

# EVALUATIONS DES IMPACTS DU PIETINEMENT DU BETAIL SUR LES COURS D'EAU BAS- NORMANDS (2003 – 2006)

Contrat d'Aide à  
l'Emploi :

*Juin à Novembre 2009*



# Essais d'évaluation des impacts du piétinement du bétail sur les petits cours d'eau bas-normands (2003-2006)

Juin 2010

## **AVANT-PROPOS :**

**Le présent rapport a été réalisé dans le cadre d'Contrat d'Aide à l'Emploi (CAE) accueilli par la CATER de Basse Normandie du 1<sup>er</sup> Juin au 30 Novembre 2009, avec les financements de l'état et de l'Agence de l'Eau Seine Normandie en complément de l'autofinancement de la CATER de BN.**

Le rapport présente une synthèse de différentes études régionales qui, de 2002 à 2006, ont eu pour objet de caractériser l'impact du piétinement des cours d'eau bas-normands par le bétail et d'évaluer l'efficacité des mesures de protection contre cette problématique. Vu la récurrence de cette perturbation dans la région, ces mesures étaient, et sont toujours, systématiquement intégrées aux programmes globaux de restauration et d'entretien de cours d'eau. Sous réserve de leur dimensionnement à l'échelle d'un bassin ou d'un sous bassin versant, de leurs prise en compte des différentes atteintes de la morphologie du lit mineur et des berges, ces programmes sont financés jusqu'à 80% de leur montant total par les Agences de l'eau Seine Normandie et Loire Bretagne, le Conseil régional, les Conseils Généraux et régulièrement aussi par les collectivités piscicoles de Basse Normandie.

Au sein même de ces programmes, la part relevant de la protection contre le piétinement du bétail représente fréquemment jusqu'à 70% du total du montant des travaux réalisés, justifiant ainsi les efforts d'évaluation de l'efficacité des aménagements, via des études qui ont été portées soit par les maîtres d'ouvrages compétents, soit directement par la CATER de BN.

L'intégralité de ces travaux est en partie consultable sur le site de la CATER (<http://cater.free.fr>) ou disponible sur simple demande.

A terme, sous réserve d'études et de résultats complémentaires, une plaquette de communication ciblée notamment à l'attention des maîtres d'ouvrages et des acteurs agricoles pourrait être éditée.

## **Rappel**

En Basse Normandie, terre d'élevage où la majorité des cours d'eau est de largeur faible et de pente moyenne (5 à 10‰), l'impact de la divagation du bétail sur les cours d'eau, en particulier en amont du chevelu hydrographique, constitue un enjeu a priori important de la réhabilitation des cours, mais encore largement mal évalué.

Ainsi les systèmes d'abreuvement et les clôtures représentent régulièrement plus de 50% du montant des programmes globaux de restauration des cours d'eau suivis par la CATER en Basse Normandie. (budget annuel régional 2010)

Depuis 2002, la CATER a entrepris de qualifier et de quantifier chaque année cet impact, sur les plans physico-chimiques et bactériologiques dans un premier temps, et également , depuis 2004, sur les plans faunistique, floristiques, ainsi qu'en ce qui concerne plus généralement toutes les caractéristiques morphologiques des cours d'eau.

Sans considérer les impacts morphologiques et sur le seul plan de la qualité de l'eau, on peut rappeler que :

- ➔ en terme de contamination fécale, une unité de gros bétail correspond à 7 « équivalents habitants »
  
- ➔ 1 g de bouse d'un animal malade contient 1 milliard de salmonelles, dont quelques centaines seulement peuvent être contaminatrices pour l'homme
  
- ➔ 5 à 7% du cheptel est porteur sain de salmonelles (environ 100 000 salmonelles par gramme de bouse)
  
- ➔ « l'équivalent/habitant » du cheptel de bovins peut représenter plusieurs fois la population humaine d'un bassin. Sur le bassin de la Sienne dans la Manche par exemple, on recense près de 20 000 habitants pour 60 000 têtes de bétail, qui représentent en termes de contamination fécale plus de 400 000 équivalents/habitants, soit plus de 20 fois la population humaine effective.

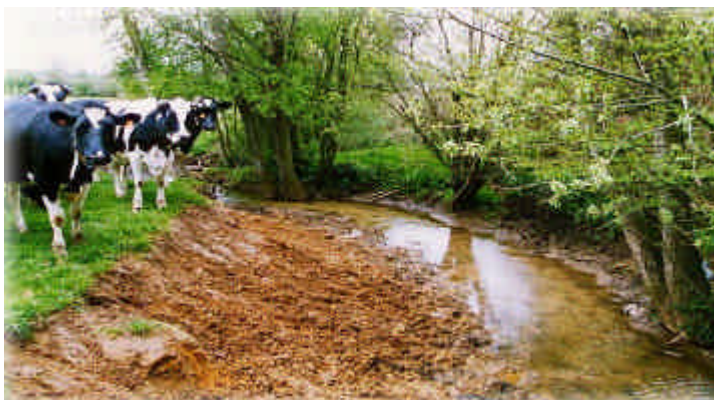
# SOMMAIRE

- Page 6 : ➔ ETUDE N°1 :** Première approche sur le suivi de la qualité des cours d'eau bas-normands.- Etude des aspects physico-chimiques et bactériologiques d'un cours d'eau du bassin versant de la Rouvre, affluent de l'Orne.
- Page 20 : ➔ ETUDE N°2 :** Effet du piétinement sur les caractéristiques morphologiques des berges sur deux cours d'eau bas-normands. Impacts sur le biotope et sur la faune aquatique
- Page 55 : ➔ ETUDE N°3 :** Etude comparative sur plusieurs cours d'eau de la région Basse Normandie - Qualification et quantification de l'impact piétinement
- Page 74 : ➔ ETUDE N°4 :** Evaluation du colmatage des sédiments avant travaux de restauration de cours d'eau sur le Bassin Versant de la Sienne
- Page 81 : ➔ ETUDE N°5 :** Suivi de l'impact piétinement à travers le programme pluriannuel de restauration et d'entretien des cours d'eau sur le bassin de l'Oir, affluent de la Sélune.
- Page 101 : ➔ ETUDE N°6 :** Description et qualité hydromorphologique et biologique de différentes stations sur le bassin de la Touques.

## ETUDE N° 1

**Première approche sur le suivi de la qualité des cours d'eau bas-normands.**

**Etude des aspects physico-chimiques et bactériologiques d'un cours d'eau du bassin versant de la Rouvre.**



### ACTEURS DE L'ETUDE

Maitrise d'ouvrage	CATER Basse- Normandie
Partenaire financier	Agence de l'eau Basse Normandie DIREN basse Normandie
Réalisation de l'étude sur le terrain	La stagiaire : Etienne SCHEER (Ecole Vétérinaire de Lyon) Christophe BEAUMONT (Contrat Rural de la Rouvre

---

## Impact physico-chimique et bactériologique du piétinement du bétail

---

### OBJECTIFS

En s'appuyant sur le programme de travaux de restauration de cours d'eau du Contrat Territorial du Bassin de la Rouvre, l'objectif était qualifier et quantifier les modifications de la qualité de l'eau avant et après des aménagements de protection du cours d'eau contre le piétinement du bétail pour les paramètres suivants :

E. Coli, DBO5, O2 dissous, Ammonium, MES.

### SECTEUR D'ETUDE

Le secteur retenu pour évaluer l'efficacité des protections des cours d'eau contre le piétinement du bétail est le ruisseau de la Ferronnière, un sous-affluent de la Rouvre (bassin de l'Orne).

Grâce à sa position en extrême tête de bassin, les seules perturbations sur le ruisseau sont a priori liées au piétinement du bétail, il ne semble pas y avoir d'autres pollutions organiques agricoles ou domestiques, ni diffuses ni ponctuelles. Le propriétaire et l'exploitant des parcelles, sensibilisés à l'opération, ont accepté le principe de l'expérimentation.

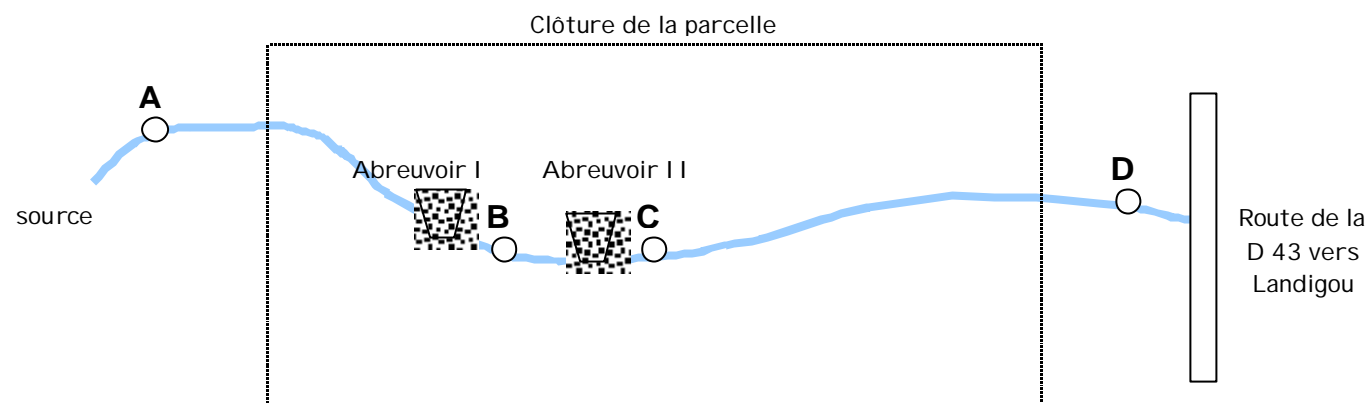
Par ailleurs la programmation des travaux du volet « rivière » du contrat territorial a permis une intervention sur ce ruisseau pendant le printemps 2004, ce qui a autorisé le suivi des paramètres retenus avant et après les travaux de pose de clôtures et d'abreuvoirs.



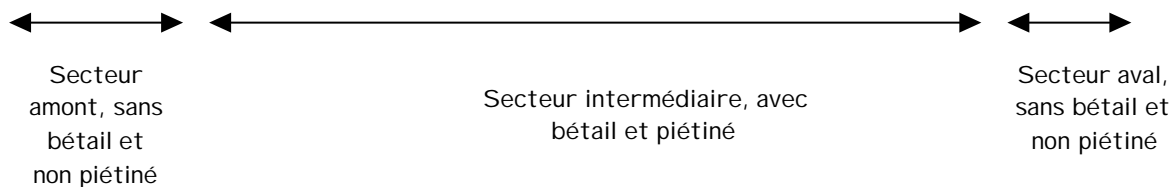
## 1. Configuration de la parcelle

➔ 4 sites de prélèvements ont été retenus :

- A, à la source du ruisseau de la Ferronnière (référence hors influence du piétinement et de l'abreuvement du bétail au cours d'eau),
- B à 290 m en aval de la source et immédiatement à l'aval de l'abreuvoir I
- C à 350 m en aval de la source et à l'aval de l'abreuvoir II
- D à 620 m en aval de la source et sur une parcelle non piétinée par le bétail.



Distances	mètres
Sources - A	10
A - B	280
B - C	60
C - D	270



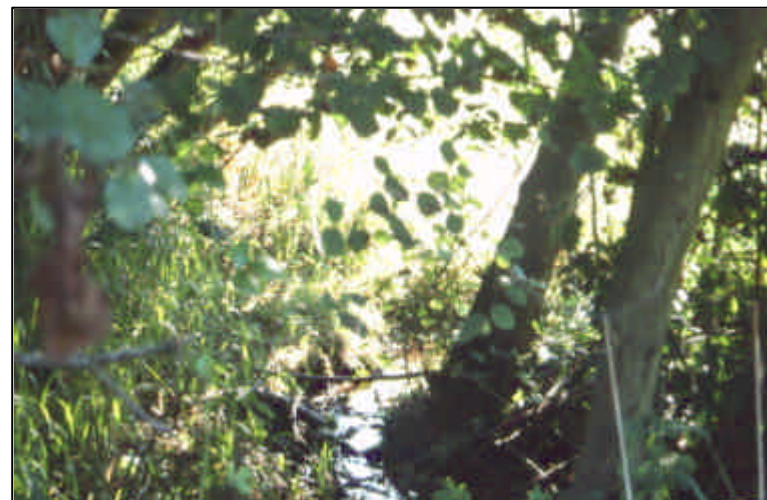


## 2. Aperçus du site d'étude :



*Photo 1 : aperçu du bassin du ruisseau de la Ferronière*

*Photo 3 : le point D, non pâturé, à l'aval des parcelles piétinées*



*Photo 2 : l'abreuvoir sauvage I, à l'amont du point de prélèvement B*

### 3. Hydrologie sommaire

(débits estimés par remplissage  
chronométré d'un seau gradué à  
l'aval d'une buse routière concentrant  
le débit)

	Débits	Températures de l'eau (°C)
par temps sec	2.3	11
par temps sec avec les animaux dans le cours d'eau	2.3	13
par temps de pluie	5	12.5

#### 3.1. Protocole d'étude

Les prélèvements et les analyses ont été réalisés avant et après les travaux, ces derniers consistant en la pose de clôtures interdisant l'accès du cours d'eau au troupeau (environ 3 UGB/Ha) et en la mise en place d'abreuvoirs dits « classiques » (descente empierrée limitée par des piquets et des lisses en bois, cf photo.).

Tant avant qu'après les travaux, plusieurs périodes de prélèvement ont été retenues :

	Par temps sec	Par temps pluvieux	Avec les animaux dans le cours d'eau
2003, avant les travaux	les animaux sont installés depuis plusieurs mois dans les parcelles riveraines et pénètrent régulièrement dans le cours d'eau	les animaux sont installés depuis plusieurs mois dans les parcelles riveraines (approche du phénomène de « lessivage »)	par temps sec également, mais avec des prélèvements réalisés dans le flux issu du piétinement des animaux dans le cours d'eau
2004, après les travaux	les animaux sont installés depuis plusieurs mois, dans les parcelles. Ils ne pénètrent plus dans le cours d'eau grâce aux clôtures mais subsistent des points de « contact » au niveau des abreuvoirs aménagés	les animaux sont installés depuis plusieurs mois, dans les parcelles Ils ne pénètrent plus dans le cours d'eau mais il reste des possibilités de transfert de polluants au niveau des abreuvoirs aménagés (approche du phénomène de « lessivage » sur les aménagements)	<i>Après travaux = clôtures posées= le bétail ne peut plus pénétrer dans le cours d'eau</i>

En se basant sur la vitesse de l'eau mesurée préalablement à la fluorescéine, les prélèvements dits « avec animaux dans le cours d'eau » ont été réalisés quelques minutes après qu'un troupeau de 5 ou 6 vaches se soient abreuvées et aient stationné dans le lit du ruisseau élargi, au point B, à l'aval de l'abreuvoir 1 qui correspond à une descente privilégiée du bétail (voir schéma ci-dessus et photo 2 ci-dessous).

Le protocole de suivi a été défini en concertation avec l'Agence de l'Eau Seine Normandie (délégation Littoral et Bocages Normands), le service « microbiologie » du Laboratoire Départemental du Calvados, le Groupement de Défense Sanitaire de L'Orne, le Technicien « rivière » de la Rouvre, la Cellule d'animation du Contrat Rural de la Rouvre, le stagiaire de l'Ecole Vétérinaire de Lyon et la CATER de Basse Normandie.

La prise en charge financière des analyses est assurée par l'Agence de l'Eau Seine Normandie. Sur la base d'un mode opératoire défini et présenté par le Laboratoire d'Analyses Départementales du Calvados, les prélèvements ont été réalisés conjointement par un stagiaire de l'école vétérinaire de Lyon, le technicien « rivière » de la Rouvre et la CATER de Basse Normandie qui assure également la saisie et l'exploitation des données après transmission par le laboratoire.

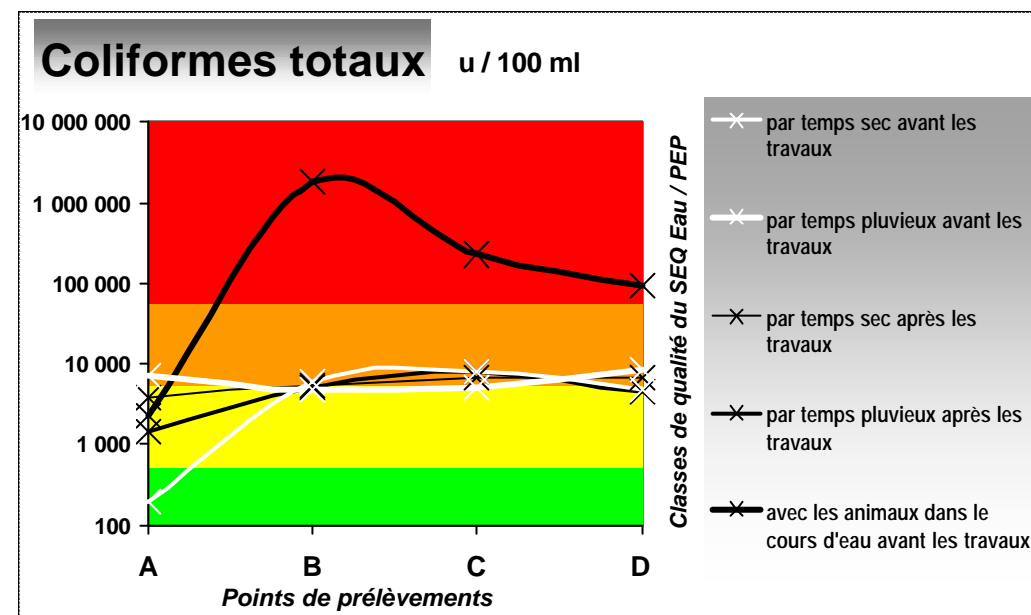


## 3.2. Résultats

## Coliformes totaux : u / 100 ml

Points	Par temps sec avant les travaux	Par temps pluvieux avant les travaux	Par temps sec après les travaux	Par temps pluvieux après les travaux	Avec les animaux dans le cours d'eau (avant les travaux)
A	189	7330	3760	5545	2245
B	6023	4669	5346	5008	1788000
C	7960	5115	6537	5826	227900
D	4775	8323	6549	7436	95150

- Pour l'analyse « E.Coli », un double prélèvement a été réalisé pour chaque point. Ce sont les moyennes des deux valeurs de concentration mesurées par le laboratoire qui sont présentées ci-dessus dans le tableau et le graphique.
- Le niveau de pollution bactériologique en A est faible par temps sec et il est « moyen » par temps pluvieux, avec des valeurs logiquement identiques avant ou après les travaux (point situé en amont des zones piétinées). Ces dernières valeurs, trois fois supérieure à la valeur du SEQ pour l'eau potable, semble montrer que malgré la position isolée et proche de la source de la station, le lessivage en termede contamination fécale reste perceptible même en « extrême » tête de bassin.
- Par temps sec et quand les animaux sont dans le cours d'eau au point B, les concentrations d'E.Coli y sont multipliées par un facteur proche de 800 par rapport au point amont A. Même au point D plus de 300 mètres plus en aval, la concentration en E. Coli n'est divisée que par un facteur 20, et reste plus de 10 fois supérieure à ce qui est observé en ce point par temps pluvieux par exemple.
- Après les travaux, les valeurs mesurées pour les points aval n'atteignent plus les pics records observés lors de la présence des animaux dans le cours d'eau mais restent proches des valeurs observées avant les travaux, ce qui semble traduire la contamination diffuse persistante liée au type d'abreuvoirs mis en place, dits « classiques » avec descente empierrée qui laissent les déjections du bétail en contact ponctuel avec l'eau.

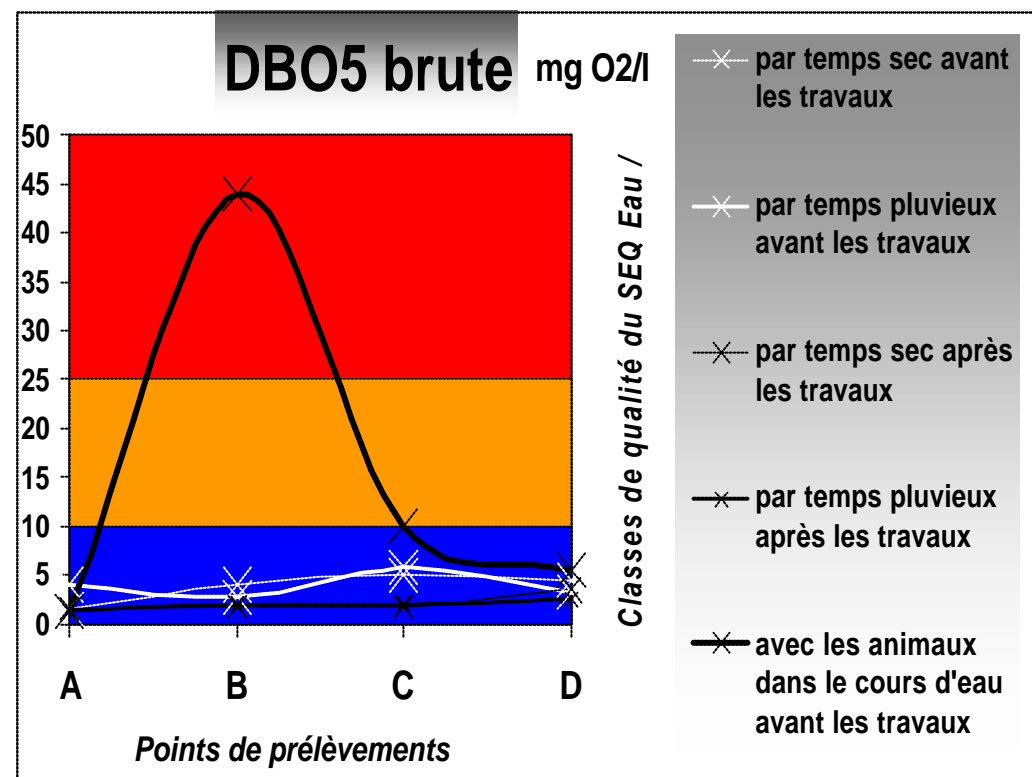


## DBO5 : mgO2/l

Points	Par temps sec avant les travaux	Par temps pluvieux avant les travaux	Par temps sec après les travaux	Par temps pluvieux après les travaux	Avec les animaux dans le cours d'eau (avant les travaux)
A	1,6	4,1	1,4	1,3	1,25
B	4,1	2,8	1,7	1,9	44
C	5	5,8	1,7	2,1	10
D	4,6	3,3	3,5	2,5	5,4

## 25 valeur SEQ seuil d'inaptitude fonctions biologiques

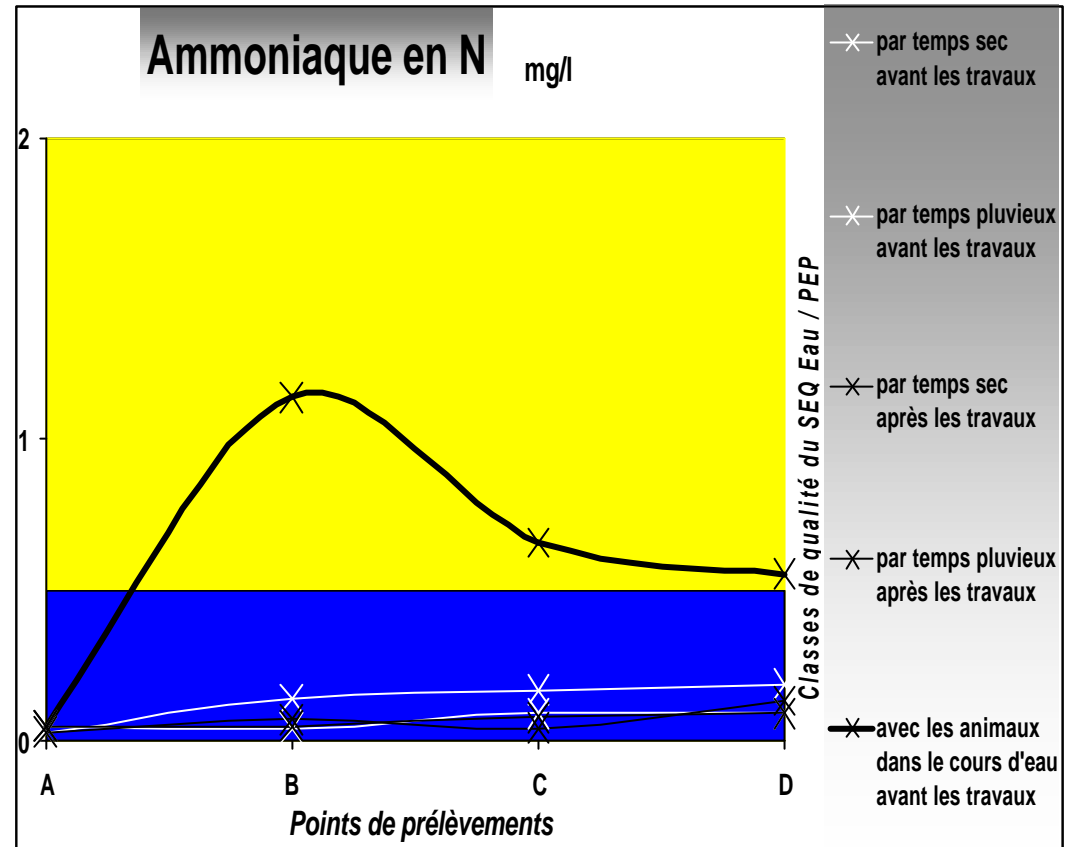
- Excepté en B et C quand les animaux sont dans le cours d'eau, les valeurs de DBO5 restent inférieures à la valeur seuil du SEQ retenue comme discriminante pour les fonctions biologiques. Elles restent faibles en A par temps pluvieux et semblent confirmer que la tête de bassin retenue pour le suivi est exempte de lessivage important.
- Par temps sec et quand les animaux sont dans le cours d'eau, la DBO5 « grimpe » à 44 mgO2/l, soit plus de 10 fois les valeurs observées par temps sec et pluvieux.
- Après près de 300 m de parcours, les valeurs mesurées en D sont redevenues proches de celles observées par temps sec et pluvieux quand les animaux ne sont pas dans le cours d'eau.
- Après les travaux, les valeurs observées sont deux à trois inférieures en moyenne à ce qui était observé avant les travaux, ce qui pourrait tendre à prouver leur efficacité pour ce paramètre



**Ammoniaque : N**

Points	Par temps sec avant les travaux	Par temps pluvieux avant les travaux	Par temps sec après les travaux	Par temps pluvieux après les travaux	Avec les animaux dans le cours d'eau (avant les travaux)
A	0,03	0,05	0,03	0,05	0,05
B	0,14	0,04	0,07	0,05	1,14
C	0,17	0,09	0,04	0,08	0,66
D	0,19	0,09	0,13	0,09	0,55

- Quelle que soit la période de prélèvement, y compris quand les animaux sont dans le cours d'eau, les valeurs mesurées restent inférieures au seuil du SEQ le plus discriminant (1,5 mg/l). Le trajet probablement trop court entre les sources de pollution et les points de prélèvement pour dégrader l'ammoniaque semble une explication plausible
- Cependant, quand les animaux sont dans le cours d'eau, le taux d'ammoniaque mesuré en B vaut 10 à 30 fois les valeurs mesurées précédemment et 300 m plus bas la concentration reste 5 fois supérieure



- Les taux d'ammoniaque faibles relevés dans le cours d'eau par temps pluvieux (légère dilution apparente) peuvent traduire le non lessivage de rejets riche en azote sur le bassin et également le fait que l'azote organique n'a pas encore été dégradé en ammoniaque.

