

Suivis écologiques de projets de restauration de cours d'eau dans le bassin Rhin-Meuse

<u>Maître d'ouvrage :</u>	 <p>Agence de l'Eau Rhin-Meuse Route de Lessy Rozérieulles B.P.30019 57161 MOULINS-LES-METZ</p>
<u>Prestataires :</u>	<p>groupement Confluens</p>  <p>Fluvial.IS conseil en hydromorphologie</p> <p>dubost ENVIRONNEMENT ET MILIEUX AQUATIQUES</p> <p>Climax Bureau d'études en aménagement L'Atelier de l'écologie des écosystèmes aquatiques</p> <p>Institut Prof. Webel</p>

Note pédagogique

septembre 2017


Site d'étude	<u>Le Longeau</u>
Type de travaux réalisés	Reméandrage par reconnexion d'anciens méandres encore visibles à l'amont de Conflans-en-Jarnisy
Mission(s)	Mission E : synthèse pédagogique
Mandataire	<p>SARL Fluvial.IS 16 rue de la Gare 57320 GUERSTLING www.fluvialis.com</p> 
Rédaction/cartographie	<p>M. CHARRIER Patrick (Fluvial.IS) M. DOR Jean-Charles (Climax) M. JANODY Yves (Dubost-Environnement et Milieux Aquatiques) M. REMY Geoffrey (Fluvial.IS) Mme WEBEL Gina (Institut Prof. Webel GmbH)</p>

Table des matières

1. Le secteur d'étude	4
1.1 Rappel du contexte.....	4
1.1.1 Contexte naturel : un cours d'eau de plaine argilo-limoneuse.....	4
1.1.2 Historique du secteur	5
1.1.3 Nature et importance des travaux réalisés	6
1.2 Organisation du suivi après travaux	8
1.2.1 Quels suivis ont été réalisés ?	8
1.2.2 Contraintes	8
2. Méthodologies et protocoles employés	10
3. Résultats.....	10
3.1 Hydrologie	10
4.1 Hydromorphologie	12
4.1.1 Rappel de l'état général avant travaux	12
4.1.2 Etat constaté après travaux	13
4.2 Evolution de la ripisylve.....	17
4.3 Qualité de l'eau	21
4.3.1 Etat initial avant travaux	21
4.3.2 Situation après travaux	23
4.4 Diatomées.....	24
4.4.1 Etat initial avant travaux	24
4.4.2 Situation après travaux	24
4.5 Macrophytes.....	24
4.5.1 Etat initial avant travaux	24
4.5.2 Situation après travaux	25
4.6 Invertébrés.....	25
4.6.1 Etat initial avant travaux	25
4.6.2 Situation après travaux	26
4.7 Poissons	28
4.7.1 Etat initial avant travaux	28
4.7.2 Situation après travaux	29
4. Premières conclusions	31
5.1 Synthèse de l'évolution du contexte physique	31
5.1.1 Allongement du lit et augmentation des surfaces en eau	31
5.1.2 Atténuation de la dynamique fluviale.....	32

Groupement Confluens

5.1.3	Conséquences morpho-sédimentaires	32
5.2	Synthèse de l'évolution du contexte hydrobiologique	35
5.2.1	Synthèse de l'évolution de la ripisylve	35
5.3	Bilan	37
5.3.1	Ripisylve.....	37
5.3.2	Morpho-dynamique	37
5.3.3	Hydrobiologie	38
5.3.5	Essai de synthèse des évolutions constatées.....	39
5.3.6	Perspectives	41
5.	Bibliographie	45

1. LE SECTEUR D'ÉTUDE

1.1 *Rappel du contexte*

1.1.1 Contexte naturel : un cours d'eau de plaine argilo-limoneuse

Le Longeau, naît sur les argiles de la Plaine de la Woèvre, à l'est des Côtes de Meuse. Il totalise un linéaire de 37,5 km. Sur la dizaine de km à l'amont de la confluence de l'Yron en Meurthe-et-Moselle, le Longeau est rattaché au type des cours d'eau de plaine argilo-limoneuse : une pente modérée (1‰), des lits qui ont tendance à l'encaissement, des faciès d'écoulement assez lents, une dynamique latérale plutôt lente. La largeur du lit varie entre 8 et 12 m. Il s'agit d'un cours d'eau assez peu puissant même après avoir reçu les eaux de la Seigneulles. A noter que ce secteur pourrait bénéficier des apports sédimentaires de la section de cours de tête de bassin plus chargée en éléments grossiers (cailloutis, graviers, sables, de la côte de Meuse).

Le bassin versant est plutôt boisé sur l'amont et essentiellement agricole sur l'aval, avec une prédominance des surfaces en herbe. Avant les opérations de reméandrage, le Longeau présentait des conditions d'accueil écologique plutôt moyennes pour la faune aquatique. Le lit avait été rectifié au milieu du XX^{ème} siècle pour en simplifier la gestion.



Photo 1 : un aspect du contexte riverain du cours d'eau : des prairies et une ripisylve diversement dense (annexe 6b, photo Fluvial.IS, 2015)

Du fait de sa faible puissance et de l'inertie des formes due au contexte argilo-limoneux, les évolutions à la suite des opérations de restauration seront a priori progressives et plutôt de moyen terme.

Le lit mineur est large de 8 à 11 m en général, de taille un peu plus grande à l'aval et profond de 1,5 à 2 m en moyenne. Il a tendance à déborder tous les 1 à 2 ans et ne semble donc pas excessivement encaissé.

Groupement ConfluenS



Photo 2 : un autre aspect des rives du Longeau : des cultures sur des sols relativement humides car peu perméables (photo Climax, 2014, annexe 9)

1.1.2 Historique du secteur

Avant les travaux de rectification du Longeau dans les années 1950, le lit dessinait un parcours très méandriforme entre Moulotte et Friaucelle (fig. ci-dessous).

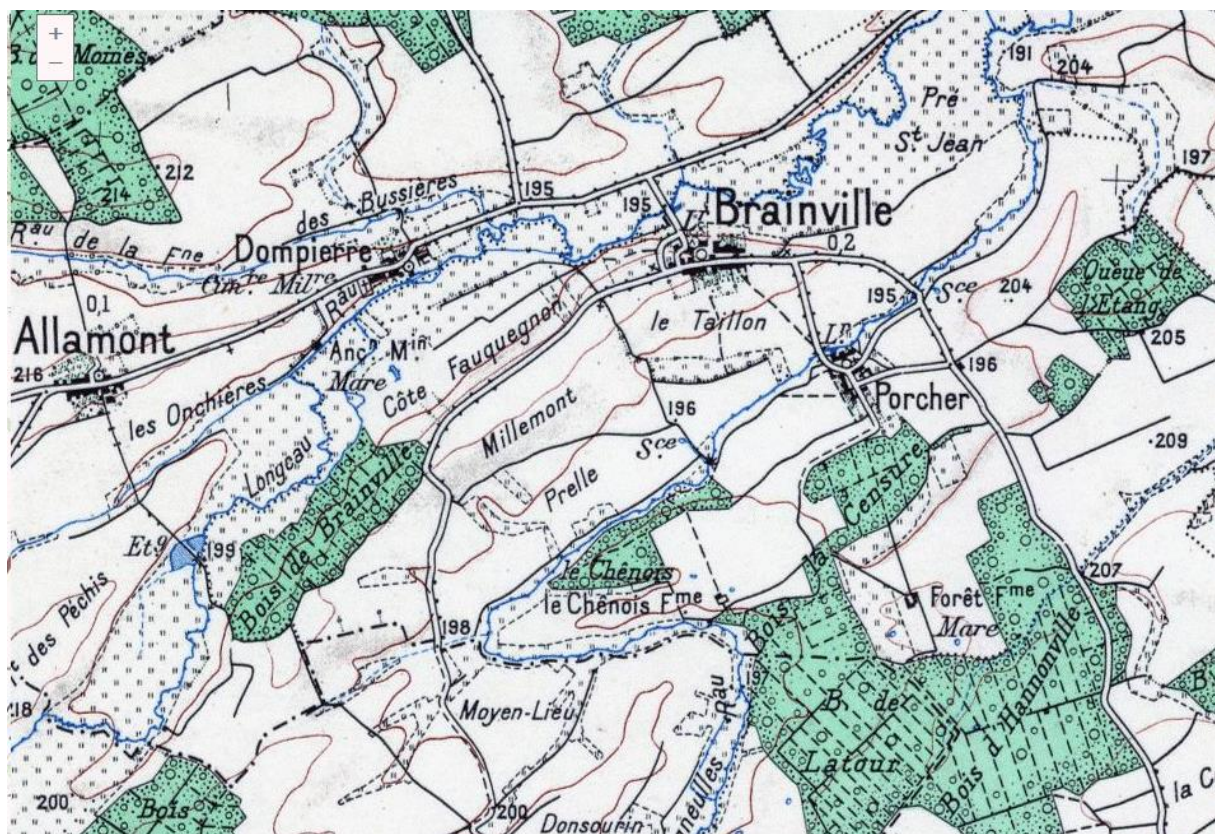


Figure 1 : extrait de la carte d'Etat-Major (1950) entre Allamont et Brainville (source IGN, remonterletemps.ign.fr)

Groupement ConfluenS



Figure 2 : extrait d'une photographie aérienne d'archive de 1960 : on voit à l'aval de Dompierre le nouveau tracé rectifié qui court-circuite l'annexe 7 (source IGN, remonterletemps.ign.fr)

Ainsi le lit est passé à l'amont de l'Yron de 12800m à 9900 m, soit une perte de linéaire de plus de 20 % (2900 m), et donc une augmentation de la pente d'autant.

