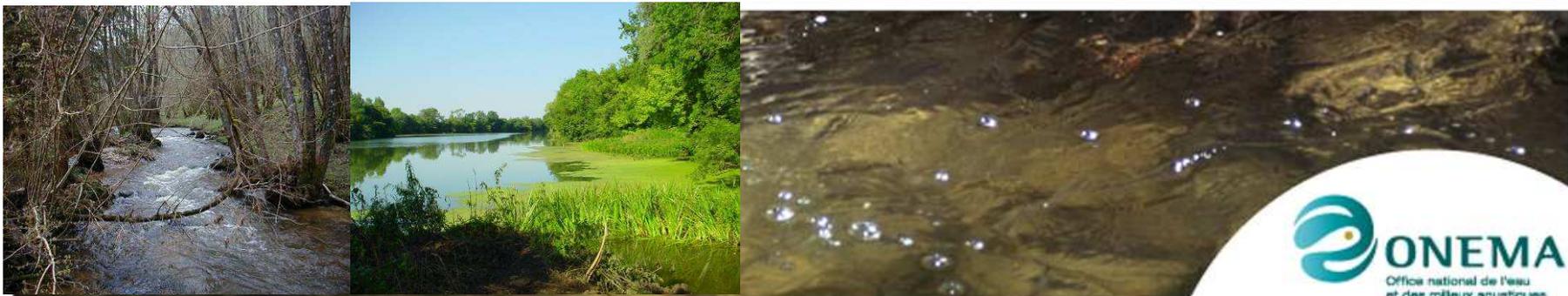




Méthode d'évaluation de la qualité hydromorphologique des cours d'eau

Etat initial et suivis après restauration hydromorphologique

Novembre 2009 - Laetitia BOUTET-BERRY



Évaluation et suivis

Pourquoi faire de suivis, à l'échelle globale ?

•Constat :

- Beaucoup de travaux sans évaluation ni suivis,
- jusqu'à maintenant uniquement suivi biologique (pêche, IBGN)
- les retours d'expérience sont peu nombreux dans ce domaine (le Drugeon,...)
- compétence hydromorphologique à développer,



Évaluation et suivis

Pourquoi faire des suivis à l'échelle locale ?

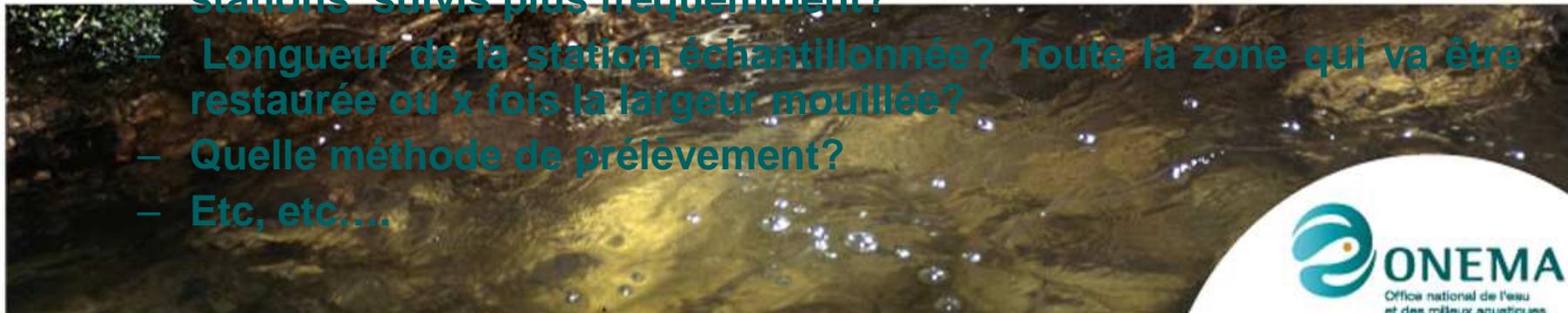
•L'objectif est double :

- Analyser l'ensemble des effets positifs (ou négatifs) immédiats ou à plus long terme des travaux réalisés
- Proposer des mesures correctives en cas de résultats peu probants voire négatifs.



Mais quand on veut faire un suivi, beaucoup de question 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 compartiment 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....**



Le Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau, AESN, 2007, préconise de réaliser 2 catégories de suivis :

- **1 Suivi écologique à minima** (manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau, AESN 2007).
 - **Contenant :**
 - ***Lit mineur* :**
 - IBGN (protocole DCE)
 - pêches électriques (quel protocole ?)

 - **En complément on peut prévoir sur le *Lit majeur* :**
 - inventaires faunistiques et floristiques
 - **Pas de temps : minimum 3 ans après état initial**



- **2/ Suivi géomorphologique** (manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau, AESN 2007) :
 - **Pas de temps** : minimum 3 ans après état initial avec campagne exceptionnelle possible si crue morphogène intervient entre temps
 - **Contenant à minima** :
 - Une cartographie des faciès d'écoulement
 - Un lever de profil en long : ligne d'eau à l'étiage + point en fond de lit (le plus bas de la section mouillée) avec une distance inter-point de la valeur de la largeur moyenne du lit
 - Plusieurs levers de profils en travers : avec une distance « interprofil » de 3 fois la largeur moyenne du lit
 - Mesures granulométriques : 1 échantillon tous les 5 largeurs de lit mineur, si possible sur des faciès tels que radier ou plat



Mais suivant quel protocole ???



CarHyCE (Caractérisation de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau)

Protocole national standardisé de recueil de données hydromorphologiques quantitatives sur le terrain.