**Oxygène dissous : mg/l**

Points	Par temps sec avant les travaux	Par temps pluvieux avant les travaux	Par temps sec après les travaux	Par temps pluvieux après les travaux	Avec les animaux dans le cours d'eau (avant les travaux)
A	8,1	6,7	8,25	7,85	7,40
B	7,85	8,45	8,5	8,45	0,3
C	8,4	8,3	8,95	8,35	3,45
D	7,95	8,4	7,5	7,7	5,45

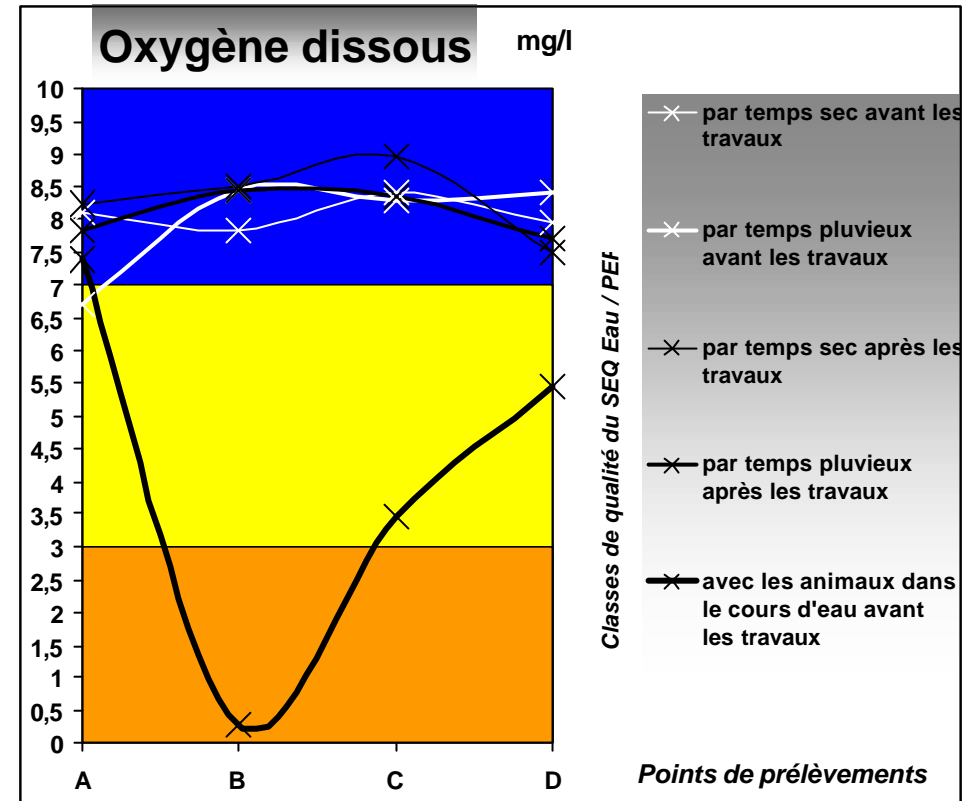
<3 mg/l (ou 30%) rouge pour les fonctions bio. Et eaux potables

La valeur seuil identifiée par le SEQ pour l'eau potable et l'aptitude aux fonctions biologiques est franchie aux points B et C quand les animaux sont dans le cours d'eau.

	Température échantillon (°C)	Saturation O2 (%)
A	15	73.0
B	15	3.0
C	15	34.2
D	15	54.1

**Pourcentage de saturation en oxygène quand les animaux sont dans le cours d'eau :**

Quand les animaux sont dans le cours d'eau, le très faible pourcentage de saturation traduit la forte consommation d'oxygène par l'apport de matières organiques. Au point D, 300 m plus bas, le pourcentage atteint à peine la moitié de la saturation.



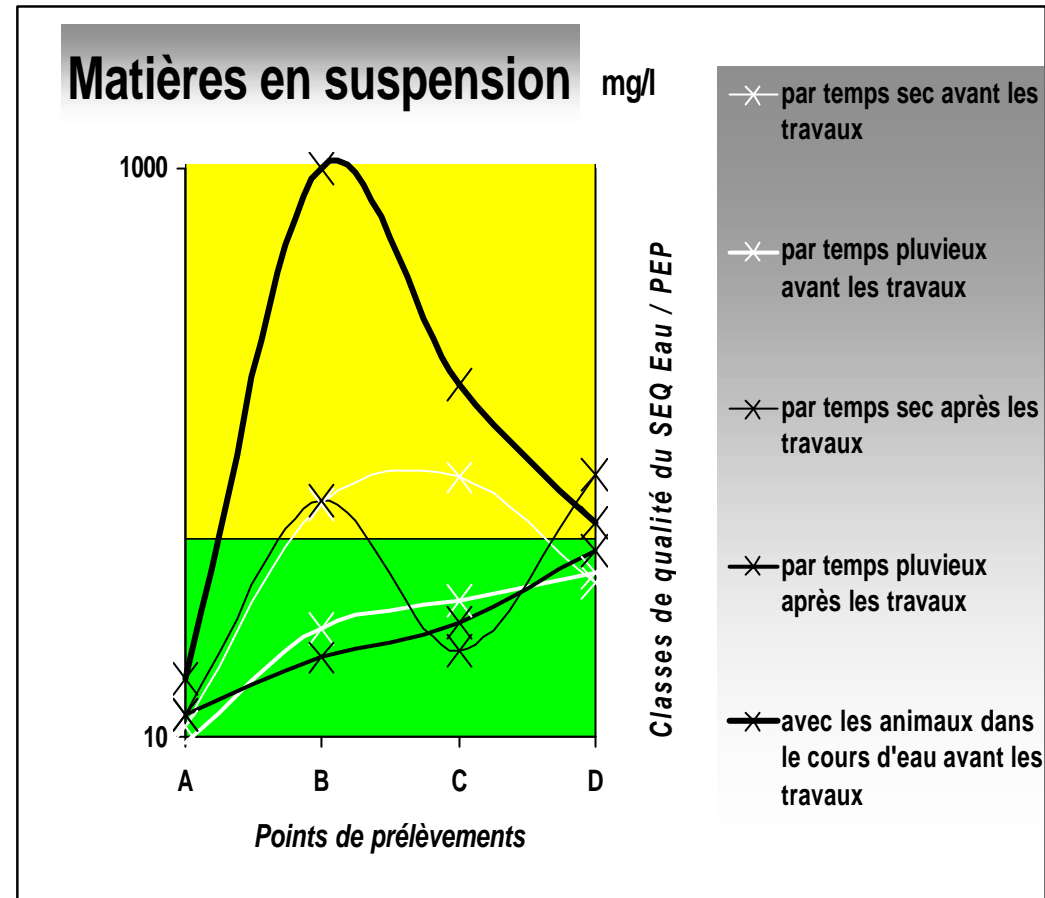


MES : mg/l

Points	Par temps sec avant les travaux	Par temps pluvieux avant les travaux	Par temps sec après les travaux	Par temps pluvieux après les travaux	Avec les animaux dans le cours d'eau (avant les travaux)
A	11	9,7	12	12	16
B	66	24	68	19	1008
C	82	30	20	25	174
D	35	38	83	45	56

La valeur seuil du SEQ d'inaptitude aux fonctions biologiques (> 150 mg/l) est dépassée aux points B et C quand les animaux sont dans le cours d'eau.

- Le fort taux de MES (plus de 1000 g/l) mesuré quand les animaux sont dans le cours d'eau au point B est dû à la fois aux déjections, à l'érosion des berges lors de la descente et à la remise en suspension des fonds par le piétinement. Les valeurs relativement importantes observées en B et C peuvent montrer que, sur des parcelles piétinées riveraines d'un ruisseau, les berges et le lit déstructurés par temps sec fournissent en continu des matières en suspension.
- Les débits faibles et le fort encombrement du lit du ruisseau par la végétation favorisent la sédimentation et au point D on retrouve quasiment les valeurs observées le long des parcelles piétinées quand les animaux ne sont pas dans le cours d'eau.
- Quand aux valeurs relativement faibles observées par temps pluvieux, tant avant qu'après les travaux, elles traduisent peut être le fait que :



- les prélèvements n'ont pas été réalisés après les précipitations, période de la plus forte érosion et du plus rapide transfert pour un bassin réduit tel que celui-ci,
- l'impluvium est prairial et la bande enherbée peut jouer un rôle de filtre.

## COMMENTAIRES

La présence du bétail dans le cours d'eau induit des valeurs fortes pour tous les paramètres suivis. Ces valeurs ne semblent pas « éteintes » 300 m plus loin, excepté pour la DBO5.

Les valeurs extrêmes ne sont plus observées après les travaux. Mais, avec le système d'abreuvoir classique qui « laisse » ponctuellement le bétail/et ou ses déjections au contact du cours d'eau, on observe, par temps pluvieux après les travaux, des valeurs qui rejoignent celles mesurées avant les travaux sans les animaux dans le cours d'eau.






Pour 2005, il est prévu de répéter le protocole sur un ruisseau équivalent, avant et après travaux, mais avec l'installation de bacs ou pompes à nez qui évitent le contact entre le cours d'eau et les descentes d'abreuvoirs classiques.

Malgré un système d'abreuvement classique « au cours d'eau » qui laissent ponctuellement l'eau au contact des matières fécales, les valeurs extrêmes qui avaient été observées avant les travaux quand les animaux étaient dans le cours d'eau n'ont pas été remesurées même par temps de pluie et risques de lessivage.

Ces premiers prélèvements ont été réalisés d'une part dans le flux issu du piétinement des animaux présents dans le lit du ruisseau, d'autre part, par temps sec et par temps pluvieux quand les animaux étaient présents sur les parcelles riveraines mais pas dans le lit du ruisseau et enfin . Par rapport à la station témoin située à l'amont des parcelles pâturées, les mesures dans le flux dix mètres à peine à l'aval du piétinement montrent en moyenne un facteur « X 800 » pour E. Coli par rapport à la station de référence, « X 20 pour la DBO5 », « X 30 » pour l'ammoniaque, « X 50 pour les MES et un taux de saturation en oxygène dissous qui passe de 73% à 3%.

Toujours quand les animaux sont dans le lit du cours d'eau et lors de mesures dans le flux, mais 300 m plus à l'aval, sur une parcelle non pâturée, les valeurs pour E. Coli restent encore « 40 X » supérieures à celles mesurées sur la station de référence, « 4 X » pour la DBO5, « 10 X » pour l'ammoniaque, « 3,5 X » pour les MES et le pourcentage de saturation en oxygène n'est remonté qu'à 54%.

A titre de comparaison, en 2003 sur les 100 km des sites d'intérêt communautaire de la Sée et de l'Airou dans la Manche, l'élaboration des documents d'objectifs NATURA 2000 a identifié en moyenne un point d'abreuvement « sauvage » tous les 200 mètres pour les 100 kilomètres de cours d'eau diagnostiqués.

<b>Paramètres physico-chimiques et bactériologiques</b>	<b>Impact bétail</b>	<b>Coefficients d'évolution moyens</b>		<b>Remarques Observations</b>
		animaux dans le cours d'eau	animaux hors cours d'eau	
<b>Physico-chimie</b>				
<b>DBO5</b>		x 20	x 2	Seule la présence des animaux dans le cours d'eau entraîne un dépassement de la valeur "seuil" du SEQ
<b>Ammoniaque</b>		x 30	x 5	Les valeurs ne dépassent jamais la valeur "seuil" du SEQ, l'azote organique n'a probablement pas encore été dégradé en ammoniaque.
<b>Oxgène dissous</b>		/ 20	x 1	Pas de variation mesurée quand les animaux sont dans la parcelle mais pas dans le cours d'eau
<b>Matières en suspension</b>		x 50	x 4	Les débits faibles du ruisseau favorisent une sédimentation rapide à l'aval des secteurs piétinés
<b>Bactériologie</b>				
<b>Escherischia coli</b>		x 800	x 35	Un double prélèvement a été réalisé en chaque point

## ETUDE N° 2

### ***Effet du piétinement sur les caractères de morphologies des berges sur deux cours d'eau bas-normands. Conséquences sur le biotope et sur la faune aquatique***

---

#### HISTORIQUE ET DEMARCHE

---

Il s'est agi ici d'apprécier l'impact du piétinement du bétail en comparant entre elles deux stations d'un même cours d'eau présentant des caractéristiques générales suffisamment proches pour qu'on puisse considérer que seul le fait d'être soumis ou non à la pression du piétinement du bétail les distingue l'une de l'autre.

Concrètement, les deux stations, typologiquement les plus semblables possible, se devaient d'être contiguës, avec la station piétinée située à l'aval de la station non-piétinée pour éviter des modifications par dérive immédiate, et situées dans un impluvium similaire.

---

#### ACTEURS DE L'ETUDE

---

Maîtrise d'ouvrage	CATER Basse- Normandie
Partenaire financier	Agence de l'eau basse Normandie DIREN basse Normandie
Réalisation de l'étude sur le terrain	La stagiaire : Caroline DUCROCC (titulaire d'une maîtrise de Géographie) Le bureau d'études RIVE.

## OBJECTIFS

Il s'agit de quantifier et de qualifier les impacts du piétinement du bétail sur les berges et dans le lit mineur de cours d'eau. Le but de cette nouvelle étude est de montrer les impacts du piétinement sur la diversité biologique (faune (poissons et macro-invertébrés) et flore (ripisylve, strate végétale, abondance des espèces)), sur la modification du lit mineur (élargissement, hauteur d'eau, faciès d'écoulement, granulométrie (colmatage), réduction de la sinuosité) et sur la modification du profil de la berge.

## PARAMETRES ET PROTOCOLE

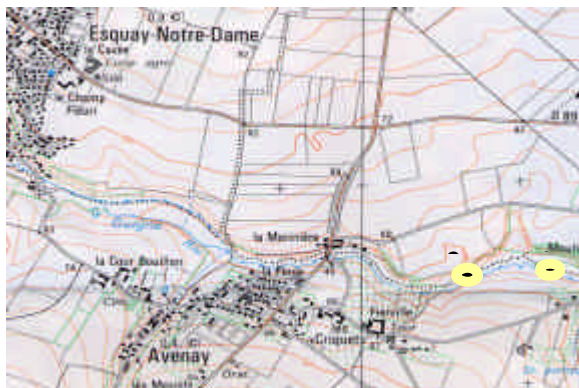
SECTEUR ETUDIE	PARAMETRES	TECHNIQUE EMPLOYEE
COMPARTIMENT ABIOTIQUE		
COURS D'EAU	Débit/vitesse	Par fluorescéine et temps chronométré.
	Hauteur/ largeur d'eau	Transect, hauteur mesurée tous les 10 cm.
	ombrage	Estimation visuelle de classes de recouvrement (0 à 4).
	Faciès d'écoulement	Description selon 4 faciès, plat lent, plat courant, radier, rapide.
	Granulométrie	Transect, avec quadrat observation de classes granulométriques de Wentworth.
	Sinuosité	Observation selon fiche de description du ruisseau CATER.
BERGES	Ouverture des berges	Transect, mesure de la distance entre deux points.
	Pentes moyenne berges	Transect, observation sur le terrain.
	Occupation du sol	Mesure par classe de densité à l'aide du logiciel. MESURIM.

		Largeur moyenne des berges	Transect, mesure distance entre la berge et la section en eau.
		Sous berges	Observation selon fiche de description du ruisseau CATER.
		Coefficient de déstructuration	Calcul selon pente et hauteur des berges.
		Coefficient de piétinement	Mesure par un coefficient de piétinement (0 à 4).
COMPARTIMENT BIOTIQUE			
COURS D'EAU	Faune		
	Peuplement piscicole	Pêche électrique et mesure de la prise.	
	Macro- invertébré	IBGN NFT 90-350 ( référence bureau études RIVES).	
	Flore		
	Macrophyte	Transect avec quadrat relevé par classes d'abondance.	
BERGES	Flore		
	Macrophyte	Transect avec quadrat relevé par classes d'abondance.	

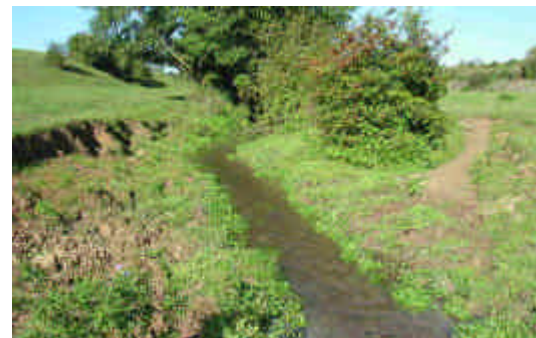
## SECTEURS D'ETUDE

Les deux ruisseaux retenus sont la Guigne, un affluent de l'Orne au Sud de Caen, et le ruisseau des Londes, un affluent de la Touques dans le Pays d'Auge. Sur ces deux cours d'eau, deux stations contiguës de 50 m de longueur chacune, l'une piétinée et l'autre non, ont été identifiées sur la base de leurs caractéristiques de pente, de débit et d'impluvium les plus similaires possibles. Les 4 stations étudiées ont été divisées en 10 transects équidistants de 5m.

Ainsi le ruisseau de la Guigne circule dans une prairie, sur un substrat meuble. L'absence de ripisylve est due à de nombreuses coupes à blanc qui ont entraîné une repousse des arbres dans le lit mineur. Le ruisseau des Londes circule sur substrat "dur" de silex dans une prairie également, mais bordée par une ripisylve sur les deux rives (la rive gauche intégrant un bois)



La Guigne: des berges meubles qui se laissent profondément détruire par le piétinement



La ruisseau des Londes: un lit et des berges où les galets de\_silex sont majoritaires



**PROTOCOLE D'ETUDE**

Les paramètres décrits pour chaque station peuvent être séparés en deux grandes catégories :

- **abiotiques**, descriptifs des caractéristiques physiques du lit mineur et des berges,
- **biotiques**, théoriquement intégrateurs de la qualité et de la fonctionnalité du milieu

Compartiment abiotique	Compartiment biotique	
	Flore	Faune
Vitesse moyenne d'écoulement de l'eau	Hauteur moyenne des strates	Peuplements piscicoles
Hauteur d'eau moyenne	Indices de diversité	Indices "macro-invertébrés"
Taux de sinuosité	Relevés botaniques	
Taux de piétinement	Densités de ripisylve	
Taux d'éclairement		
Descriptif habitats		
Faciès d'écoulement		
Granulométrie		
Morphologie des berges		



Le protocole de relevé des valeurs des différents paramètres s'est appuyé **d'une part** sur la division en 10 transects équidistants de 5 m sur chacune des deux stations des deux cours d'eau étudiés, avec échantillonnage dans des cadrats jointifs de 0.25 m<sup>2</sup> (0.5m de côté) le long du transect pour la granulométrie et les relevés botaniques . ou, **d'autre part**, sur le descriptif à l'échelle de l'ensemble de la station (50 m) pour les habitats, les faciès d'écoulement, les densités de ripisylve et les pêches d'inventaire piscicole. (Tableau ci-dessous)

Techniques de relevés des valeurs des différents paramètres :	Transect	Quadrat	Autres
Vitesse moyenne d'écoulement de l'eau			Toute la station
Hauteur d'eau moyenne			
Taux de sinuosité			Toute la station
Taux de piétinement			
Taux d'éclairement			
Descriptif habitats			Toute la station
Faciès d'écoulement			Toute la station
Granulométrie			
Morphologie des berges			
Hauteur moyenne des strates			
Indices de diversité			
Relevés botaniques			
Densités de ripisylve			Toute la station
Peuplements piscicoles			Toute la station
Indices "macro-invertébrés"			Toute la station (cf norme protocole IBG)

**RESULTATS****4. Paramètres abiotiques : les caractéristiques physiques et morphodynamiques****4.1. Largeur mouillée du lit mineur**

Cette distance est mesurée en mètres d'une berge à l'autre aux points de contact avec l'eau (largeur « mouillée ») pour chacun des 10 transects de chaque station.

MOYENNE largeur lit mineur (m)	
R des Londes piétiné	1,82
Ruisseau des Londes non piétinée	1,00
Guigne piétinée	2,12
Guigne non piétinée	0,99

A cause de l'effet mécanique du piétinement du bétail qui dégrade la structure de la berge dont les matériaux sont repris par érosion, la largeur en eau augmente avec le piétinement respectivement de 82% pour le ruisseau des Londes et de 214 % pour la Guigne.

Les variations de vitesse et de hauteur d'eau dont la présentation suit semblent des conséquences directes de ce phénomène.

#### 4.2. Vitesse d'écoulement de l'eau

Les valeurs proposées ici sont le résultat du calcul de moyennes sur 2 mesures réalisées au chronomètre par suivi d'un flux de fluorescéine.

VITESSE D'ÉCOULEMENT DU RUISSEAU (m/s)	
R des Londes piétiné	4,55
Ruisseau des Londes non piétinée	6,21
Guigne piétinée	2,73
Guigne non piétinée	4,58

Pour les deux cours d'eau et sur les stations considérées, l'eau s'écoule plus vite sur les stations non piétinées que sur les stations piétinées. Ainsi la vitesse d'écoulement est supérieure de 27% sur la station non-piétinée du ruisseau des Londes, et supérieure de 40% pour la station non-piétinée de la Guigne . Cette diminution de la vitesse d'écoulement apparemment due au fort piétinement peut avoir des conséquences diverses et nombreuses : modification des habitats, baisse des propriétés épuratrices, variation dans le transport des sédiments, etc. Les paramètres les plus probablement modifiés par le piétinement qui ont affecté la vitesse d'écoulement sont les suivants : hauteur d'eau moyenne et largeur du lit mineur.



### 4.3. Hauteur d'eau

Elle a été mesurée tous les 10 cm le long des 10 transects de chaque station et ce sont les moyennes qui sont présentées ici.

MOYENNE HAUTEUR D'EAU (cm)	
R des Londes piétiné	11,57
Ruisseau des Londes non piétinée	15,36
Guigne piétinée	14,47
Guigne non piétinée	22,89



La hauteur d'eau diminue ainsi en moyenne de 32% lorsque la station est piétinée sur le ruisseau des Londes et de 55% quand la station est piétinée sur la Guigne. Cette diminution de la hauteur d'eau en cas de piétinement peut en particulier être liée aux modifications de la largeur du lit majeur présentées ci-dessous.

