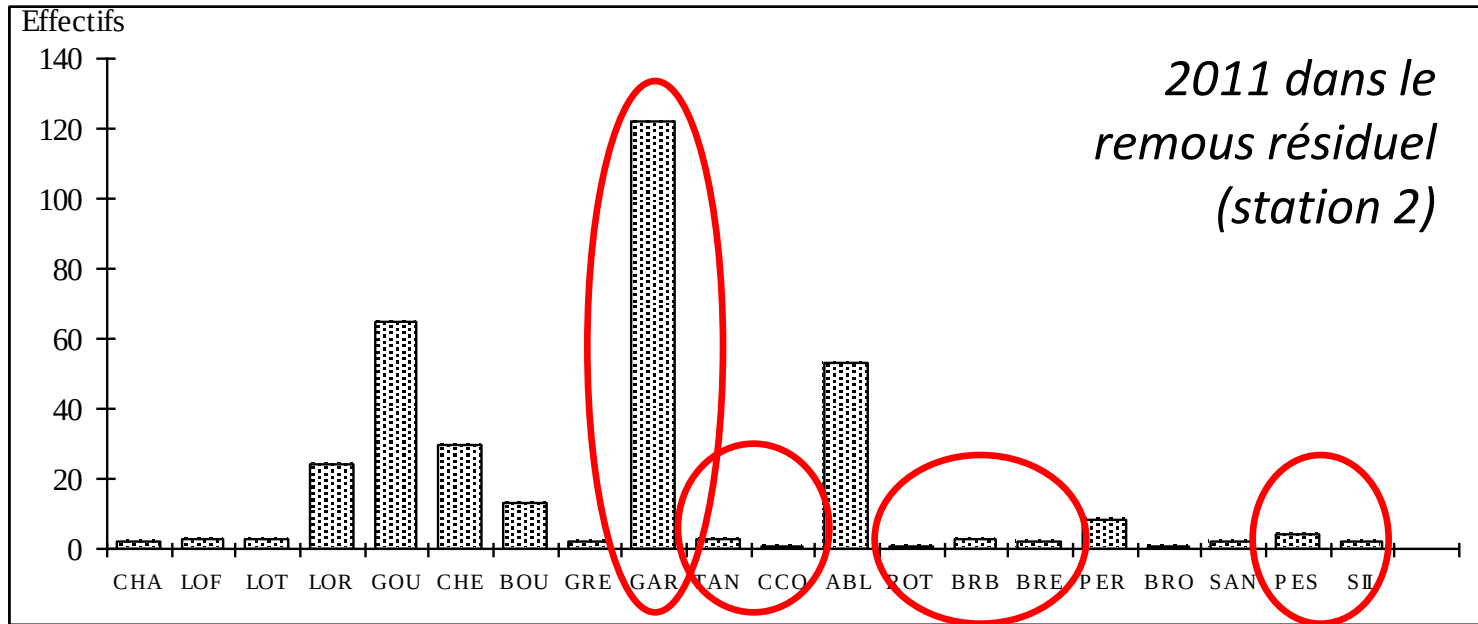


Hotu
(*chondrostoma nasus*)

