



Suivis des travaux de restauration en cours d'eau

Définition, principes et retours d'expérience (Le suivi et l'évaluation, qu'est-ce que c'est au final ?)

DATE: 12/10/2018

Anne Vivier - Chargée de mission Restauration des milieux - AFB/DREC/DRDI
En collaboration avec : Gabriel Melun (AFB) et Marlène Rolan-Meynard (IRSTEA)



**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**

ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

Sommaire

- Pourquoi mettre en place un suivi ?
- Définition d'un suivi
- Les principes d'un suivi bien conçu
 - Hypothèse et objectifs
 - Choix des indicateurs
 - Conception du suivi
- Etat des lieux des pratiques en France et à l'étranger
- L'exemple du Suivi scientifique minimal
- Conclusion



Pourquoi mettre en place un suivi ?

- **Restoration had positive effects even in small restoration projects.** However, other studies indicate that exceptionally large projects indeed have higher effects. Restoration pays - it increases ecosystem services, which should be considered in the assessment of river restoration projects. River restoration benefits not only aquatic biota. Terrestrial and semi-aquatic species benefit and should be considered in assessments. It is important to select measures that restore specific limiting habitats at relevant scales. Hydromorphological restoration has an overall positive effect on biota, but effects vary. It is thus essential to monitor and adjust restoration projects.

Pourquoi mettre en place un suivi ?

- **Restoration had positive effects even in small restoration**

projects. However, other studies in projects indeed have higher effects ecosystem services, which should river restoration projects. River res biota. Terrestrial and semi-aquatic considered in assessments. It is im restore specific limiting habitats at Hydromorphological restoration ha but effects vary. It is thus essential projects.

Highlights

- On average, projects have a positive effect, but ~1/3 no or a negative effect.
- Macrophytes mainly benefit from widening, fish/invertebrates from instream measures.
- Restoration results in a higher number of individuals but few new species.
- Agriculture limits the effect of restoration but does not question it in general.
- Restoration effects mainly depend on project age and may vanish over time.

Pourquoi mettre en place un suivi ?

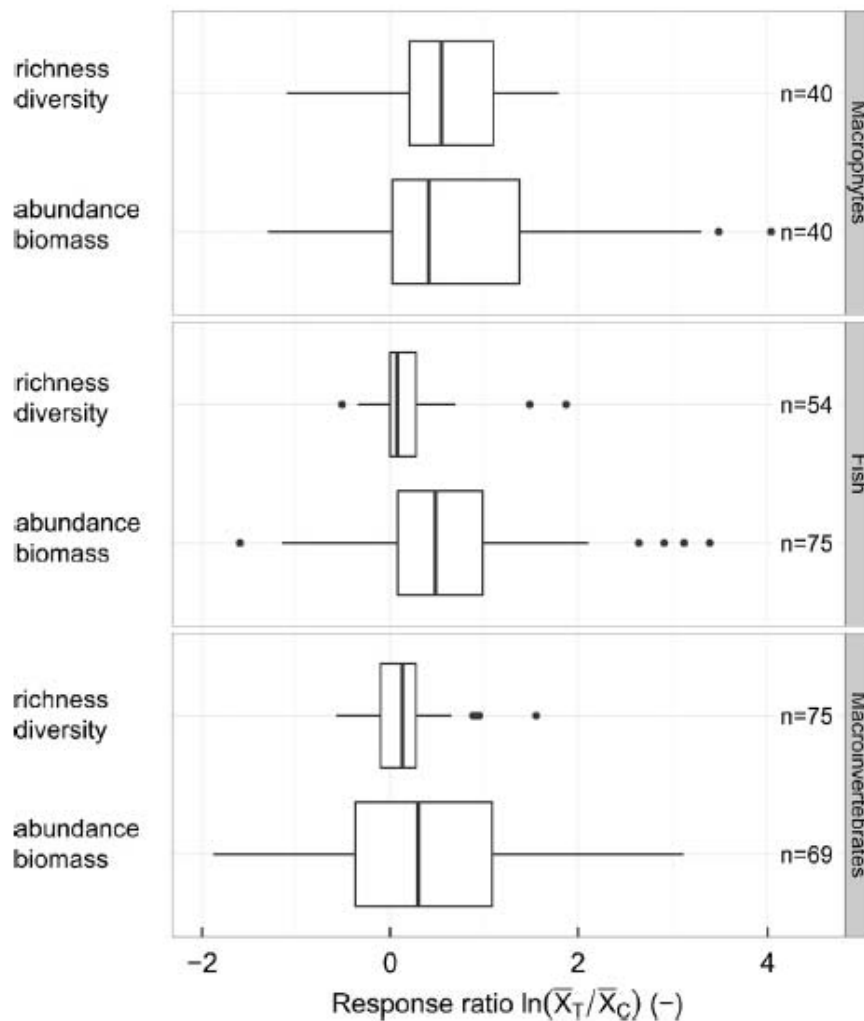


Fig. 2. Effect of restoration (response ratio) on richness/diversity and abundance/biomass of different organism groups. Box-plots show quartiles, range and outliers.

small restoration

On average, projects have a positive effect, but ~1/3 no or a negative effect.

Macrophytes mainly benefit from widening, fish/invertebrates from channel measures.

Restoration results in a higher number of individuals but few new species.

Channel culture limits the effect of restoration but does not question it in principle.

Restoration effects mainly depend on project age and may vanish over time.

Pourquoi mettre en place un suivi ?

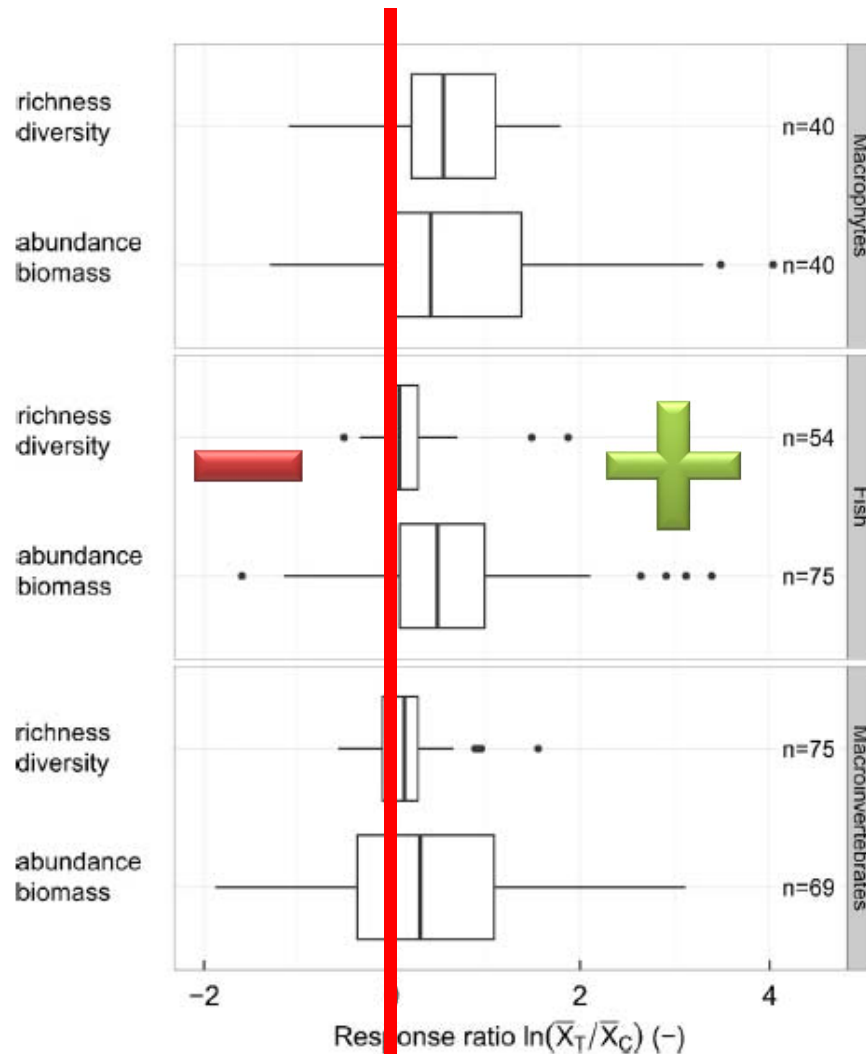


Fig. 2. Effect of restoration (response ratio) on richness/diversity and abundance/biomass of different organism groups. Box-plots show quartiles, range and outliers.

small restoration

On average, projects have a positive effect, but ~1/3 no or a negative effect.