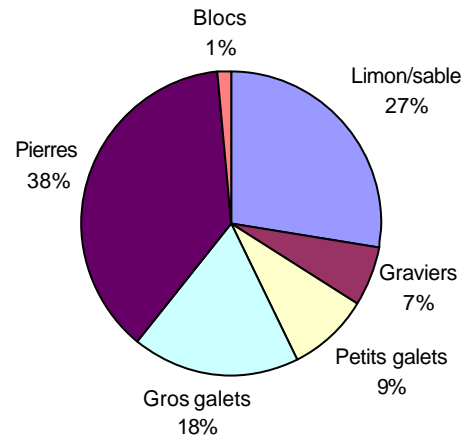
### 4.4. Granulométrie

Le long d'un transect, un cadrat de 50 cm de côté est déplacé de 50 en 50 cm afin de couvrir totalement la section en eau du ruisseau. La quantification de l'abondance dans les différentes classes est réalisée visuellement selon le tableau ci-dessous :

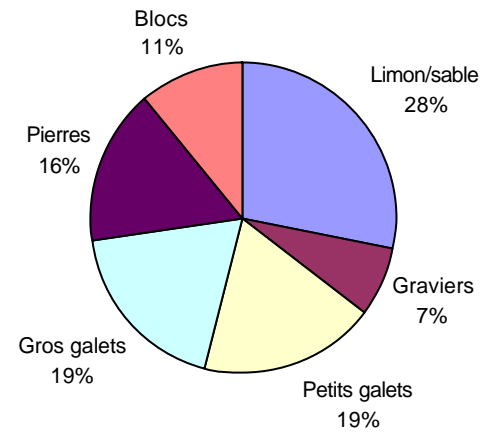
Classes granulométriques		
L/S	Limon/Sable	< 0,2 mm
Gr	Gravier	0,2 - 0,8 cm
g	Petit galet	0,8 - 2,4 cm
G	Gros galet	2,4 - 6,4 cm
P	Pierre	6,4 - 25,6 cm
B	Bloc	> 25,6 cm

Tableau n° : Les classes granulométriques

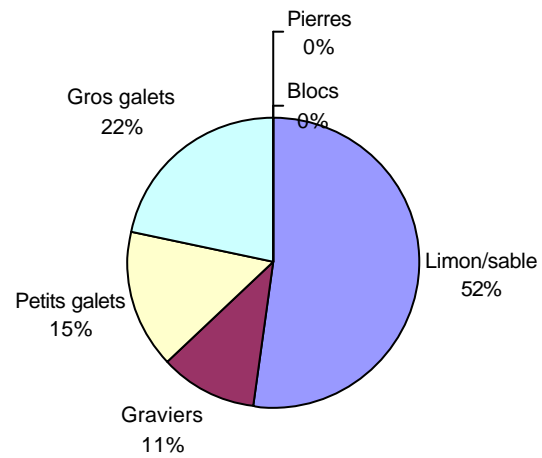
**Ruisseau des Londes non piétiné**



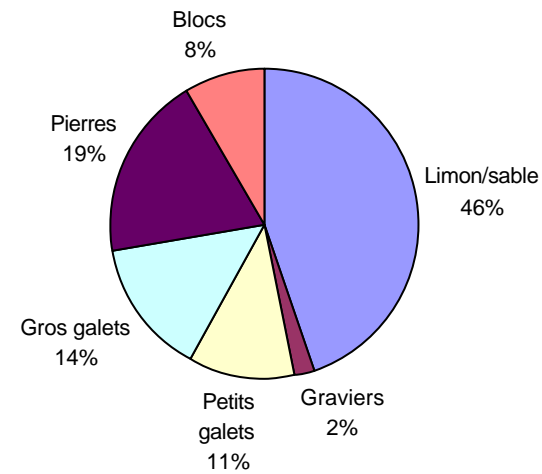
**Ruisseau des Londes piétiné**



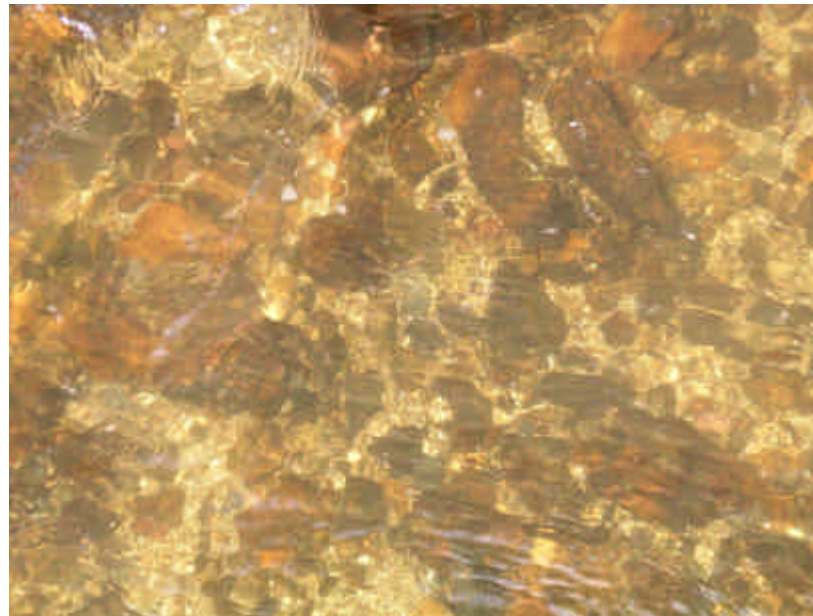
**Guigne piétinée**



**Guigne non piétinée**



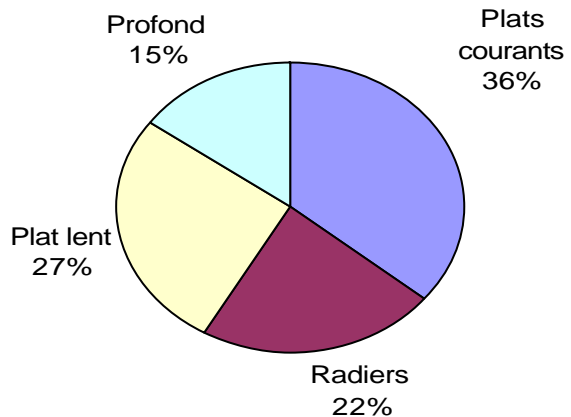
Excepté pour la classe « Pierres », il ne semble pas apparaître de différences qui pourraient être statistiquement significatives entre les secteurs piétinés et non piétinés pour aucun des cours d'eau. En effet la composition granulométrique du lit est liée, outre à la nature géologique locale, aux caractéristiques de pente et de débit du cours d'eau, or ce sont deux variables qui ont été justement retenues comme les plus équivalentes possible entre les 2 stations à comparer sur chacun des cours d'eau. Seule la proportion des pierres, tant pour la Guigne que pour le Ruisseau des Londes, semblent diminuer dans les secteurs piétinés. Enfin, en ce qui concerne les limons et sables, dont on aurait pu penser que l'érosion par piétinement entraînerait une présence accrue sur les secteurs piétinés, il ne sont pas significativement plus présents sur ces secteurs, semblant ainsi montrer que si l'érosion est avérée, les matières remises en suspension sont transportées et redéposées dans des secteurs aux caractéristiques typologiques réellement plus lenticules, à dominante de plats courants et de fonds par exemple. Il faut noter à ce sujet que les secteurs d'abreuvement et de piétinement du bétail dans les cours d'eau se concentrent en général dans les secteurs courants, à faible profondeur d'eau, à sédimentation moindre et donc potentiellement plus portants.



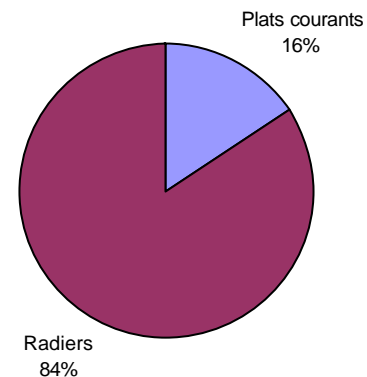
### 4.5. Faciès d'écoulement

Les pourcentages pondérés présentés ci-dessous sont issus des descriptions et mesures de surface en eau sur l'intégralité des 4 stations :

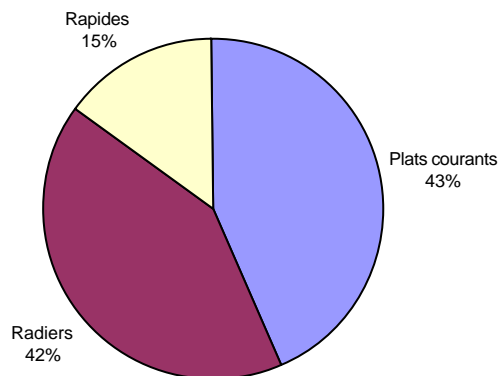
**Guigne, secteur non piétiné: proportion des différents faciès d'écoulement**



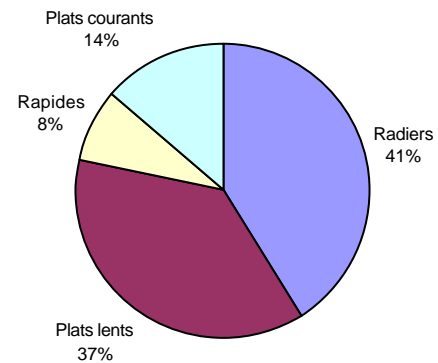
**Guigne, secteur piétiné: proportion des différents faciès d'écoulement**



**Ruisseau des Londes, secteur non piétiné: proportion des différents faciès d'écoulement**



**Ruisseau des Londes, secteur piétiné: proportion des différents faciès d'écoulement**



Sur la Guigne, la diversité des habitats semble diminuer largement assez avec le piétinement puisque ni les plats lents ni les profonds ne sont plus répertoriés sur la station piétinée, sur laquelle domine le radier à plus de 80%. Sur ce cours d'eau, le net l'élargissement du lit, la diminution de la hauteur d'eau ont permis une intense colonisation par le faux-cresson, favorisé également par le fort ensoleillement dû à l'absence de ripisylve ligneuse. La superficie du lit du cours d'eau colonisé par cette végétation n'a pas été considéré comme un faciès d'écoulement et n'a pas fait l'objet du descriptif de faciès, mais elle concentre très nettement (cf photo ..) la veine d'eau au centre du lit et, en augmentant débit et hauteur d'eau, cette double banquette de faux-cresson entraîne une sur représentation du faciès « radier ».

En revanche sur le ruisseau des Londes, si l'on constate également une diminution de la hauteur d'eau et une augmentation de la largeur du lit sur le secteur piétiné, en partie à cause ou grâce au fort ombrage des stations de ce ruisseau, la prolifération de faux-cresson n'est pas observé, et un faciès supplémentaire apparaît pour la station piétinée : le plat lent à 37% avec la disparition de 50% des rapides dû à l'élargissement du lit.








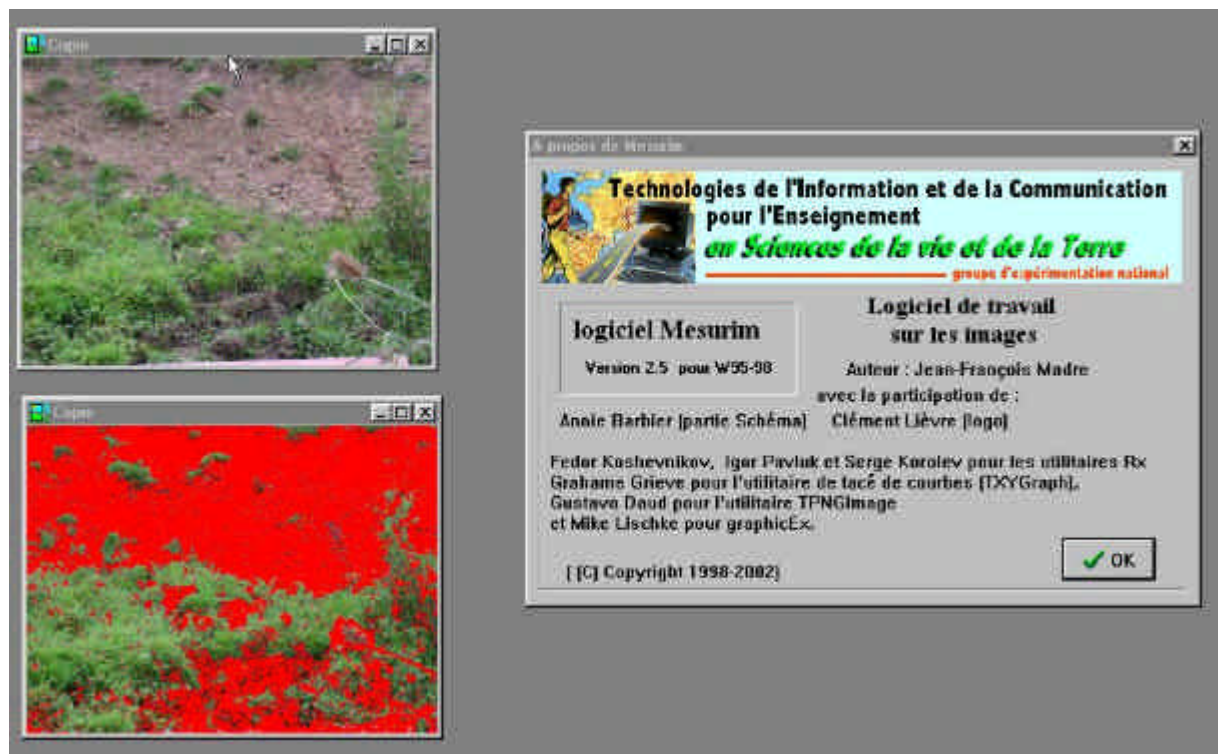
#### 4.6. Sinuosité

COEFFICIENT SINUOSITE	A: longueur réelle station	B: longueur "vol d'oiseau"	A/B
Guigne non piétinée	63,7	54,5	1,17
Guigne piétinée	41,6	38,4	1,08
R des Londes non piétiné	70	60	1,17
Ruisseau des Londes piétiné	47	42,5	1,11

Le coefficient de sinuosité propose le rapport entre la distance réelle entre l'amont et l'aval de la station, mesurée au topofil et intégrant tous les méandres du cours d'eau, sur la longueur « à vol d'oiseau » mesurée également au topofil en ligne droite entre les deux points amont et aval de la même station. Ici les distances mesurées sur les 50 m des 2 stations sont faibles et pas suffisamment significatives pour qu'on puisse conclure à un impact « rectificateur » du piétinement, mais le rapport « longueur réelle » / longueur « à vol d'oiseau » est cependant inférieur sur la station piétinée pour les deux cours d'eau. C'est la pression mécanique due au poids du bétail lors de sa descente au cours d'eau qui en déstructurant les berges et leurs composantes pourrait être à l'origine d'une certaine chenalisation des ruisseaux.

Valeur	0	3	6
Paramètre	nulle	moyenne	maximale
Sinuosité			

#### 4.7. Proportion de sols nus sur les berges



Aux extrémités en rives gauches et droites de chacun des 10 transects des stations piétinées et non-piétinées des deux ruisseaux, les 2x10x2x2=80 photos numériques de dimensions calibrées (et identiques) qui ont été prises ont fait l'objet d'un traitement d'image grâce au logiciel présenté ci-dessus. Il a ainsi été possible de distinguer la proportion en berges de sols nus non végétalisés des sols couverts par de la végétation. Les résultats sont présentés dans les tableaux ci-dessous :

MOYENNE DU POURCENTAGE DE SOL NU SUR LES BERGES	Ruisseau des Londes		La Guigne	
	Zone piétinée	Zone non piétinée	Zone piétinée	Zone non piétinée
<b>Moyenne</b>	<b>80,1</b>	<b>44,5</b>	<b>69,0</b>	<b>26,6</b>

En moyenne le pourcentage de sols nus est 2,2 fois plus important sur les stations piétinées que sur les stations non piétinées des deux ruisseaux (respectivement 1,8x pour le ruisseau des Londes et 2,6x pour la Guigne). Il s'agit d'une conséquence directe du piétinement du bétail, intense et concentré sur les berges pendant l'abreuvement (ou la mise au frais ...) : déstructuration du substrat empêchant la fixation et la pousse des végétaux, destruction directe des végétaux par arrachage, déracinage, etc. Parmi les conséquences on peut soupçonner la sensibilité accrue à l'érosion favorisée par la dégradation de la structure du sol, la baisse des capacités de rétention d'eau et filtrantes pour les apports du bassin versant, la diminution de la rugosité, la perte de qualité habitacionnelle suite entre autres à la disparition de couverts et de corridors, etc.



Proportion de sols nus en berges : photos standard avant traitement « Mesurim »

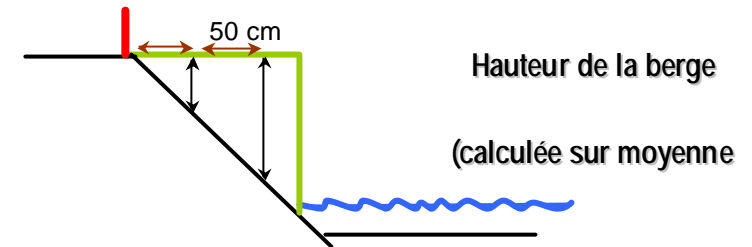
#### ***4.8. Morphologie des berges***

Rappel : la berge correspond dans l'étude à la portion de lit mineur qui permet la jonction entre le niveau de la parcelle riveraine et le niveau de l'eau.



## Hauteur des berges

HAUTEUR MOYENNE DES BERGES (m)	
R des Londes piétiné	0,58
Ruisseau des Londes non piétiné	0,45
Guigne piétinée	0,66
Guigne non piétinée	0,70



La hauteur moyenne des berges ne varie pas de façon significative : le piétinement du bétail n'a pas d'impact sur la différence entre le niveau de la prairie et celui de l'eau.



## Pente moyenne des berges

PENTE MOYENNE DES BERGES (°)	
R des Londes piétiné	36,33
Ruisseau des Londes non piétinée	58,76
Guigne piétinée	27,75
Guigne non piétinée	66,15

Mesurée sur les deux rives de chacun des 10 transects des 4 stations sur les deux ruisseaux, la diminution nette de la pente moyenne de la berge sur les secteurs piétinés traduit le nivellement et la déstructuration des berges par l'effet mécanique du piétinement. On observe ainsi fréquemment la disparition complète de la berge solide au contact du cours d'eau et, selon les cas, il s'est formé, pour « rattraper » le niveau de la prairie adjacente, soit un raidillon éloigné de quelques mètres de l'eau et qui correspond à la descente des animaux, soit une pente très douce sur une longueur importante. La pente est ainsi en moyenne deux fois plus faible entre stations non piétinées et stations piétinées (51,9% de diminution).



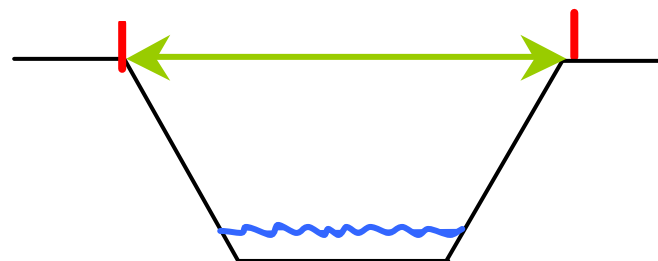
## 2.4.4.8.3 Largeur et ouverture des berges :

LARGEUR MOYENNE DES BERGES (m)	
R des Londes piétiné	4,39
Ruisseau des Londes non piétinée	1,99
Guigne piétinée	5,39
Guigne non piétinée	2,21

OUVERTURE MOYENNE DES BERGES (m)	
R des Londes piétiné	6,21
Ruisseau des Londes non piétinée	2,99
Guigne piétinée	6,27
Guigne non piétinée	3,46

Suite à la pression accentuée du bétail sur terrain en pente meuble en bordure immédiate de cours d'eau, la berge est en moyenne 2,3 fois plus importante quand la station est piétinée et logiquement l'ouverture moyenne des berges, distance entre les sommets de berge au niveau de la prairie sur chaque rive, augmente également dans une mesure légèrement moindre (X1,94 en moyenne pour les deux cours d'eau) à cause de l'élargissement du lit mineur (???)

**Ouverture de la berge =**  
**distance de sommet de berge à sommet de berge**



## Indice de déstructuration de la berges

On peut également proposer un indice « de déstructuration » de la berge correspondant au rapport de la largeur moyenne sur la pente moyenne des berges

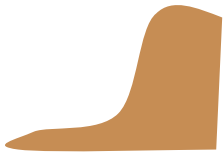


En résumé, pour les stations étudiées : il semble apparaître que plus la station est piétinée, plus la pente de la berge est faible et sa largeur grande. Si il n'est probablement pas réaliste de proposer un ratio standard ou idéal entre pente et largeur de berges, c'est cependant la modification de ce ratio qui est spectaculaire ici : il est 3,6 x plus important sur le ruisseau des Londes et près de 6 fois sur la Guigne quand la station est piétinée, alors que la modification de ratio moyenne pour les 4 stations des deux ruisseaux vaut 4,7.



<b>COEFFICIENT DE DESTRUCTURATION DE LA BERGE (largeur moyenne sur pente moyenne des berges)</b>	
R des Londes piétiné	<b>12,1</b>
Ruisseau des Londes non piétinée	<b>3,4</b>
Guigne piétinée	<b>19,4</b>
Guigne non piétinée	<b>3,3</b>



## Sous-berges

Valeur	0	2	4
	nulle	moyenne	maximale
Sous berge			

Ce sont de cavités dans les berges sous le niveau de l'eau. Elles participent à la diversité morphologique des habitats générale et en particulier elles sont directement corrélées à la densité de Truites adultes, espèce repère indicatrice pour ce type de cours d'eau.

Une note empirique « sous-berge » de 0 à 4 a ainsi été attribuée à chaque faciès d'écoulement dans le cadre du descriptif des habitats. Les valeurs proposées dans le tableau ci-dessous sont pondérées selon la représentativité de chaque type de faciès d'écoulement pour lequel une note de « sous-berge » a été attribuée.

COEFFICIENT "SOUS-BERGES"	
R des Londes piétiné	0,30
Ruisseau des Londes non piétiné	1,83
Guigne piétinée	0,25
Guigne non piétinée	1,00

La note « sous-berge » vaut en moyenne 5 x plus pour les stations qui ne sont pas piétinées par le bétail. La moindre représentation des arbres, dont le système racinaire tient le haut de berge, dans ces stations peut participer à cette différence, mais c'est évidemment surtout suite à la déstructuration de la berge, à son recul, ainsi que par destruction directe et éboulement qu'on peut expliquer la baisse de la note « sous-berge ».

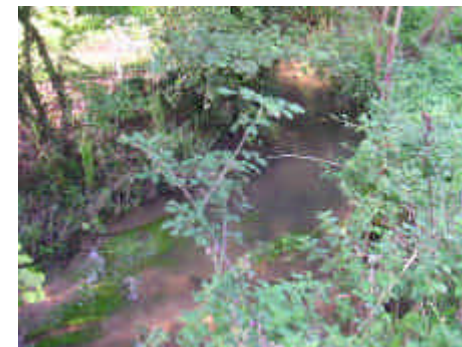
## 5. Paramètres biotiques

### 5.1. Ripisylve

#### Ombrage

Le suivi de ce paramètre avait pour but d'évaluer l'impact du piétinement sur l'ombrage des petits cours d'eau.

Le ruisseau a été visualisé mentalement d'en haut (comme sur une photographie aérienne) sur les 50 m étudiés et une estimation visuelle de recouvrement par la végétation est appliquée. Cinq classes sont définies correspondant à 5 coefficients de 0 (aucun recouvrement, ouverture total) à 4 (recouvrement complet, cours d'eau « galerie »)



Classes d'ombrage	
0	0%
1	<25%
2	25 – 50%
3	50 – 75%
4	>75%

COEFFICIENT D'OMBRAGE DU RUISSEAU	
R des Londes piétiné	3
Ruisseau des Londes non piétiné	4
Guigne piétinée	0
Guigne non piétinée	2

## Hauteur

HAUTEUR STRATE VEGETALE (cm)	Moyenne	Ecart type
R des Londes piétiné	9,70	4,36
Ruisseau des Londes non piétinée	178,14	132,40
Guigne piétinée	10,70	11,41
Guigne non piétinée	162,24	45,40



La hauteur de la strate végétale, mesurée tous les 10 cm sur chacun des 10 transects de chaque station, est en moyenne 17 fois moins importante quand la parcelle est pâturée. Il faut noter que la strate « arbre » a été exclue et que la hauteur maximale mesurée a été limitée à 2 m inclus. Les écarts-types proportionnellement plus importants sur les secteurs non-piétinés témoignent de la présence plus importante d'arbres, ainsi que cela a été quantifiés dans les fiches descriptives de la ripisylve (non présentées ici). Cette présence de végétation ligneuse arborée n'est bien sûr pas directement liée au piétinement du bétail. On peut cependant supposer que les parcelles dédiées au pâturage font sans doute plus volontiers l'objet de coupes visant à supprimer la végétation arborée (meilleur éclaircissement de la prairie, facilitation de la fauche et de l'entretien et de l'accès au cours d'eau). Egalement, il faut remarquer que, sur une parcelle pâturée, la repousse après une éventuelle « coupe à blanc » est rendue difficile suite broutage permanent des jeunes pousses par les animaux.

Par ailleurs les écarts-types plus faibles sur les stations piétinées montrent une certaine banalisation et perte d'hétérogénéité des habitats végétaux en berge due au piétinement ou aux pratiques associées.

## Composition

Des relevés botaniques ont été réalisés le long des 10 transects de chaque station en juxtaposant des cadrats de 50 cm<sup>2</sup> afin de couvrir l'intégralité du transect. Les mesures et relevés réalisés ont permis de dresser les listes floristiques, de déterminer des classes d'abondance basée sur le taux de recouvrement par chaque espèce afin de calculer, à partir de ces classes d'abondance, les indices de diversité de Shannon et de comparativité de Sorensen. (*voir listes floristiques et tableaux en annexes*)

CLASSES D'ABONDANCE	
1	+ présence
2	< 25%
3	25 - 50%
4	50 - 75%
5	>75%

### nombre total d'espèces

Le nombre total d'espèces évolue de manière opposée sur les deux cours d'eau . Sur la Guigne, il y a plus d'espèces sur la station piétinée que sur la station non piétinée, alors qu'à l'inverse sur le ruisseau des Londes, le nombre d'espèces recensées est plus important sur la station piétinée. Pour ce dernier ruisseau, la part importante de végétation arborée sur la station non piétinée peut, suite au fort ombrage qu'elle génère, constituer un frein au développement de certaines espèces. Sur la Guigne, la strate arborée n'est pas aussi développée sur la section non piétinée qui présente un nombre total d'espèces plus important que sur la station piétinée, ce qui peut traduire une pression limitante du piétinement du bétail.

Globalement, le nombre total d'espèces évolue peu selon qu'on se trouve sur une station piétinée ou non (différence maximale de 4 espèces). L'analyse des listes d'espèce montre cependant des disparitions de certaines espèces et l'apparition d'autres plus rudérales sans doute favorisées par le piétinement et la présence du bétail.

Nombre total d'espèces	
R des Londes piétiné	21
Ruisseau des Londes non piétinée	17
Guigne piétinée	33
Guigne non piétinée	36

## Indice de Shannon Weaver

L'indice de Shannon Weaver H est basé sur les proportions d'espèces que l'on observe . Il faut noter qu'il a été calculé ici non pas à partir du nombre d'individus de chaque espèce mais à partir des classes d'abondance de chaque espèce.

$H = -\sum ((N_i/N) * \log(N_i/N))$ , i allant de 1 à S, le nombre d'espèces et le Log étant de base 2

Indice de Shannon Weaver	
R des Londes piétiné	2,59
Ruisseau des Londes non piétiné	2,47
Guigne piétinée	2,99
Guigne non piétinée	3,09

Les indices de diversité ne montrent pas de différence significative selon que l'on s'intéresse à la station piétinée ou non piétinée d'un même cours d'eau.



## Indice de Sorensen

Le calcul d'un coefficient de similitude permet de quantifier le niveau de similitude entre de deux stations. On le calcule en comptant les occurrences du couple d'espèces considérées.