1.1.3 Nature et importance des travaux réalisés

De 2010 à 2013, des travaux de restauration du lit dans son ancien tracé ont été menés. Afin de ne pas aggraver l'inondabilité et par peur d'une érosion des fonds du lit, les anciens lits n'ont pas été tout à fait comblés. Les travaux de terrassements ont été accompagnés d'un important travail de préservation (pêches de sauvegarde, notamment de la moule de rivière *unio crassus*) et de plantations d'arbres en rive.

Le gabarit du nouveau lit a été calqué sur celui du lit actuel et, dès le départ, il prévoyait une atténuation de la dynamique du cours d'eau. Les travaux réalisés ont donc consisté en l'allongement du linéaire du Longeau de 2200 m (certains linéaires n'ont pas pu être restaurés) et la pente du lit a donc été diminuée pour passer de 1 ‰ à 0,65‰ en moyenne.



Photo 3: un exemple de méandre rouvert avant et après sa mise en eau (SINBIO, 2013)

Groupement Confluens

Les travaux ont débuté en 2010 pour s'achever en 2013 :

- 2010 : annexes 1, 2 et 3 (préparation de la végétation) ;
- 2011 : réouverture des annexes 1 à 3, 7 (1b reste une annexe) ;
- 2012 : annexes 6 et 9 ;
- 2013 : annexes 6 et 9.

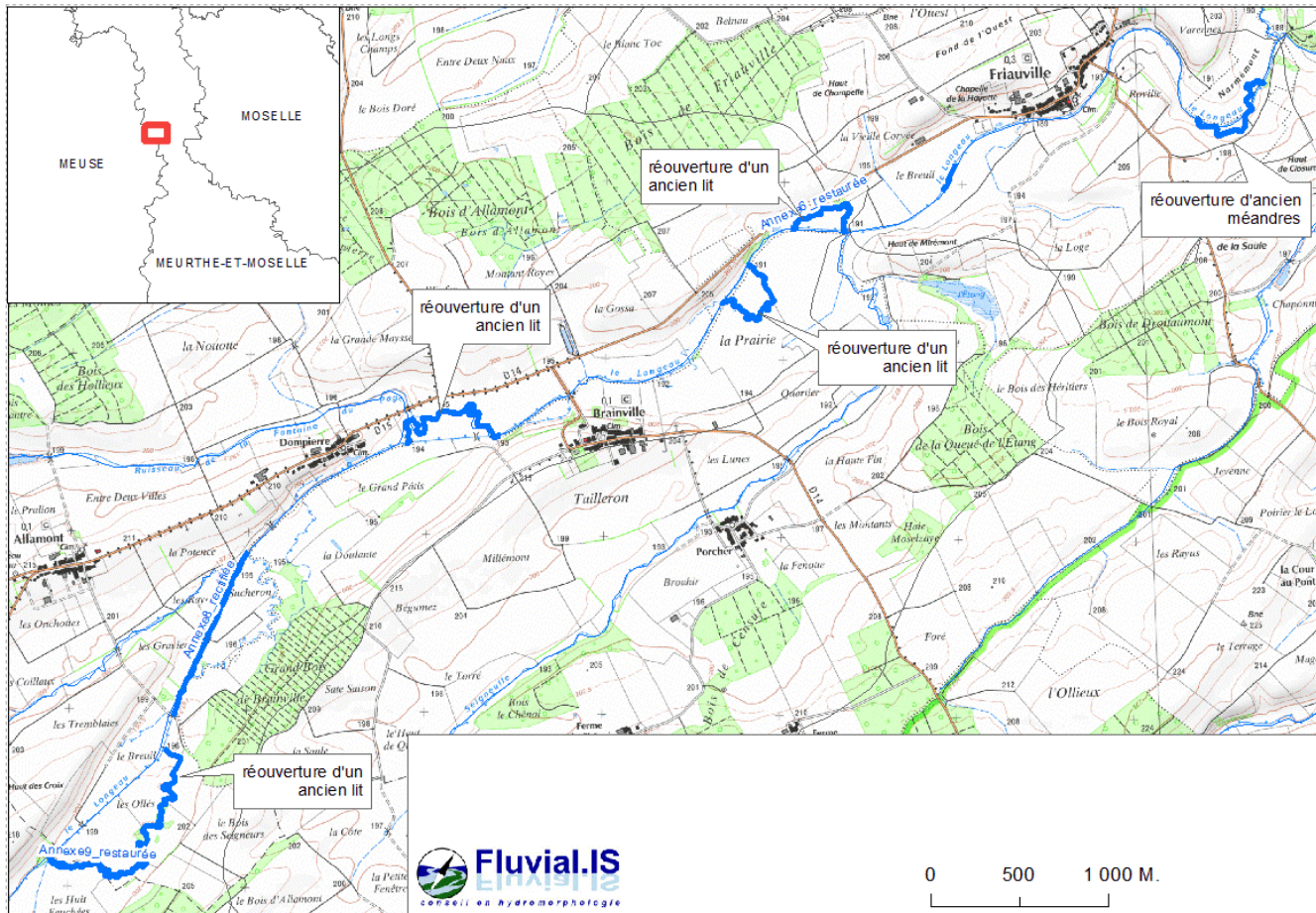


Figure 3 : localisation des secteurs restaurés. Les linéaires étudiés sont représentés en gras par rapport au reste du tracé du Longeau

1.2 Organisation du suivi après travaux

1.2.1 Quels suivis ont été réalisés ?

Depuis 2014 un certain nombre de suivis pour mesurer l'effet de ces travaux ont été engagés :

- Des sites « ponctuels » : localisés sur un site particulier de quelques dizaines de mètres maximum ;
- Des linéaires plus longs : en général, ils correspondent à l'ensemble d'un ancien bras recoupé (« annexe »).

Le choix des stations a été réalisé de telle sorte qu'à la fois des tronçons témoins non restaurés (linéaires au droit des « annexes 4 et 8 ») et des tronçons restaurés à des dates variables soient représentés.

De 2014 à 2016 un certain nombre de relevés ont été réalisés afin d'essayer d'obtenir une première image de l'efficacité des mesures :

- mesures topographiques (4 +2 km) ;
- cartographie des faciès d'écoulement (4 km) ;
- mesures des linéaires stabilisés et du taux d'érosion (4 + 2km) ;
- expertise de l'état de la ripisylve (boisement de rives) (4 + 2 km) ;
- étude hydrologique et hydraulique ;
- échantillonnages des macro-invertébrés (6 stations)
- mesures de paramètres de physico-chimie (1+5 stations)

1.2.2 Contraintes

Une des principales contraintes découle directement de l'étendue du projet de restauration qui a rendu plus difficile la réalisation d'un état zéro précis. En l'absence de données topographiques précises, et mis à part quelques clichés photographiques, les données localisées sont rares.

Les comparaisons avec le Longeau à l'état existant avant travaux doivent donc se baser sur des stations témoins situées sur des linéaires non restaurés ou bien sur ce que l'on sait de la dynamique et des habitats des cours d'eau de plaines argilo-limoneuses.