Retour d'espèces d'eaux vives qui
révèlent la diversification des habitats

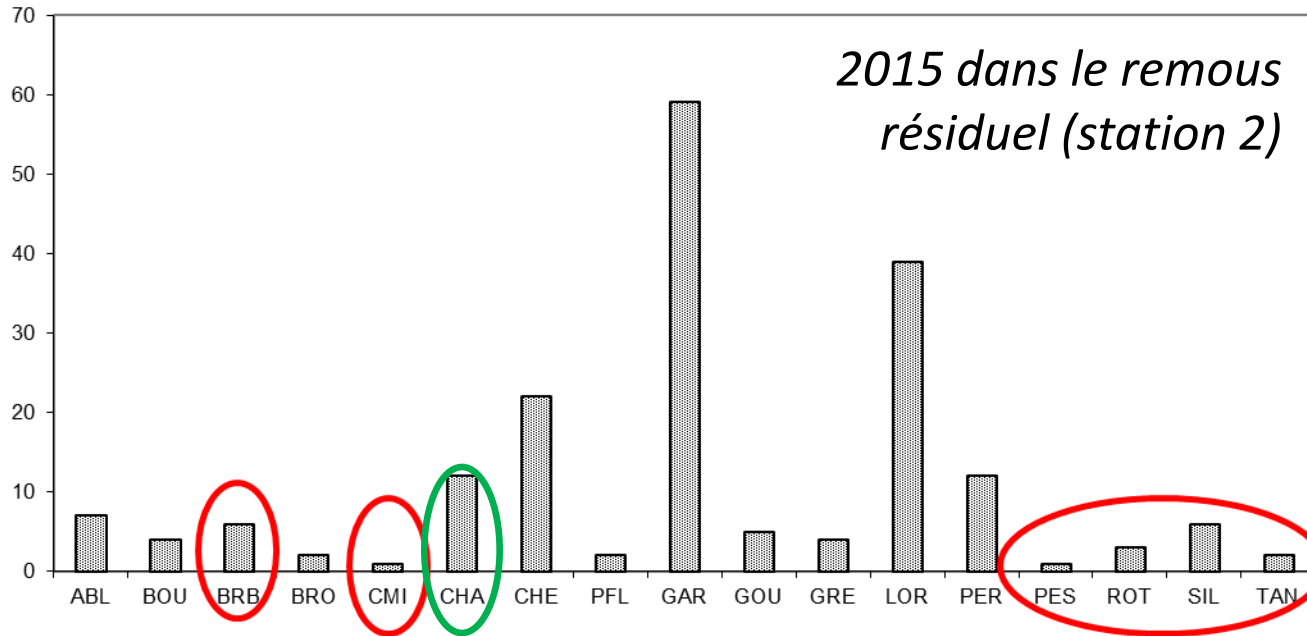
Pêches électriques après effacement

Attention
méthodes
de pêche
différentes

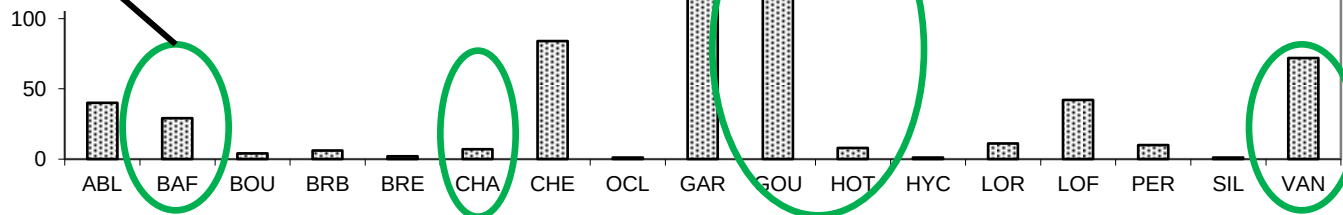
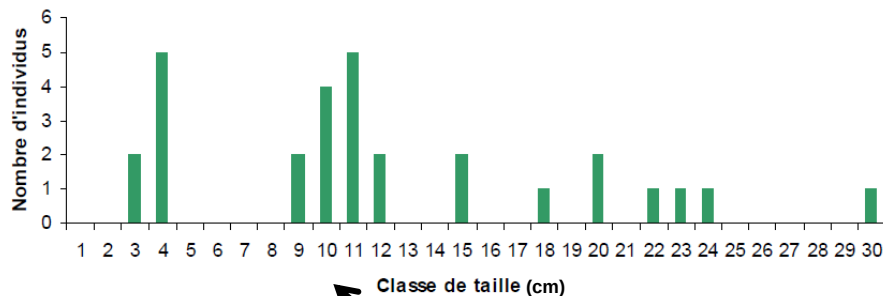