		Espèce 1		Total
		Présente	Absente	
Espèce 2	Présente	<b>a</b>	<b>b</b>	a + b
	Absente	<b>c</b>	<b>d</b>	c + d
Total		a + c	b + d	a + b + c + d

- Dans ce tableau,  $N = (a + b + c + d)$  représente le nombre total de relevés.
- Il y a  $N_1 = (a + c)$  relevés avec l'espèce 1.
- Il y a  $N_2 = (a + b)$  relevés avec l'espèce 2.
- Les espèces 1 et 2 sont simultanément présentes dans **a** relevés (co-occurrence).
- On ne trouve ni l'une ni l'autre dans **d** relevés (co-absence, qui est écologiquement non significative).
- L'indice de **SORENSEN** pondère par 2 le terme de co-occurrence (a) :

$$I_{\text{sorensen}} = 2a / (2a + b + c).$$

Il faut noter qu'à l'instar de l'indice de diversité de Shannon, l'indice de Sorensen a également été calculé sur la base des classes d'abondance de chaque espèce.

INDICE DE SORENSEN (%)	R des Londes piétiné	Ruisseau des Londes non piétiné	Guigne piétinée	Guigne non piétinée
R des Londes piétiné	100	<b>31,58</b>	16,67	17,54
Ruisseau des Londes non piétiné		100	14,00	13,21
Guigne piétinée			100	<b>26,09</b>
Guigne non piétinée				100

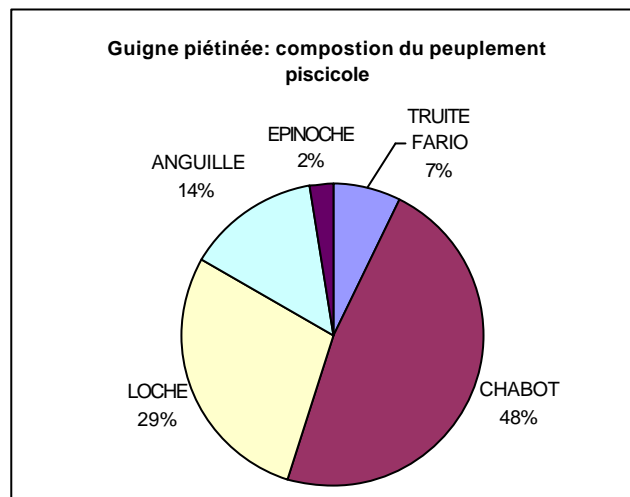
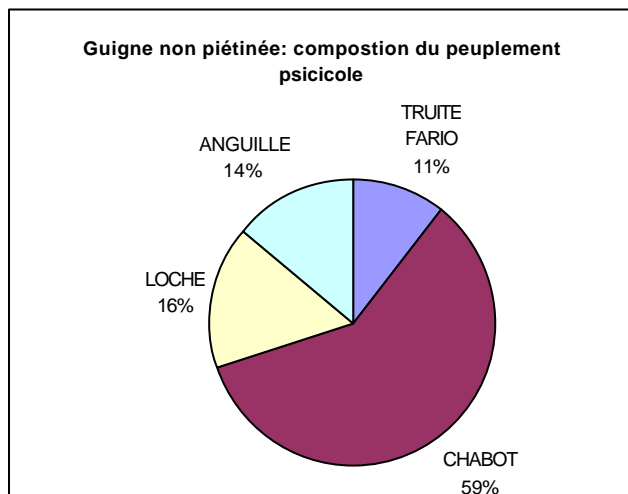
Avec des valeurs de 31% pour le ruisseau des Londes et de 26% pour la Guigne, l'indice de Sorensen montrent des différences significatives entre les stations piétinées et non piétinées des deux cours d'eau (100% similitude complète).

Ainsi, en ce qui concerne la végétation en berge, les strates non arborées sont moins hautes sur les stations piétinées (broutement) et les différentes strates moins harmonieusement réparties. Si la diversité basée sur l'abondance des espèces est similaire, sans doute parce qu'elle est équilibrée par la pression induite par l'ombrage des arbres, en station non piétinée, et par l'apparition d'espèces rudérales sur les stations piétinées, et , la similitude est faible entre les stations piétinées et non piétinées, ce qui peut tendre à montrer qu'il existe un impact du piétinement du bétail sur la végétation des berges.

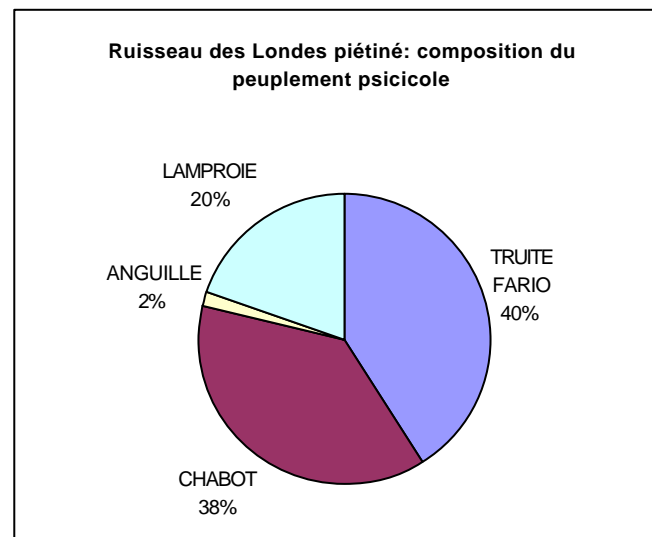
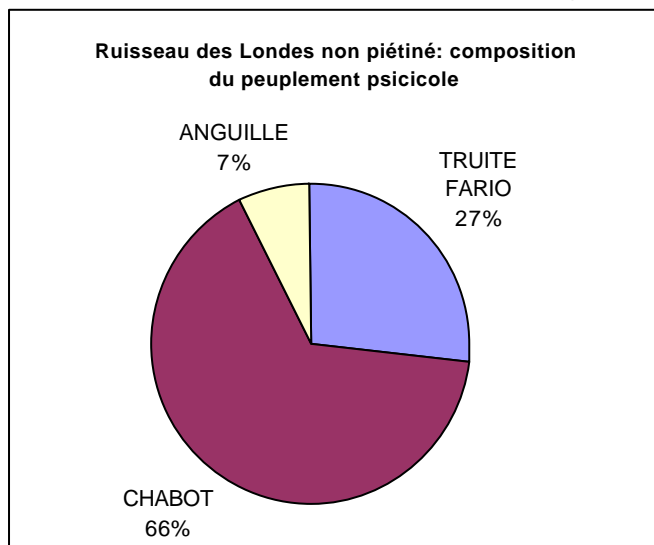
### **5.2. Peuplements piscicoles**



Leurs compositions rapportées à 100m<sup>2</sup> sur les différentes stations a été approchée grâce un double passage exhaustif au Martin Pêcheur sur chaque station, avec mesure des tailles des individus des différentes espèces. Les analyses sont à a rapprocher largement du descriptifs des faciès d'écoulement et des habitats d'une manière générale, dont ils sont censés intégrer les éventuelles modifications, en rappelant encore une fois que pour chacun des 2 cours deau, les stations piétinées et non piétinées ont été retenues pour leurs typologies les plus proches possibles.



Sur la Guigne, la proportion de Truites fario, espèce « repère » pour ce type de cours d'eau, semble baisser avec l'apparition du piétinement : on passe de 11 à 7%, à mettre par exemple en relation avec la diminution des sous-berges. Baisse également la proportion de chabots (59 à 48%), espèce benthique, peut être directement gênée par le piétinement. La proportion de Loches, espèce présentée comme étant capable de supporter des charges organiques fortes, augmente par contre dans le secteur piétiné, qui voit également apparaître une nouvelle espèce, l'épinoche, régulièrement inféodée à la végétation dont on a déjà souligné la forte présence à travers l'explosion du faux-cresson sur la station piétinée de la Guigne.

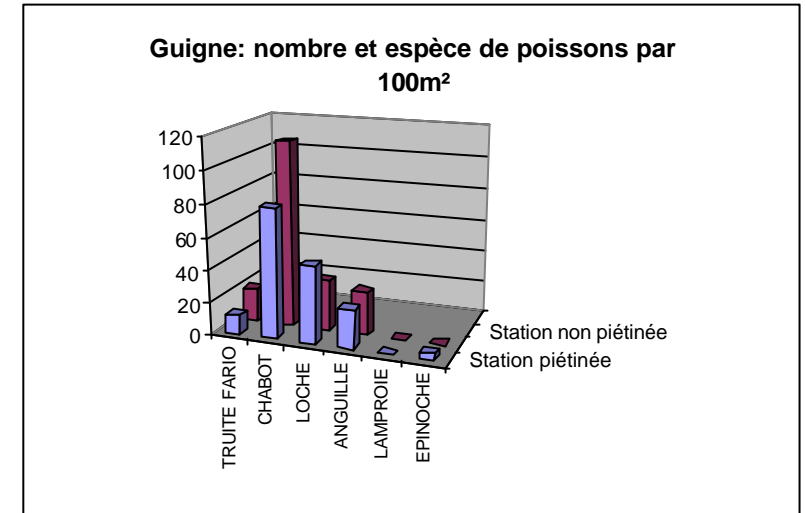
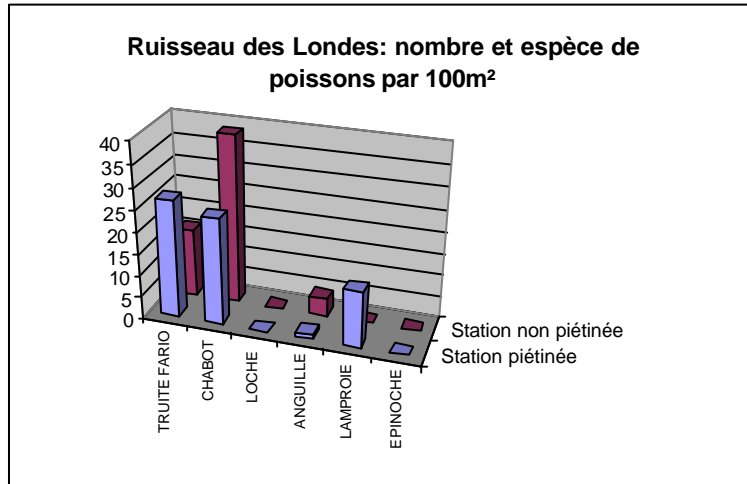




Sur le Ruisseau des Londes également, la proportion de chabots baisse nettement sur la station piétinée. L'Anguille semble également en diminution sur la station piétinée mais les effectifs sont si faibles que sa présence quasi anecdotique ne permet pas d'interprétation significative. Il faut noter l'apparition de la Lamproie fluviatile qui est à corréliser directement avec l'apparition d'un nouveau faciès sur la station piétinée : le plat lent, favorable à la sédimentation elle-même propice au développement des larves de Lamproie de Planer.

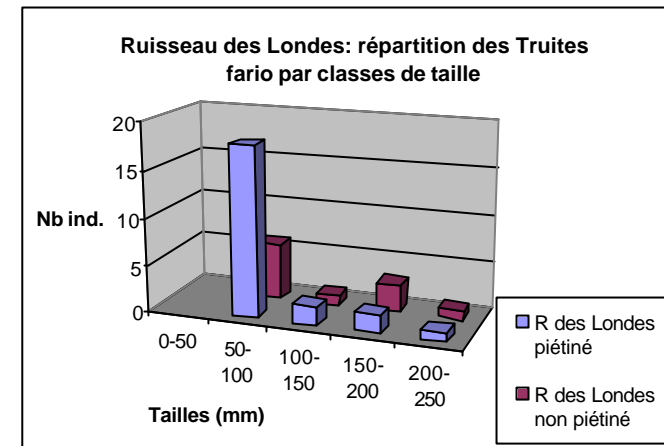
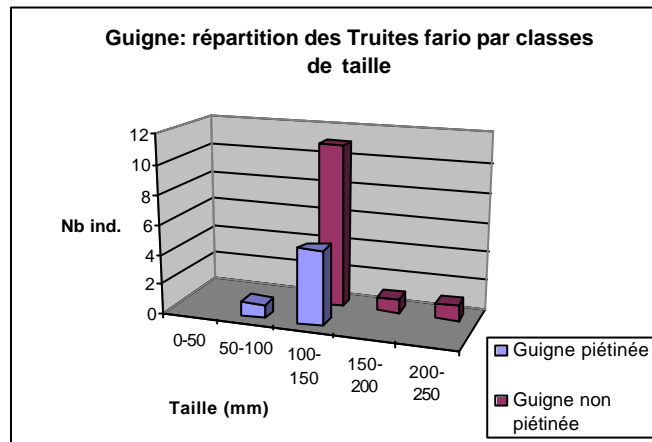
En pourcentage de l'effectif, la Truite fario augmente étonnamment sur la station piétinée, ce qui justifie d'observer plus finement la répartition des tailles des individus ainsi que les abondances ramenées au 100m<sup>2</sup>.

Enfin sur ce cours d'eau, il faut noter l'absence complète observée de la Loche franche et la faible représentation de l'anguille.

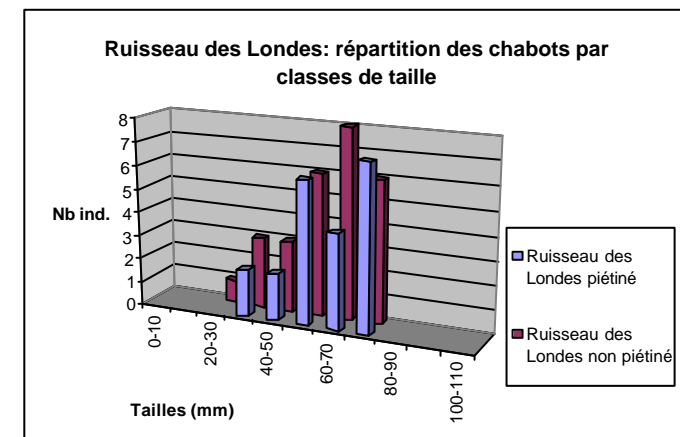
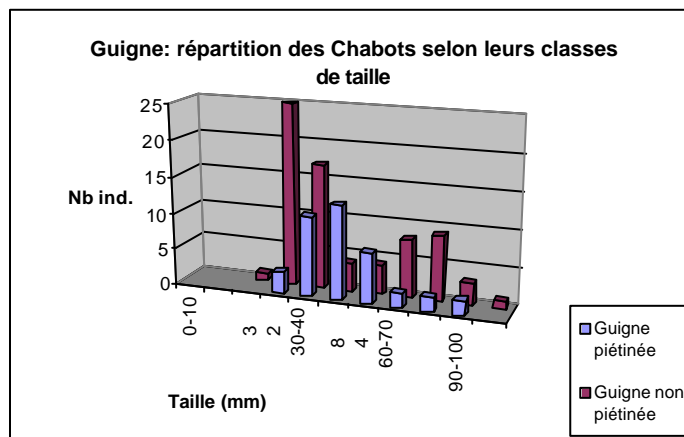


La Guigne	Moyenne des tailles (mm)	
	Secteur piétiné	Secteur non piétiné
<b>TRUITE FARIO</b>	116	127
<b>CHABOT</b>	56	54
<b>LOCHE</b>	80	59
<b>ANGUILE</b>	257	301
<b>LAMPROIE</b>	/	/
<b>EPINOCHÉ</b>	31	/

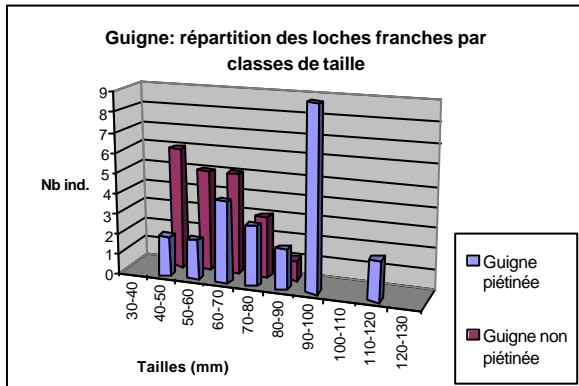
Ruisseau des Londes	Moyenne des tailles (mm)	
	secteur piétiné	secteur non piétiné
<b>TRUITE FARIO</b>	85	112
<b>CHABOT</b>	59	57
<b>LOCHE</b>	/	/
<b>ANGUILE</b>	350	487
<b>LAMPROIE</b>	138	/
<b>EPINOCHÉ</b>	/	/



Pour les deux ruisseaux la taille moyenne des truites diminue sur le secteur piétiné et la proportion d'individus plus âgés y est plus importante. Ces deux constats peuvent être mis en relation par exemple avec la diminution des sous-berges et la baisse de la hauteur d'eau. Sur la Guigne, la station piétinée semble ne présenter qu'une classe d'âge, alors que la station non piétinée en présente deux, voire sans doute trois.



Pour les chabots, espèce benthique pétricole dont la présence est très liée aux interstices adaptés à sa taille, la population sur la Guigne paraît également plus équilibrée sur la station non piétinée. En effet par exemple les individus âgés sont très peu présents sur la station piétinée où pierres et blocs sont absents du chenal courant concentrés entre les « banquettes » de cresson et constitués principalement de galets et graviers. Sur le ruisseau des Londes, sans doute à cause de l'ombrage qui limite le développement du faux-cresson, on n'observe pas comme sur la Guigne le phénomène de concentration de la majorité de l'écoulement, toutes les classes granulométriques sont présentes dans la section en eau de chaque station. Ainsi, tant quantitativement que qualitativement, les populations de chabots des stations piétinées et non-piétinées sont très comparables.



La Loche franche, considérée comme supportant des charges organiques importantes, n'a été contrôlée sur aucune des 2 stations du ruisseau des Londes sans que cette absence puisse être mise en relation avec le piétinement du bétail ni expliquée. Sur la Guigne, elle est un peu plus abondante sur la station piétinée, avec une taille moyenne sensiblement plus importante. La proportion d'individus âgés étant également plus importante sur la station piétinée. On peut envisager d'une part que la charge organique potentiellement importante liée à la présence du bétail dans le cours d'eau favorise cette espèce avec surtout un habitat très favorable constitué par les banquettes de vase latérales saturées d'eau et colonisées par le cresson.

### 2.4.2.3 Macroinvertébrés

Toujours dans l'objectif de comparer secteurs piétinés par le bétail et secteur non-piétiné, les 4 stations des 2 cours d'eau ont également fait l'objet d'une description hydrobiologique basée sur l'analyse des peuplements de macro-invertébrés, classiquement considérés comme intégrateurs de la qualité globale des milieux.



	La Guigne		Le ruisseau des Londes	
	Station non piétinée	Station piétinée	Station non piétinée	Station piétinée
<b>Note IBGN</b>	17	17	18	18
<b>Abondance</b>	14378	11780	4959	14070
<b>Variété taxinomique</b>	38	37	40	40
<b>Groupe indicateur</b>	7	7	8	8
<b>Nom du groupe indicateur</b>	Glossomatidae	Glossomatidae	Odonteceridae	Odonteceridae
<b>Indice de diversité de Shannon</b>	2,05	2,6	2,58	1,57
<b>Indice d'équitabilité</b>	0,39	0,5	0,48	0,3
<b>Dominance</b>	0,46	0,28	0,29	0,54
<b>Indice d'équilibre</b>	14	11	9	11
<b>Indice d'enrichissement</b>	14	14	14	14
<b>Indice d'habitat</b>	15,5	14,8	15,9	15,27
<b>CB2</b>	16,48	16,09	16,73	16,73

Le tableau ci-dessus présente les principaux résultats des campagnes de prélèvements et de l'exploitation des analyses réalisées par le bureau d'études RIVES dont les conclusions ont présentées en Annexes.

Excepté pour l'indice d'habitabilité, plus faible sur la station piétinée des deux cours d'eau, les résultats semblent opposés entre la Guigne et le ruisseau des Londes.

Ainsi l'abondance plus forte sur la partie piétinée du ruisseau des Londes pourrait s'expliquer par l'ombrage important de la station non piétinée, limitant la photosynthèse et le développement des macro-invertébrés.

L'indice de diversité de Shannon est plus fort sur la station piétinée de la Guigne : on peut mettre cette hausse en relation avec l'apparition de nouveaux habitats liée l'élargissement du lit et aux banquettes encrassées, ainsi qu'à l'apparition d'un écoulement de type « radier » contraint entre les banquettes mais fortement biogènes.

Il faut noter que le protocole normalisé sous lequel les prélèvements ont été réalisés n'est pas représentatif des caractéristiques habitationnelles de chaque station, mais est basé au contraire sur des prélèvements dans des couples support/vitesses indépendants de la proportion qu'ils représentent dans la station considérée. Enfin, on peut rappeler que le choix des stations non piétinées n'a pas pu s'affranchir de la présence de stations piétinées ou d'autres sources perturbatrices à l'amont et qui peuvent influencer les peuplement de macro-invertébrés. Cette dernière hypothèse semble corroborée par l'indice d'enrichissement stabilisée à 14/20 pour toutes les stations des 2 cours d'eau.

Tableau de synthèse :

<b>Paramètres morphologiques</b>	<b>Impact bétail</b>	<b>Coefficient d'évolution</b>	<b>Remarques Observations</b>
Largeur du lit mineur mouillé		x 1,5	
Vitesse d'écoulement de l'eau		x 0,34	
Hauteur d'eau		x 0,44	
Granulométrie			
Faciès d'écoulement			- apparition du "plat lent" - diminution de la diversité des écoulements
Sinuosité			Diminution légère dans les 2 cas, distance mesurée trop faible.
Proportion de sols nus en berges		x 2,2	Mesuré grâce à un logiciel de traitement d'images
Hauteur des berges			La différence de hauteur entre le niveau de l'eau et la prairie n'est pas lié au bétail
Pente des berges		/ 2	
Largeur des berges		X 2,3	
Ouverture des berges		X 2	
Indice de destructuration des berges		X 5	C'est le rapport de la largeur moyenne sur la pente moyenne
Sous-berges		/ 5	
<b>Paramètres biotiques</b>	<b>Impact bétail</b>	<b>Coefficient d'évolution</b>	<b>Remarques Observations</b>
Coefficient d'ombrage		x 1,6	
Hauteur de la strate végétale non arborée		/ 17	L'écart type baisse également, traduisant une diminution de la diversité des strates
Nombre d'espèces			
Indice de diversité de Shannon Weaver			Calculé à partir des classes d'abondance et non sur le nombre d'individus
Indice de similitude de Sorensen	/		Les stations piétiées et non piétiées ne sont similaires qu'à 29% en moyenne
<b>Peuplement piscicoles:</b>			
Chabot			Espèce inféodées au milieu caillouteux non colmatés
Loche			Espèce supportant des charges organiques importantes
Truite			Sur une station le nombre total de truites augmente, mais la taille moyenne diminue
<b>Maroinvertébrés</b>			Voir commentaires dans le texte et en Rapport RIVES en Annexes

## **Conclusion**

Les paramètres morphologiques semblent largement affectés par l'impact du piétinement du bétail. Ce sont assez logiquement les berges qui sont le plus modifiées, avec pour principales conséquences l'élargissement du lit entraînant le ralentissement de la vitesse d'écoulement, la diminution de la hauteur d'eau, et également des pertes de qualité habitationnelles avec la disparition des sous-berges ainsi qu'une banalisation des faciès d'écoulement et une chenalisation suspectée par la tendance à la baisse de la sinuosité.

En ce qui concerne les paramètres « biotiques », leur modification liée à la divagation du bétail est moins flagrante. La diversité végétale ne varie pas par exemple, mais l'indice de Sorensen montre que les stations piétinées et non piétinées montrent cependant des peuplements sensiblement différents, liés en particulier à l'apparition d'espèces rudérales type ortie, etc. La hauteur des strates non arborée est logiquement très faible dans les secteurs piétinés, entraînant une perte forte des qualités de l'habitat sur l'interface « berge » et des ruptures de la fonction « corridor ».

Les populations piscicoles des espèces caractéristiques des petits cours d'eau salmonicoles semblent également traduire un impact perturbant avec la diminution des chabots sur les secteurs piétinés quand la population de loches franches augmente. La Truite fario montre elle des pyramides des âges déséquilibrées avec une prépondérance des juvéniles sur les secteurs piétinés qui peut traduire la banalisation des habitats et la disparition des sous-berges.

En ce qui concerne l'analyse des peuplements de macro-invertébrés, il se révèle peu significatif et ou difficile à exploiter avec des notes IBGN stables entre les stations piétinées et non piétinées, des indices de diversité invariant et des indices d'enrichissement constant. On peut supposer que le principe même du protocole normalisé, qui s'appuie sur des prélèvements dans des couples supports/vitesses non représentatifs des caractéristiques de micro-habitats de chaque station, est partiellement responsable de cette apparente absence d'intégration des modifications par les macro invertébrés.

## ETUDE N° 3

### *Etude comparative sur plusieurs cours d'eau de la région basse Normandie*

### *Qualification et quantification de l'impact du piétinement*



### **HISTORIQUE ET DEMARCHE**

En 2004 une étude comparative a été menée sur les cours d'eau de la Croupte et de la Guigne. Les manipulations ont été réalisées sur des secteurs piétinés (un sur chaque cours d'eau) et sur des secteurs non piétinés typologiquement comparables. Grâce à ce travail, les principaux impacts du piétinement ont pu être visualisés mais ces résultats n'étaient pas représentatifs des cours d'eau de l'ensemble de la Basse-Normandie. L'étude de 2005 quant à elle devait permettre d'apporter un poids statistique sur l'effet du piétinement de façon claire et exploitable sur toute la Basse Normandie.

---

## ACTEUR DE L'ETUDE

---

Maîtrise d'ouvrage	CATER Basse Normandie
Partenaire financier	Agence de l'eau basse Normandie
Réalisation de l'étude sur le terrain	Le stagiaire Mathieu GIRARD Le bureau d'études Aquascope.

---

## OBJECTIFS

---

L'étude réalisée en partenariat avec l'Agence de l'Eau a pour objectif de :

1. augmenter le « poids » statistique des observations de terrain en comparant les résultats issus de la mise en œuvre d'un protocole allégé sur 30 stations piétinées et 30 stations non piétinées, de typologie comparable, et réparties sur la Basse Normandie.
2. apprécier l'impact du piétinement sur les 60 stations grâce à une analyse hydrobiologique adaptée destinée à mettre en évidence les modifications de la qualité de l'eau et également les éventuelles altérations physiques et habitationnelles

---

## PARAMETRE ET PROTOCOLE

---

Le nombre de stations a été fixé à 60, 30 stations réparties sur l'ensemble Massif armoricain à raison de 15 stations piétinées et de 15 stations non piétinées et de 30 stations réparties sur l'ensemble Bassin sédimentaire à raison de 15 stations piétinées et de 15 stations non piétinées. Le comportement des cours d'eau étant directement corrélé à la nature du substrat sur lequel ils s'écoulent, il apparaît logique de distinguer les deux ensembles au vu de la géologie de la Basse Normandie.