Le protocole CARHYCE répond aux objectifs suivants :

- 1. Caractériser les cours d'eau au niveau stationnel, afin de permettre le suivi hydromorphologique des réseaux de surveillance DCE (RCS et RCO).**
- 2. Assister la conception des programmes de restauration (programmes de mesures et autres) ;**
- 3. Suivre l'efficacité des programmes de restauration ;**
- 4. Assister la conception des programmes de conservation des milieux en bon et très bon état.**
- 5. Accroître la connaissance des processus hydromorphologiques et de leur lien avec les biocénoses, afin de perfectionner à terme les méthodes de conservation et de restauration des milieux aquatiques.**



Mise en œuvre CARHYCE/ Détermination de la station

Positionnement de la station

Objectifs :

- ✓ Être représentatif du tronçon décrit (travaux, cours d'eau, station référence,...), en terme :
 - ✓ De caractéristiques géométriques moyennes (largeur/profondeur)
 - ✓ De faciès d'écoulement
 - ✓ D'altérations présentes

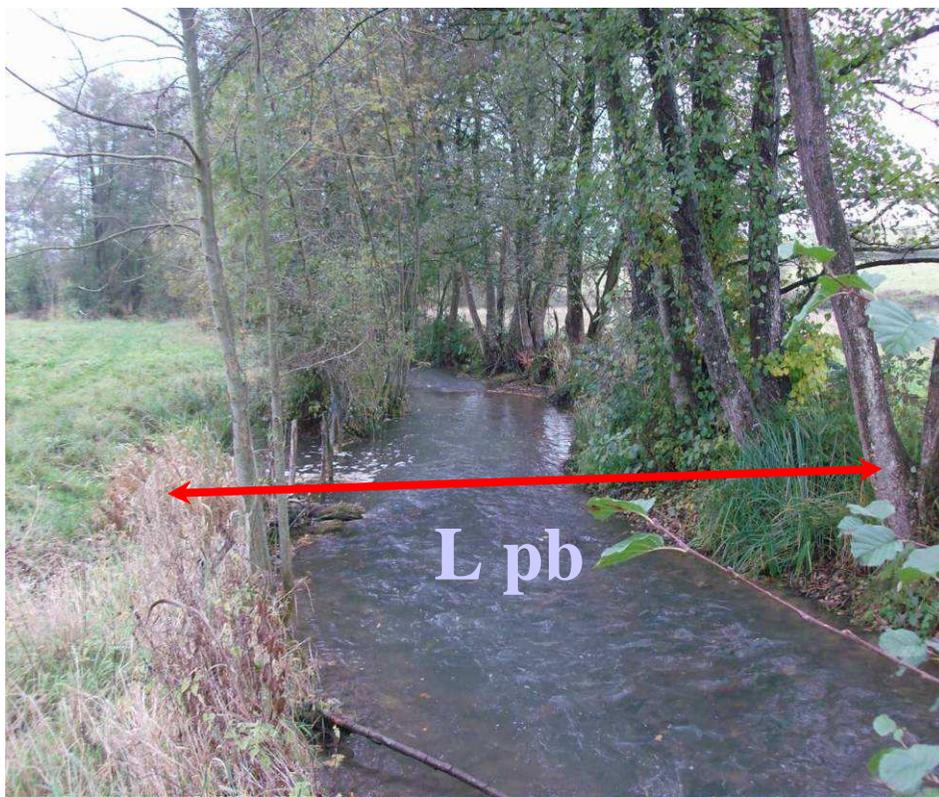


Mise en œuvre CARHYCE / détermination de la station

Détermination de la longueur de station et positionnement

Définition :

La largeur de plein bord (Lpb) correspond à la limite au delà de laquelle l'eau se répand dans la plaine d'inondation d'un cours d'eau (Wolman et Leopold 1957) .



Longueur station : $14 \times Lpb$
moyen (3 mesures)

Limite aval : radier le plus aval
lorsqu'il est présent.

Mise en œuvre CARHYCE/ Descriptif du protocole

Descriptif du protocole

15 transects : 15 profils en travers du lit plein bord / granulométrie/ habitats et ripisylve

Pas inter-transects : Lpb moyen

Pas inter-points : Lm moyen / 7

Autres mesures :

Mesure de débit

Échantillonnage de granulométrie sur radier

Pose de bâtonnets pour expertise « colmatage »

Pente de la ligne d'eau



Mise en œuvre CARHYCE / La géométrie du lit à plein bord

Quelles mesures et Pourquoi ?

Le Débit de pleins bords (Qpb) :

C'est le débit, sur un cours d'eau naturel en équilibre, correspondant à la crue journalière de retour : 1,5 à 2 ans.

✓ Il permet de détecter une éventuelle altération (ex : recalibrage mais aussi mauvais calage de travaux, etc...) si la période de retour dépasse 2 ans.



Débit mesuré au
courantomètre
ou avec un
débitmètre

Mise en œuvre CARHYCE / La géométrie du lit à plein bord

La puissance spécifique de pleins bords :

C'est le produit de la pente (J) par le débit (Q).

Paramètre déterminant de la dynamique fluviale

- ✓ Plus elle est élevée, plus le cours d'eau a de capacité à éroder ses berges (si celles-ci sont érodables)
- ✓ Plus elle est élevée, plus le cours d'eau a de capacité à transporter ses alluvions.
- ✓ Elle permet de déterminer la fréquence de mise en mouvement des sédiments et donc la stabilité temporelle du substrat,

Mise en œuvre CARHYCE / La géométrie du lit à plein bord

Le rapport de la largeur sur la profondeur plein bord moyenne (Lpb/Ppb) :

Indicateur de :

✓ L'activité géodynamique d'un cours d'eau

✓ Cours d'eau à Dynamique active ((processifs érosifs latéraux importants et des apports solides élevés : $Lpb/Ppb \geq 20$)

✓ Cours d'eau en tresse : $Lpb/Ppb \geq 100$

✓ Petits cours d'eau de plaine : Lpb/Ppb de 2 à 15

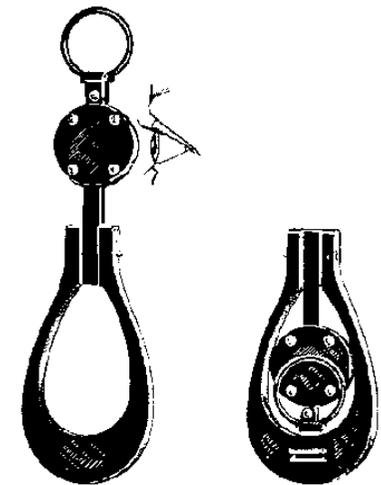
✓ La cohésion des berges :

✓ Plus les berges sont cohésives, plus le cours d'eau est étroit et profond (et vice versa) et plus il y a de ripisylve naturelle