Pêches électriques après effacement

Attention
méthodes
de pêche
différentes

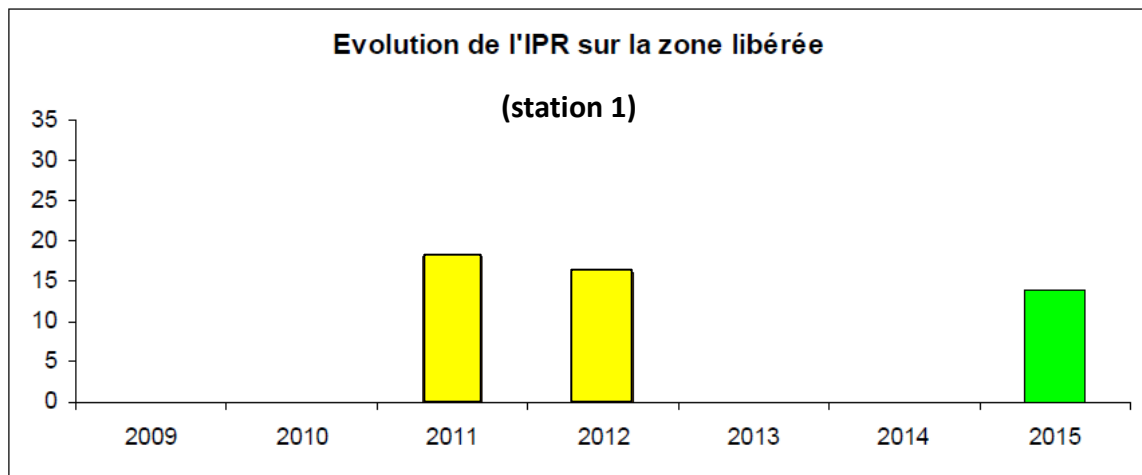
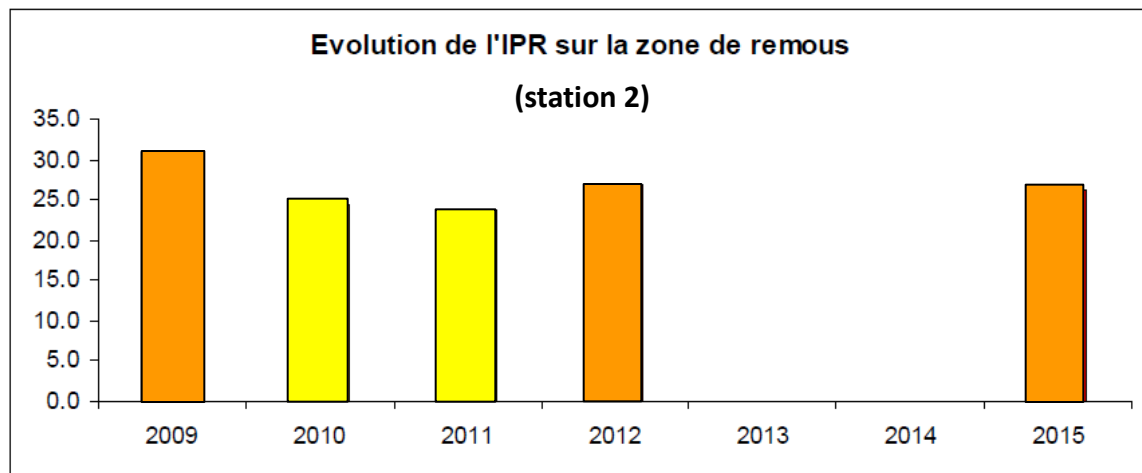


Répartition des effectifs de barbeau selon la taille dans la zone libérée (2015)



Bilan sur le volet piscicole

Indice Poissons Rivières (IPR)