Les stations devaient donc posséder une longueur de 50 m et une pente inférieure à 20 pour mille, la largeur du lit mouillé devait être de 1.5 m au maximum pour les secteurs non piétinés, la densité de ripisylve devait être inférieure à 15%. Pour les secteurs piétinés l'intensité du piétinement devait être au minimum de 55% et répartie sur l'ensemble de la station et non pas localisée à un ou deux points d'abreuvement.

Les stations faisant plus ou moins 50 m de longueur, elles ont été découpées en 10 transects espacés de 5 m. Les mesures ont été réalisées le long de ces transects, et sur l'ensemble de la stations en fonction des paramètres.



<b>PARAMETRE ABIOTIQUE</b>
----------------------------

PARAMETRES	METHODES
Largeur du lit mouillé	Utilisation de transects
Largeur des berges	Utilisation de transects
Hauteur des berges	Utilisation de transects
Hauteur d'eau	Tous les 20 cm sur le transect
Profondeur des sous-berge	Mesure sur les transects
Classe granulométrique dominante	Détermination au jugé (par faciès)
Longueur et nombre de faciès d'écoulement	Mesure au topo fil
Vitesse d'eau moyenne	Méthode du bouchon ou fluorescéine
Sinuosité de la station	Utilisation du topo-fil

<b>PARAMETRE ABIOTIQUE</b>
----------------------------

L'IBGN spécifique de la norme AFNOR n'a pas été respecté par le choix du nombre d'échantillon réduit à 4 habitats. Les 4 prélèvements ont été volontairement orientés vers les couples substrat - vitesse dégradés mais représentatifs de la station. Les inventaires faunistiques ont été réalisés par le bureau d'étude Aquascop.

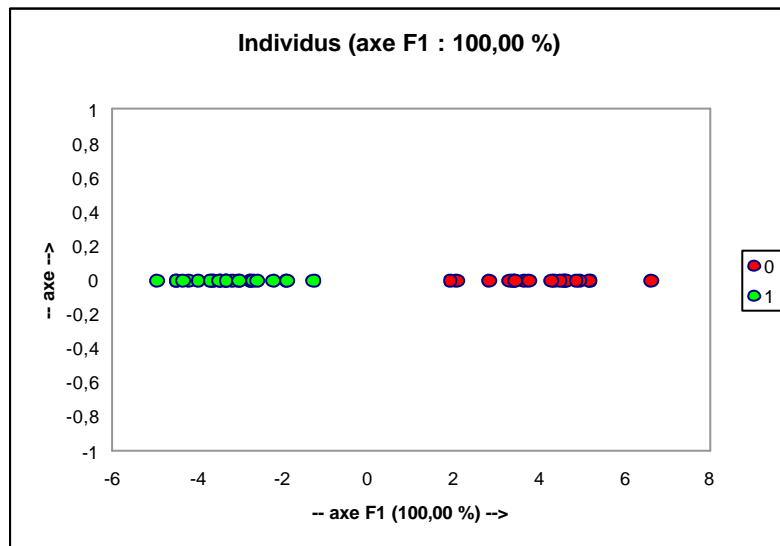
## RESULTAT

### COMPARAISON ET CHOIX DES STATIONS

Afin de pouvoir comparer les stations piétinées et les stations non piétinées nous devons définir si ces stations sont typologiquement comparables. Pour cela nous avons sélectionné 3 paramètres: la distance à la source, l'ordre de Strahler et la pente.

Certaines stations ont été écartées du fait d'un trop grand écart avec les seuils fixés (densité ripisylve supérieur à 15%, pente inférieur à 20% et largeur du lit mouillé inférieur à 1.5 m). Ceci permet d'écartier 25 stations sur les 60 définies au départ

L'utilisation de l'analyse factorielle discriminante permet de définir si toutes les stations sont bien classées, c'est à dire que des stations non piétinées ne seraient pas plus proche des stations piétinées au vu des résultats recueillis (l'AFD reprends tous les paramètres relevés).



Les stations piétinées et non piétinées sont bien distinctes et selon les valeurs obtenues pour les paramètres relevés.

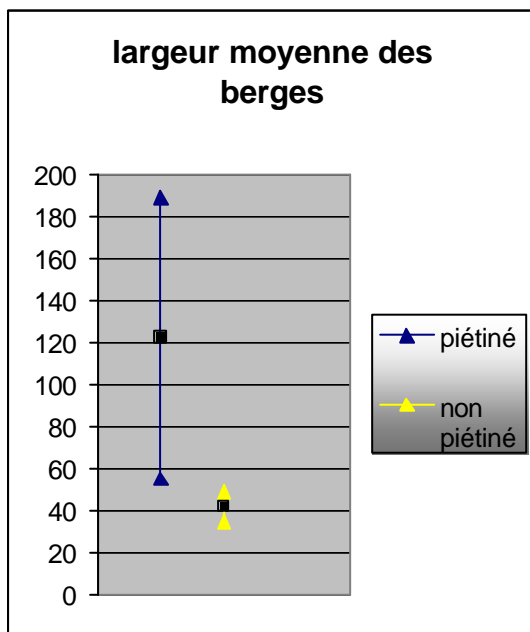
L'axe F1 représente principalement la pente moyenne des berges, ce qui explique que les stations non piétinées possèdent des abscisses supérieures à celle des stations piétinées.

**RESULTAT POUR LES PARAMETRES ETUDIES**

Pour chaque paramètre relevé un graphique représentant la distribution moyenne et l'écart type sera présenté ainsi qu'un tableau donnant les valeurs moyennes sur les stations étudiées.

**PARAMETRES FORTEMENT INFLUENCES PAR LE PIETINEMENT :**

**LARGEUR MOYENNE DES BERGES**

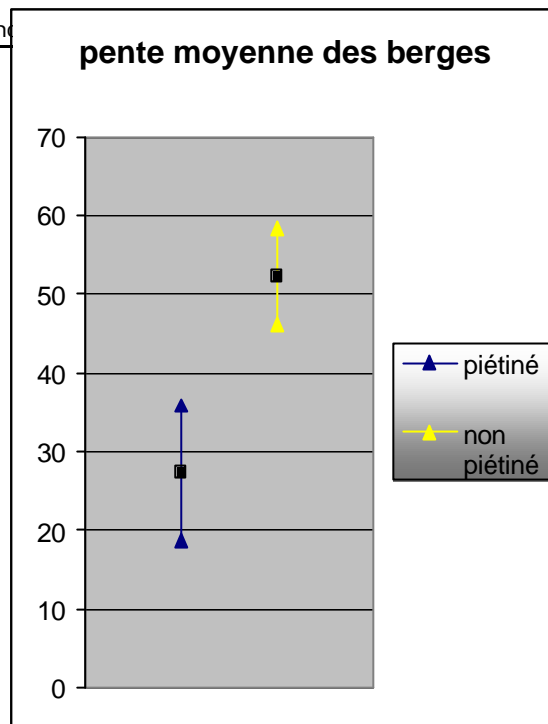


	largeur berge (cm)
<b>bassin sédim piéti</b>	<b>97,52</b>
<b>bassin sédim non piéti</b>	<b>46,18</b>
<b>massif armo piéti</b>	<b>145,06</b>
<b>massif armo non piéti</b>	<b>37,65</b>
<b>piétiné confondu</b>	<b>122,24</b>
<b>non piétiné confondu</b>	<b>41,92</b>
<b>écart type piétiné</b>	<b>67,00</b>
<b>écart type non piétiné</b>	<b>7,01</b>

Sur l'ensemble des stations étudiées ce paramètre semble largement affecté par le piétinement.

En effet la pression exercée par le poids du bétail entraîne un tassement du substrat. Pour le Massif armoricain la largeur des berges est multipliée par un facteur proche de 4 et de 2 pour le Bassin sédimentaire. La distribution démontre une différence significative.

**PENTE MOYENNE DES BERGES**

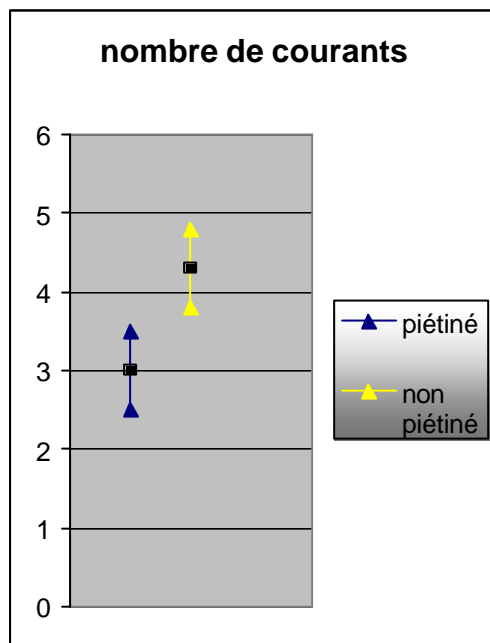


	pente berge (°)
<b>bassin sédim piéti</b>	<b>29,16</b>
<b>bassin sédim non piéti</b>	<b>51,90</b>
<b>massif armo piéti</b>	<b>25,64</b>
<b>massif armo non piéti</b>	<b>52,56</b>
<b>piétié confondu</b>	<b>27,33</b>
<b>non piétié confondu</b>	<b>52,23</b>
<b>écart type piétié</b>	<b>8,55</b>
<b>écart type non piétié</b>	<b>6,14</b>

Sur les stations piétinées les berges ont tendance à disparaître pour laisser place à une pente douce.

La pente sur les stations non piétinées est pratiquement identique, cela permet de dire que sur l'ensemble de la Basse Normandie, les cours d'eau piétinés voient leurs pentes moyenne des berges baisser de près d'un facteur 2, avec des conséquences directes sur la qualité de l'habitat des berges des cours d'eau.

## NOMBRE DE COURANTS



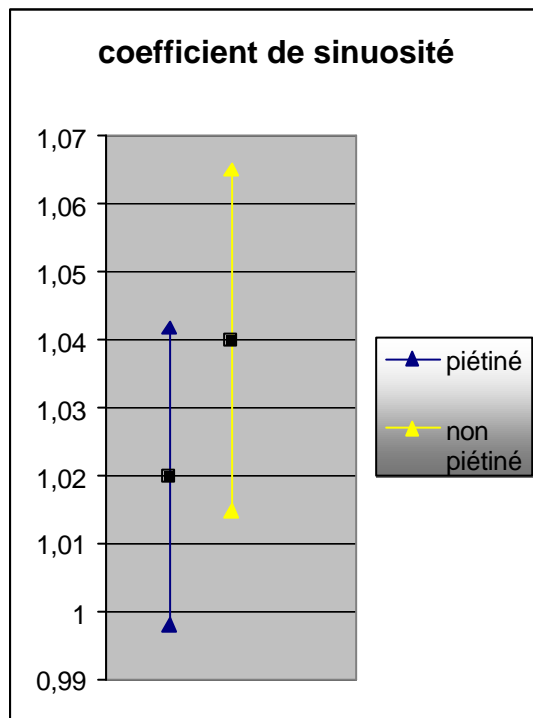
	nb courants
<b>bassin sédim piéti</b>	<b>2,83</b>
<b>bassin sédim non piéti</b>	<b>4,90</b>
<b>massif armo piéti</b>	<b>3,15</b>
<b>massif armo non piéti</b>	<b>3,70</b>
<b>piétiné confondu</b>	<b>3,00</b>
<b>non piétiné confondu</b>	<b>4,30</b>
<b>écart type piétiné</b>	<b>1,53</b>
<b>écart type non piétiné</b>	<b>1,17</b>

Le nombre d'habitats courants baisse fortement sur les stations piétinées, cela entraîne une homogénéisation des faciès. Cette baisse est essentiellement due au piétinement du cours d'eau par le bétail, l'observation démontre que ce changement du nombre de courant n'est pas lié à la station elle-même.

En effet en piétinant le cours d'eau les bovins modifient sa morphologie et son substrat. Le piétinement entraîne souvent la formation de banquettes argilo vaseuse en bordure du cours d'eau, ces banquettes perturbe l'écoulement en canalisant l'eau. De ce fait les faciès courants sont moins nombreux mais plus longs sur les secteurs piétiné. La distribution suffit à prouver une différence significative sur le nombre de courant entre une station piétinée et une station non piétinée.

**PARAMETRES MOYENNEMENT INFLUENCES PAR LE PIÉTINEMENT :**

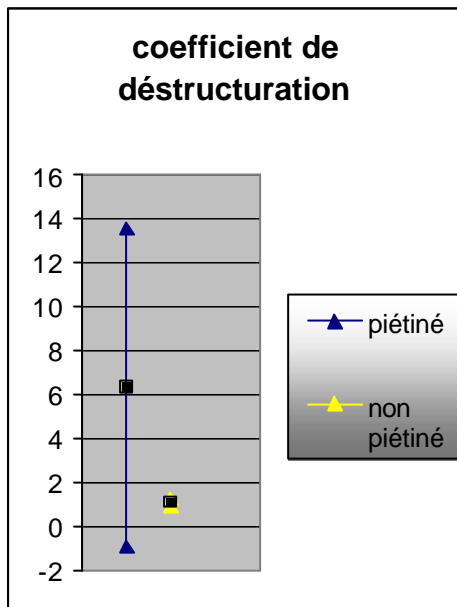
**COEFFICIENT DE SINUOSITE**



	coeff sinuosité
<b>bassin sédim piéti</b>	<b>1,00</b>
<b>bassin sédim non piéti</b>	<b>1,03</b>
<b>massif armo piéti</b>	<b>1,03</b>
<b>massif armo non piéti</b>	<b>1,05</b>
<b>piétiné confondu</b>	<b>1,02</b>
<b>non piétiné confondu</b>	<b>1,04</b>
<b>écart type piétiné</b>	<b>0,02</b>
<b>écart type non piétiné</b>	<b>0,03</b>

La baisse de la sinuosité n'est pas franche, les écarts relevés ne sont pas assez significatifs pour pouvoir conclure, mais le piétinement affecte également la sinuosité des cours d'eau en favorisant une « chenalisation » des cours d'eau, liée au recul de la berge.

**COEFFICIENT DE DESTRUCTURATION**

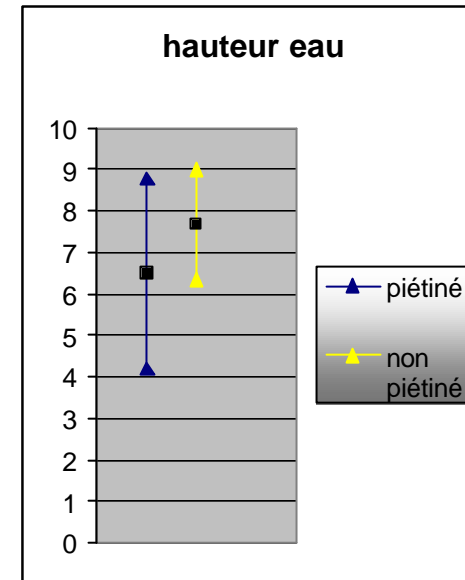
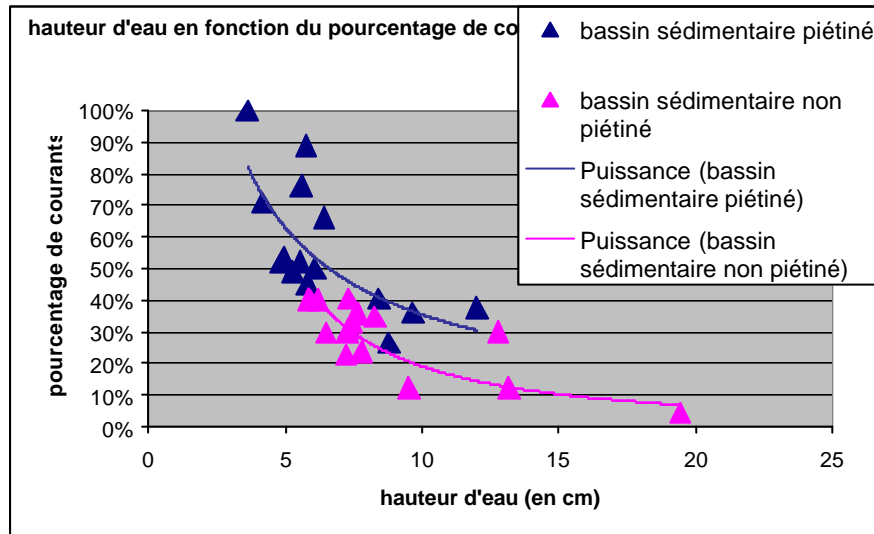


	<b>coeff de déstructurations</b>
<b>bassin sédim piéti</b>	<b>4,43</b>
<b>bassin sédim non piéti</b>	<b>0,89</b>
<b>massif armo piéti</b>	<b>8,04</b>
<b>massif armo non piéti</b>	<b>0,73</b>
<b>piétié confondu</b>	<b>6,31</b>
<b>non piétié confondu</b>	<b>1,08</b>
<b>écart type piétié</b>	<b>7,24</b>
<b>écart type non piétié</b>	<b>0,18</b>

Le coefficient de déstructuration permet de visualiser l'état de la berge, il est calculé en divisant la largeur de berge par sa pente moyenne. Un gros coefficient entraîne une berge très dégradée. Logiquement les stations non piétinées présentent un petit coefficient ainsi qu'un très faible écart type.

**PARAMETRES FAIBLEMENT INFLUENCES PAR LE PIETINEMENT :**

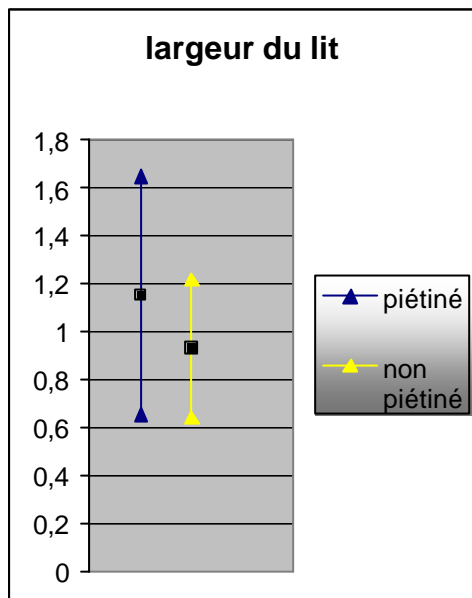
**HAUTEUR D'EAU**



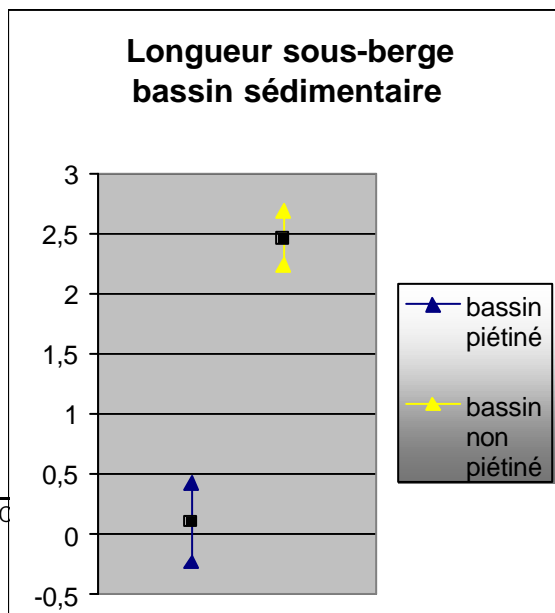
Liée au recul des berges et à l'élargissement du lit (cf. ci-après), la hauteur d'eau sur les secteurs piétinés est plus faible que sur les secteurs non piétinés.

Largeur du lit



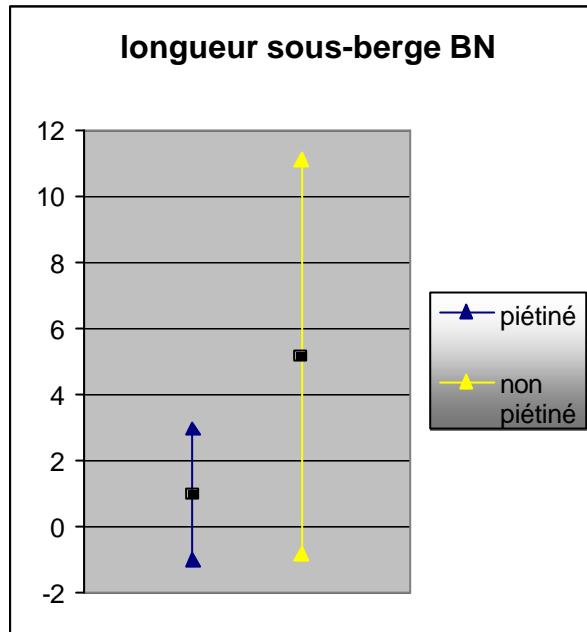


	largeur lit (m)
<b>bassin sédim piéti</b>	<b>1,06</b>
<b>bassin sédim non piéti</b>	<b>0,90</b>
<b>massif armo piéti</b>	<b>1,24</b>
<b>massif armo non piéti</b>	<b>0,96</b>
<b>piétiné confondu</b>	<b>1,15</b>
<b>non piétiné confondu</b>	<b>0,93</b>
<b>écart type piétiné</b>	<b>0,50</b>
<b>écart type non piétiné</b>	<b>0,29</b>



Le piétinement du bétail entraîne le recul des berges (principalement par tassement) et favorise l'érosion des berges, cela a pour conséquence d'agrandir le lit mouillé, et de ce fait de baisser la hauteur.

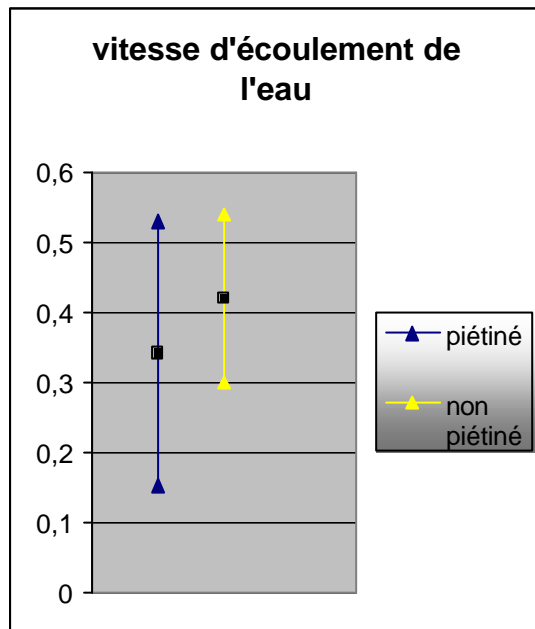
### LONGUEUR SOUS BERGE



	sous-berge (cm)
<b>bassin sédim piéti</b>	<b>0,10</b>
<b>bassin sédim non piéti</b>	<b>2,46</b>
<b>massif armo piéti</b>	<b>1,79</b>
<b>massif armo non piéti</b>	<b>7,85</b>
<b>piétiné confondu</b>	<b>0,98</b>
<b>non piétiné confondu</b>	<b>5,15</b>
<b>écart type piétiné</b>	<b>1,99</b>
<b>écart type non piétiné</b>	<b>5,97</b>

La disparition des sous berges n'apparaît pas très nettement sur le graphique de gauche (Bassin sédimentaire et Massif armoricain confondus), cela est dû aux résultats sur le Massif armoricain. En effet les cours d'eau du Massif armoricain possèdent souvent des empièvements sur les rives, ces gros blocs, d'origine naturelle ou anthropique, qui limitent l'écrasement des éventuelle sous berges. Le graphique de droite ne concerne que le Bassin sédimentaire et il apparaît nettement que le piétinement du bétail affecte largement la présence de sous berges. La présence de sous berges est un facteur fragilisant les berges, le piétinement entraînant un tassement de celles-ci provoque des éboulements et accélère l'érosion.

**VITESSE D'ÉCOULEMENT DE L'EAU**



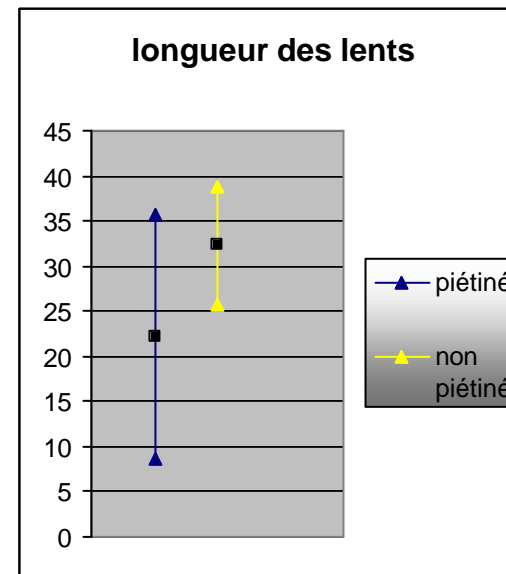
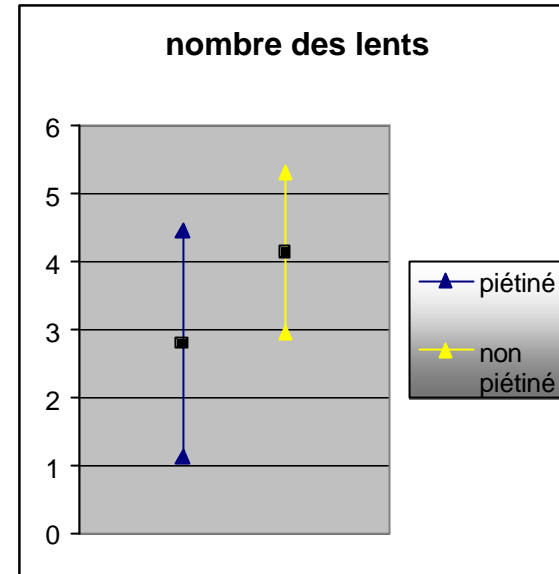
	vitesse d'écoulement de l'eau (m/s)
<b>bassin sédim piéti</b>	<b>0,31</b>
<b>bassin sédim non piéti</b>	<b>0,43</b>
<b>massif armo piéti</b>	<b>0,37</b>
<b>massif armo non piéti</b>	<b>0,41</b>
<b>piétiné confondu</b>	<b>0,34</b>
<b>non piétiné confondu</b>	<b>0,42</b>
<b>écart type piétiné</b>	<b>0,19</b>
<b>écart type non piétiné</b>	<b>0,12</b>

Les stations piétinées possèdent une distribution plus large de la vitesse d'écoulement. La baisse de la hauteur d'eau, les modifications des faciès en sont les origines. Les faciès ont été relevés numériquement sans faire de distinction, or il existe de nombreux faciès de courants. Une distribution plus large incluant des vitesses d'écoulement plus faible reflète l'apparition et présence notamment de « plats courants » et de « plats lents ».