Macrophytes mainly benefit from widening, fish/invertebrates from narrow measures.

Restoration results in a higher number of individuals but few new species.

Succession culture limits the effect of restoration but does not question it in the long term.

Restoration effects mainly depend on project age and may vanish over time.

Pourquoi mettre en place un suivi ?

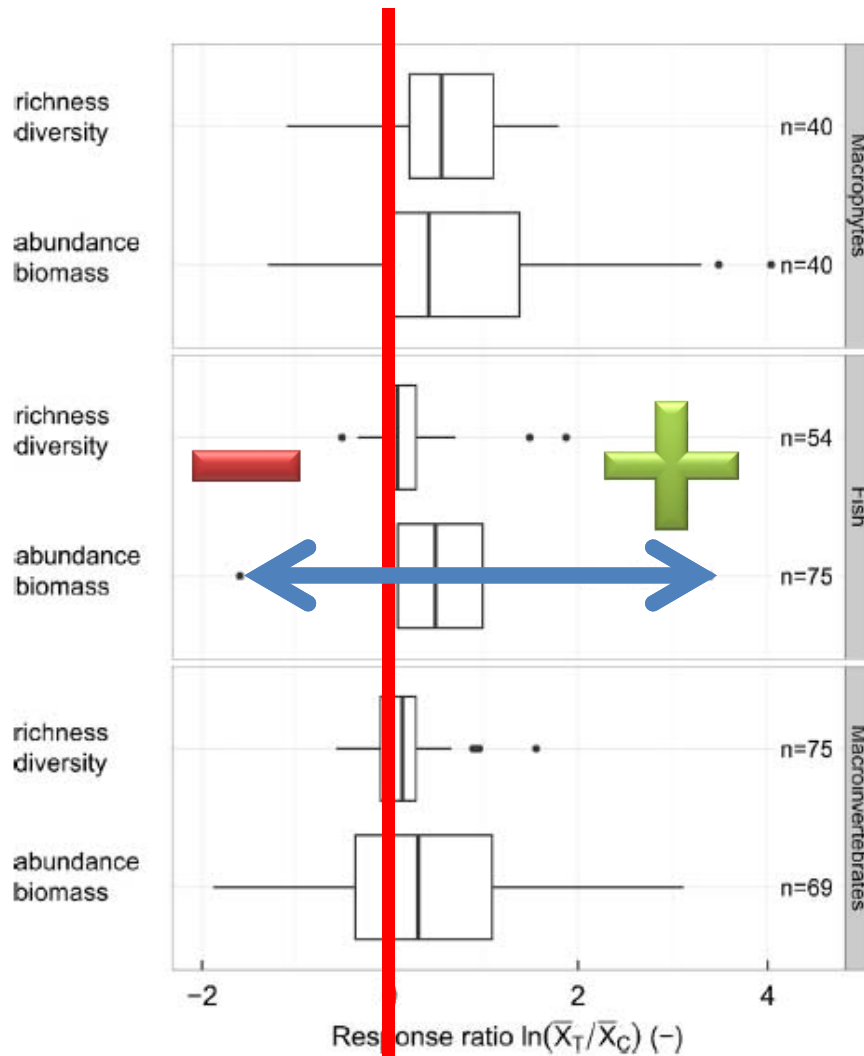


Fig. 2. Effect of restoration (response ratio) on richness/diversity and abundance/biomass of different organism groups. Box-plots show quartiles, range and outliers.

small restoration

On average, projects have a positive effect, but ~1/3 no or a negative effect.

Macrophytes mainly benefit from widening, fish/invertebrates from narrow measures.

Restoration results in a higher number of individuals but few new species.

Project age limits the effect of restoration but does not question it in the long term.

Restoration effects mainly depend on project age and may vanish over time.

Pourquoi mettre en place un suivi ?

En ce qui concerne la restauration des rivières :

- Des effets positifs globalement mis en évidence dans les méta-analyses **mais**
- Une grande variabilité dans les études de cas car :
 - insuffisante prise en compte du contexte BV et/ou
 - travaux inadéquats et/ou
 - problèmes de choix/de conception/de mise en œuvre des suivis.

Dans un contexte particulier :

- Difficultés à prévoir les effets (qualitatifs et quantitatifs) d'une opération de restauration particulière
 - Parfois incertitude sur la mesure la plus appropriée et la technique pour mettre en œuvre cette mesure
-

Définition d'un suivi

- C'est quoi ? Face à un **problème bien identifié**, le suivi repose sur **une série de collectes de données répétées dans le temps**. Il est basé sur la surveillance et consiste à recueillir systématiquement dans le temps des données **et autres informations**. Il diffère de la surveillance en ce sens qu'il est plus précis et **visé des cibles ou buts spécifiques** et que **l'on a une raison spécifique pour recueillir les données et informations**. Il est mis en œuvre pour **vérifier le niveau de conformité** avec une norme ou position prédéterminée, en référence à un standard prédéterminé (ex. : état de référence) ou à un état recherché.
- A quoi ça sert ? Le suivi aborde la question générale du **changement** ou de l'absence de changement dans le temps et dans des sites particuliers. Il est établi pour **détecter des tendances présumées dans l'évolution** des milieux, des espèces, des facteurs écologiques... ou pour répondre à des questions claires. C'est le cas de l'évaluation d'une opération de gestion. Ainsi l'interprétation des données pourra se faire **en référence à un modèle choisi** et prédéterminé au début de la mise en place du suivi.



d'après Fiers, 2003
Etudes scientifiques en espaces naturels

Suivi, Surveillance ou Inventaire ?

Tableau n°1 : Synthèse des définitions

Inventaire	Surveillance continue	Suivi
Ensemble d'observations qualitatives ou quantitatives.	Programme étendu d'inventaires systématiquement mis en œuvre.	Basé sur la surveillance (besoin des données de base). Recueil systématique dans le temps des données et autres informations.
Sans idée préconçue quant aux résultats.	Sans idée préconçue quant aux résultats, sans hypothèse a priori, sans idée précise sur l'évolution des paramètres mesurés.	Cible des objectifs bien précis. Il y a toujours une hypothèse de départ. On a une idée, même vague, des résultats que l'on pense obtenir.
Permet d'accumuler des données de base.	Fournit des séries temporelles d'observations et de mesures (données de base) pour estimer des tendances.	Vérifie le niveau de conformité avec une norme ou position prédéterminée. Permet de détecter des tendances présumées dans l'évolution des milieux, des espèces, des facteurs écologiques. Les résultats du suivi permettent de définir des actions de gestion.
Bien défini dans l'espace et le temps (une période limitée). Court terme (souvent une seule fois).	Moyen ou long terme (même permanent).	Moyen ou long terme, mais avec finalisation.
Les données sont recueillies sans raison autre que la connaissance de base.		On a une raison pour recueillir les données et autres informations.

Source : d'après PERENNOU *et al.*, 1999.

d'après Fiers, 2003

Etudes scientifiques en espaces naturels

Suivi et/ou évaluation ?

Evaluation : action de déterminer la valeur de quelque chose (Larousse)

«Une appréciation systématique et objective d'un projet, d'un programme ou d'une politique, en cours ou terminé, de sa conception, de sa mise en œuvre et de ses résultats. Le but est de déterminer **la pertinence et l'accomplissement des objectifs, l'efficience, l'efficacité, l'impact et la durabilité.**»



Est-ce que c'est ce qu'il fallait faire ?
Est-ce qu'on a réussi ?
Est-ce qu'on a bien fait ?
Quelles conséquences pour le futur ?