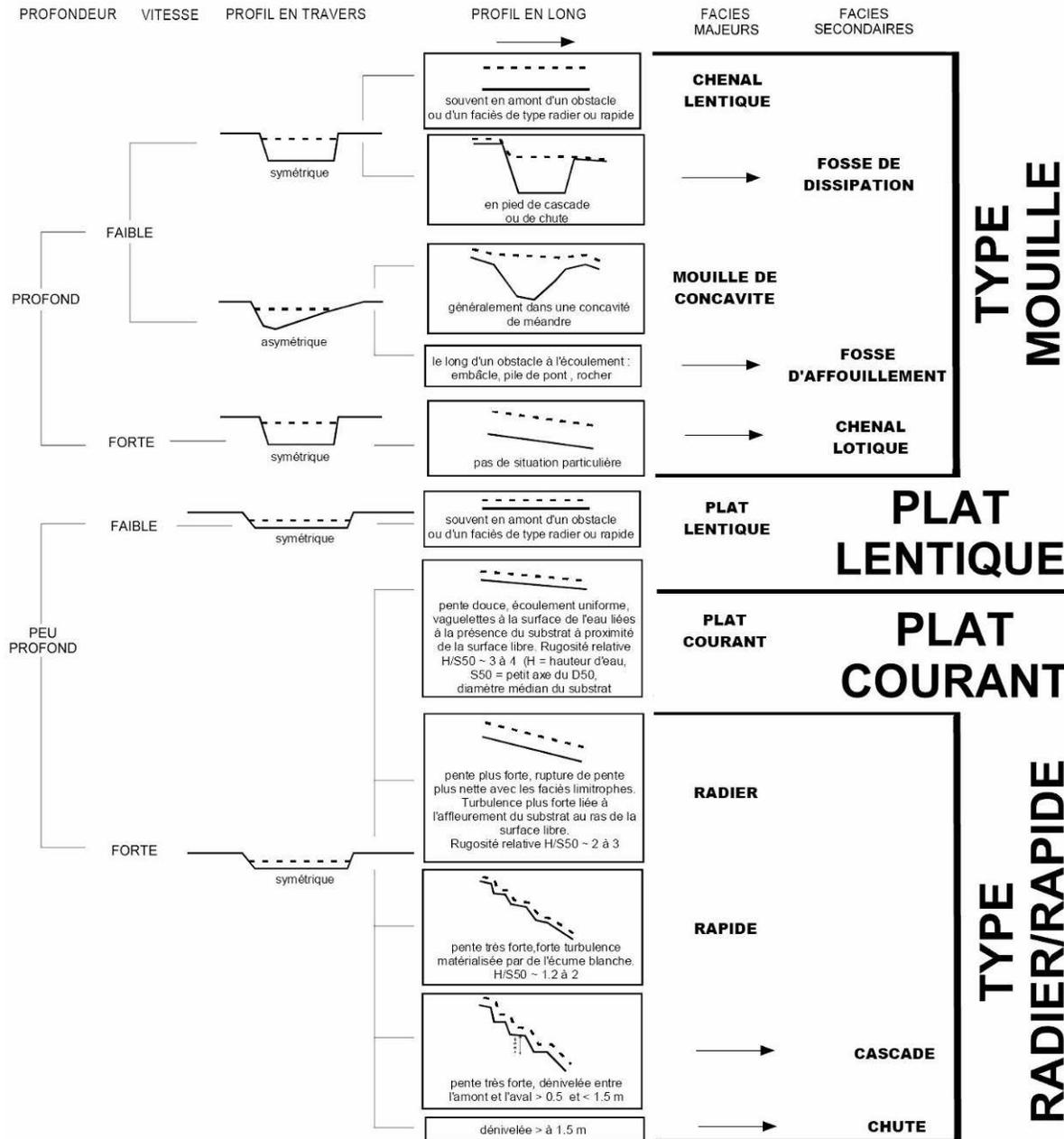
Mise en œuvre CARHYCE / La géométrie du lit à plein bord

Mesure des hauteurs de berges (Lpb)

Mesures des hauteurs de berges : niveau, niveau optique, clisimètre



Mise en œuvre CARHYCE / Les faciès d'écoulement



Clé de détermination simplifiée des faciès d'écoulement

Typologie Malavoi/Souchon, 2002

Mise en œuvre CARHYCE / La Granulométrie sur radier

Mesure granulométrique sur radier (100 points)

Méthode
Aléatoire :

✓ Objectif :

Connaître les processus de mobilisation des sédiments :

Couplée à la puissance spécifique, permet de connaître la fréquence minimale de mise en mouvement des matériaux du lit

- ✓ Prospection de l'ensemble du radier de façon aléatoire
- ✓ Définition du point de mesure « au doigt sans regarder »
- ✓ Mesure de la plus grande largeur au pied à coulisse



Mise en œuvre CARHYCE / La Granulométrie sur radier

Mesure granulométrique sur transects

✓ Objectif :

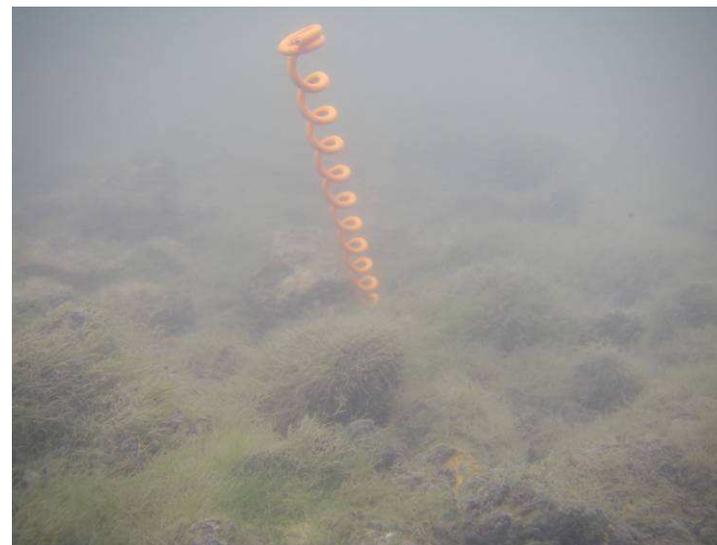
Calcul d'un indice de diversité granulométrique

Permet d'évaluer la rugosité granulométrique du lit par modèle hydraulique



Mise en œuvre CARHYCE / Colmatage

Mesure « colmatage » – 8 bâtonnets / station



✓ 4 bâtonnets en tête de radier

✓ 2 radiers par stations

Mise en place : barre à mine + masse (prototype)

Relève après

1 mois



Mise en œuvre CARHYCE / Description Habitats

15 Transects – Substrats additionnels



15 Transects - Ripisylve



IAM : indice d'attractivité morphodynamique

DR 5 du CSP (DEGIORGI et al., 1993-1997) et finalisée par TELEOS (1998).