La baisse de la vitesse d'écoulement est entre autres responsable de la sédimentation sur les secteurs piétinés.

	nb lents
bassin sédim piéti	2,83
bassin sédim non piéti	4,70
massif armo piéti	2,77
massif armo non piéti	3,60
piétiné confondu	2,80
non piétiné confondu	4,15
écart type piétiné	1,66
écart type non piétiné	1,18

	longueur lents (m)
bassin sédim piéti	20,75
bassin sédim non piéti	29,20
massif armo piéti	23,52
massif armo non piéti	35,38
piétiné confondu	22,19
non piétiné confondu	32,29
écart type piétiné	13,59
écart type non piétiné	6,47



**CLASSE GRANULOMETRIQUE DOMINANTE :**



pourcentage	limon dominant	gravier dominant	50/50	autre
bassin sédimentaire piétiné	25%	58,33%	8,33%	8,33%
bassin sédimentaire non piétiné	0%	0%	100%	0%
moyenne	13%	29%	54%	4%
massif armoricain non piétiné	0%	10%	70%	20%
massif armoricain piétiné	38,46%	7,69%	53,85%	0%
moyenne	19%	9%	62%	10%

Seules les deux classes granulométriques dominantes étaient relevées lors de la phase de terrain. Logiquement les faciès courants étaient dominés par les graviers et les sables avec un pourcentage non négligeable de limon sur les secteurs piétinés.

Un pourcentage élevé de limon sur les stations piétinées permet d'affirmer que la hausse de l'apport de matière en suspension est issue du piétinement du bétail. Cet apport est directement corrélé à l'accélération de l'érosion des berges et à la déstructuration de celles-ci par le bétail. Le limon est de plus à associer au colmatage des secteurs courants.

## RESULTAT Analyse des composantes principales :

**Seul les paramètres observés doivent être pris en compte, les paramètres calculés seront écartés.**

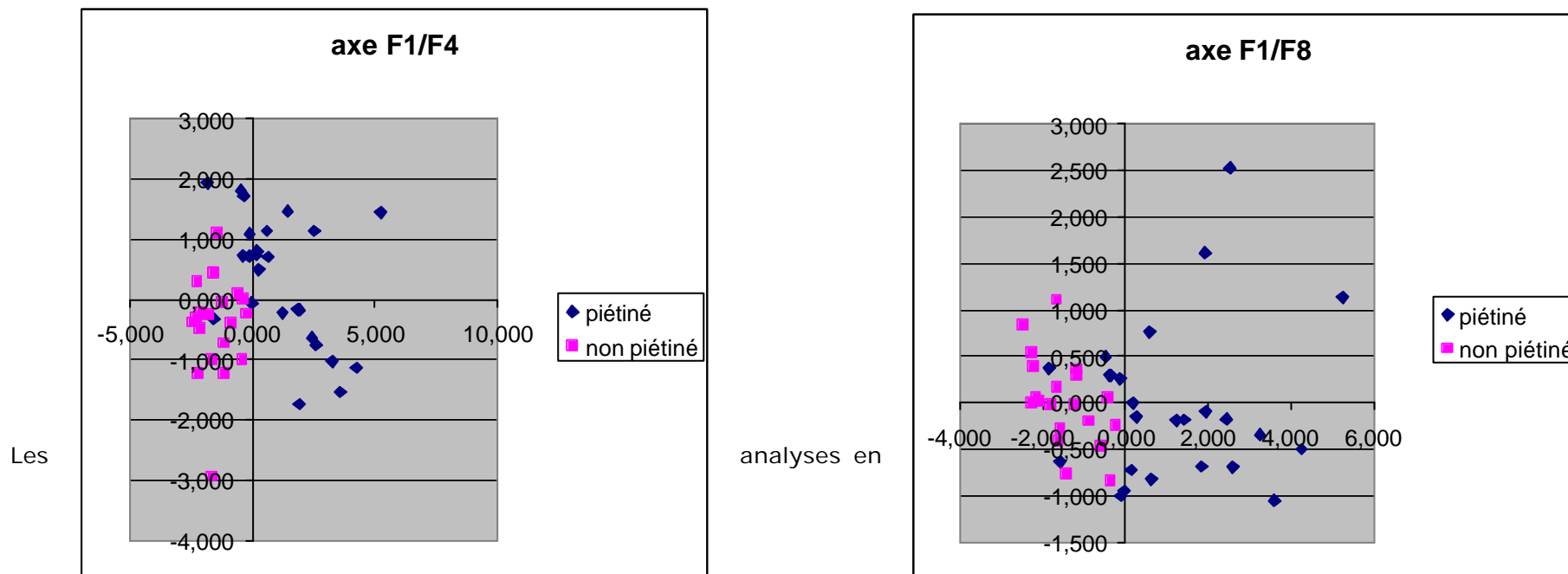
Contributions des variables (%) :

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
coeff. sinuosité	8,168	12,501	12,605	0,921	4,294	0,075	28,531	5,331	26,469	0,555	0,550
hauteur eau	9,693	11,214	1,496	1,939	0,195	0,016	27,878	8,587	26,067	2,670	0,246
hauteur berge	0,805	14,680	4,897	7,567	0,106	48,545	11,645	10,502	0,602	0,367	0,283
largeur berge	8,135	5,590	0,001	34,086	5,956	0,041	0,605	32,767	3,635	8,717	0,467
largeur lit (m)	0,001	15,755	2,565	0,106	30,626	32,686	3,391	9,901	4,692	0,003	0,273
sous berge	4,542	15,515	5,951	22,545	1,774	0,642	12,558	11,733	24,367	0,179	0,193
vitesse eau (m/s)	1,344	5,167	0,409	14,832	55,668	15,305	4,738	2,213	0,189	0,130	0,004
nombre courants	12,442	10,916	20,423	6,684	0,030	1,365	0,066	0,015	3,388	2,529	42,141
nombre lents	16,353	8,171	8,625	9,953	0,516	1,302	0,721	0,010	1,195	7,969	45,186
longueur courants	21,772	0,178	13,313	0,014	0,010	0,004	3,205	0,992	1,364	56,252	2,896
longueur lents	16,744	0,314	19,714	1,353	0,825	0,020	6,661	17,949	8,031	20,629	7,759

Ce tableau permet de visualiser la contribution des variables pour chaque axe. On peut donc voir que l'axe F1 tient principalement compte des faciès d'écoulement alors que l'axe F5 tiens essentiellement compte de la largeur du lit et de la vitesse d'écoulement de l'eau. L'axe F4 est expliqué par la largeur des berges et sous berge.

Le travail va être centralisé sur les paramètres ayant une distribution significativement différente entre station piétinée et station non piétinée,

Soit en particulier la largeur des berges et le nombre de courants, la pente des berges est exclue car ce paramètre est issu d'un calcul faisant intervenir la hauteur des berges et leur largeur.



composantes principales ont été réalisées pour expliquer les variations observées entre les différentes stations à partir des paramètres étudiés. L'ACP génère un diagramme sur lequel figure le poids moyen de chaque site représenté par des points en respectant leur contribution à l'axe explicatif.

Le regroupement entre les stations piétinées, et celui des stations non piétinées, est majoritairement expliqué par l'axe 1 traduisant les faciès d'écoulements. La combinaison de multiples paramètres façonnant de nouveau faciès d'écoulement (granulométrie, substrat, vitesse de courant, largeur des berges). La séparation des stations décrite par l'ACP est dues à des différences dans le nombre et la variété des faciès d'écoulement.

**INDICE BIOLOGIQUE GLOBAL**

Parmi les 25 stations, seules 9 ont fait l'objet d'analyses des peuplements de macro-invertébrés :

station	IBGN		CB2		Indices equab		indice de pullulation		indice de diversité de Hill		Nombre de classes		nombre de taxons cb2		indice de Simpson	
	non piét.	piét.	non piét.	piét.	non piét.	piét.	non piét.	piét.	non piét.	piét.	non piét.	piét.	non piét.	piét.	non piét.	piét.
la Vanne	14	<b>13</b>	15	<b>14</b>	13,06	<b>9,3</b>	6,2	<b>2,5</b>	0,72	<b>0,73</b>	65	<b>53</b>	26	<b>22</b>	0,78	<b>0,84</b>
le Tanctray	16	<b>15</b>	16,5	<b>14</b>	8,89	<b>9,3</b>	9,7	<b>2,8</b>	0,49	<b>0,73</b>	84	<b>44</b>	33	<b>23</b>	0,77	<b>0,85</b>
la Chefresnaise	12	<b>15</b>	11,5	<b>15</b>	7,66	<b>16</b>	9,2	<b>4,9</b>	0,64	<b>0,73</b>	36	<b>70</b>	15	<b>25</b>	0,46	<b>0,81</b>
Allier	16	<b>15</b>	15	<b>14</b>	4,42	<b>5</b>	9,2	<b>2,8</b>	0,73	<b>0,73</b>	65	<b>69</b>	30	<b>28</b>	0,74	<b>0,86</b>
le Vieux ruisseau	17	<b>17</b>	16	<b>16</b>	23,75	<b>20</b>	3,1	<b>3</b>	0,77	<b>0,78</b>	82	<b>92</b>	30	<b>31</b>	0,88	<b>0,87</b>
le Livet	16	<b>14</b>	15,5	<b>14</b>	10,8	<b>4,9</b>	9,4	<b>6,4</b>	0,79	<b>0,75</b>	87	<b>67</b>	31	<b>25</b>	0,76	<b>0,78</b>
le Bourgel	15	<b>15</b>	14,5	<b>15</b>	6,48	<b>11</b>	3,6	<b>6,2</b>	0,74	<b>0,7</b>	73	<b>59</b>	26	<b>26</b>	0,86	<b>0,73</b>
le Villiers	11	<b>8</b>	10,5	<b>10</b>	3,72	<b>1,1</b>	2,7	<b>6</b>	0,67	<b>0,66</b>	29	<b>31</b>	15	<b>17</b>	0,8	<b>0,69</b>
le Loges	14	<b>7</b>	13	<b>10</b>	9,17	<b>1,8</b>	6,2	<b>5,7</b>	0,71	<b>0,67</b>	40	<b>38</b>	20	<b>18</b>	0,73	<b>0,72</b>
moyenne	14,56	<b>13</b>	14,17	<b>13</b>	9,77	<b>8,7</b>	6,59	<b>4,5</b>	0,7	<b>0,7</b>	62,33	<b>58</b>	25,11	<b>24</b>	0,75	<b>0,79</b>
écart type	2,01	<b>3,4</b>	2,06	<b>2,1</b>	6,01	<b>6,4</b>	2,91	<b>1,7</b>	0,09	<b>0</b>	22,07	<b>19</b>	6,86	<b>4,5</b>	0,12	<b>0,07</b>



Un test d'homogénéité (test du chi 2) a été effectué en 2009 pour savoir si les distributions des divers indices du tableau précédent entre les stations piétinées et non piétinées sont significativement différentes.

Le test s'est porté sur la note des IBGN, pour le réaliser quatre classes sont proposées parmi les notes IBGN, cela conditionne le degré de liberté permettant d'obtenir une valeur critique de 7,18

Sous l'hypothèse H0 c'est-à-dire  $p \text{ valeur} < \text{valeur critique}$  la différence entre les notes des IBGN est non significative

Sous l'hypothèse H1 c'est-à-dire  $p \text{ valeur} > \text{valeur critique}$  la différence entre les notes des IBGN est significative.

Le résultat du test = 7,28

On note, cependant que l'ensemble des indices a tendance à être supérieur en moyenne pour les stations non piétinées par rapport aux stations piétinées. L'indice Equab permet de faire le ratio entre les espèces polluo-sensibles et les espèces polluo-résistantes. Les différences observées ne semblent pas être liées exclusivement l'action du piétinement.

L'indice de pullulation marque la dominance d'un taxon, une note proche de 10 pour cet indice traduit une forte dominance d'un taxon. Le piétinement semble avoir pour effet de détériorer les conditions d'habitats pour le taxon dominant en créant de nouveaux habitats moins spécifiques à l'espèce dominante.

Les traits biologiques et écologiques ont été décrits mais n'ont pas été liés à une analyse biologique permettant de visualiser l'impact du piétinement sur les caractéristiques des espèces. Une analyse de similarité de ces traits de vie ou de milieu a montré qu'il existe une grande similitude entre les traits biologiques et écologiques dans la globalité entre les stations piétinées et non piétinées.

---

## CONCLUSION

---

Les paramètres les plus influencés sont dans un premier temps les paramètres morphologiques tel que la largeur des berges ainsi que la pente de celles-ci, viennent ensuite les paramètres liés à l'habitat avec une modification des faciès d'écoulement. Certains paramètres ne varient pas de façon très significative (coefficient de sinuosité, hauteur d'eau ou bien encore la vitesse d'écoulement de l'eau et la granulométrie).

Une perspective pour une étude future serait de travailler sur une station non piétinée, de réaliser un suivi sur plusieurs mois en relevant les paramètres physiques tels que la hauteur des berges, la granulométrie et autres afin de pouvoir modéliser un modèle schématique de cours d'eau puis de l'ouvrir au piétinement sur une saison. Un suivi après piétinement selon le même protocole qu'avant piétinement devrait permettre de visualiser les effets du piétinement sur un cours d'eau

## Fiche N° 4

### ***Evaluation du colmatage des sédiments avant travaux de restauration de cours d'eau sur le Bassin Versant de la Sienne***

---

#### **HISTORIQUE ET DEMARCHE**

---

Depuis 2006, le Syndicat Intercommunal d'Aménagement et d'Entretien de la Sienne (SIAES) s'est lancé dans un ambitieux programme de restauration de la Sienne et de ses affluents. Le budget total de ce programme de 6ans s'élève à 2079 162€. A cela s'ajoute le programme de restauration de l'Airou , affluent principal de la Sienne, qui va être lancé dès 2009 pour un montant global de 1 171 248€.

Sur les deux premières tranches du programme de la Sienne, plus de 70% de la dépense est consacré à la lutte contre la divagation des bovins dans les cours d'eau : pose de clôtures, réalisation d'abreuvoirs, pose de passerelles, mise en place de pompes à nez en prairie.

Etant donné les montants engagés, le SIAES cherche à évaluer l'impact réel du piétinement sur la qualité des cours d'eau et le bénéfice réel apporté par les aménagements réalisés.

---

#### **ACTEUR DE L'ETUDE**

---

Maîtrise d'ouvrage	SIAES (syndicat intercommunal de l'aménagement et de l'entretien de la Sienne)
Partenaire financier	AESN et CRBN (poste), DIREN (cadre Natura 2000 sur l'Airou)
Réalisation de l'étude sur le terrain	Romuald GENOEL chargé de mission (SIAES) Anthony HAMON technicien rivière (SIAES)

## OBJECTIF

---

Le SIAES a cherché avant tout une méthode d'évaluation facile à mettre en place, demandant peu de temps et ne nécessitant pas de matériels techniques importants, pour suivre les cours d'eau restaurés. Cette méthode a pour but de mesurer le colmatage potentiel du sédiment, lié à l'action du piétinement du bétail sur les berges des cours d'eau, à l'aide des sticks d'hypoxies. La méthode est basée sur l'hypothèse suivante, que le piétinement génère la mise en suspension de matière fine venant colmater le substrat du lit intérieur et réduisant ainsi la profondeur de pénétration de l'oxygène dissous dans l'eau qui ne s'infiltrerait plus dans les interstices sédimentaires.

## PARAMETRES ET PROTOCOLE

---

### PARAMETRES

La présence d'oxygène dans le substrat des ruisseaux est primordiale pour assurer son bon fonctionnement écologique.

Lors du colmatage, les particules minérales fines vont progressivement enrober les granulats, sable ou gravier qu'elle vont lier, on parle de colmatage physique.

Il existe un colmatage biologique souvent sous-estimé, les microorganismes s'agglutinent au substrat formant un bio film, ce phénomène vient s'ajouter au colmatage physique.

Les paramètres mesurés qualitativement sont l'intensité du piétinement et l'oxygénation des sédiments liée également avec les activités microbiennes (bio film), ce dernier paramètre peut être la cause de perturbation dans le lit intérieur du cours d'eau.

### METHODE

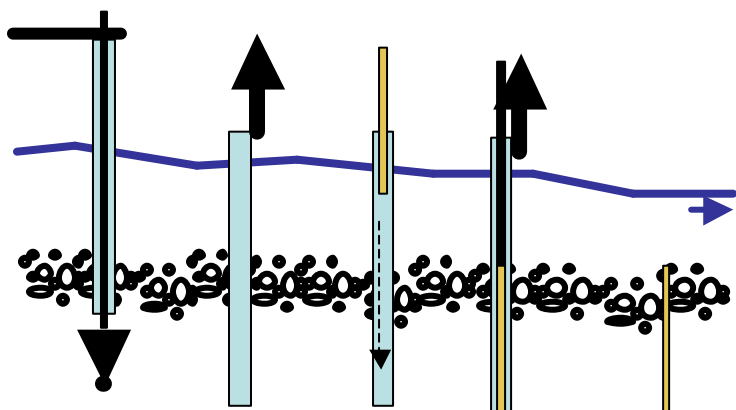
La méthode d'évaluation du colmatage des sédiments des cours d'eau a été expérimentée par Pierre Marmonier (UMR-CNRS Lyon I écologie des hydro-systèmes fluviaux).

Cette méthode simple consiste à enfoncer dans le sédiment sept à huit bâtonnets en pins non traités (appelés « sticks d'hypoxie ») par station. Ils sont plantés dans les têtes de radiers si possible au centre du chenal, pendant une durée d'incubation de 3-4 semaines à 1 mois, en condition hivernale.

Des bactéries présentes dans le lit du cours d'eau colorent le bois (substrat artificiel).

Le passage de la coloration brune à noire des bâtonnets de pin indique la profondeur d'alternance oxygénée vs hypoxie et donnent donc une information sur la circulation de l'eau dans le sédiment. Plus le sédiment est colmaté, moins la circulation de l'eau et donc de l'oxygène dans le sédiment a lieu, la limite de changement de couleur des sticks est donc moins profonde.

### INSTALLATION DU MATERIEL



Etape1    Etape2    Etape3    Etape4    Etape5



Bâton(pin) de30 cm+fil coloré

Schéma de la mise en place des sticks d'hypoxies pour repérage en fin d'incubation

Etape : 1 Planter un tube plastique avec une barre à mine à l'intérieur.

Etape : 2 Retirer la barre à mine en laissant le tube plastique en place.

Etape : 3 Introduire le bâton de Pin.

Etape : 4 Retirer le tube plastique en maintenant le bâton en profondeur.

Etape : 5 Laisser le bâton incuber un mois dans les sédiments.

## LECTURE ET ANALYSE DU MATERIEL



Le passage de la couleur brune au noir donne la profondeur d'alternance « oxygéné vs hypoxique » la lecture doit se faire sur le terrain car la couleur s'estompe quand le bio film sèche.

3 cours d'eau ont été choisis : l'Ecluse( Ecl), station a priori peu dégradée, le Chônage (cho) et le Blanc Douit(BD), cours d'eau qui seront complètement restaurés durant l'hiver 2008-2009 (clôture sur tout le linéaire). Il s'agit de petits cours d'eau d'environ 0,5-1m de largeur et de 0,15-0,30m de profondeur. Parmi ces cours d'eau Trois stations sont situées sur le Blanc Douit, deux stations sur le Chônage et une station se trouve sur l'Ecluse.

## RESULTATS

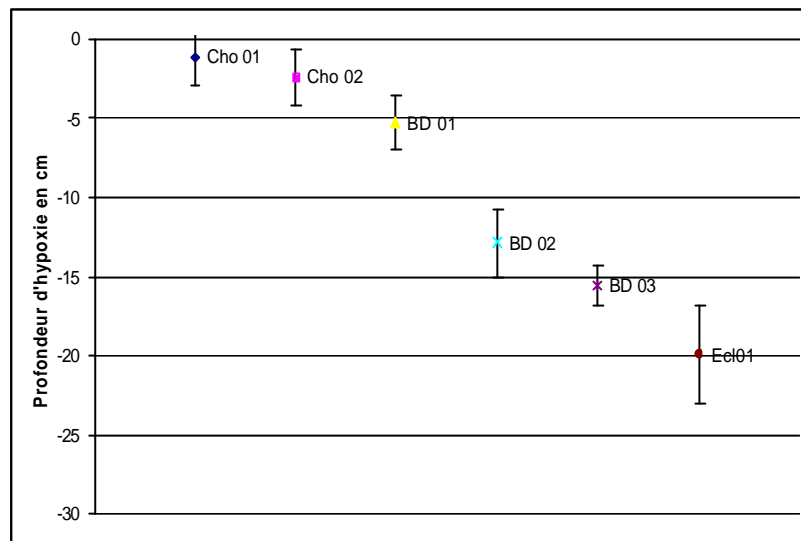
Répartition du pourcentage des longueurs de berges en amont des stations selon 5 intensités de classes de piétinement

%	Nul	Faible	Modéré	Important	Fort
R de Chonage 01	9,97	30,05	8,20	30,60	21,17
R de Chonage 02	7,63	38,22	13,51	25,68	14,96
Blanc Douit 01	27,80	6,50	8,30	0,00	57,40
Blanc Douit 02	41,93	21,75	11,12	0,00	25,20
Blanc Douit 03	53,83	23,36	6,98	0,00	15,82
Ecluse	45,86	11,62	11,89	28,82	1,81

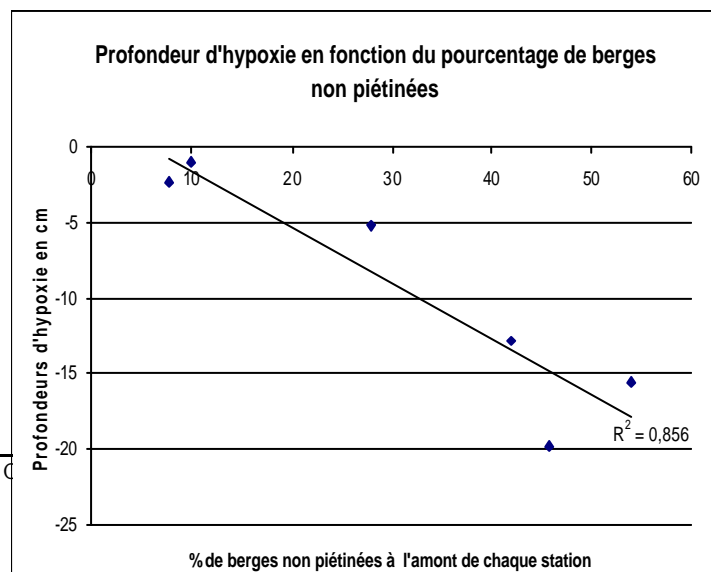
Les stations Cho 01, Cho 02 et Bd 01 sont particulièrement touchées par le piétinement : les pourcentages de berges classées en piétinement important ou fort avoisinent les 50%.

Les stations Bd 02, Bd 03 et Ecl 01 sont plus protégées avec une part relativement importante de berges où le piétinement est inexistant.

### Profondeur de l'hypoxie en fonction des stations



Après incubation des sticks, un gradient de profondeur d'hypoxie entre les stations est visible. Ce gradient ne considère pas l'intensité du piétinement mais le pourcentage de berge non piétinée. La profondeur d'hypoxie la plus importante est relevée pour les stations du Chônage. Malgré un pourcentage de linéaire de berge où le piétinement est très intense pour la station 1 du Blanc Douit, la relation suit le piétinement global.



Une corrélation significative entre la profondeur d'hypoxie et une intensité de piétinement important et/ou forte n'as pu être démontré de par un  $R^2 < 0.9$  et un nombre insuffisant de stations. Cependant il apparaît clairement que les stations les plus exposées au piétinement (Cho 01, Cho .02 et Bd 01) sont particulièrement colmatées.

En faisant une analyse qualitative de données, on observe que les cours d'eau ont une capacité de récupération de l'amont vers l'aval.

Ainsi, l'Ecluse est piétinée de manière assez forte en tête de bassin mais elle traverse ensuite une zone où le piétinement est quasiment nul (milieu forestier), la station Ecl 01 en ressort très peu colmatée.

De même, le Blanc Douit est très fortement piétiné en amont (57% des berges amont à la station Bd 01 sont classé « piétinement fort ») alors que le piétinement devient quasiment nul à l'aval

L'impact du piétinement sur le colmatage aurait donc des effets plutôt localisés et la présence de parcelles non piétinées permettrait de retrouver des milieux non colmatés.

---

## Conclusion et perspectives

---

Le fait que l'impact du piétinement soit relativement localisé est intéressant pour le gestionnaire de cours d'eau dans le sens où même une action limitée a des effets positifs sur le cours d'eau. Ainsi, en cas de refus de travaux par des exploitants agricoles en amont, la pose de clôture à l'aval permet une restauration au moins partielle du cours d'eau, comme l'a illustré le Blanc Douit.

Dès l'automne-hiver 2008, le Chônage et le Blanc Douit vont être complètement protégés des bovins. Il sera possible de vérifier si le piétinement est bien la cause principale du colmatage des sédiments sur ces secteurs. Il sera également intéressant de suivre le temps de réponse des cours d'eau aux travaux de restauration et si le décolmatage naturel s'effectue facilement.