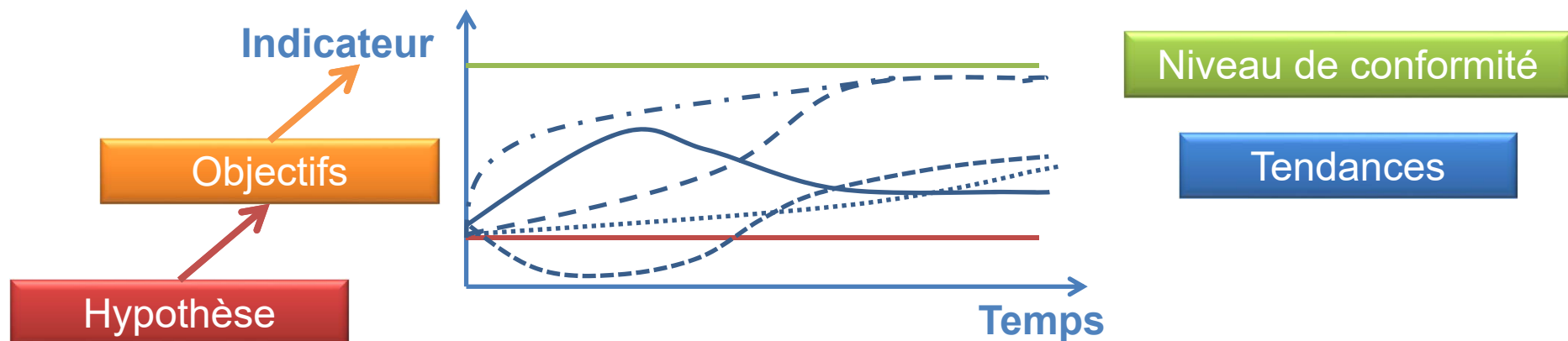
d'après la définition de [l'OCDE/CAD](#)

Les 6 principes du suivi (1/3)

1 - Le suivi repose sur des **hypothèses** et des **objectifs**

2 - Le suivi permet de vérifier le **niveau de conformité** avec une norme ou position prédéterminée et de détecter des **tendances présumées** dans l'évolution des milieux, des espèces, des facteurs écologiques

3 - Les **raisons du choix des données** de suivi et autres informations à recueillir sont **explicitées**



Les objectifs « intelligents »

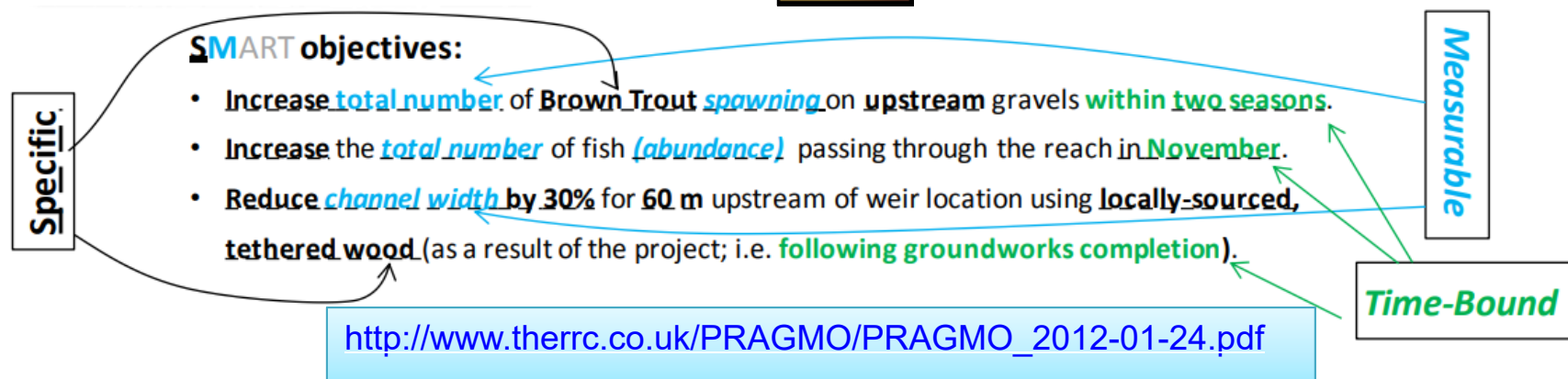
Spécifique → concret, détaillé et bien défini

Mesurable → quantitatif et comparable

Atteignable → faisable et opérationnel

Réaliste par rapport aux ressources mobilisables

Temporellement défini



Quels outils de prédiction des résultats ?

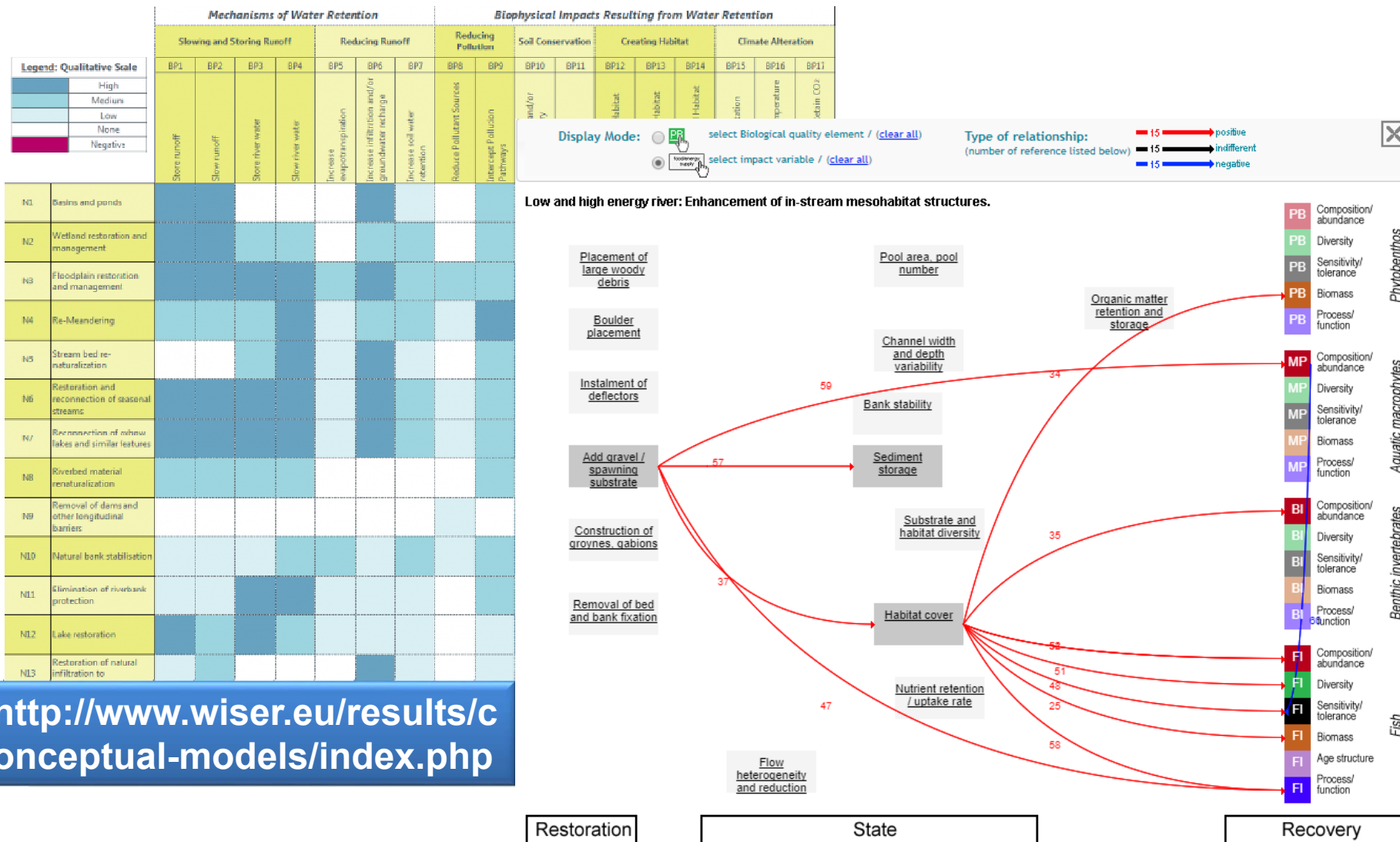
		Mechanisms of Water Retention				Biophysical Impacts Resulting from Water Retention												
		Slowing and Storing Runoff		Reducing Runoff		Reducing Pollution		Soil Conservation		Creating Habitat			Climate Alteration					
Legend: Qualitative Scale		BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6	BP7	BP8	BP9	BP10	BP11	BP12	BP13	BP14	BP15	BP16	BP17
		Store runoff	Slow runoff	Store river water	Slow river water	Increase evapotranspiration	Increase infiltration and/or groundwater recharge	Increase soil water retention	Reduce Pollutant Sources	Intercept Pollution Pathways	Reduce Erosion and/or Sediment Delivery	Improve Soils	Create Aquatic Habitat	Create Riparian Habitat	Create Terrestrial Habitat	Enhance Precipitation	Reduce Peak Temperature	Absorb and/or Retain CO ₂
N1	Basins and ponds																	
N2	Wetland restoration and management																	
N3	Floodplain restoration and management																	
N4	Re-Meandering																	
N5	Stream bed re-naturalization																	
N6	Restoration and reconnection of seasonal streams																	
N7	Renovation of ribbon lakes and similar features																	
N8	Riverbed material renaturalization																	
N9	Removal of dams and other longitudinal barriers																	
N10	Natural bank stabilisation																	
N11	Elimination of riverbank protection																	
N12	Lake restoration																	
N13	Restoration of natural infiltration to groundwater																	
N14	Re-naturalization of polder areas																	