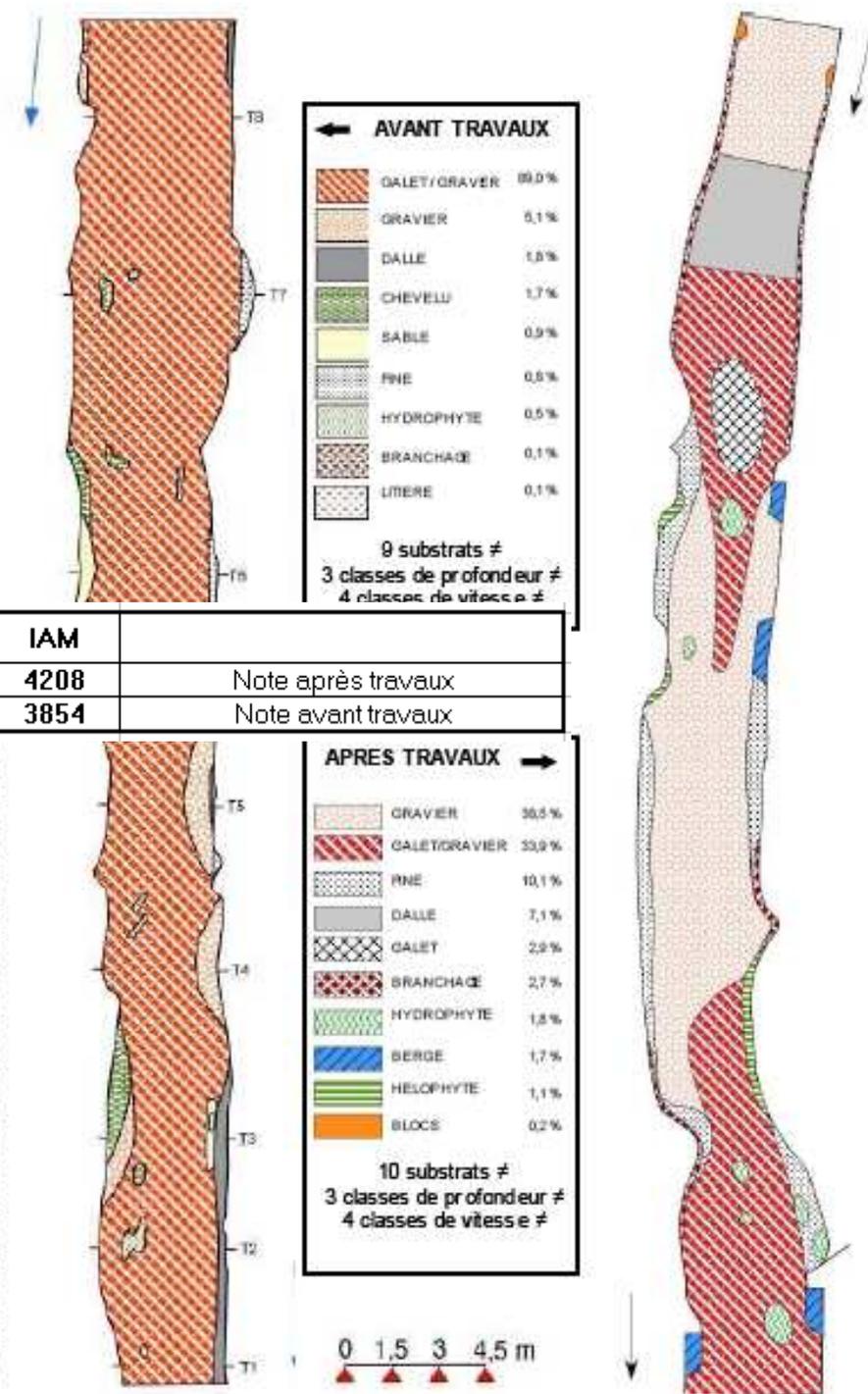
- 1/ Réalisation d'une cartographie à partir de transects des composantes de la qualité physique suivantes:
 - de hauteurs d'eau (isobathes)
 - de vitesses de courant (isovitesses)
 - de substrats/supports.

- 2/ Superposition des 3 cartes

- 3/ l'intersection de ces 3 niveaux d'information permet de tracer la **cartographie des pôles d'attraction** qui sont ensuite dénombrés puis après pondération en fonction de chaque type de pôles qui permettent de définir un **Indice d'Attractivité morphodynamique**



Ex : Travaux de restauration hydromorphologique sur le RULE (08)



| | Surface | n S | n H | n V | n pôles | I. div | Att. S | IAM | |
|----|----------------------|-----|-----|-----|---------|-------------|--------|-------------|--------------------|
| S3 | 123,8 m ² | 11 | 4 | 4 | 56 | 1,41 | 23,91 | 4208 | Note après travaux |
| A3 | 123 m ² | 10 | 4 | 4 | 60 | 1,46 | 24,1 | 3854 | Note avant travaux |



Les techniques « micro-habitats » (Evha, Estimhab,...)

Techniques développées pour déterminer les valeurs de débits réservés ou débit minimum biologique dont les résultats dépendent beaucoup du :

- Choix de la station,
- Description de la station,
- Calage hydraulique,
- Choix des modèles biologiques (espèces visées et courbes de préférenda choisies).

Non adaptée au suivi de travaux de restauration hydromorphologique



Score d'hétérogénéité de l'habitat

LANGUILLE F. & ROUBERTOU D., 2001, Quantification de la perte de diversité d'habitat sur les cours d'eau du Massif armoricain