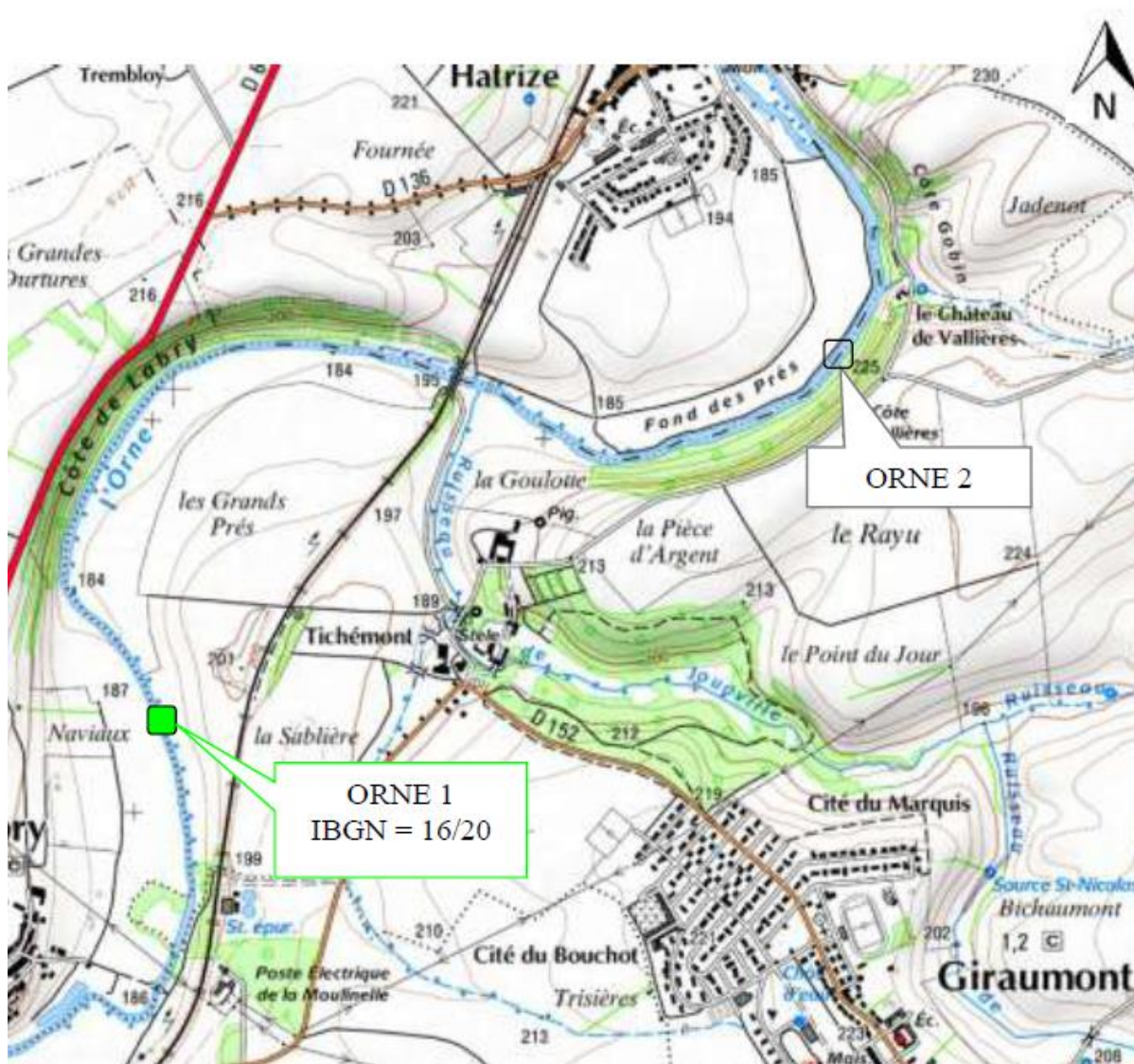


*Valeurs en écart à la référence,
+ écart est grand, + le milieu
est dégradé*

Note de l'IPR	Classe de qualité	
<7	Excellente	
]7-16]	Bonne	
]16-25]	Médiocre	
]25-36]	Mauvaise	
>36	Très mauvaise	

Le milieu passe en bon état (pour l'IPR) en 2015 sur la zone restaurée

Pour les macro-invertébrés aquatiques



Pas d'élément de comparaison avant/après effacement (importance de l'état avant travaux)

Présence d'espèces révélatrices d'habitats diversifiés et de faciès courants + bonne qualité d'eau générale



Exemple de suivis démonstratifs

-

Reméandrage du Longeau en Meurthe-et-Moselle

**« Gestion » de la végétation
sur le linéaire (+ Seigneulles)**

**Annexe 6 : 0,6 km de
méandres reconnectés**

**Annexes 1,2,3 : 0,4
km de méandres
reconnectés**

**Annexe 7 : 1 km de
méandres reconnectés**

**Annexes 4 et 5 :
restauration de « bras
morts » prévue mais
aucune intervention**

**Annexe 6b : 0,6 km de
méandres reconnectés**

**Annexe 8 : reméandrage
prévu mais aucune
intervention**

**Annexe 9 : 2 km de
méandres reconnectés**



**RESTAURATION
LONGEAU 54
LOCALISATION GENERALE DES
TRAVAUX 2011-13**

Restauration du Longeau en 54

Suivi détaillé

+ suivi *Unio crassus*

Station surveillance
Longeau à Friaucelle
2085850



Station tronçon non reméandré
Pont de Friaucelle

LON 5

LON 6

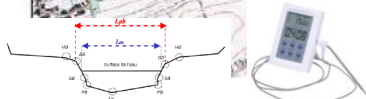
Station tronçon reméandré
Annexes 1,2 et 3

Station tronçon non reméandré
Pont de Brainville

LON 4

LON 3

Station tronçon reméandré
Annexe 7



Station témoin amont hors
zone restaurée
Pont de Moulotte

LON 1

Station tronçon reméandré
Annexe 9

LON 2