<http://nwrn.eu/>

Effacer ouvrage transversal

Créer des habitats aquatiques

Quels outils de prédiction des résultats ?



<http://www.wiser.eu/results/conceptual-models/index.php>

Quels outils de prédiction des résultats ?

Legend: Qualitative Scale

High
Medium
Low
None
Negative

N1	Basins and ponds
N2	Wetland restoration and management
N3	Floodplain restoration and management
N4	Re-Meandering
N5	Stream bed re-naturalization
N6	Restoration and reconnection of seasonal streams
N7	Renovation of ribbon lakes and similar features
N8	Riverbed material renaturalization
N9	Removal of dams and other longitudinal barriers
N10	Natural bank stabilisation
N11	Elimination of riverbank protection
N12	Lake restoration
N13	Restoration of natural infiltration to

<http://www.conceptual-models/index.php>



Legend for biological indicators:

- Phytobenthos**
 - PB Composition/abundance
 - PB Diversity
 - PB Sensitivity/tolerance
 - PB Biomass
 - PB Process/function
- Aquatic macrophytes**
 - MP Composition/abundance
 - MP Diversity
 - MP Sensitivity/tolerance
 - MP Biomass
 - MP Process/function
- Benthic invertebrates**
 - BI Composition/abundance
 - BI Diversity
 - BI Sensitivity/tolerance
 - BI Biomass
 - BI Process/function
- Fish**
 - FI Composition/abundance
 - FI Diversity
 - FI Sensitivity/tolerance
 - FI Biomass
 - FI Age structure
 - FI Process/function

Flow heterogeneity and reduction

Restoration

State

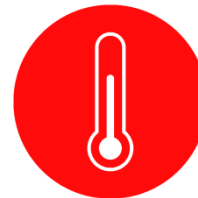
Recovery

Moulin de la Leulenne sur la Hem (Pas de Calais)

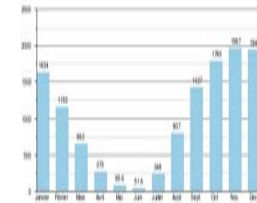
- ❑ L. 214-17, Liste 1 et Liste 2 (Saumon, Truite de mer, Lamproie fluviatile, Anguille)
- ❑ 1,50 m de chute vannes ouvertes, sans usage, limite du front de colonisation des espèces amphihalines
- ❑ Effacement total, reméandrage et recharge granulométrique
- ❑ Ex. d'objectifs → suivis → résultats :
 - ✓ progression du front de colonisation (6km réouverts) dès n+1 → suivi des frayères par la Fédé de pêche → 76 frayères recensées + présence de LPF au droit du moulin → réponse biologique immédiate
 - ✓ reprise des processus érosion/dépôt après crue morphogène → Suivi photo + Carhyce → crue morphogène décembre 2017 → formation de bancs



Choix des protocoles et indicateurs



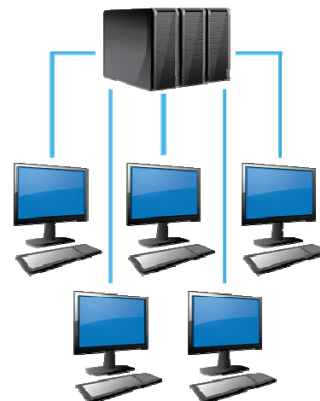
*



Ce qui est très important, c'est de faire appel à et de **respecter des protocoles standardisés**, pour **pouvoir comparer** les résultats dans le temps (...) ET entre sites.

(d'après Souchon, Y, [Que nous apprennent les suivis écologiques documentés?](#) Rapport IRSTEA, juillet 2012)

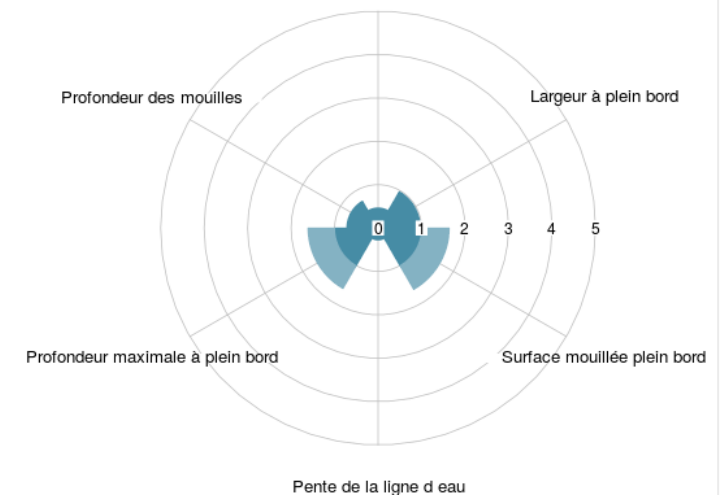
Exemple : protocoles DCE
+ outils d'interprétation
+ solution de bancarisation



Indicateur Morphologique Global : STER LAER A GOURIN

Opération n°: 1382, date de réalisation : 2009-08-18

Rapport largeur/profondeur à plein bord



IED-Carhyce

Choix des protocoles et indicateurs



*



Il nous semble possible de progresser par l'expérimentation de codes [*indicateurs*] simples car ils facilitent les échanges. En effet, les premiers résultats obtenus, s'ils sont frustrés, souvent imparfaits, offrent une base à la discussion entre spécialistes de disciplines différentes, et servent à montrer des résultats concrets aux non scientifiques.