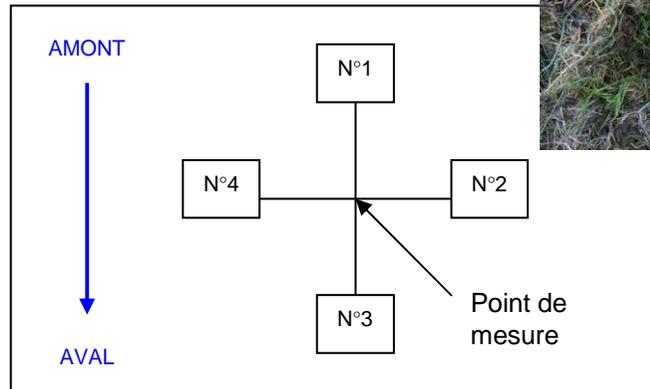
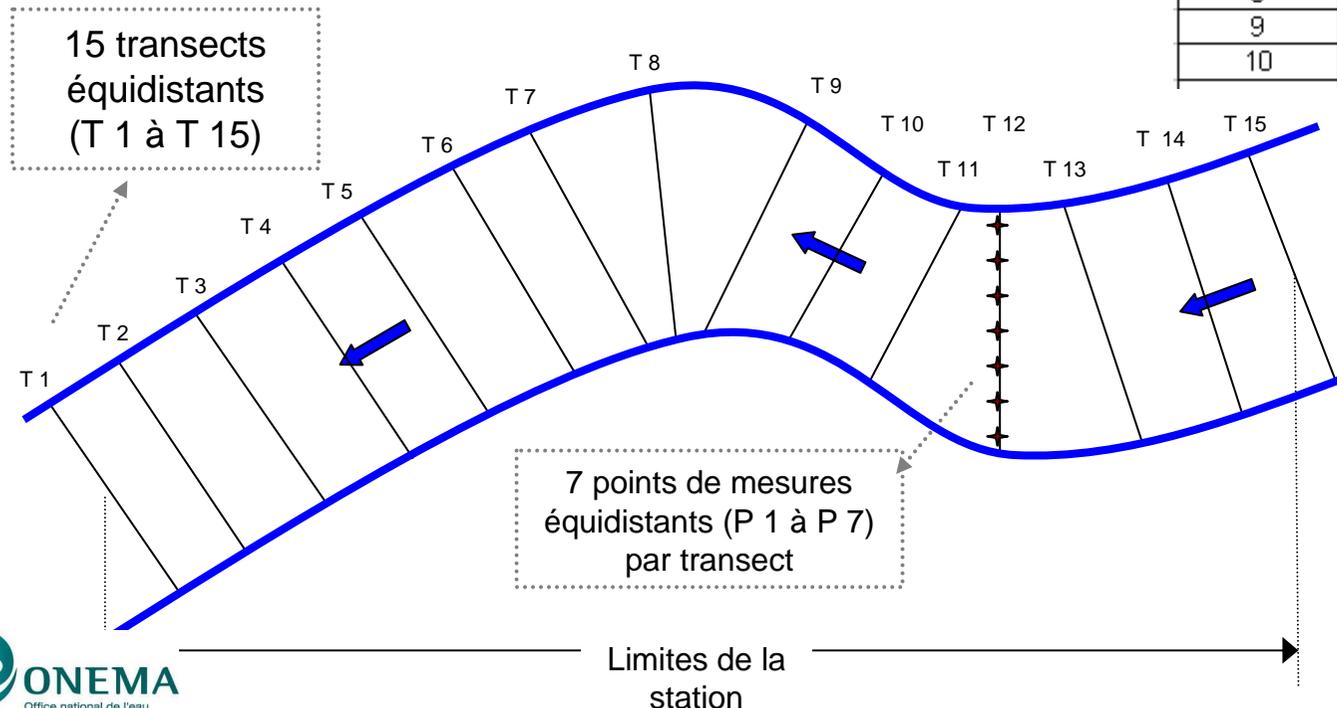


Tableau : Codes des substrats

| substrat | substrat |
|----------|------------------------|
| 1 | vases, argiles, limons |
| 2 | sables (<0.2cm) |
| 3 | graviers fins |
| 4 | graviers grossiers |
| 5 | cailloux fins |
| 6 | cailloux grossiers |
| 7 | Pierres fines |
| 8 | Pierres grossieres |
| 9 | Blocs |
| 10 | Dalles |



Score d'hétérogénéité de l'habitat

Les scores d'hétérogénéité peuvent varier entre 105 et 1365

Les résultats observés sur 22 cours d'eau du massif armoricain indiquent des valeurs entre 279 et 851 avec une **moyenne de 660**.

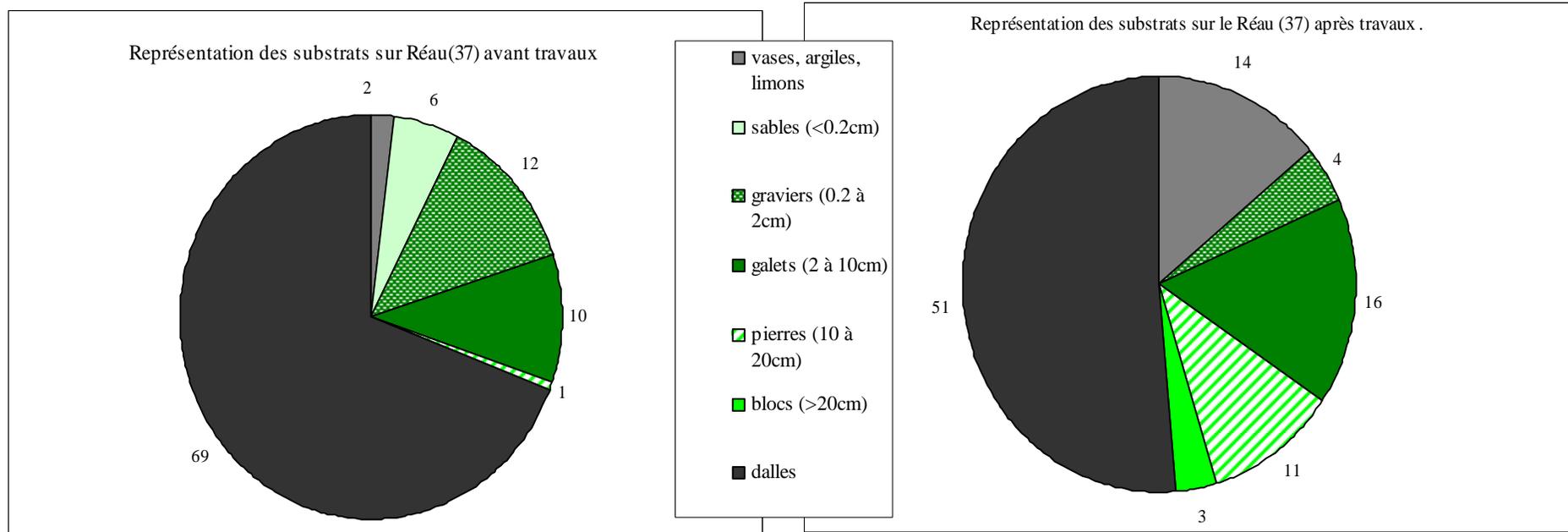
On peut considérer qu'au-dessous de cette moyenne, la station étudiée possède un substrat relativement homogène

Le score avant/après travaux a été calculé sur

-le Réau, affluent de l'Indrois(37) où des travaux ont été réalisés à « faible » densité (619 m³ sur un linéaire d'environ 4 500m -9 000m²-),

- Le Magnerolles affluent de la Sèvre niortaise (79), et la Clouère amont, affluent du Clain (86), deux sites expérimentaux où des travaux à forte densité ont été réalisés sur 400m (307t sur400m -1022m², et 400t sur 323m (778 m²).