Cette méthode possède également certains défauts : il serait intéressant de trouver un site de référence à l'analyse de la profondeur d'hypoxie car il existe une forte variabilité selon le substrat et le site.

Egalement, les variations du colmatage selon la saison mériteraient d'être analysées (période hivernale : débits forts/peu de piétinement – période estivale : débits faibles/piétinement important).

Enfin si cette méthode de suivi des milieux confirme son intérêt, il est envisagé, étant donné ses faibles coûts de mise en oeuvre, la mise en place d'un réseau de stations sur le bassin versant de la Sienne afin de suivre dans la durée l'évolution de l'état des substrats et leurs réactions par rapport aux travaux de protection contre le piétinement du bétail.

Des manipulations s'inspirant de cette méthode « stick hypoxie » sont en cours de validation par le CEMAGREF de Lyon (UR Biologie des Ecosystèmes Aquatiques BEA/ Laboratoire Hydroécologie Quantitative LHQ), en collaboration avec L'ONEMA qui pilote la réalisation d'un diagnostic et la mise en place d'un suivi national de la morphologie des cours d'eau. Le paramètre mesuré étant la mesure in situ de la conductivité et non plus la coloration d'un substrat artificiel. Ce paramètre offre une variabilité moins dépendante des sites bien que la technicité et les relevés sont plus complexes.



## FICHE N°5

# ***Suivi de l'impact piétinement à travers le programme pluriannuel de restauration et d'entretien des cours d'eau sur le bassin de l'Oir***



---

### **Historique et démarche**

L'association du Bassin de la Sélune de l'Amont à l'Aval (BS2A), structure porteuse du SAGE (schéma d'aménagement et de gestion des eaux) de la Sélune, coordonne une étude sur les petits cours d'eau en collaboration avec la cellule d'animation technique pour l'eau et les rivières (CATER) de Basse Normandie et l'UMR INRA-Agrocampus Ecologie et Qualité des Hydrosystèmes Continentaux (EQCH) Rennes. Quatre problématiques relevées comme les plus fréquentes sont abordées. La clôture d'un abreuvoir dit « sauvage », l'enlèvement d'embâcle, l'entretien des arbres des berges, l'évolution de la végétation rivulaire suite à la clôture du cours d'eau.

## Acteurs de l'étude

	année 2002	année2003	année2004	année2005
Maître d'ouvrage	Syndicat Baie Bocage Sélune, (BS2A)	Syndicat Baie Bocage Sélune, (BS2A)	Syndicat Baie Bocage Sélune, (BS2A)	Syndicat Baie Bocage Sélune, (BS2A)
Partenaires	AESN, CG de la manche, CATER	AESN, CG de la Manche, CATER	AESN, CG de la Manche, CATER	AESN, CG de la Manche, CATER
Etude sur le terrain	Cécile Terrasse (DESS) gestion intégrée des ressources en eaux continentales UMR INRA (EQHC)	Emmanuel Helard Rachel Labrunie (DESS) UMR INRA (EQHC)	A.Pingray J.Robinet rapport non disponible	C.Carreau N.Garnier rapport non disponible

## Objectifs

Le but est de mettre en évidence les effets des opérations d'entretien, sur les cours d'eau, mais aussi sur la faune et la flore du milieu.

La présentation du programme de BS2A lors de cette synthèse se focalisera sur la première thématique permettant de visualiser les effets de la pose de clôture d'un abreuvoir sauvage, dans le but de limiter les conséquences du piétinement.

## Paramètres et protocole

La station de la Roche appartient au bassin versant de l'Oir, lui-même étant l'un des trois principaux affluents de la Sélune.

L'Oir est un cours d'eau de première catégorie et, à ce titre, présente un important potentiel pour la reproduction des salmonidés. Le suivi des populations durant 14 ans a démontré leur difficulté à se renouveler à cause de la dégradation de leur habitat (Heurteau et Taleysac, 2001).

Cette station d'étude a été divisée en 3 sous stations (figure à) :

- Une sous-station sert de référence, elle ne présente pas de dégradation selon les problématiques proposées. Elle est qualifiée de « naturelle ».
- Une sous-station est perturbée et ne subit pas d'entretien, il s'agit du témoin. Elle est une base pour l'évaluation des impacts des travaux.
- Une sous-station est perturbée au même titre que la précédente et est entretenue. Elle montrera une potentielle évolution à court terme et sera ainsi comparée à la précédente.

La sous-station *aval* correspond ici à la sous-station *perturbée* et *sans entretien*. La sous-station *médiane* est la partie *référence* qui a pourtant été recalibrée il y a plusieurs dizaines d'années. La sous-station *amont* est la partie *dégradée* qui subira les *travaux*.

L'abreuvoir est placé suffisamment en amont de la sous-station médiane pour que son influence ne soit pas nette et qu'elle puisse servir de référence. En tout état de cause, la présence à l'amont lointain d'autres abreuvoirs sauvages ne justifie pas un témoin placé au-dessus de l'aménagement. Les travaux ont consisté en la mise en place d'une clôture sur 100 mètres de berges.

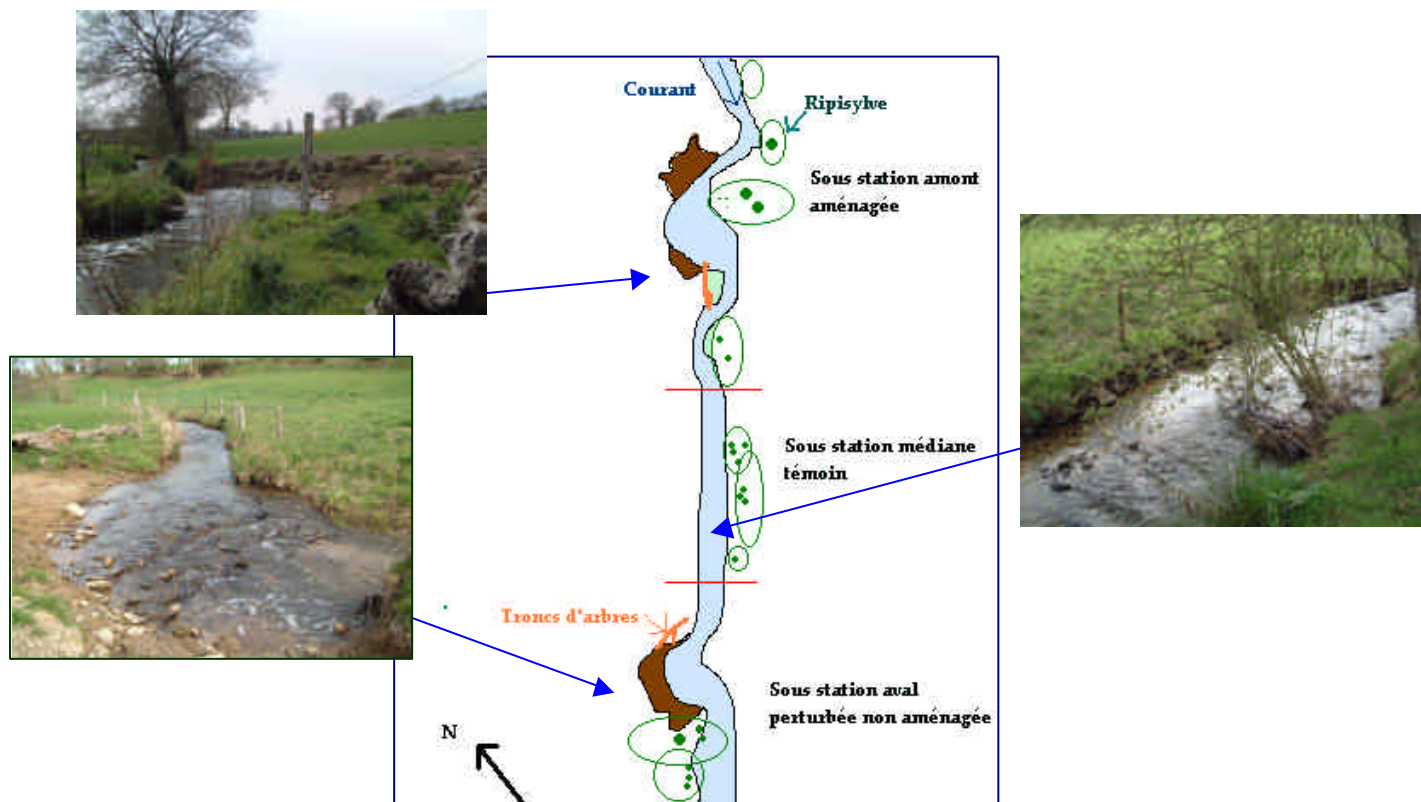


Figure a : illustration de la répartition des sous stations

Tableau : recensement des paramètres et des méthodes employées pour l'étude de la station abreuvoir.

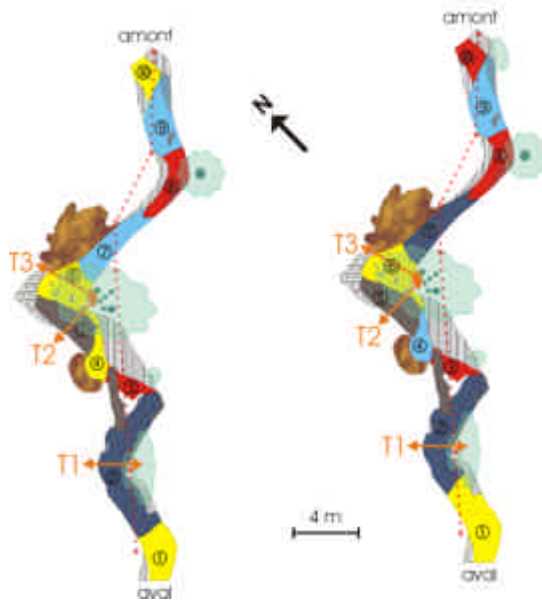
Paramètres mesurés	Méthodes		
<b>Compartiment abiotique</b>			
<b>Paramètre physique du lit</b>			
Type de faciès: -Granulométrie- -Profondeur -vitesse de courant	Observation des Caractéristiques générales saisies sur logiciel CorelDraw, 9		
Radier	Pente et hauteur d'eau faible, vitesse de courant modérée, écoulement moyen à turbulent, granulométrie variable(gravier cailloux),		
Rapides	Pente marquée, profondeur faible à moyenne, vitesse de courant importante à turbulent, granulométrie grossière( bloc, rocher),		
Cascade	Pente très marquée, mais fluctuante avec alternance de chutes et de « baignoires », granulométrie grossière (blocs)		
Profond	Profondeur importante (h>60cm), vitesse d'écoulement faible, granulométrie variable		
Plats	Plats courants : pente moyenne, profondeur faible, vitesse moyenne, écoulements peu turbulents, granulométrie moyenne (graviers, galets) Plats lents : vitesse plus faible, écoulement non turbulent, substrat fin (sable)		
Fosse de dissipation	Configuration particulière où le cours d'eau passe au-dessus d'un obstacle et provoque à l'aval de cet obstacle un surcreusement du lit.		
Vitesse d'écoulement	Mesure prise au FLO-MATE 2000 tous les 20 cm sur un transect perpendiculaire au lit		
<b>Paramètre physico chimique</b>	Valeurs guides pour eaux salmonicoles	Valeurs impératives pour eaux salmonicoles	Concentration satisfaisante pour la vie piscicole
Température		Ecart amont aval de 1.5°C	

pH		6 à 9	
Conductivité			< 700 sauf terrain particulier
NO <sub>2</sub> - (mg/L)	<0.01	= <0.1	<0.2
NO <sub>3</sub> - (mg/L)			<20
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	= <0.2		<0.03
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	= <0.04	= <0.5	<0.3
MES	Piège des MES sur filtre de 10 microns		
Turbidité (N.T.U)	observation		
<b>Compartiment biotique</b>			
Relevé ripisylve	méthode Dutartre adapté à la ripisylve (Jouon 2001)		
Macrophytes	IBMR (Haury et al 2004), relevé floristique		
Diatomées	IBD (1 seul échantillon par station)		
Macro invertébré	IBGN (AFNOR T90-350) (1 seul échantillon par station)		
Poissons	Pêche électrique qualité des faciès(Haury, Bianic, 1999)		
Bactéries	3 prélèvements (Avant travaux avec le bétail, et sans bétail dans le cours d'eau, 10 jours après travaux)		

## Résultats

### ROCHE ABREUVOIR AMONT

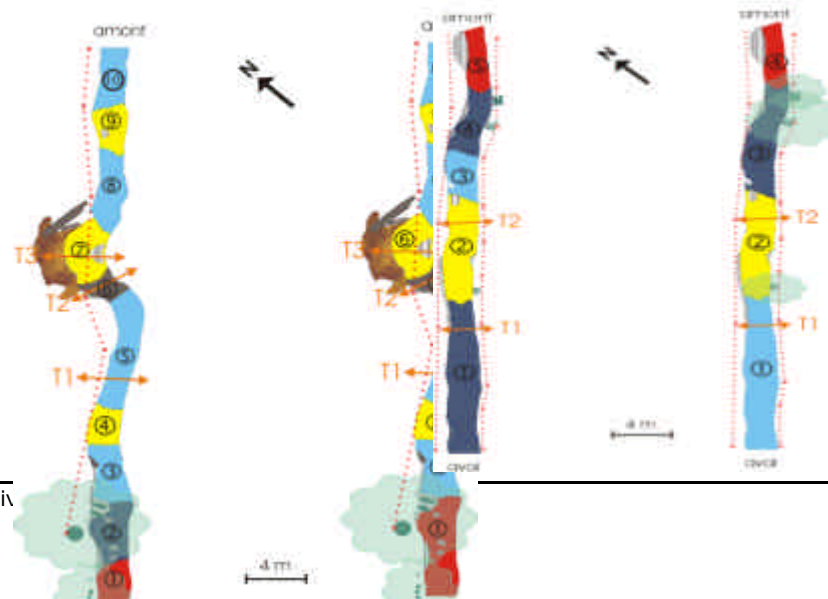
### TYPE DE FACIES



La **station amont** (Figure b) qui a été clôturée est toujours très dégradée et possède encore les marques du passage des animaux dans le cours d'eau. De plus, l'instabilité des berges provoquée par le piétinement des animaux est encore constatée un an après. Cette station n'a donc pas subi de gros changements tant au niveau de la granulométrie que des vitesses et des profondeurs.

Figure b

### ROCHE ABREUVOIR AVAL ROCHE ABREUVOIR MEDIANE



La **station médiane** (Figure c), située directement à l'aval de la précédente, qui présentait l'année 2002 une pellicule de sédiments travaux pour le relevé de l'année semble plus observé, les probablement de l'abreuvoir pas absolu. il faut tout de même abreuvoirs « sauvages » en amont terme des sources importantes de

Figure c

fin semble moins importante, après 2003. Ce début de colmatage ne sédiments fin proviennent donc amont. Néanmoins ce résultat n'est noter la présence de nombreux qui peuvent être à plus ou moins long sédiments fins pour ces stations

En ce qui concerne **la station aval** (Figure d), qui présente un abreuvoir non clôturé, aucun changement majeur n'est survenu cette année. Les changements constatés sont imputables à la dynamique naturelle du cours d'eau qui est à la base de la physionomie du ruisseau.

Nota bene : la partie gauche de chaque tronçon de rivière représente l'année 2002, la partie droite l'année 2003

Figure d

		Faciès 1	Faciès 2	Faciès 3	Faciès 4	Faciès 5	Faciès 6	Faciès 7	Faciès 8	Faciès 9
<b>Type de faciès</b>		RAP	PC	RAD	PC	PROF	RAD	PC	RAD	PC
<b>Prof. min. moy. max</b>		12.14.18	1.15.20	5.7.10	5.15.30	1.25.43	3.5.10	2.10.20	3.5.8	2.10.15
<b>Larg. min. max</b>		200-250	200-220	200-220	130-200	200-210	190-300	150-200	130-250	150-180
<b>Granulométrie</b>	- %racine, débris végétaux	5	5	5	10	10	10	0	5	10
	- %argile et limons	0	5	0	10	10	0	20	0	5
	- % sables	5	10	5	0	20	10	20	5	5
	- % graviers	20	20	5	10	10	10	20	10	10
	- % cailloux	50	50	40	60	40	60	20	70	50
	- % blocs	20	10	20	10	10	10	20	10	20
	- % colmatage	Moyen	Moyen	Faible	Faible	Moyen	Faible	Faible	Faible	Moyen
- % turbulent	10	0	30	10	0	40	0	10	0	



<b>Écoulement</b>	% friselis	90	70	70	80	0	60	70	90	90
	% lisse	0	30	0	10	100	0	30	0	10
<b>Eclairement</b>	Classe 1-5	2	3	3	3	5	5	5	5	5
-	% algues	1	0	<0.1	1		2	2		0.5
-	%bryophytes	5		4	1				2	2
<b>Recouvrement végétation aquatique</b>	%hydrophytes						2	2		0.5
	% héliophytes			1	0.5	0.5	1	2		
	% trempant dans l'eau			<0.1			5			
	% surface nue	95	100	95	98	99	90	95	98	95

Tableau : exemple de fiche relevant les paramètres physiques du lit pour la Station amont.

### VITESSE D'ÉCOULEMENT ET PROFONDEUR

Au niveau du premier transect, un petit élargissement du lit du cours d'eau d'environ 20 cm a été constaté depuis l'année 2002. De plus, les vitesses s'homogénéisent le long du transect pour devenir plus régulières comparées à l'année 2002 où l'on observait quelques variations. Aucun changement majeur n'est apparu au niveau des hauteurs en eau entre ces deux années. (figure a).

Pour le second transect, la largeur du lit en eau reste inchangée. Par contre, on observe une augmentation des vitesses en rive droite qui est sans doute à mettre en relation avec le niveau d'eau. En effet, le passage de l'eau en rive gauche étant très faible, le courant a tendance à se concentrer du centre à la rive droite, augmentant légèrement sa vitesse moyenne à ce niveau.

Le cours d'eau semble donc retrouver un aspect plus « naturel » du fait de l'hétérogénéisation de ces hauteurs d'eau. Malgré tout, l'érosion de la berge est toujours présente au niveau du virage.

En terme de vitesses d'écoulement, la constatation est identique à celle observée sur les hauteurs d'eau avec la mise en place d'une chenalisation naturelle du courant parallèlement aux berges du cours d'eau (figure e).

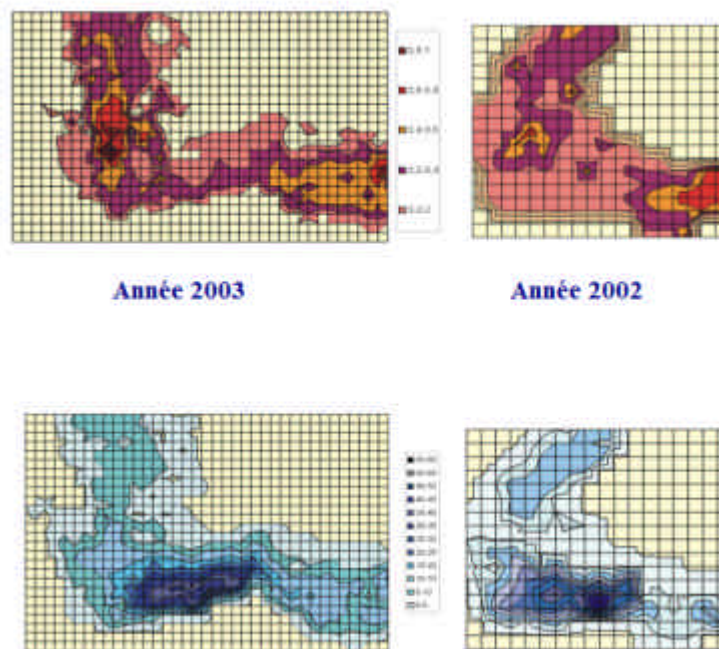


figure e : cartographie détaillée des vitesses (m/s) et des profondeurs (cm) sur la station abreuvoir amont (logiciel CorelDraw)

## GRANULOMETRIE

Les ACP réalisées sur les deux stations pour chaque transect mettent en évidence une corrélation, constatée précédemment, entre l'aspect de la surface de l'eau et la composition granulométrique du fond du cours d'eau. (figure b et figure c).

L'analyse de ces corrélations nous permet ainsi de dire que l'aspect de la surface de l'eau permet de rendre compte de la composition principale en sédiment du fond du cours d'eau. Ainsi, il en ressort que la présence d'argile est corrélée négativement avec la présence de turbulences et positivement avec une surface lisse, ceci de manière significative ( $r=-0,30$  et  $r=0,43$ ). De même, le sable est corrélé positivement avec la surface lisse ( $r=0,31$ ), tout comme le gravier avec les friselis ( $r=0,30$ ) et les cailloux avec la turbulence de l'eau ( $r=0,38$ ). Les cailloux étant corrélés négativement avec les surfaces lisses ( $r=-0,51$ ).

L'analyse de ces corrélations nous permet ainsi de dire que l'aspect de la surface de l'eau permet de rendre compte de la composition principale en sédiment du fond du cours d'eau.

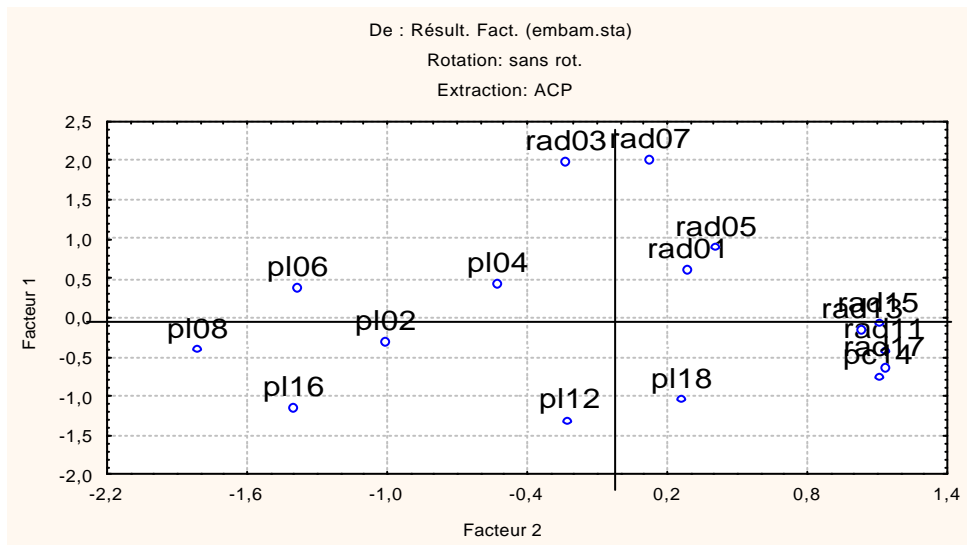


Figure f

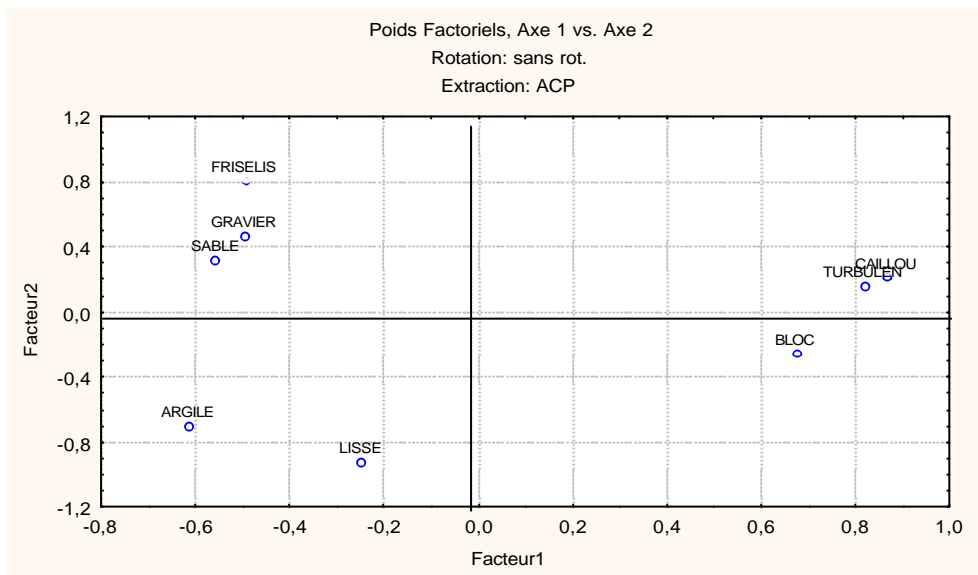


Figure g

La clôture de l'abreuvoir apparaît donc comme bénéfique au vu de l'amélioration de son substrat. En effet, la part des sédiments fins est moins importante et le fond du cours d'eau semble reprendre un aspect plus « naturel ».

Toutefois, les mêmes observations ont été faites au niveau de l'abreuvoir non clôturé. Il est donc difficile de dire que la mise en place de la clôture est le seul responsable de l'amélioration de la station amont. Ainsi, les conditions hydrologiques du moment et même celles qui ont eu lieu durant les périodes de hautes eaux sont peut-être aussi à l'origine de ce phénomène.

**MESURES DE PHYSICO-CHIMIE**

	Amont	Aval 1	Aval 2	Moyenne
pH	7.38	7.29	7.29	7,34
Température(°C)	13.6	13.7	13.7	13,68
Conductivité (µS/cm²)	198.2	198.3	196	197,70

PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	0.14	0.15	0.13	<b>0,14</b>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	0.03	0.02	0.04	<b>0,02</b>
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	32	33	32	<b>32,50</b>
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0.05	0.05	0.05	<b>0,05</b>
Turbidité (N.T.U)	7.41	7.38	8.72	<b>7,60</b>

Tableau : paramètres physico chimiques - Année 2002

PARAMETRE	Valeur moyenne mesurée lors de la journée de travaux	Couleur de la classe de qualité du SEQ-EAU (valeur seuil pour le passage à la classe inférieure)
Taux d'oxygène dissout	98%	Bleu (90%)
Taux de nitrate	24-25mg/l	Jaune / Orange (25mg/l)
Taux de nitrite	0,07mg/l	Vert (0,03mg/l)
Taux d'ammonium	0,06mg/l	Bleu (0,1mg/l)
Taux de phosphate	0,1mg/l	Bleu-Vert (0,1 mg/l)
Turbidité Amont	10 ntu	Bleu (15ntu)
Turbidité Aval en fin de journée	25 ntu	Vert (35 ntu)
Température	<18°C	Bleu (21,5°C)

<b>Conductivité</b>	200µS/cm	Bleu (2500 µS/cm)
<b>Acidification</b>	6,5-7	Bleu (pH entre 6,5 et 8,2)

Tableau : paramètres physico chimiques - Année 2003

L'ensemble des mesures traduit une bonne qualité des eaux à l'exception des nitrates. On note une baisse de la proportion de nitrates restant au-dessus de la concentration satisfaisante pour la vie piscicole.