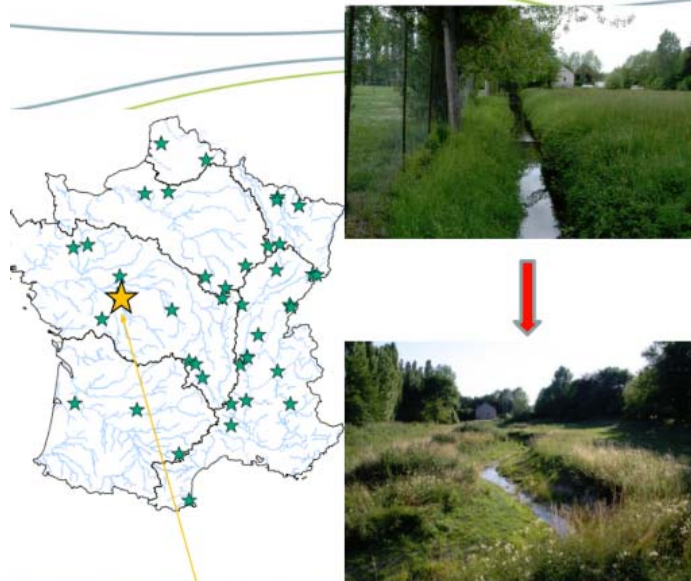
(Bazin et Barnaud, 2002)

Exemple : protocoles DCE
+ outils d'interprétation
+ solution de bancarisation



Pente de la ligne d'eau

IED-Carhyce



Problematic : Marolles suffered from anthropogenic modifications: many ponds over its course and calibration-correction. Alteration of biodiversity

Hydromorphological restoration works :
Transformation of a linear 394 m of watercourse straight in a stream twisty straight of 527 m.
Creation of an alluvial mattress.
Plantation of trees, shrubs and helophytes

Goal : to Contribute to reaching the good ecological status

Monitoring SSM initiated by ONEMA in 2007 :
2 stations, 3 components, 1 year of initial state, 3 years after state

4 partners:
- Montrésor cities community
- Loire-Bretagne Water Agency
- Fishing Federation and Protection of Aquatic Environments
- National Office for Water and Aquatic Environments (ONEMA)



But : Contribuer à l'atteinte du bon état écologique

Utilisation de l'IPR

Restoration carried



Reméandrage du Marolles (37)

Recharge granulométrique du ruisseau de Martilly (21)

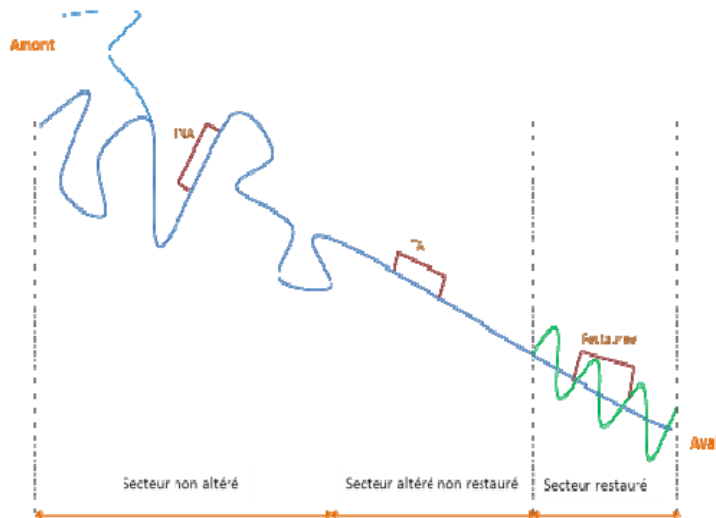
- ❑ Cours d'eau rectifié, recalibré, curé
- ❑ Recharge granulométrique sur 1km, création d'un lit d'étiage, sans modification du lit plein bord (gabarit surdimensionné – Q10)
- ❑ Type d'opération rare dans la région → mise en place d'un suivi



❑ Exemples d'objectifs et de suivis :

- ✓ reprise d'une évolution naturelle du profil en long et des faciès d'écoulement → réalisation de profils en long avant travaux puis après « chaque crue significative »
- ✓ mise en place de radiers → indicateurs : nombre de radiers et déplacement des radiers → pointage GPS des radiers avant travaux, juste après travaux puis après « chaque crue significative »
- ✓ mise en mouvement des sédiments déversés pendant les crues → étude de 4 placettes de 1m² avec marquage des sédiments

Les 6 principes du suivi (2/3)



4 - Le suivi se base sur un **recueil systématique dans le temps et dans l'espace** des données de suivi **et autres informations**

5 - Le suivi a une durée variable, à plus ou moins long terme et **une fin planifiée**

Nb d'années avant ou après travaux	n-2	n-1	n-0	T R A V A U X	n+0	n+1	n+2	n+3	n+4	n+5	n+6	n+7
Nb de mois avant ou après travaux	36 35 ... 14 13	12 11 ... 2 1	1 2 ... 5 6 7 8 9 10 ... 14 15 16 17 18 19 20 ... 29 30 31		32 33 34 ... 38 39 40 41 42 43 44 45 ... 51 52 53 54 55 56 57 58 ... 62 63 64 65 66 67 68 ... 77 79 80 81 82 ... 86 87 88 89 90							
HYMO												
PC												
BIO												