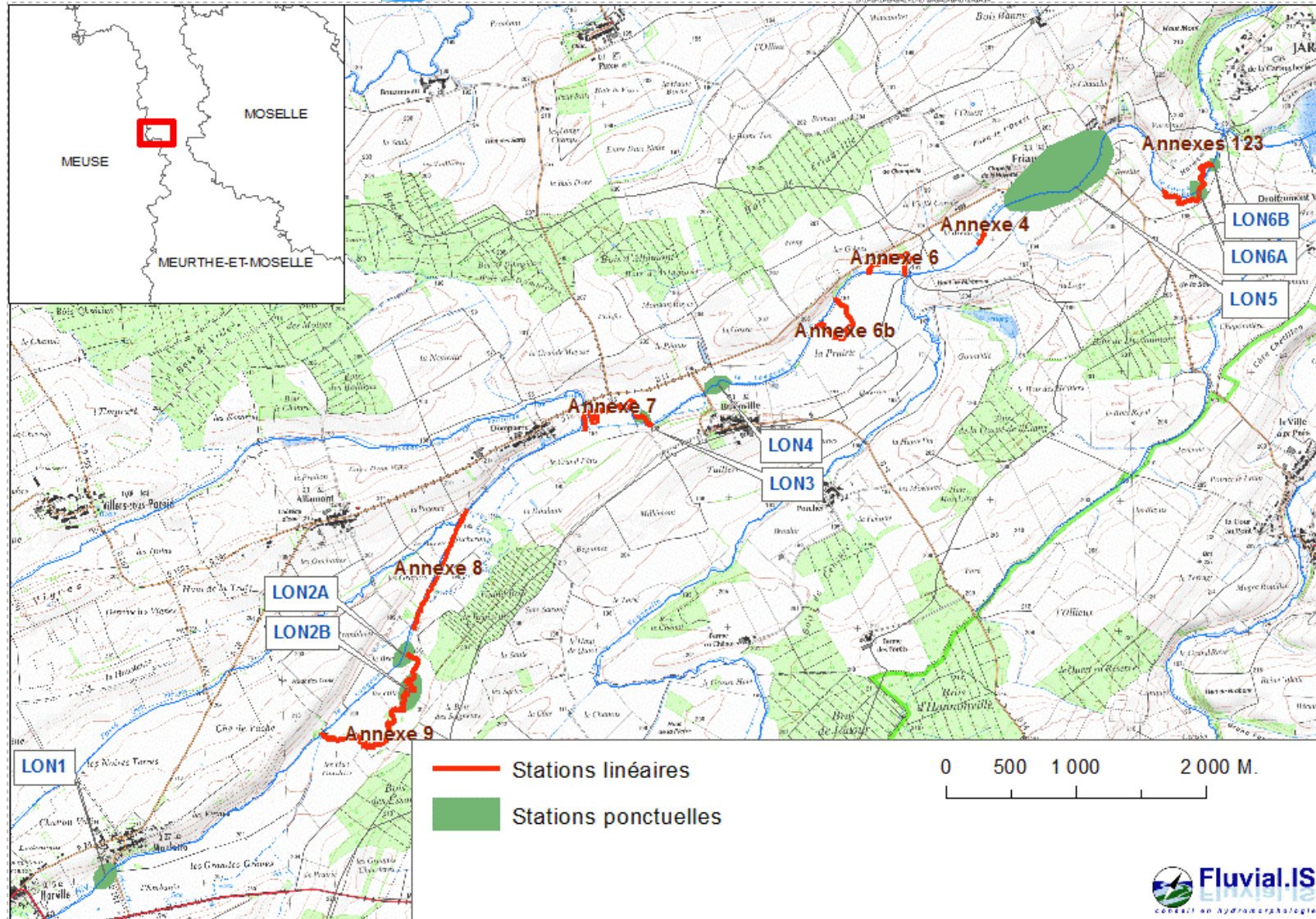


Figure 4 : localisation des stations de suivi écologique et hydromorphologique sur le Longeau (1997-2015)

2. METHODOLOGIES ET PROTOCOLES EMPLOYES

De 2014 à 2016 un certain nombre de relevés ont été réalisés afin d'essayer d'obtenir une première image de l'efficacité des mesures. Certaines ont été parallèlement à cette mission (pêches électriques, qualité de l'eau, protocoles IAM et CARHYCE, etc.). Les mesures supplémentaires qui ont été réalisées par les auteurs de ce rapport sont :

- mesures topographiques (4 +2 km)
- cartographie des faciès d'écoulement (4 km)
- mesures des linéaires stabilisés et du taux d'érosion (4 + 2km)
- expertise de l'état de la ripisylve (boisement de rives) (4 + 2 km)
- étude hydrologique (4,5 km)
- échantillonnages des macro-invertébrés (6 stations)
- mesures de paramètres de physico-chimie (1+5 stations)

3. RESULTATS

3.1 *Hydrologie*

Le bassin versant du Longeau présente une forme plutôt compacte ce qui favorise plutôt les montées rapides de crue. Cela explique en partie ses débordements assez fréquents.

Le débit d'étiage du Longeau a été estimé à environ 200 l/s (de fréquence 2 ans), soit 10 fois moins que ses écoulements moyens (2,2 m³/s).

Les débits ont été estimés pour le module et l'étiage ainsi que pour des crues de fréquences 2, 5, 10 et 50 ans (tableau page suivante).

le Longeau à	le Longeau à l'annexe	BV [km ²]	Q _{MNAZ} [m ³ /s]	Q _{MNAZsp} [l/skm ²]	Module [m ³ /s]	M _{sp} [l/skm ²]	Q ₂ [m ³ /s]	Q _{2sp} [l/skm ²]	Q ₅ [m ³ /s]	Q _{5sp} [l/skm ²]	Q ₁₀ [m ³ /s]	Q _{10sp} [l/skm ²]	Q ₅₀ [m ³ /s]	Q _{50sp} [l/skm ²]	Q ₁ [m ³ /s]	Q _{1sp} [l/skm ²]
Jarny (embouchure)	1-2-3	213.126	0.207	0.973	2.17	10.182	31.95	149.911	42.60	199.882	57.20	268.386	91.30	428.385	11.18	52.469
	4, 5	209.415	0.204	0.973	2.14	10.209	31.31	149.504	41.74	199.338	56.04	267.626	89.43	427.067	10.96	52.326
aval Seigneulle		208.382	0.203	0.973	2.13	10.222	31.13	149.389	41.51	199.186	55.72	267.412	88.92	426.696	10.90	52.286
amont Seigneulle	6, 6b	157.984	0.154	0.973	1.68	10.634	22.61	143.114	30.15	190.818	40.40	255.718	64.21	406.458	7.91	50.090
aval Ruisseau de la Fontaine	7 profils 8 à 15	153.541	0.149	0.973	1.64	10.695	21.88	142.482	29.17	189.976	39.08	254.542	62.10	404.428	7.66	49.869
amont Ruisseau de la Fontaine	7 profils 1 à 7	137.887	0.134	0.973	1.50	10.869	19.32	140.127	25.76	186.836	34.49	250.160	54.72	396.867	6.76	49.044
aval Fossé des Noues	8 profil 4	136.955	0.133	0.973	1.49	10.880	19.17	139.980	25.56	186.640	34.22	249.886	54.29	396.395	6.71	48.993
amont Fossé des Noues	8 profils 1 à 3	126.002	0.123	0.973	1.39	11.017	17.41	138.183	23.22	184.244	31.07	246.545	49.22	390.638	6.09	48.364
	9	125.182	0.122	0.973	1.38	11.028	17.28	138.043	23.04	184.057	30.83	246.285	48.84	390.191	6.05	48.315

4.1 Hydromorphologie

Du fait de son type naturel, renforcé par les opérations de simplification du XX^{ème} siècle, le type d'écoulement est plutôt lent avec des profondeurs assez homogènes. Les fonds sont argileux, souvent recouverts souvent d'une pellicule assez mince de graviers et de sables plus ou moins colmatés par des vases.

4.1.1 Rappel de l'état général avant travaux

La qualité physique du lit avait été évaluée au moyen de l'outil Qualphy (AERM, 1997), donnant des résultats mauvais à médiocres sur le linéaire concerné.

La topographie et les formes du lit mineur (atterrissements, variations de profondeurs et de largeur, etc.) avaient été appréciées comme médiocres à mauvaises : au-delà des caractéristiques naturelles de ce type de cours d'eau peu dynamique, la morphologie du lit souffrait d'une certaine banalisation des écoulements. Les 3 stations IAM qui avaient été réalisées confirment cet état général. Par contre, ces relevés mentionnent pour les trois stations une domination des graviers sur les fonds aux dépens des autres classes granulométriques.

On devine donc que la diversité des faciès d'écoulement était pauvre, peut-être davantage que ce qu'on pourrait attendre d'un cours d'eau argilo-limoneux.