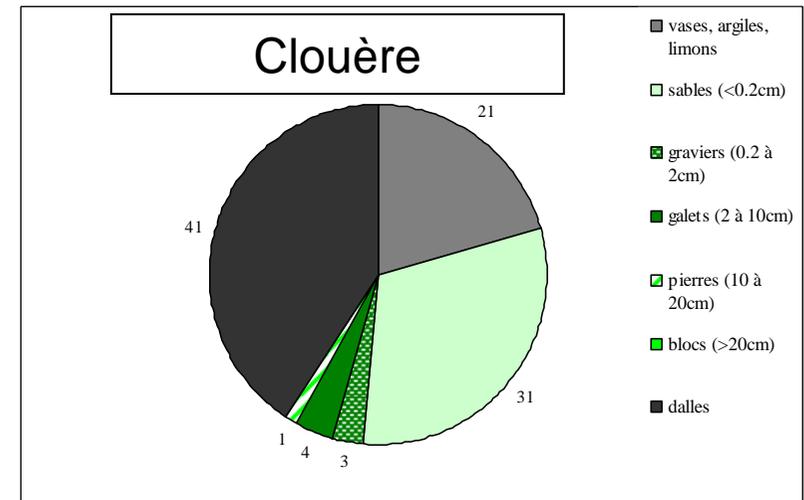
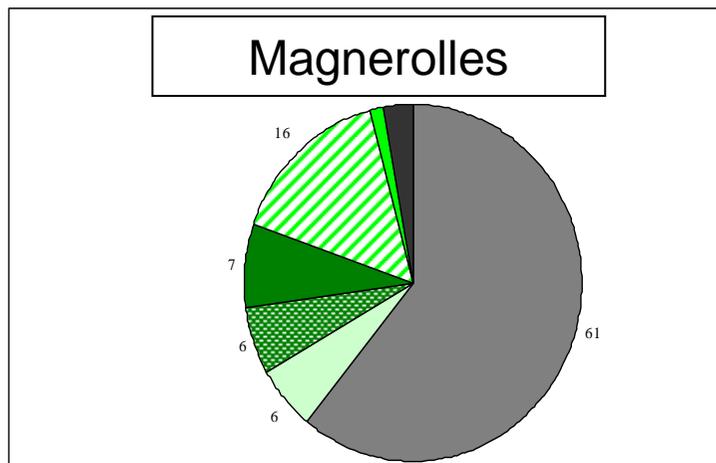
Score d'hétérogénéité de l'habitat



Les relevés après travaux font apparaître une légère augmentation du pourcentage de granulats grossiers (de 29 à 34%).
Le score d'hétérogénéité évolue de 324 à 451.

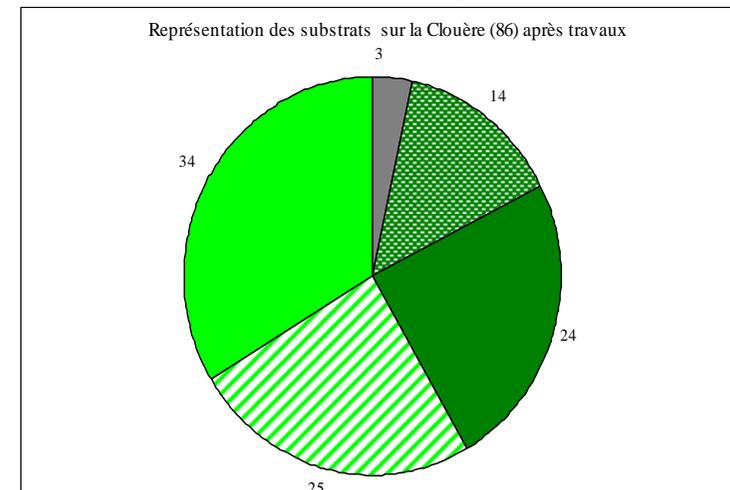
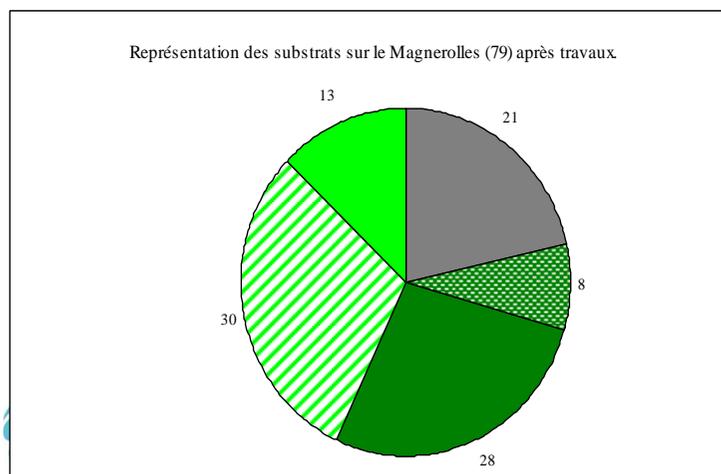
Les aménagements sont insuffisants pour obtenir un gain immédiat satisfaisant, cependant, il sera intéressant d'observer les modifications du fond du lit après quelques crues et remobilisation des granulats disposés en berge.