Les mesures ont légèrement changé après les travaux. Il faut être prudent avant d'imputer ces variations à l'aménagement, car les caractéristiques du milieu sont très soumises aux variations climatiques. Les variations peuvent être dues à l'hydraulique et au climat entre les différentes années.

L'ammonium et les nitrites sont restés constants. La concentration de nitrates a en revanche baissé.

Pour une meilleure comparaison, il faudrait utiliser d'autres points du bassin versant mesurés de façon hebdomadaire.

## **TURBIDITE**

Suivi de la turbidité au point intermédiaire et comparaison avec le piétinement dans le cours d'eau

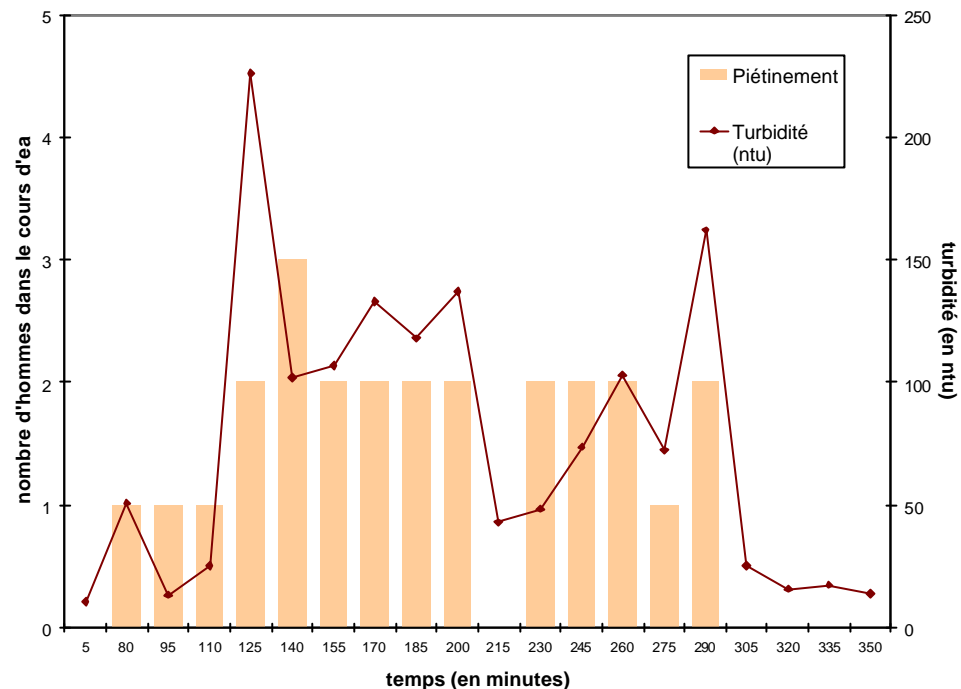


Figure h: simulation du piétinement( de 2 à 3 ugb) par les hommes. année 2003

Cette mesure à titre indicatif montre une relation très claire entre le piétinement et la turbidité

### EVOLUTION DE LA POPULATION DE MACRO-INVERTEBRES (IBGN)

Problématique	Date	Amont			Médian			Aval		
		Note	Nbre taxons	N°GI	Note	Nbre taxons	N°GI	Note	Nbre taxons	N°GI

<b>Abreuvoir</b>	<i>2002 avant travaux</i>	18	39	8	19	41	8	19	42	8
	<i>2002 après travaux</i>	17	33	8	16	31	8	18	37	8
	<i>2003 suivi</i>	18	36	9	19	38	9	17	39	7

Tableau de synthèse des notes des IBGN sur la période 2002 et 2003

Les notes des IBGN réalisés pendant ces trois périodes qualifient un bon état écologique et une bonne qualité des eaux sur l'ensemble de la station « abreuvoir » regroupant les trois sous stations.

La station amont a retrouvé un niveau similaire à celui qu'elle avait avant l'intervention sur l'abreuvoir. La perte de trois taxons est compensée par l'apparition de *Perlides* qui appartient au groupe indicateur supérieur (9). La perte de taxons observés après les travaux était sans doute due au piétinement et à la perturbation engendrée par la mise en place de l'abreuvoir

Contrairement aux deux autres stations, la station aval resté non clôturée n'a pas retrouvé son niveau initial et elle a même perdu 2 et 1 point par rapport à la situation avant et après travaux. Cette perte est due à la perte de 3 taxons mais aussi à l'absence de famille indicatrice de niveau 8. L'abreuvoir non clôturé doit donc induire une perturbation au sein de la population d'invertébrés de cette sous station.



### INDICE BIOLOGIQUE MACROPHYTIQUE EN RIVIERE (IBMR)

Notes IBMR	Abreuvoir aval	Abreuvoir médian	Abreuvoir amont
2002	12,57	14,59	13,95
2003	11,89	11,86	12,28

Tableau de synthèse des notes des IBMR sur la période 2002 et 2003

La meilleure note IBMR est enregistrée pour la sous-station amont. Cette zone est ombragée par des arbres et présente une plus grande diversité de milieux, elle correspond à l'abreuvoir aménagé. Les deux autres sous-stations ont des notes équivalentes, elles sont en partie (médiane) ou totalement éclairée (aval) et présentent une moins grande diversité de milieux. Ainsi la sous-station médiane (référence de l'expérience) a la même qualité d'eau que la sous-station aval, abreuvoir non aménagé. Il faut tout de même préciser que les arbres de berge de la sous-station médiane ont été coupés et rendent discutables la place de témoin de ce secteur.

**Les résultats de l'IBMR sont critiquables car les longueurs des sous-stations et la diversité des milieux (éclairés / ombragés) sont insuffisantes pour sa réalisation. L'indice que représente l'IBMR, n'est donc pas nécessairement idéal pour mesurer l'impact et l'évolution de l'entretien de l'abreuvoir.**

### EVOLUTION DE LA RIPISYLVE (METHODE DUTARTRE MODIFIEE, 1991)

La comparaison des recensements des arbres et arbustes des stations « abreuvoir » aux données de l'année 2002 a démontré que peu de changements avaient eu lieu, ils ont été plus importants pour les arbustes que pour les arbres. En effet, les arbustes peuvent pousser en une année ou au contraire disparaître par débroussaillage. De plus, la différence entre arbres et arbustes peut changer d'un observateur à l'autre et d'une année à l'autre (fiche de relevé présente en annexe du rapport de C.Terrasse 2002).

## PEUPLEMENT PISCICOLE

Il est difficile de relier les observations faites sur la station abreuvoir aux travaux d'aménagement. En effet, il semble que la qualité du milieu (sous-berge, profondeur, ...) présent sur les sous station soit plus influent, au niveau des populations piscicoles que la perturbation que l'on veut mettre en évidence. L'impact direct de l'abreuvoir n'est pas ici clairement mis en évidence.

Les données présentées n'auront d'intérêt que dans le suivi à long terme de l'entretien. On peut cependant signaler que les populations sont conformes à la répartition réalisée par Verneaux. Les truites et les saumons sont présents en large majorité ce qui témoigne de la qualité en première catégorie du ruisseau.

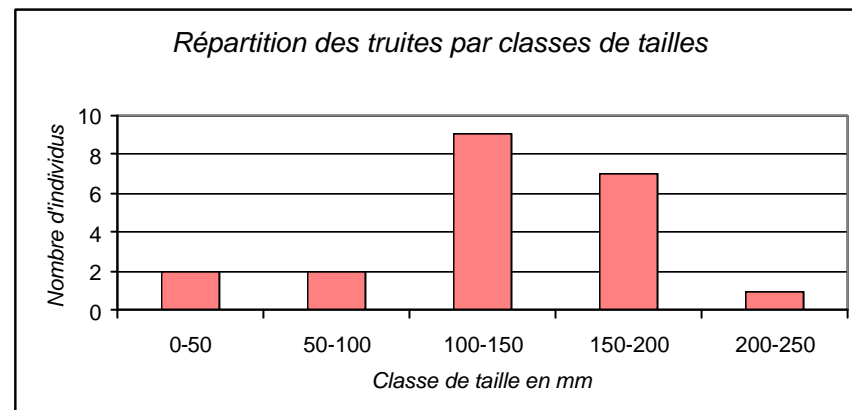
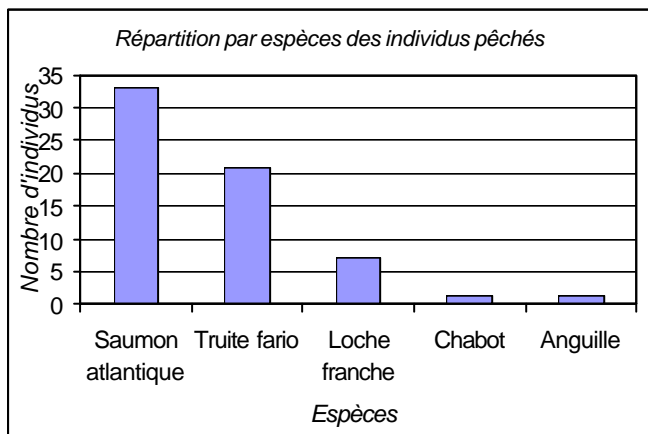


FIGURE I : REPARTITION DES PECHES ANNEE 2002 - FIGURE J : REPARTITION SELON LA TAILLE ANNEE 2002

## LES BACTERIES

L'étude de ce paramètre n'est réalisée que lors des l'année 2001 et 2002. Elles ne concernent que la problématique abreuvoir. Au même titre que les paramètres physico-chimiques, trois points de prélèvements sont réalisés. Trois séries d'analyses sont effectuées :

- Avant les travaux, avec bêtes dans le cours d'eau (Prélèvements simultanés)
- Avant les travaux sans bêtes dans le cours d'eau
- 10 jours après clôture de l'abreuvoir

	Amont	Aval 1 sans bête	Aval 1 avec bêtes	Aval 2 sans bête	Aval 2 avec bêtes
Coliformes fécaux (unités par 100ml)	450	400	44000	490	800
Streptocoques fécaux (unités par 100 ml)	260	78	160	78	160

Tableau : Analyses bactériologiques de la station abreuvoir avant travaux.

	Amont	Aval 1	Aval 2
Coliformes fécaux (unités par 100ml)	17600	16700	17600
Streptocoques fécaux (unités par 100 ml)	160	298	117

Tableau : Analyses bactériologiques de la station abreuvoir après travaux.

Avant toute interprétation, il faut souligner que l'expérimentation s'est déroulée sans la coopération des bovins. La mesure «avec bêtes» ayant été simulée grâce aux piétinements des expérimentateurs, elle n'est sans doute que peu représentative. Sans bête et quel que soit le lieu de prélèvement, les mesures sont très largement supérieures aux normes tolérées par le gouvernement canadien ? (de 6 à 1500 fois). Au-delà de cette comparaison, les valeurs sont beaucoup trop importantes pour assurer aux troupeaux un abreuvement de qualité et indemne de toute contamination.

Après travaux, Les résultats ne semblent pas être cohérents avec la série de prélèvement réalisés lors de la campagne avant travaux et sans bêtes.

Ces mesures démontrent donc la présence d'une perturbation en flux continu provenant de l'amont puisque le cours d'eau est ici clôturé.

Que ce flux soit le fait du piétinement d'un troupeau plus en amont ou d'une influence plus anthropique, on remarque qu'au cours d'une journée, la rivière peut subir des cycles de pollution.

Cette observation révèle la difficulté de contrôle anthropique de l'expérimentation, en condition naturelle. Au-delà de cette observation, les valeurs sont beaucoup trop importantes pour assurer aux troupeaux un abreuvement de qualité et indemne de toute contamination.

---

## Conclusion

---

D'une manière générale, très peu de changements sont mis en évidence sur cette station « abreuvoir » depuis l'aménagement réalisé sur l'abreuvoir.

La dégradation de l'abreuvoir semble être encore trop importante pour que le milieu adjacent réagisse positivement à la fermeture de l'abreuvoir. La végétation présente au niveau de cette zone n'a pas encore eu d'effet sur l'arrêt de l'érosion, lors des épisodes pluvieux ou de hautes eaux. La lente recolonisation de la végétation sur l'abreuvoir montre bien l'importance d'appliquer des techniques de génie végétal sur les abreuvoirs fortement dégradés. Ceci afin d'empêcher l'action de l'érosion après la fermeture de l'abreuvoir.

Au niveau du milieu biotique, qui est souvent indicateur de l'amélioration du milieu abiotique, seul l'analyse des populations de macro-invertébrés permet de constater l'impact négatif de l'abreuvoir. En effet, l'IBGN permet de montrer l'impact de l'abreuvoir sur ces populations. Toutefois, cet indice semble insuffisant pour déterminer de manière fine les effets sur ces populations d'invertébrés. L'analyse des populations piscicoles et de macrophytes ne montre aucun signe tangible d'amélioration ou de dégradation. Ceci est peut-être dû au faible impact de cet abreuvoir sur le cours d'eau qui reste tout de même de très bonne qualité.

La critique principale pouvant être citée est celle de la différence qui apparaît d'un observateur à l'autre (que cela soit dû à l'expérience ou à une différence d'évaluation d'un individu à l'autre). Les protocoles mis en œuvre appellent beaucoup l'évaluation à l'œil, ce qui est une source de divergences importantes. Afin de pallier ce problème, les protocoles doivent être rigoureux, présenter des grilles de description des milieux et y joindre une notice explicative claire.

## FICHE N° 6

### *Description et qualité hydromorphologique et biologique d'une rivière la Touque, sur 3 stations piétinées du Pays d'Auge*



---

### Historique et démarche

Cette étude est réalisée sur des stations où le piétinement est localisé sur des zones d'abreuvoirs sauvages. Les mesures permettront à terme, de juger de l'impact, positif, négatif ou nul, d'aménagement sur le cours d'eau. Cette approche, constitue donc une première partie pour apprécier l'état initial du cours d'eau. Pour effectuer cette mission l'équipe du syndicat mixte du bassin versant de la Touques, s'est basé, pour la réalisation des mesures, sur les indications prévues par l'Agence de l'Eau Seine Normandie.

## Acteurs de l'étude

---

maître d'ouvrage	Syndicat Mixte bassin de la Touques
partenaires financiers	AESN, CRBN
étude sur le terrain	Jérémy Chevalier Thomas Chamboeuf Sarl Hydrobio

## Objectifs

---

Dresser l'état initial sur la morphologie du cours d'eau, des berges sur 5 sites piétinés. Divers paramètres vont être relevés pour confronter le maximum de divergence possible avec la seconde phase du projet.

Afin de qualifier l'état des lieux, 3 stations ont fait l'objet de suivi hydrobiologique, avec la réalisation d'IBGN, IBD, et IBMR. Pour l'aspect de la biologie, un regard est porté sur la dissémination de la végétation invasive sur l'ensemble des rives du court d'eau, soit un travail d'inspection sur 22 km de la Touques, enfin une analyse physico-chimique

## Paramètres et Méthodes

### ASPECT HYDROMORPHOLOGIQUE

PARAMETRES	METHODES
Etat global des berges	
Hauteur de berges	fiche diagnostic du syndicat
linéaire piétiné	fiche diagnostic du syndicat
Intensité de piétinement	fiche diagnostic du syndicat
Ripisylve et boisement	fiche diagnostic du syndicat
Linéaire érodé	fiche diagnostic du syndicat
cour d'eau	
Faciès d'écoulement	détermination selon 4 classes Cartographie
Granulométrie par faciès	description du substrat majoritaire selon la classification de Wentworth
Hauteur d'eau	profils transversaux (7 par stations)

### ASPECT PHYSICO-CHIMIQUE

<b>PARAMETRES</b>	<b>METHODES</b>
oxygène dissous( mg/l)	mesure O <sub>2</sub> sur le terrain
taux de saturation en O <sub>2</sub> %	mesure sur le terrain
Particule en suspension (NTU)	mesure de la turbidité en laboratoire
température °C	mesure sur le terrain
Conductivité (µS/cm)	mesure en laboratoire
acidification	mesure pH mètre

### ASPECT HYDROBIOLOGIQUE

<b>PARAMETRES</b>	<b>METHODES</b>
Faune	
Macro vertébré	IBGN NFT 90-350
Flore	
Macrophyte en rivière	IBMR
Microorganisme plancton	IBD



## Résultats

### PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

Le Système d'Evaluation de la Qualité de l'Eau (SEQ-Eau) a été mis en place et publié dans le cadre d'une étude inter agences ; il a pour but de moderniser et enrichir l'ancienne grille de qualité générale. Il associe pour une série de paramètres physico-chimiques et hydrobiologiques des valeurs seuils à une évaluation de l'aptitude de l'eau aux principaux usages et fonctions et à des classes de qualité par type d'altération.

**SEQ Eau**

**Usage des Fonctions**

- Aptitude très bonne
- Aptitude bonne
- Aptitude bonne
- Aptitude mauvaise
- Inaptitude

**Altérations**

- Très bonne
- Bonne
- Passable
- Mauvaise
- Très mauvaise

	Station 1	Station2	Station 3
Oxygène dissous(mg/l)	10,9	11,5	9,7
Turbidité (NTU)	2,02	1,8	2,59
Température(°C)	16	16,4	15,9
Conductivité (µS/cm)	472	472	474
PH	8,34	8,36	8,27

Du point de vue des potentialités biologiques, les aptitudes sont en classe bonne aux trois stations du fait d'un pH un peu fort. Concernant la production d'eau potable, c'est la turbidité qui place les stations 1 et 3 en classe bonne tandis que la station 2 est en classe très bonne. Globalement, la qualité de l'eau est bonne à très bonne pour les trois stations au regard des paramètres mesurés.

## PARAMETRES HYDROMORPHOLOGIQUE

		Fierville les parcs site1		Fierville les parcs site2		Pierrefitte en Auge	
		rive droite	rives gauche	rive droite	rives gauche	rive droite	rives gauche
Hauteur de berge		3m	1,5m	2,2	4	4	2,5
Ripisylve	% berges végétalisé	70%	30%	20%	60%	70%	30%
	strates présentes	2	2	2	2	2	2
Piétinement	linéaire piétiné	0	24m	36m	0	0	14m
	intensité du piétinement	0	2	3	0	0	2
Erosion	linéaire érodé	0	0	0	0	0	0
		Pont l'Evêque site1		Pont l'Evêque site2			
		rive droite	rives gauche	rive droite	rives gauche		
Hauteur de berge		1,2	3	2	2,5		
Ripisylve	% berges végétalisé	10%	50%	50%	60%		
	strates présentes	2	3	2	3		
Piétinement	linéaire piétiné	20m	0	13	0		
	intensité du piétinement	3	0	3	0		
Erosion	linéaire érodé	0	0	0	25m		

La hauteur des berges est moins importante sur la rive piétinée, cette conséquence du piétinement est liée à un effet mécanique direct, sous le poids des bovins les berges s'érodent. Ce résultat est valide sous la forme d'une tendance à l'affaissement des berges car le nombre de stations n'est pas assez nombreuses pour le prouver statistiquement.

La berge en rive piétinée a une « ripisylve » ou une végétation moins dense vis-à-vis de la berge voisine. Cependant le piétinement n'est pas le seul facteur influençant la densité végétale des berges. Le nombre de stations ne suffit pas à généraliser ce fait.

Les paramètres faciès d'écoulement et granulométrie sont présentés sous forme de schéma dans le document du SIAES. La granulométrie est différenciée par les sables, les sables et limons, les graviers et les pierres selon la classification de Wentworth. Les écoulements sont symbolisés par des classes de vitesse.

Dans les cas présentés, il s'avère que les zones d'abreuvoirs engendrent des faciès où le substrat est plus fin. Ce substrat constitué majoritairement de sable ou de gravier accumule des dépôts de limons, néanmoins la présence d'embâcle sur les sites produit également ce type de dépôt, il n'est donc pas possible de déterminer indubitablement l'origine de ces dépôts.

Il en est de même pour les écoulements, le courant est moins fort aux zones d'abreuvement peut être expliqué par le fait que ces zones se situent dans un virage, où la vitesse de courant est naturellement moins importante.

Les profils permettant de lire la hauteur d'eau ne peuvent fournir de conclusion, car les hauteurs d'eau moins importantes situées aux zones d'abreuvoirs sont localisées dans la zone du méandre. Le relief du lit mineur conduit à penser qu'elles le seraient naturellement.

## PARAMETRES HYDROBIOLOGIQUE

Station sur la Touque	IBGN	Groupe indicateur	Nombre de taxon	Groupe dominant	IBMR	IBD	Indice de diversité	Indice d'équitabilité
Station1 Pierrefitte-en-Auge	15	8	28	Gammaridae		16,9	3,57	0,69
Station2 Saint Julien					8,84			
Station3 Pont l' Evêque	198		44	Gammaridae	7,92			

Au vu des IBGN informatifs réalisés sur les stations 1 et 3, la qualité biologique globale est bonne à excellente sans atteindre les plus hauts niveaux. Les habitats sont diversifiés sur ces 2 stations : les vitesses d'écoulements plus élevées à la station 3 limitent le dépôt d'éléments fins.

Les taxons rencontrés sur la station montrent une polluo-sensibilité globale faible, une valeur saprobiale moyenne comprise entre oligosaprobe et mésosaprobe et un statut trophique oligomésotrophe ce qui traduit une dominance des taxons ubiquistes et des concentrations moyennes en azote et phosphore.

Les indices biologiques basés sur les végétaux (IBMR et IBD) révèlent un niveau d'eutrophisation sensible :

- sur la station 1, le cortège floristique de l'IBD est nettement dominé par une espèce caractéristique d'eaux mésotrophes à eutrophes (*Gomphonema tergestinum*) espèce au profil écologique centré
- sur des eaux jugées comme restant de bonne qualité, elle est également connue pour les caractéristiques d'un milieu moyennement enrichi en azote et phosphore.
- sur les stations 2 et 3: le cortège floristique de l'IBMR, faiblement diversifié, est représenté par des espèces ubiquistes dont le développement est favorisé par l'eutrophisation.
- La station est dominée par des espèces de macrophytes à large amplitude écologique, s'adaptant à des situations variées. Le spermaphyte *Zannichellia palustris* se développe en abondance sur le secteur, qu'il y ait ou non présence d'abreuvoirs.

---

## Conclusion

---

Cette étude propose une analyse globale sur l'état des lieux des différents sites retenus. Une description simple et claire sur divers paramètres hydromorphologiques de la Touques permet d'obtenir des informations, mais celles-ci ne permettent pas de tirer de conclusion quant à l'impact du piétinement sur des modifications d'écoulement de profil ou encore de substrats.

Ce travail s'interroge sur l'impact quel qu'il soit, du futur aménagement sur un cours d'eau d'ordre de Strahler proche de 3, soit sur des cours d'eau aisément supérieurs à 1 m en largeur pour lit mineur. L'ensemble des paramètres physico chimique valide une qualité d'eau bonne pour l'écosystème, la potabilité, sur les sites ayant subi un fort piétinement pour l'ensemble des stations. En est-il de même pour les ruisseaux de moins de un mètre ?

Les paramètres biotiques basés sur les IBGN, IBD, présentent des qualités d'eau de bonne qualité, l'IBMR permet de mettre en évidence la présence d'espèce liée à un niveau de trophie élevé. Malheureusement le nombre de site testé ne permet pas de valider les résultats de manière générale.

Les différents sites bien que sur la même rivière, n'ont pas tous bénéficié des mêmes analyses, de plus l'IBD n'a été réalisé que sur un site. Il aurait été judicieux, dans la mesure du possible, d'homogénéiser les analyses afin d'obtenir des comparaisons intra sites, ceci permettant de vérifier si les sites ne possèdent pas entre eux une forte variance sur certain paramètre.

## CONCLUSION GENERALE

---

L'évaluation de l'efficacité des actions entreprises dans le cadre des programmes de restauration et d'entretien des cours d'eau se justifie à divers titres :

- atteinte ou non des objectifs assignés en terme de maintien ou de restauration du bon état écologique
- utilisation pertinente des deniers publics mobilisés
- mise en perspective des rapports coûts - bénéfiques

Les évaluations conduites en Basse Normandie se déclinent à deux niveaux :

- thématiquement, pour chacun des volets traités par les programmes (protection, contre le piétinement du bétail, restauration de la continuité écologique, gestion de la végétation, etc.)
- globalement, pour valider les réponses du milieu et de ses fonctionnalités à l'échelle du bassin ou du sous-bassin

Le présent rapport synthétise plusieurs années d'approches spécifiques de tentatives d'évaluation des mesures de protection contre le piétinement du bétail, pour lesquelles les maîtres d'ouvrage et les acteurs de la gestion des cours d'eau bas normands consacrent des efforts importants depuis une décennie.

Sur les petits cours d'eau qui représentent près des 2/3 du réseau régional, les impacts et les améliorations apportées sur les compartiments physico-chimiques, bactériologiques et hydromorphologiques semblent bien caractérisés. Par contre, les *indicateurs* secondaires faunistiques et floraux ne traduisent pas de façon systématiquement évidente les bénéfices escomptés. Impactés par un cortège de paramètres, ils seront suivis dans le cadre d'approche globale, à l'échelle de bassins et de sous bassins concernés par des approches exhaustives.

Ainsi, parmi les perspectives d'études complémentaires futures, un étude diachronique de suivi du milieu et d'évaluation des impacts sur une même parcelle permettrait notamment de s'affranchir des biais liés à la comparabilité des stations. De liens entre les impacts et les charges en bétail à l'hectare, ou plutôt rapportées au linéaires de cours d'eau affineront la hiérarchisation des prescriptions de mise en défens.