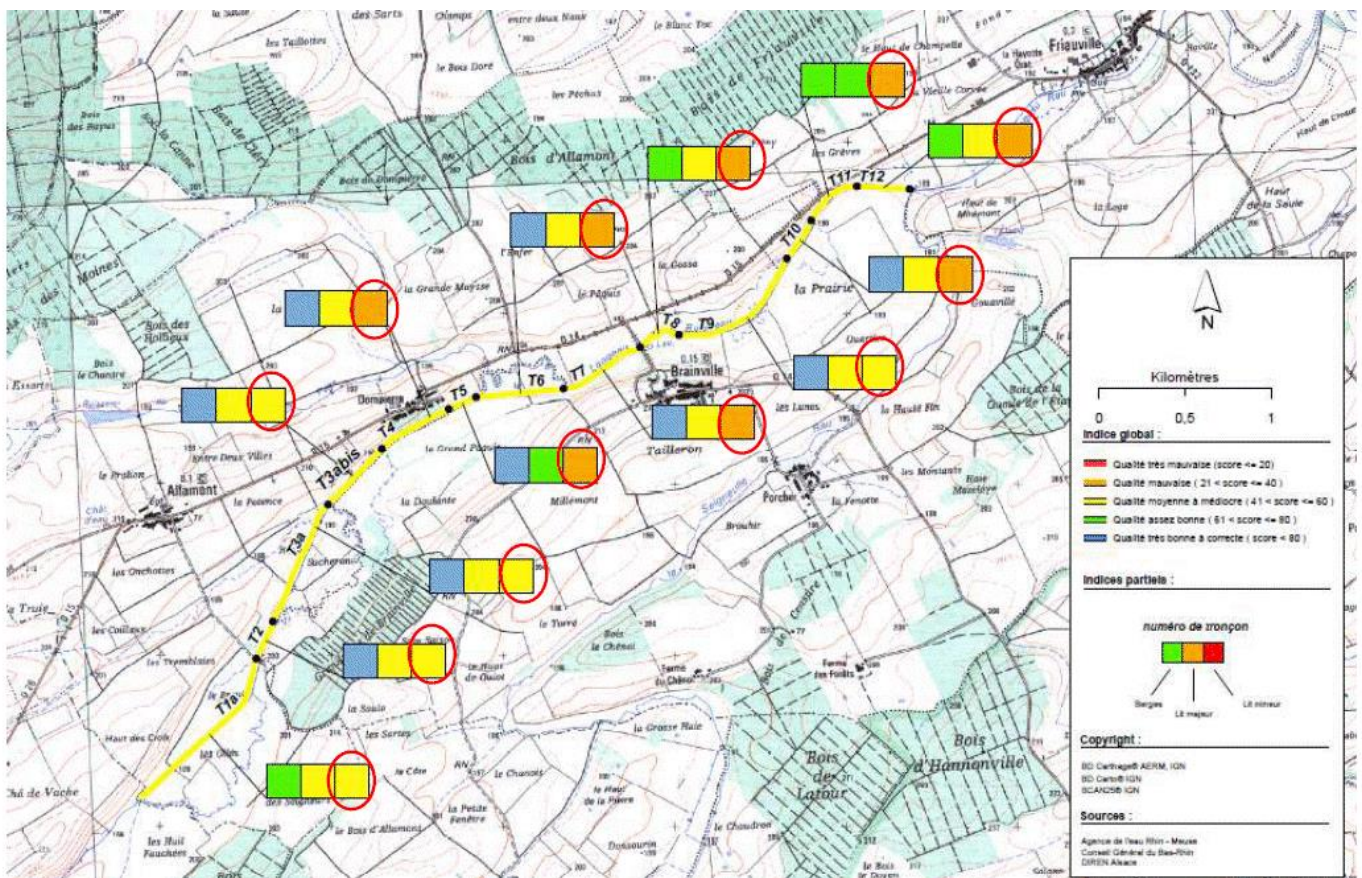


Figure 5 : qualité physique du Longeau avant travaux : médiocre à mauvaise sur tous les tronçons du secteur d'étude (résultats Qualphy : le lit mineur est représenté par la case à droite entourée)

4.1.2 Etat constaté après travaux

Avant les travaux la pente moyenne du lit était de 1,2 ‰ à l'amont de la Seigneulle, de 0,8 ‰ à l'aval (masquant des tronçons en contre-pente et d'autre de pentes plus fortes jusqu'à 1,6 ‰).

Aujourd'hui, les relevés topographiques réalisés en 2014-15 ont permis de restituer la pente après travaux de restauration (fig. ci-dessous).

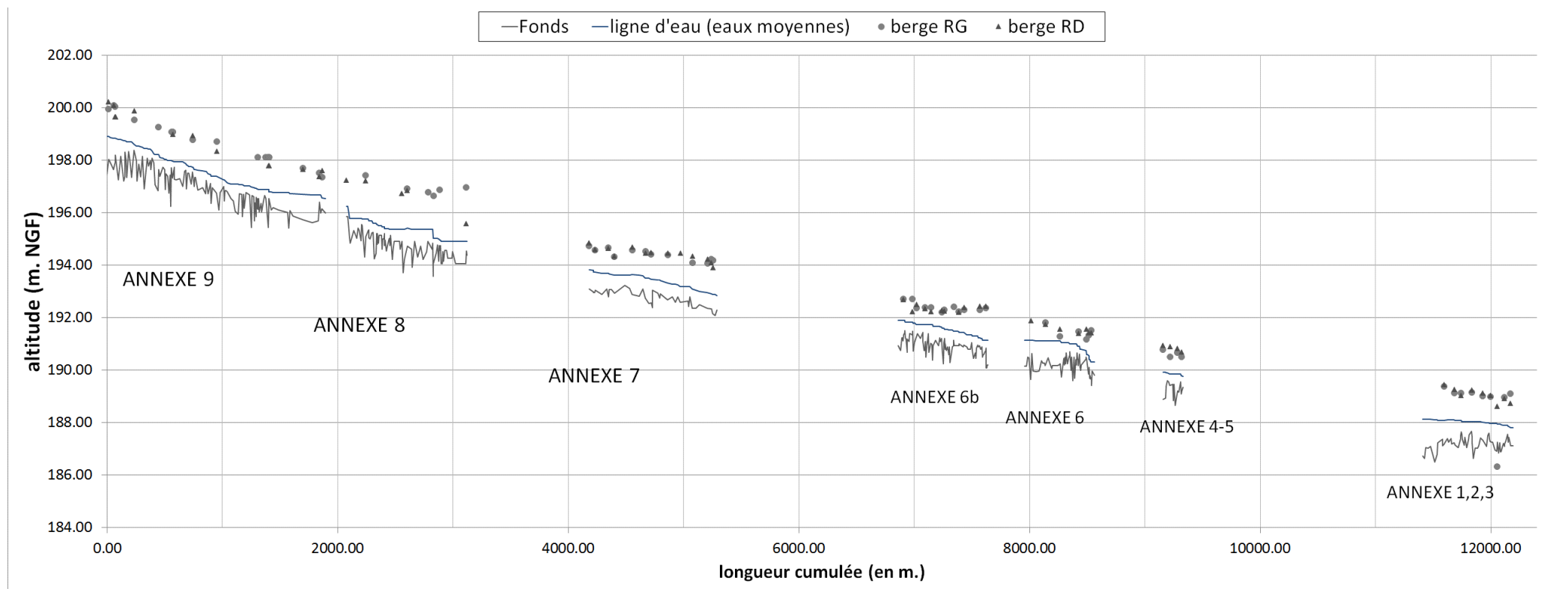


Figure 6 : profil en long des linéaires prospectés en 2014-15

✓ Topographie et bathymétrie

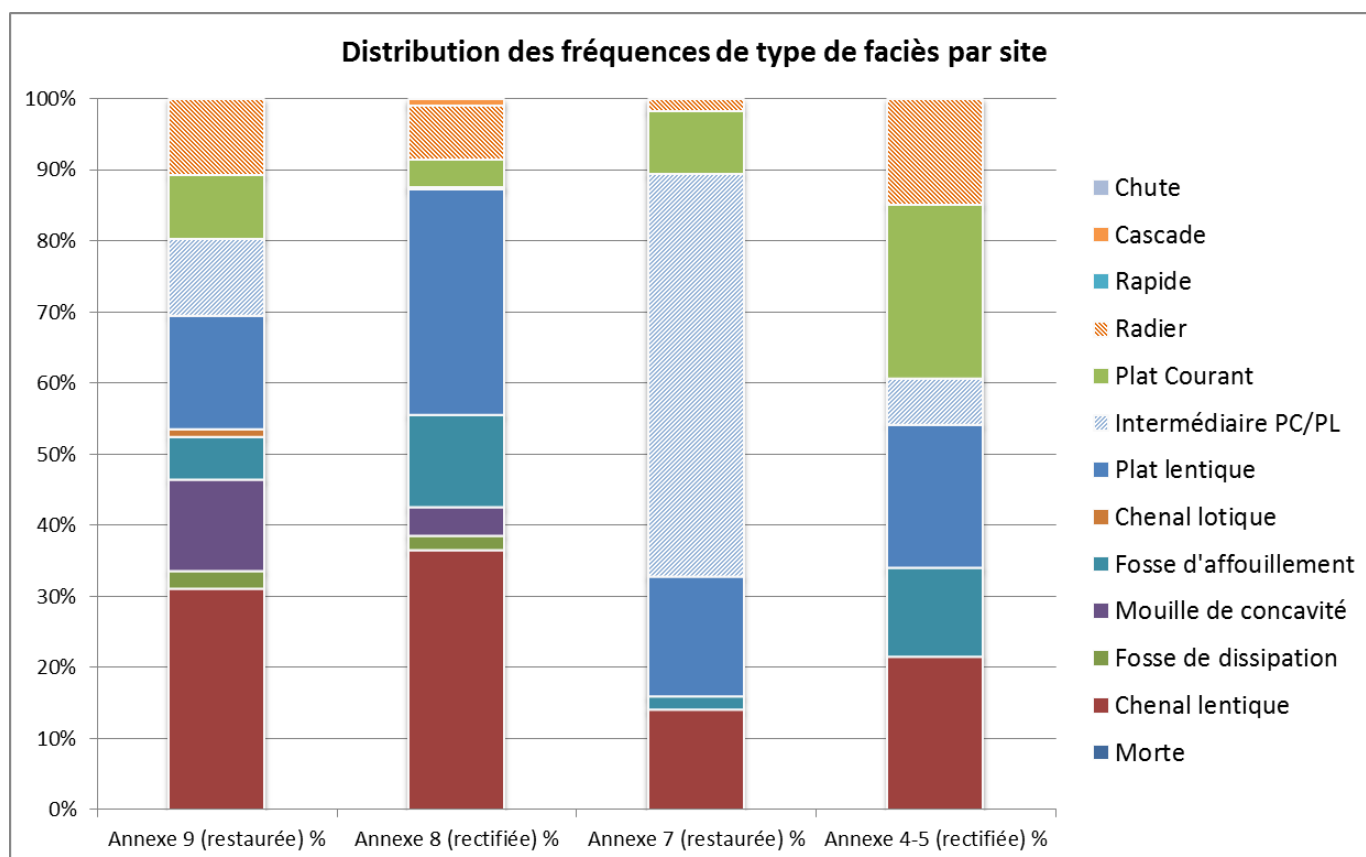
En comparant l'état des annexes restaurées avec les linéaires non restaurés, il est possible de se faire une idée du bénéfice des travaux pour la diversité des formes.