Score d'hétérogénéité de l'habitat



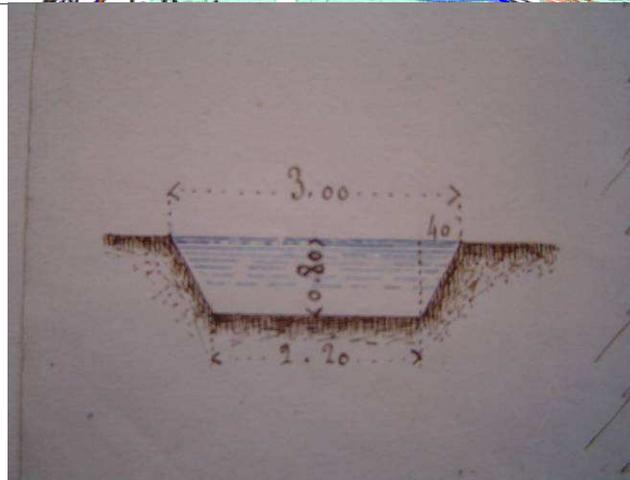
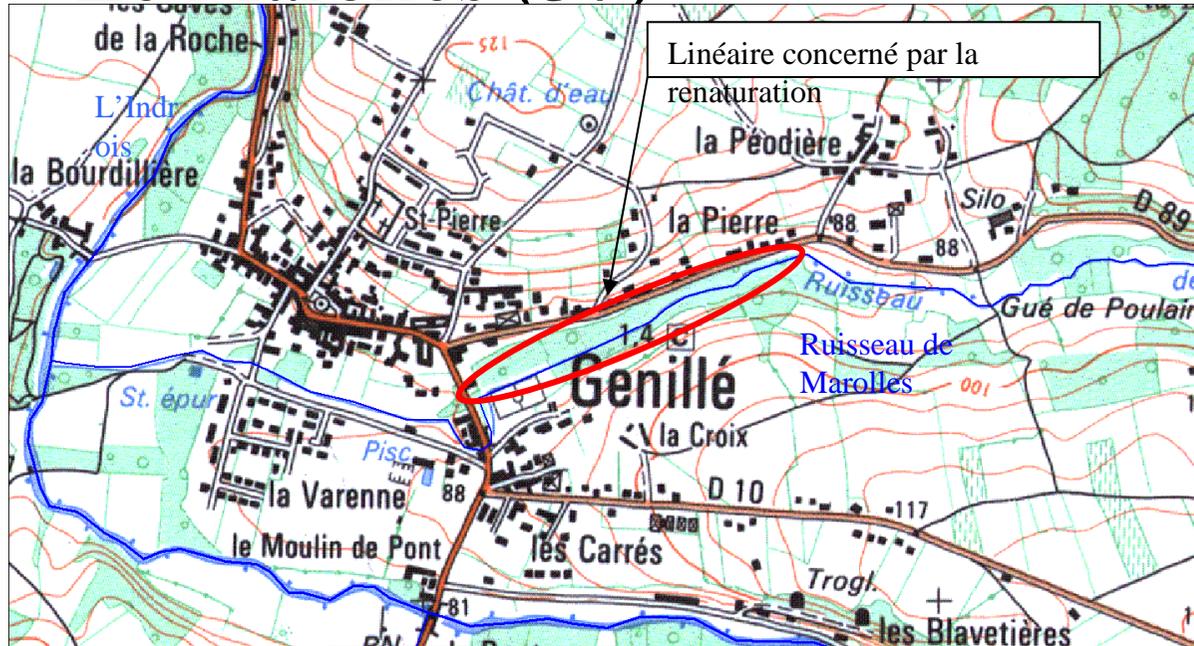
Le gain est immédiat, le score passe de **411 à 745** pour le Magnerolles, et de **391 à 827** pour la Clouère

Deux substrats disparaissent suite à l'aménagement : le sable (qui devrait vite être renouvelé par des apports de l'amont) et la dalle (rocheuse ou argileuse).



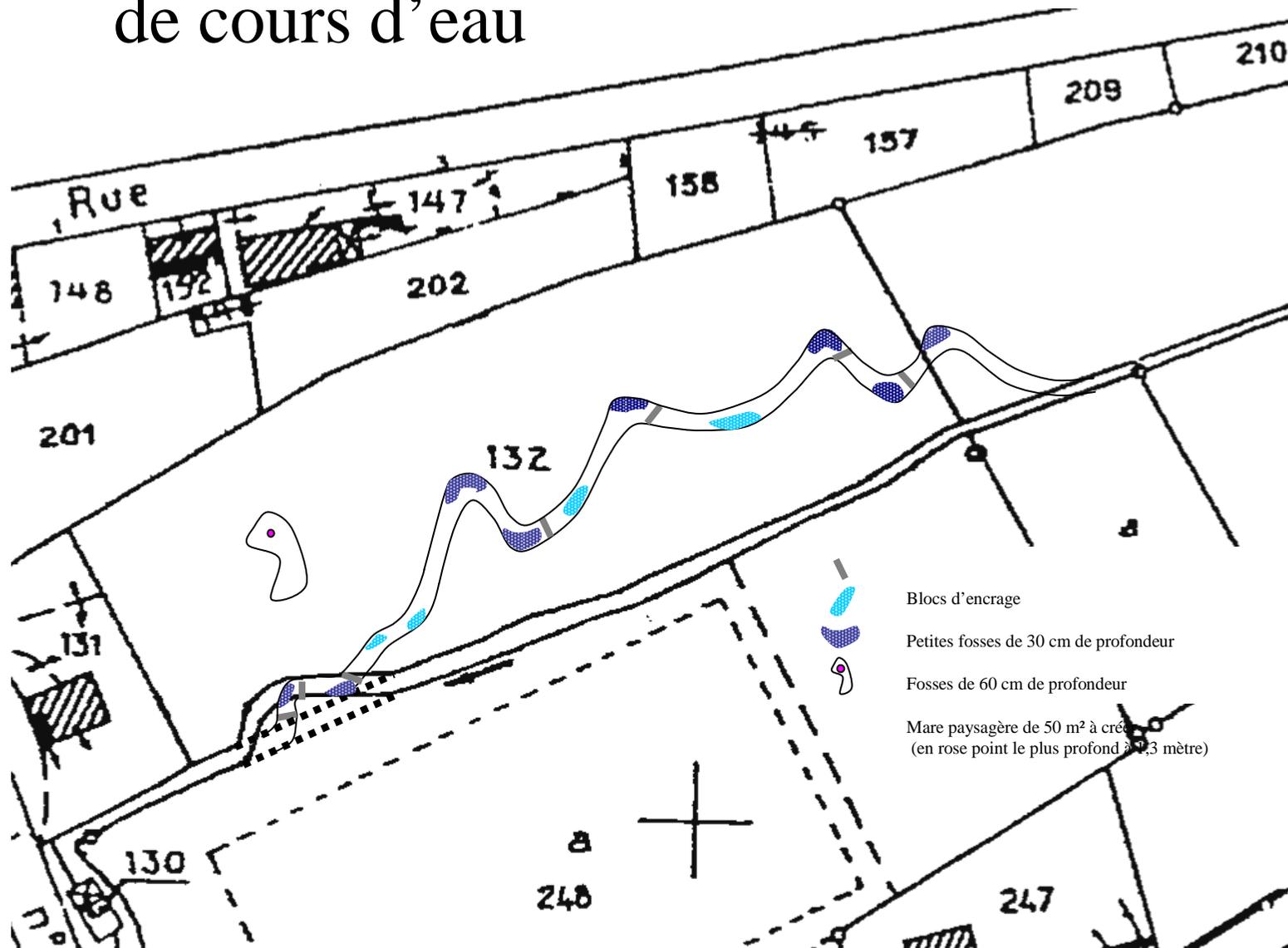
Exemple de suivi expérimental réalisé sur un petit cours d'eau de plaine