* poissons seulement

Types de suivi : le design BACI

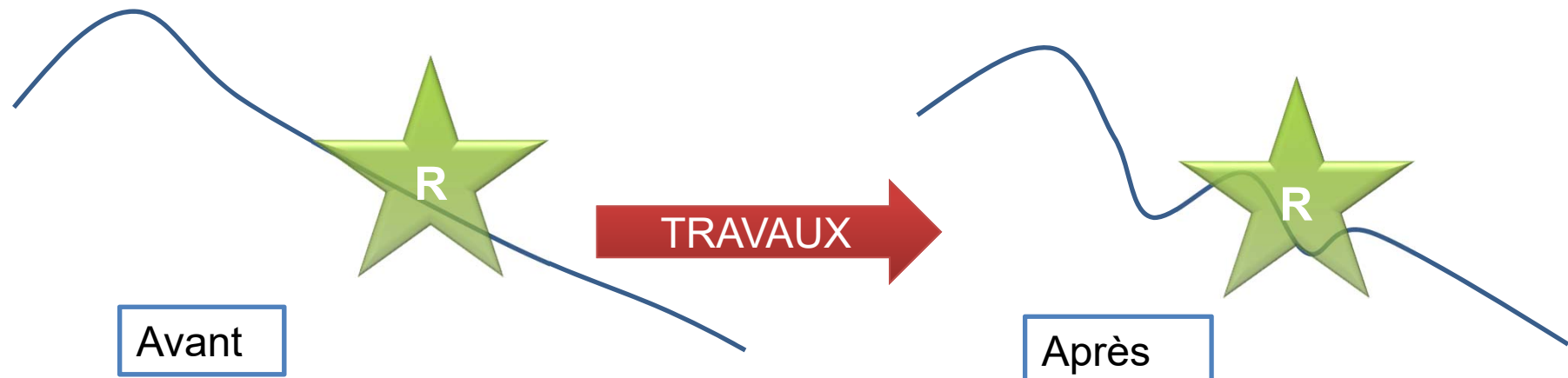
Before – After – Control – Impact

Avant travaux – Après travaux – Station Témoin – Station Restaurée

	Av.	Ap.
R		
T		

	Av.	Ap.
R		
T		

	Av.	Ap.
R		
T		



Types de suivi : le design BACI

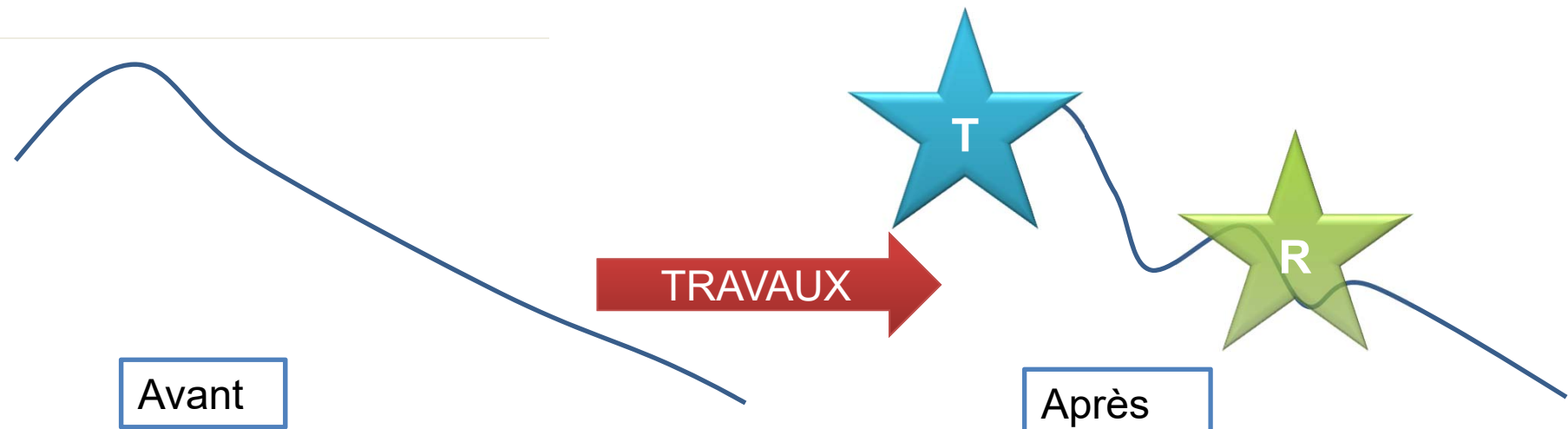
Before – After – Control – Impact

Avant travaux – Après travaux – Station Témoin – Station Restaurée

	Av.	Ap.
R		
T		

	Av.	Ap.
R		
T		

	Av.	Ap.
R		
T		



Types de suivi : le design BACI

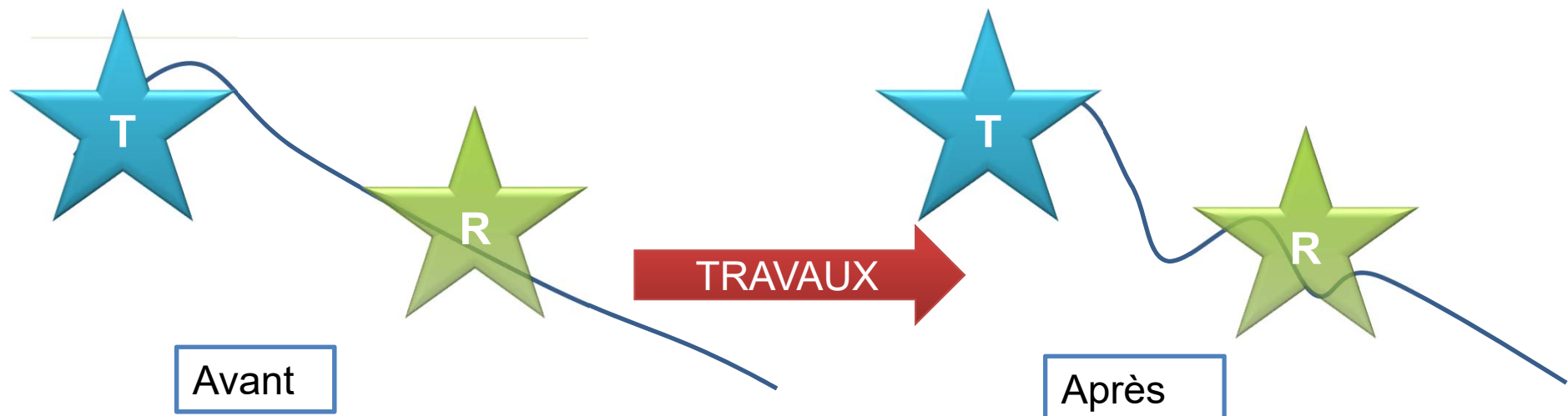
Before – After – Control – Impact

Avant travaux – Après travaux – Station Témoin – Station Restaurée

	Av.	Ap.
R		
T		

	Av.	Ap.
R		
T		

	Av.	Ap.
R		
T		

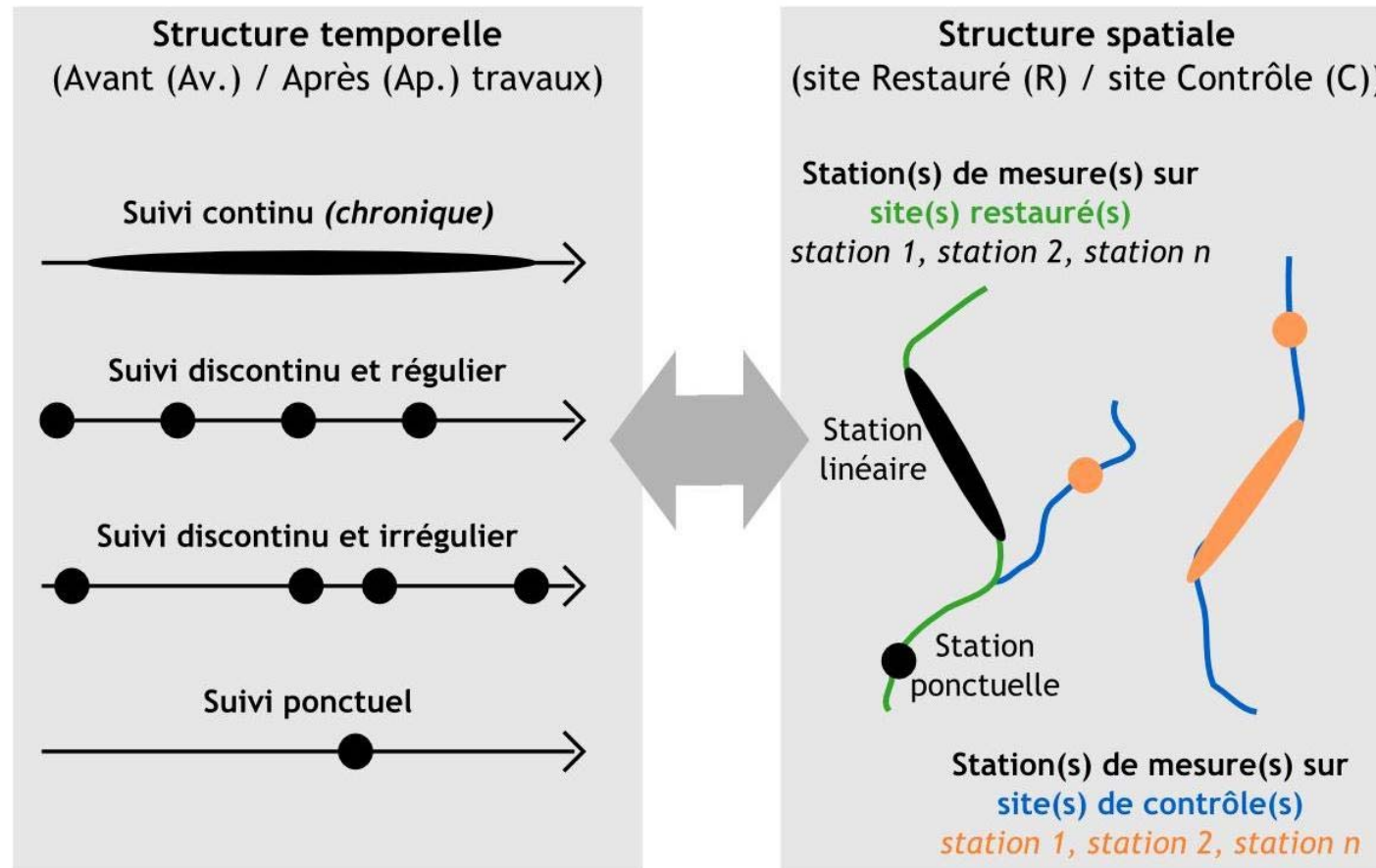


Types de suivi : Forces et limites

D'après Kibler et al., 2011

Type de suivi	Suivi spatial minimal	Suivi temporel minimal	Forces	Limitations
BA (Av/Ap)	1 (R)	2 ans (Av/Ap)	Peu d'investissement	Les changements observés ne peuvent pas plus être attribués à la restauration qu'à d'autres facteurs externes
BACI (Av/Ap/T/R)	2 (R+T)	2 ans (Av/Ap)	Différenciation des effets de la restauration par rapport à ceux de facteurs externes	Choix du témoin délicat, ressources à mobiliser, prise en compte correcte de la variabilité temporelle entre les 2 types de station