Mais pour l'instant, 5 ans après les derniers travaux, on ne parvient pas à dégager de nette opposition entre les portions de linéaires qui ont été restaurées dans les anciens lits méandriformes et celles qui sont restées sur les portions rectifiées. La diversité semble par exemple même être plus forte au droit de l'annexe 8 (non restaurée) que dans l'annexe 7 (restaurée).

✓ Mesures des faciès d'écoulements

De la même manière, il n'est pas possible pour l'instant de dégager à partir des cartographies des faciès d'écoulement un net recul de la banalisation des écoulements entre les lits restaurés et les lits non restaurés. Par exemple :

- malgré les opérations de restauration, l'annexe 7 est la moins diversifiée d'un point de vue faciès d'écoulement (plat lent / plat courant) ;
- le linéaire non restauré au droit de l'annexe 8 présente des variations de faciès intéressantes (type radier/mouille). Néanmoins, la sur-largeur effective du lit au miroir et le manque de variations dans cette largeur, ainsi que la présence d'un seuil naturel et d'un gué sur la moitié aval du tronçon, sont responsables d'une forte homogénéisation des écoulements (faciès chenal lentique et plat lentique représentent 68 % des surfaces).
- l'annexe 9 montre une répartition entre les fréquences de faciès plus « équilibrée ».



Etude ConfluenS

Figure 7 : Type de faciès : distribution de fréquences par site (en haut les sites inspectés en 2015, en bas ceux inspectés en 2014)

✓ Dynamique latérale et érosion des berges

Quelques sites d'érosions ont pu être repérés bien que le type de cours d'eau du Longeau ne se prête pas à des divagations latérales conséquentes. Néanmoins, ces érosions de berges sont très intéressantes car susceptibles d'un apport de sédiments plus graveleux qui peuvent venir enrichir les fonds de la rivière souvent pauvres.

Des leviers au GPS de précision ont permis de constater à 1 an d'intervalle :

- une évolution moyenne à relativement forte des berges en érosion sur l'annexe restaurée (annexe 9) se traduisant par un recul de plusieurs dizaines de cm année;
- une certaine stabilité des berges sur le linéaire non restauré.



Photo 4 : malgré les apparences on a noté une relative stabilité de la berge entre le 2014 et 2015 sur cette encoche d'érosion du linéaire non restauré, au droit de l'annexe 8

✓ Suivi de l'évolution des alluvions dans le lit mineur (annexes 8, 9 et 7)

Des pièges à sédiments ont été disposés afin de caractériser le transit sédimentaire en provenance de l'amont. On a choisi de les placer sur la première annexe restaurée (l'annexe 9, restaurée) puis sur la seconde (annexe 7) dans une position intermédiaire.

La situation de l'annexe 7 est intéressante car il s'agit de la première annexe restaurée dans le temps. Elle présente une certaine pauvreté de formes : les érosions de berges y sont inexistantes. Elle est donc un bon témoin pour la mesure du transit sédimentaire de l'amont vers l'aval de l'ensemble de la zone d'étude.

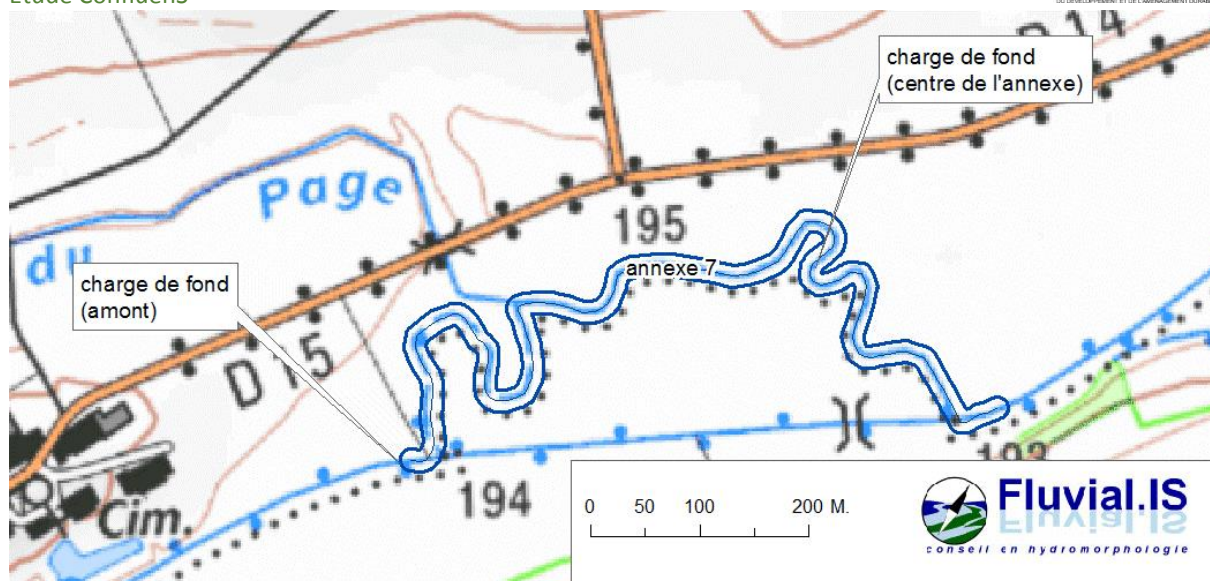


Figure 8 : localisation des pièges à sédiment disposés sur l'annexe 7



Photo 5: les caisses lestées ont été disposées dans le fond du cours d'eau, au besoin en creusant les argiles afin que le bord amont de la caisse soit au niveau du fond (à gauche la caisse amont en position –vue sous l'eau, à droite la caisse aval) (décembre 2014)

Les fonds sont composés sur ce linéaire restauré aujourd'hui d'une fine épaisseur de graviers et de sables (environ 1-5 cm) mais les atterrissements sont totalement inexistant, malgré l'implantation en phase travaux d'épis et de déflecteurs pour diversifier l'annexe rouverte.

L'étude a permis de constater que si des sédiments grossiers (sables, graviers, cailloux) transitent bien dans le Longeau sur les secteurs plus rectilignes, ils ne paraissent pas aussi mobiles au travers des annexes restaurées.



Photo 6 : remplissage des pièges à sédiments après 9 mois : à gauche le piège à l'entrée de l'annexe, à droite le piège de la partie aval de l'annexe (septembre 2015)

Ces résultats, qui mériteraient d'être confirmés, tendraient à montrer que :

- 1) des sédiments grossiers (sables, graviers) transitent bien dans le Longeau depuis l'amont (sites d'érosion des annexes 9 et 8, voire de l'amont de la zone d'étude) ;
- 2) que ces apports sont insuffisants pour créer des formes dans l'annexe 7, soit parce que les conditions de leur dépôt ne sont pas rassemblées (lit trop encaissé, forces hydrauliques trop importantes et qu'ils sont expulsés vers l'aval), soit parce qu'ils ne peuvent pas progresser suffisamment rapidement dans le lit mineur (pente trop faible du fait de l'allongement du lit, « colonisation » progressive de l'annexe 7 de l'amont vers l'aval).

4.2 Evolution de la ripisylve

La description porte sur sept annexes reconnectées à la rivière et deux portions non restaurées, ce qui totalise plus de 6 km de linéaire. Effets des travaux sur la végétation rivulaire

Les travaux de reconnexion avaient pour objectif de recréer, autour des annexes, les conditions alluviales qui prévalaient sur ces berges, avant les rectifications.