Le Marolles (37)



Exemple de suivi expérimental réalisé sur un petit cours d'eau de plaine

Les travaux réalisés : renaturation de 800 m de cours d'eau



Exemple de suivi expérimental réalisé sur un petit cours d'eau de plaine

Les travaux réalisés : renaturation de 800 m de cours d'eau



Exemple de suivi expérimental réalisé sur un petit cours d'eau de plaine

Les suivis engagés sur le Marolles

Un suivi hydromorphologique

Objectif : évaluer la diversification de l'habitat et du substrat après aménagement, et suivi de l'évolution hydromorphologique du nouveau cours créé par rapport à une station de référence située à l'amont.

Protocole : Carhyce et Score l'hétérogénéité du substrat

Pas de temps : avant et après travaux à N, N+1, N+2 et N+5

Exemple de suivi expérimental réalisé sur un petit cours d'eau de plaine

Les suivis engagés sur le Marolles

Un suivi Thermique

Objectif : évaluer le gain thermique (éventuel) des écoulements dans la zone hyporhéique et les écoulements de surface.

Méthode :

4 thermomètres enregistreurs posés dans le cours d'eau : 1 amont, 2 sur la zone de travaux dans l'eau et 1 thermomètre enregistre de la température de l'air.

Exemple de suivi expérimental réalisé sur un petit cours d'eau de plaine

Les suivis engagés sur le Marolles

Un suivi Biologique sur une station de référence située à l'amont des travaux et sur la station concernée par la renaturation

IBGN avec une exploitation poussée (guildes trophiques, au genre,.....)

Pêches électriques avec exploitation statistique classique (De Lury ou Carle et Strub) et exploitation IPR (Indice Poisson Rivière)

Pas de temps : avant travaux puis après travaux à N+1, N+2 puis N+5

Exemple de suivi expérimental réalisé sur un petit cours d'eau de plaine

Les suivis engagés sur le Marolles

Objectif : Evaluer la rapidité de colonisation par les espèces du milieu nouvellement créé

Protocole :

IBGN avec une exploitation poussée (guides trophiques, au genre,.....)

Pêches électriques avec exploitation statistique classique (De Lury ou Carle et Strub) et exploitation IPR (Indice Poisson Rivière) permettant de suivre sur le même pas de temps le peuplement piscicole et l'écart au niveau biotypologique de référence.

Pas de temps : une fois par mois dans les 3 premiers mois, et ce un mois après la finalisation des travaux puis une fois par an

Exemple de suivi expérimental réalisé sur un petit cours d'eau de plaine

Les suivis engagés sur le Marolles

Un suivi photographique

Objectif : avoir un support visuel de l'évolution du milieu avant, pendant puis après travaux (objectif communication)

Méthode : un nombre de points standardisés fixés par des repères et répertorié.

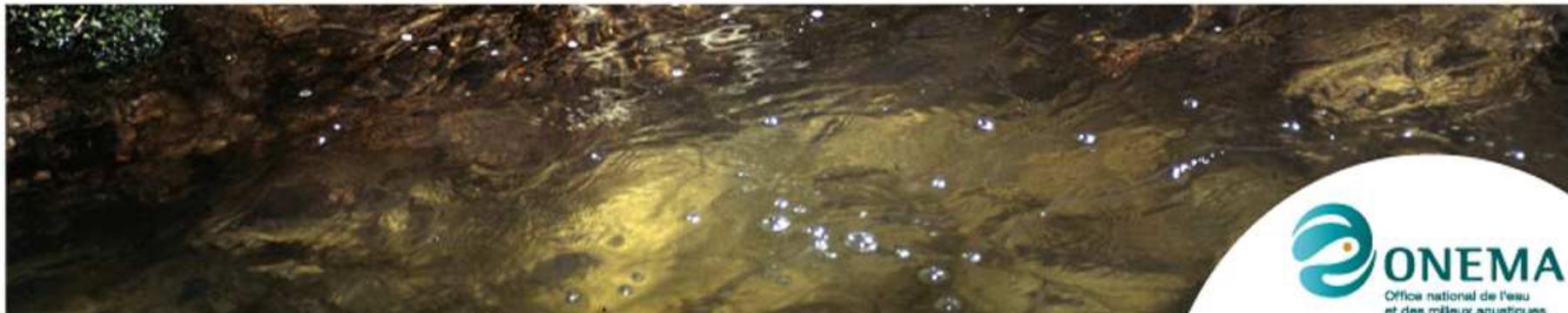
Pas de temps : avant travaux puis après travaux à N+1, N+2 puis N+5

Perspectives....

**Stratégie de suivi et d'ÉVALuation d'une opération de
Restauration de Cours d'Eau (EVACE).
a débuté en juin 2009 à L'ONEMA**

Objectif :

**Élaboration et mise à disposition d'une méthode de
suivi et d'évaluation d'opérations de restauration
physique du cours d'eau.** (type Boite à outils)



Perspectives....

Un recueil national d'Hydromorphologie

Objectif :

Mettre à disposition des éléments, des arguments et des outils pour la restauration physique des cours d'eau

Recueillir et partager les expériences de restauration physique des cours d'eau

Faciliter l'engagement de maîtres d'ouvrage (MO) déclarés ou potentiels dans des opérations de restauration physique des cours d'eau et/ou en élever le niveau d'ambition