BACIPS (Av/Ap/T/R) Paired Sampling	2 (R+T)	Plusieurs (Av/Ap)	Différenciation des effets de la restauration par rapport à ceux de facteurs externes ; évaluation des paramètres d'autocorrélation temporelle inhérente aux séries	Choix du témoin délicat, ressources à mobiliser, prise en compte correcte de la variabilité temporelle entre les 2 types de station
MBACI Multiple (Av/Ap/T/R)	3 (1R et 2T)	2 ans (Av/Ap)	Différenciation des effets de la restauration par rapport à ceux de facteurs externes ; détection de la divergence entre la station restaurée et les stations contrôle	Multiplication de la variabilité, choix des témoins délicat, ressources à mobiliser
Méthode synchronique	2 (R+T)	1 an (Ap)	Uniquement quand données de pré restauration indisponibles	Choix du témoin délicat, résultats pas forcément attribuables à la restauration

Structure des suivis



Morandi, 2014

La restauration des cours d'eau en France et à l'étranger : de la définition du concept à l'évaluation de l'action. Eléments de recherche applicables

Structure des suivis

J. England, M.A. Wilkes / Science of the Total Environment xxx (2017) xxx–xxx

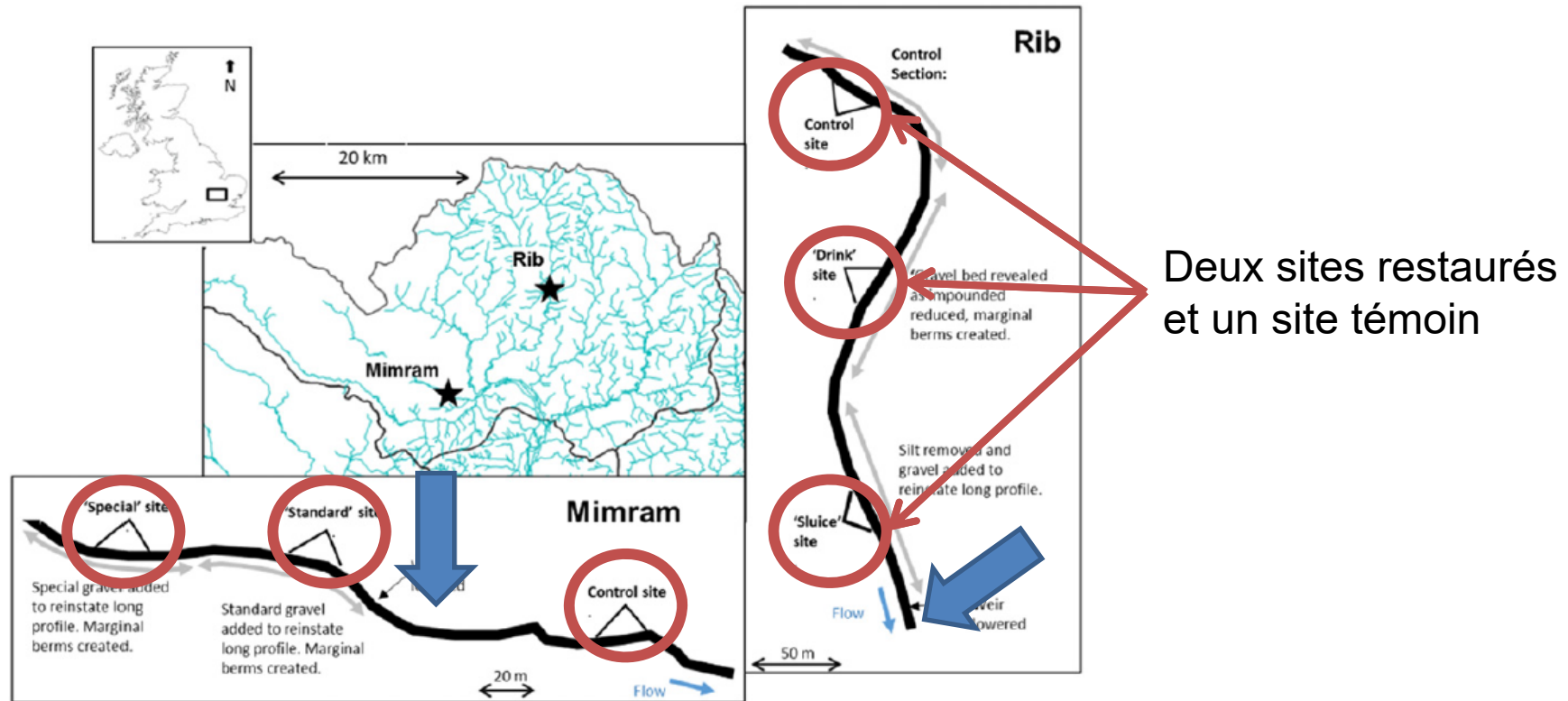
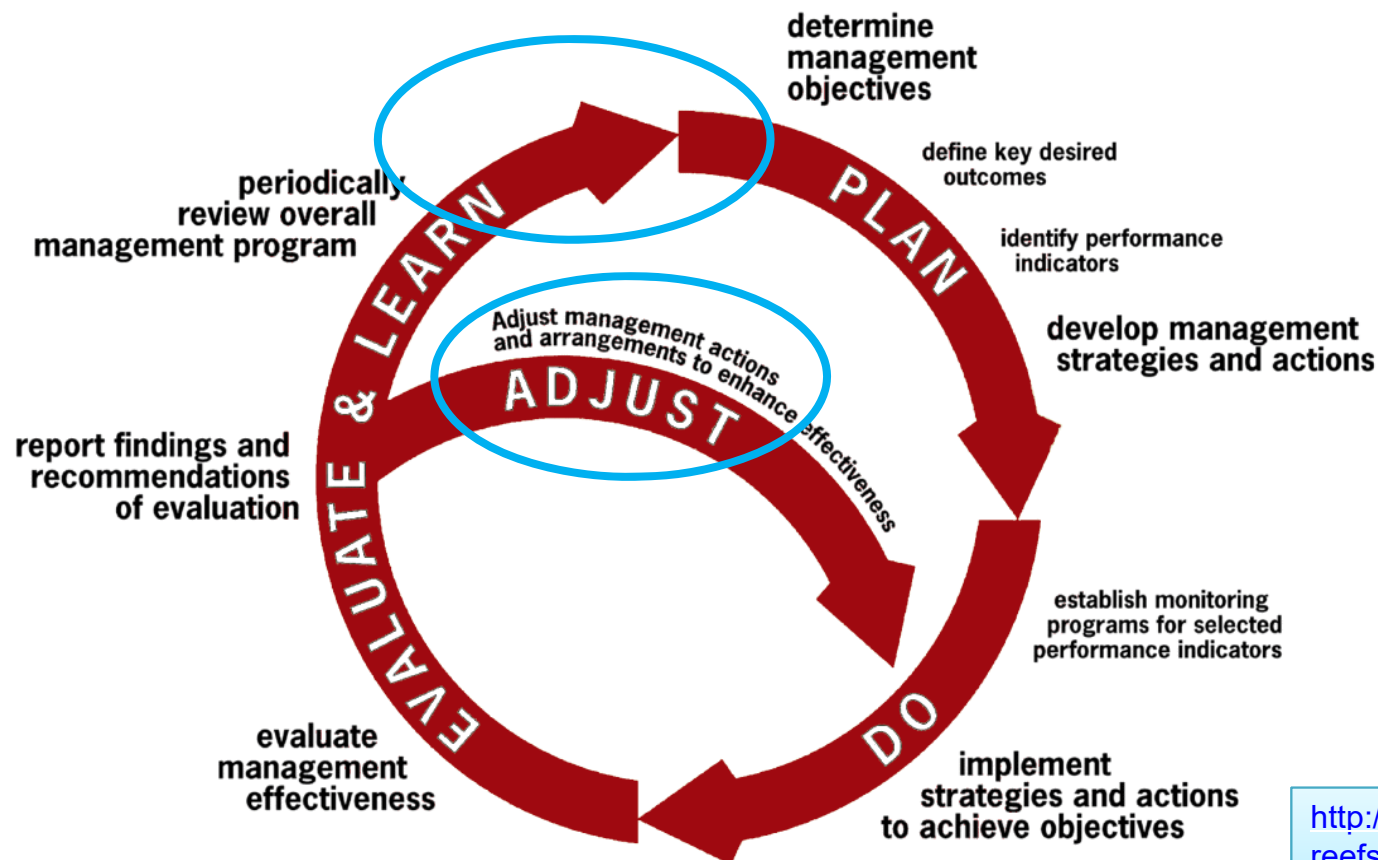