Entre la période des travaux de rectification et la restauration de 2010-11, ces annexes déconnectées fonctionnaient différemment : éloignées du lit mineur, mais toujours dans le lit majeur, elles recevaient les eaux uniquement lors des périodes de hautes eaux.

Du point de vue de la végétation, deux grandes situations peuvent être exposées :

- l'amélioration des conditions pour des ligneux alluviaux déjà en place.
- l'accentuation des conditions alluviales défavorables pour des ligneux peu tolérants.

Des arbres anciens (ex : *Salix fragilis*, *S. alba*, *Fraxinus excelsior*) qui occupaient autrefois la berge, retrouvent des situations qui conviennent à leur optimum écologique.

Inversement, des végétaux peu capables de se développer en conditions alluviales pourront être affectés. Cela pourrait être le cas pour des bosquets de Prunellier (*Prunus spinosa*) ou des individus de Chêne pédonculé (*Quercus robur*) installés sur les berges.



Photo 7 : Amont du tronçon avec vue vers l'aval. Les chênes pédonculés qui se sont développés autour du lit reconnecté sont dans une situation pas forcément favorable (J-Ch. DOR/CLIMAX, octobre 2014)

La végétation potentielle des berges n'apparaît pas à travers la composition actuelle des tronçons restaurés. En effet, la composition dendrologique des peuplements de ces tronçons restaurés ayant été soumise à des conditions moins alluviales (éloignement au lit mineur), elle a dérivé vers des peuplements mêlant des individus de ligneux alluviaux à des ligneux ubiquistes.

Les tronçons au droit des annexes 4 et 8 (non restaurés) présentent une composition plus conforme au type de ripisylve. On y observe une densité de saules beaucoup plus importante qu'autour des autres annexes étudiées.

L'analyse de l'état de la ripisylve montre des situations variées en raison des contextes et de l'âge des travaux. Nous retiendrons les faits suivants :

- la qualité actuelle est forcément assez moyenne car il s'agit souvent de tronçons remaniés récemment par les travaux (annexe 6b);
- la ripisylve hérite d'une situation antérieure (fonctionnement alluvial faible et coupes de ligneux par ex. annexe 7)) qui n'a pu être compensée, pour le moment, par des plantations trop récentes ;
- les espèces plantées correspondent assez bien aux ligneux attendus mais montrent des taux de reprise très variables, assez bon (annexe 6) à faible (annexe 9) selon les tronçons ;

Etude ConfluenS

- la capacité de certaines plantes remarquables, à se développer rapidement sur des faciès travaillés lors des travaux (annexe 6b). Ce constat se devra toutefois d'être vérifié dans le temps ;
- les plantes invasives sont peu présentes (Balsamine de l'Himalaya) et ne paraissent pas poser de problèmes.

Les travaux réalisés ont fortement modifié les conditions stationnelles dans lesquelles se trouvaient les plantes ligneuses des berges. Des changements sont attendus et devraient favoriser les individus sauvages présents et ceux qui ont été plantés. A terme, les peuplements alluviaux devraient retrouver des compositions plus proches de leur potentiel.

Le mode de gestion préconisé de ces boisements est très extensif où les coupes seraient uniquement si l'accroissement des ligneux affectait des usages importants. L'objectif est notamment d'épaissir ces boisements alluviaux afin d'en augmenter les fonctions physico-chimiques et biologiques.

D'autre part, ces cours d'eau étant soumis à de nouvelles conditions physico-chimiques, des modifications sont attendues dans leur composition dendrologique. La gestion trop intense pourrait affecter ces remaniements internes de ces boisements.



Photo 8: Annexe 2 dans sa partie aval : au premier plan, en rive gauche la ripisylve est constituée d'un bosquet de prunelliers. En arrière-plan, elle comporte, surtout en rive droite, une saulaie fragile arborescente (J-Ch. DOR/CLIMAX, juillet 2015).



Photo 9 : Annexe 6 : La ripisylve est quasi-absente en rive droite. En rive gauche, la rivière longe majoritairement la bordure du lit majeur et sa ripisylve coïncide avec des bosquets mésophiles de prunelliers (J-Ch. DOR/CLIMAX, juillet 2015).



Photo 10 : Annexes 6b du Longeau dans sa partie amont. La ripisylve déficiente a fait l'objet de plantations sur berges. Les berges sont encore très minérales (J-Ch. DOR/CLIMAX, juillet 2015)



Photo 11: Aspect du tronçon restauré entre le hameau de Dompierre et Brainville : des hélrophytes (*Phragmites australis*, *Phalaris arundinacea*) ont colonisé les berges (J-Ch. DOR/CLIMAX, octobre 2014).

4.3 Qualité de l'eau

4.3.1 Etat initial avant travaux

D'après les données disponibles (uniquement au niveau de Friauville – station SIERM), il peut être conclu que la qualité d'eau du Longeau dans la période 2006-2010 présente globalement un déficit d'oxygénation ainsi que des taux de carbone organique, de phosphore total, de chlortoluron et de métazachlore qui ne permettent pas l'atteinte du bon état écologique (mais la classe d'état écologique moyen). Des apports domestiques et phytosanitaires peuvent donc être suspectés pour le Longeau dans ce secteur. Il peut être précisé à ce sujet, qu'à cette époque, aucune station d'épuration n'existait pour les villages du secteur (Friauville, Brainville ...).

Etude ConfluenS

Paramètres	Année(s)										Etat écologique 2013-2015	
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2013-2015	Classes d'état
Température (P90, °C)	18.3	18.1	17.3	16	16.9	17.2	16.6	16	18.2	17.1	17.9	Température
pH (min)	7.9	7.8	7.6	7.85	7.8	7.75	7.85	7.95	7.5	7.8	7.9	Acidification
pH (max)	8.2	8.2	8.2	8.1	8.2	8.2	8.25	8.3	8.15	8.2	8.2	
Conductivité (P90, µS/cm)	661	699	682	652	625	633	624	650	700	614	650	salinité
Chlorures P90 (mg Cl/l)	24	24.1	19.9	21.7	19	22	20	19.3			19.3	
Sulfates P90 (mg SO4/l)	52.9	38.3	48.6	52.8	42	48	43	49.1			49.1	
O ₂ dissous (P10, mgO ₂ /l)	6.4	5.3	7.4	5.8	7.9	7.2	6.5	7.4	6.8	7.75	7.4	Bilan de l'oxygène
Tx Sat, O ₂ (P10, %)	64	56	73	61	80	67	62	72	70	76	72	
DBO ₅ (P90, mg O ₂ /l)	2.1	3.3	3	3.8	2.6	1.9	1.7	2	1.8	1.8	2	
Carb. Org. (P90, mg C/l)	7.6	8.2	7	9.9	6.5	5.3	5.1	4	5.9	5.3	5.3	
Phosphates (P90, mg PO ₄ ³⁻ /l)												Nutriments
Phosphore total (P90, mg P/l)	0.22	0.48	0.24	0.2	0.15	0.14	0.13	0.08	0.15	0.15	0.14	
Ammonium (P90, mg NH ₄ ⁺ /l)	0.1	0.25	0.15	0.16	0.16	0.17	0.09	0.11	0.14	0.11	0.12	
Nitrites (P90, mg NO ₂ ⁻ /l)	0.14	0.18	0.14	0.18	0.14	0.09	0.11	0.13	0.34	0.07	0.14	
Nitrates (P90, mg NO ₃ ⁻ /l)	33.5	33.8	27.1	20.8	26	22	24	34	26.9	19.1	34	
Chlortoluron (moy, µg/L)	0.148	0.247	1.27	0.237	0.053	0.0183	0.072	0.106	0.0236	<0.02	0.059	Polluants spécifiques
Oxadiazon (moy, µg/L)		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02	<0.02	<0.005	<0.005	<0.02	
Linuron (moy, µg/L)	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.005	<0.005	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
2,4 D (moy, µg/L)	<0.02	0.00299	0.0048	0.0031	0.00292	0.0074	0.0138	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
2,4 MCPA (moy, µg/L)	0.023	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.0054	0.053	<0.02	<0.02	0.081	0.04	
Arsenic dissous (moy, µg/L)								0.76			0.76	
Chrome dissous (moy, µg/L)								<0.05			<0.05	
Cuivre dissous (moy, µg/L)								<0.5			<0.5	
Zinc dissous (moy, µg/L)								1.12			1.12	
Métazachlore (moy, µg/L)	0.49	0.17	0.079	<0.02	0.038	0.015	0.0126	0.046	0.048	0.042	0.045	
Aminotriazole (moy, µg/L)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.02	<0.02	<0.1	<0.1	
Nicosulfuron (moy, µg/L)	<0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.036	0.0091	<0.02	0.0244	<0.02	<0.02	
AMPA (moy, µg/L)	0.33	0.2	0.175	0.258	0.273	0.199	0.315	0.094	0.2	0.174	0.154	
Glyphosate (moy, µg/L)	0.228	<0.1	<0.1	0.168	<0.1	0.0255	0.077	0.046	0.066	0.054	0.055	
Diflufenicanil (moy, µg/L)	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02	<0.02		0.0141	<0.02	
Tébuconazole (moy, µg/L)	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.0108	0.0193	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
Bentazone (moy, µg/L)	0.099	<0.05	<0.05	<0.05	0.066	0.0126	0.0085	<0.02	0.085	0.214	0.098	
Cyprodinil (moy, µg/L)	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.0054	<0.005	
Imidaclopride (moy, µg/L)		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.005	<0.005	<0.005	<0.02	<0.02	<0.02	
Iprodione (moy, µg/L)	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	
Azoxystrobine (moy, µg/L)	<0.01	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.005	<0.005	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
Toluene (moy, µg/L)			<1					<0.5			<0.5	
Phosphate de tributyle (moy, µg/L)		<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.1	<0.1	<0.005	<0.005	<0.1	
Biphényle (moy, µg/L)		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.005	<0.005	<0.01	
Boscalid (moy, µg/L)									0.054		0.054	
Métaldéhyde (moy, µg/L)	0.1	<0.05	0.052	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02	<0.02			<0.02	
Chlorprophame (moy, µg/L)		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.02	<0.02	<0.02	<0.005	<0.005	<0.02	
Xylène (moy, µg/L)			<2									
Thiabendazole (moy, µg/L)		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.005	<0.005	<0.005	<0.02	<0.02	<0.02	
Chlordécone (moy, µg/L)												
Pendiméthaline (moy, µg/L)	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.005	0.005	<0.02	

L'état écologique est calculé selon les critères de l'arrêté du 27 juillet 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique. Pour les métaux, la moyenne a été calculée sans retrancher le fond géochimique et la fraction biodisponible du cuivre et du zinc n'a pas pu être évaluée. La totalité de la fraction dissoute a été prise en compte pour le calcul de la moyenne du cuivre, du zinc, de l'arsenic et du chrome. Le diagnostic d'état pour ces quatre paramètres est probablement plus pénalisant qu'il ne l'est en réalité.

Légende :

Etat/Potentiel écologique

Très bon	Très bon
Bon	Bon
Moyen	Moyen
Médiocre	Médiocre
Mauvais	Mauvais
Non déterminé / Inconnu	Non déterminé / Inconnu

D'autre part, sur les 48 substances chimiques dosées entre 2006 et 2010 selon les données disponibles sur le SIERM, un seul paramètre a ponctuellement été signalé comme relevant de la classe de mauvais état chimique (classe de bon état pour tous les autres relevés). Il s'agit de l'isoproturon (concerne la valeur moyenne et la valeur maximale) en 2008. Cette substance est d'origine phytosanitaire (herbicide).

4.3.2 Situation après travaux

Les données de qualité physico-chimique ont été mesurées après travaux au total sur 7 stations entre Moulotte et Friaucelle.

	Le Longeau 11/05/2015					
	LON 1	LON 2B	LON 3	LON 4	LON 5	LON 6A
Heure de prélèvement	14h50	14h30	13h50	13h15	12h45	12h00
pH (unités pH)	8,2	8,3	8,2	8,1	8,2	8,4
Matières en suspension (mg/l)	15	7	10	10	12	14
DBO5 (mgO2/l)	1,4	1,2	1,6	1,5	2,3	1,6
DCO (mgO2/l)	14	8	10	14	13	12
COD (mg C/l)	2,7	2,3	2,7	2,6	3,0	2,7
Nitrates (mg NO ₃ /l)	12,8	12,6	13,2	13,1	13,1	12,7
Nitrites (mg NO ₂ /l)	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08	0,11
Azote Kjeldahl (mg N/l)	0,6	<0,5	<0,5	0,7	0,8	0,7
Azote total (mg N/l)	3,51	<3,37	<3,50	3,68	3,78	3,60
Orthophosphates (mg PO ₄ /l)	0,144	0,141	0,147	0,141	0,144	0,137
Phosphore total (mg P/l)	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06	0,07
Turbidité (NFU)	2,0	1,5	2,9	2,2	2,7	3,4
Oxygène dissous (mgO2/l)	10,48	11,00	10,88	10,73	10,32	9,46
Saturation en oxygène (%)	105,9	111,4	112,4	109,1	104,9	96,2
Température de l'eau (°C)	15,2	15,3	16,3	15,5	15,6	15,6
Conductivité (µS/cm)	496	502	519	515	527	520
Intensité lumineuse (Lux)	28 200	16 800	17 500	23 500	10 700	18 480

D'après les données disponibles, il peut être conclu que la qualité d'eau du Longeau dans la période post-travaux ne pose aucun problème particulier et relève de la classe de bon état écologique (bilan de l'oxygène, nutriments, polluants spécifiques) voire de très bon état écologique (température, acidification). Ce constat révèle donc une amélioration sensible de la qualité d'eau entre la période « avant travaux » et celle « après travaux ». Ce sont notamment les paramètres liés au bilan de l'oxygène qui montrent une amélioration sensible de la situation relevée (oxygène dissous, saturation et carbone organique). Cela pourrait éventuellement être une conséquence des travaux effectués (meilleure déroulement des cycles biologiques) mais il faut aussi tenir compte de la mise en œuvre de la station d'épuration de Brainville-Porcher en 2011 qui peut aussi et surtout expliquer cette amélioration physico-chimique. On peut aussi noter que les apports de phytosanitaires, déjà relevés dans la chronique antérieure, restent d'actualité après travaux.

La qualité d'eau apparaît donc satisfaisante et stable sur le linéaire du Longeau. Cela confirme tout à fait ce qui vient d'être présenté pour le suivi SIERM réalisé à la station « LON 5 ».

Des enregistrements de température en continu ont également été effectués. On a pu constater que :

Etude ConfluenS

- L'évolution globale des températures dans le temps est tout à fait similaire sur les 6 stations relevées
- Les variations entre le jour et la nuit sur une même station s'accroissent à partir de fin juin 2015 et restent très marquées jusqu'au début du mois d'octobre 2015, pour se réduire ensuite pendant l'hiver.
- La ripisylve joue un rôle déterminant dans les écarts de température entre le jour et la nuit.

Toutefois, aucune chronique antérieure n'étant disponible, il n'est pas possible de comparer cette situation après travaux avec ce qui se passait avant les aménagements effectués.

4.4 Diatomées

4.4.1 Etat initial avant travaux

Pour les diatomées, les données disponibles concernent 3 stations (Allamont, Friaucelle et aval de Friaucelle).

La prédominance de la diatomée *Amphora pediculus* (20 à 40% de l'effectif total comptabilisé de manière quasi-systématique) révèle une situation globale relativement peu chargée en matières organiques (taxon β -mésosaprobe). Toutefois, ponctuellement (en 2011 à Friaucelle), la hausse sensible des diatomées *Fistulifera saprophila*, pourrait être liée à des apports organiques dans le Longeau.

Vis-à-vis du calcul de l'indice IBD, la majorité des relevés indique une note d'IBD associée à un niveau d'eutrophisation modérée (bonne qualité) et une valeur d'EQR révélant une situation de bon état écologique.

4.4.2 Situation après travaux

Aucune analyse des diatomées n'a pour le moment été conduite depuis la réalisation des travaux.

4.5 Macrophytes

4.5.1 Etat initial avant travaux

Pour les macrophytes, les données disponibles concernent 2 stations (Allamont et aval de Friaucelle).

Les deux relevés de macrophytes effectués à Allamont (LON 2A) en début et en fin de saison 2011 traduisent un caractère eutrophe pour le Longeau avec, en particulier en fin de printemps, un net développement algal où près de $\frac{3}{4}$ de la station sont recouverts d'algues brunes du genre *Vaucheria*. Les autres taxons, soit un peu plus d'une dizaine, sont très peu représentés sur la station aux deux saisons. Il s'agit d'une diversité très moyenne et de taxons très ubiquistes et tolérants au caractère méso-eutrophe à eutrophe du milieu.

La station LON 6B à Friaucelle diffère un peu de la précédente sur plusieurs éléments. Le nombre de taxons inventoriés y est plus élevé (27 taxons dont 21 contribuent au calcul de l'indice IBMR), le taux de recouvrement par les algues y est encore plus élevé (90% de la

Etude ConfluenS

surface de la station) et le genre dominant est *Cladophora*. Cette algue verte filamenteuse forme des biomasses importantes dans les cours d'eau riches en nutriments, avec des écoulements à courant modéré et régulier surtout au printemps. Le peuplement floristique indique un caractère eutrophe du Longeau surtout du fait de la présence des algues (le genre *Cladophora* est particulièrement caractéristique de ce trait écologique) ; il indique également un milieu présentant des vitesses d'écoulement faibles voir stagnantes par endroits.

Au niveau des notes IBMR, ces relevés se traduisent par un niveau trophique fort à très élevé et les EQR correspondant sont associés aux classes d'état écologique moyen ou bon.