Fig. 2. Location of the restoration projects.

England, 2017
Does river restoration work? Taxonomic and functional trajectories at two restoration schemes

Les 6 principes du suivi (3/3)

6 - Les résultats du suivi permettent de **définir des actions de gestion**



**Adaptative
management
OU
Gestion
adaptative**

<http://www.reefresilience.org/coral-reefs/management-strategies/measuring-effectiveness-and-adaptive-management/adaptive-management/>

Exemple de gestion adaptative

Reconstitution du matelas alluvial

Crue → disparition quasi-totale des matériaux injectés → sous-dimensionnement (granulo et/ou volume) → vérifier la justesse des calculs hydrologiques, hydrauliques et de transport solide → redimensionner → réintervenir si possible



Ex : milieu péri-urbain, mauvaise prise en compte de la dynamique des écoulements (augmentation des crues en fréquence et en intensité)

Photo : Anne Vivier – AFB (Ruisseau de la Mécanique – 35)

Les questions auxquelles il faut répondre

Pourquoi?

Pourquoi je mets en place un suivi sur ce site ?

Quoi ?

Quelle est mon hypothèse, quels sont les objectifs du suivi ?

Comment ?

Quelles données, pourquoi, comment ?

Quand ?

Quand est-ce que j'échantillonne ? Quelle durée du suivi ?

Où ?

Où je positionne mes stations ?

Qui ?

Qui fait quoi ?

Combien ?

Combien ça coûte ?



Dans la littérature un certain consensus... sur ce qu'il faudrait faire

Il faut être préparé à une **moindre maîtrise des trajectoires futures** des systèmes. Cela plaide pour que l'accompagnement des opérations de restauration soit conçu au sein de **stratégies cohérentes**, reposant sur un **diagnostic approfondi**, une **ligne directrice claire**, des **mesures bien dimensionnées et bien articulées dans le temps**, des **indicateurs** permettant de juger de la trajectoire et **si besoin de la corriger**.

(Souchon, Y, [Que nous apprennent les suivis écologiques documentés ?](#) Rapport IRSTEA, juillet 2012)



However, variability was high, stressing the need for **adaptative management**. Furthermore, the large but non linear and different (even negative) effects of project age stressed **the need for long-time monitoring** to better understand **the trajectories** of changes caused by restoration measures and **to identify sustainable measures**.

(Kail, J., et al., [The effect of river restoration on fish, macroinvertebrates and aquatic macrophytes: A meta-analysis](#). Ecological Indicators, 2015. **58**(Supplement C): p. 311-321)

Dans la littérature un certain consensus... sur ce qu'il faudrait faire

Il faut être préparé à une **moindre maîtrise des trajectoires futures** des systèmes. Cela plaide pour que l'accompagnement des opérations de restauration soit conçu au sein de **stratégies reposant sur un diagnostic approfondi**, une **ligne directrice** **dimensionnées et bien articulées** et **indicateurs** permettant de juger de la

(Souchon, Y, [Que n...](#) juillet 2012)

Globalement, on sait ce qu'il
faudrait faire pour concevoir de
bons suivis !
Alors, qu'est-ce que ça donne ?

ing the **management**.
non linear and
) effects of project age
to identify sustainable measures.

(Kail, J., et al., [The effect of river restoration on fish, macroinvertebrates and aquatic macrophytes: A meta-analysis](#). Ecological Indicators, 2015. **58**(Supplement C): p. 311-321)

Dans la littérature un certain consensus... sur ce qu'il faudrait faireet ce qui n'est pas (bien) fait

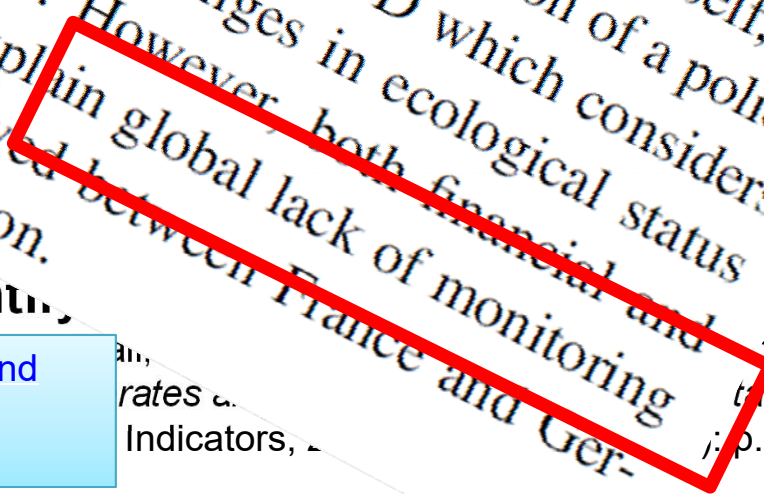
Il faut être préparé à accompagner les opérations de restauration sur un diagnostic bien dimensionné permettant

(Source)

faudrait
Alors, qu'est-ce qu'il faut faire ?

Morandi et al., 2017. [Diverse Approaches to Implement and Monitor River Restoration : A Comparative Perspective in France and Germany](#)

There is a clear challenge to adjust policy to measure effects of actions rather than the number of actions itself, the effects of a policy rather than the implementation of a policy and answer to the expectation of the WFD which considers political arguments could explain global lack of monitoring but not the differences observed between France and Germany. However, both financial and ecological status of rivers and social benefits. Indicators, p. 311-321



Il faut être préparé à restaurer les systèmes. Cela nécessite un diagnostic précis et une dimension permettant de...

(Souchon, Y, Que...

Il y a un besoin de maîtriser les trajectoires futures des systèmes. Cela nécessite l'accompagnement des opérations de restauration et la mise en place de mesures bien ciblées et suivies. Les indicateurs doivent être pertinents et sensibles aux effets des actions. Il y a un besoin de comprendre les trajectoires des systèmes et d'identifier des mesures durables.

(juillet 2012)

Alors, qu'est-ce que ça donne ?
Globalement, il faudrait faire pour ça des bons suivis !

Il y a un besoin de maîtriser les trajectoires futures des systèmes. Cela nécessite l'accompagnement des opérations de restauration et la mise en place de mesures bien ciblées et suivies. Les indicateurs doivent être pertinents et sensibles aux effets des actions. Il y a un besoin de comprendre les trajectoires des systèmes et d'identifier des mesures durables.

(Kail, J., et al., *The effect of river restoration on fish, macroinvertebrates and aquatic macrophytes: A meta-analysis*. Ecological Indicators, 2015. **58**(Supplement C): p. 311-321)