En comparaison aux résultats IBD obtenus aux mêmes stations et la même année, on constate que l'information traduite par les deux indices n'est pas homogène puisque l'IBMR traduit un niveau trophique bien plus élevé que l'IBD pour une même station bien que les résultats physico-chimiques disponibles à la station LON 5 pour l'année 2011 ne laissent pas supposer d'eutrophisation particulièrement marquée.

4.5.2 Situation après travaux

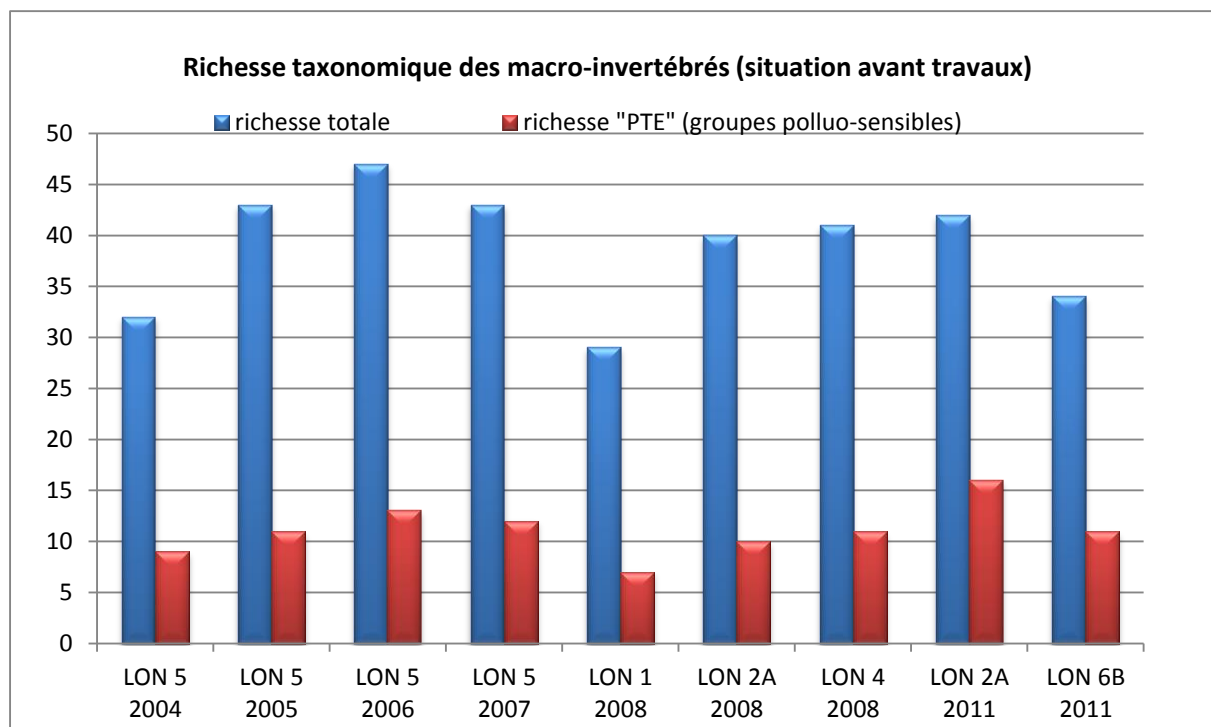
Aucune analyse des macrophytes aquatiques n'a pour le moment été conduite depuis la réalisation des travaux.

4.6 Invertébrés

4.6.1 Etat initial avant travaux

Les macro-invertébrés ont été étudiés au niveau de cinq stations différentes entre Moulotte et Friaucville.

Les macro-invertébrés les plus exigeants (plécoptères, trichoptères et éphéméroptères) sont globalement représentés dans les mêmes proportions le long du cours d'eau.



D'autre part, pour les cinq prélèvements qui ont été réalisés suivant le protocole IBG-DCE on constate que les peuplements macrobenthiques observés sur le Longeau révèlent systématiquement un certain degré de probabilité (compris entre 60 et 70%) de problème lié à la ripisylve (dégradée voire absente) le long du cours d'eau. La probabilité d'une pression liée aux matières organiques est aussi relevée au niveau de LON1, LON 6B et de manière plus nette encore au niveau de LON 4 (Brainville). Cette dernière station est d'ailleurs une de celle qui présente le plus de probabilités « significatives » par rapport à différents types de pressions : les matières organiques et la ripisylve, mais aussi les nitrates et les pesticides. La station LON 6 B est dans la même situation mais en plus des matières organiques et de la ripisylve, les probabilités significatives concernent les pesticides (de manière plutôt nette) et l'acidification (dans une moindre mesure).

Probabilité de pression	LON 1 2008	LON 2A 2008	LON 4 2008	LON 2A 2011	LON 6B 2011
Matières organiques	62%	59%	75%	46%	63%
Matières azotées	27%	29%	51%	17%	46%
Nitrates	50%	46%	62%	45%	58%
Composés phosphorés	29%	25%	42%	13%	54%
Acidification	49%	52%	51%	52%	60%
Pesticides	54%	43%	62%	53%	76%
Voies de communication	28%	19%	29%	14%	45%
Ripisylve	66%	64%	67%	65%	68%
Urbanisation	36%	30%	39%	24%	38%
Risque de colmatage	51%	50%	58%	43%	58%
Instabilité hydrologique	59%	60%	52%	30%	48%

Les cases en jaune représentent les probabilités de 60% ou plus

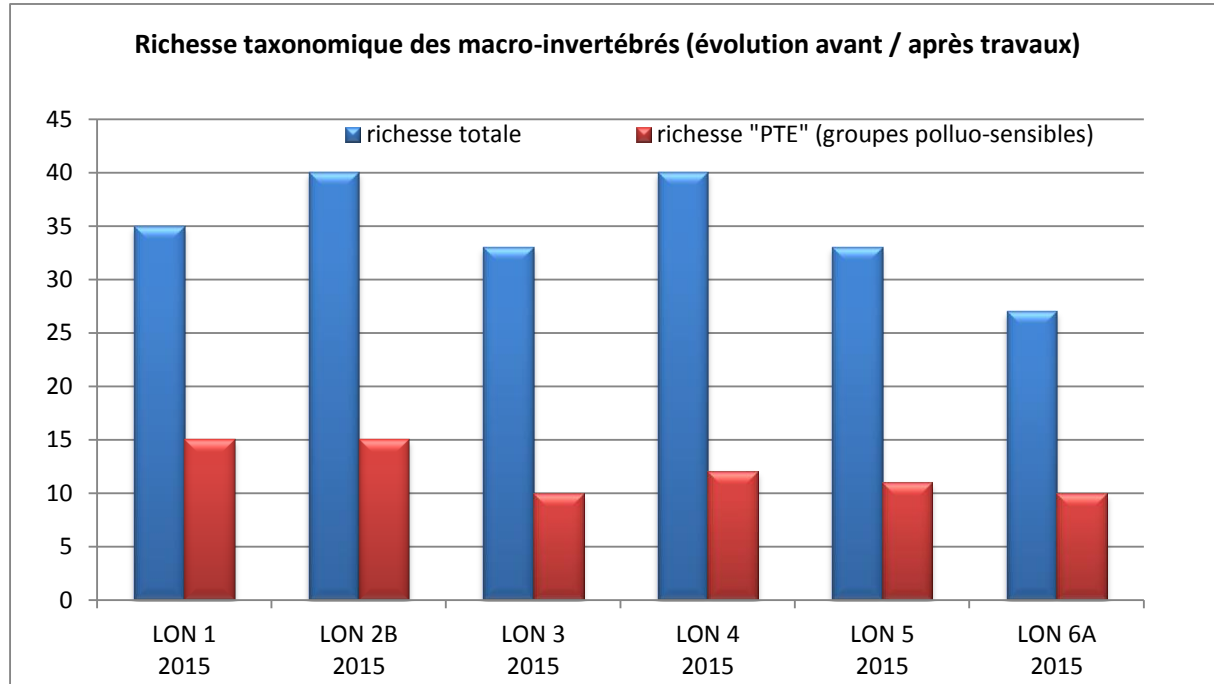
Les cases en orange représentent les probabilités de 70% ou plus

Enfin, en termes de notes indicielles, la majorité des relevés indique une note d'IBGN associée au très bon état écologique (classement une seule fois en bon état écologique).

4.6.2 Situation après travaux

Après travaux, les macro-invertébrés ont été étudiés au niveau de six stations différentes, entre Moulotte et Friaucelle.

Par rapport aux données d'état initial on constate que le nombre de familles sensibles (plécoptères, trichoptères et éphéméroptères) correspond tout à fait à ce qui était observé aux différentes stations pour les résultats de l'état initial avant travaux : globalement autour de 11 familles en moyenne, mais potentiellement jusqu'à 15-16 familles.



A chacune des stations, les peuplements macrobenthiques observés révèlent toujours globalement un certain degré de probabilité (presque systématiquement compris entre 60 et 70%) de problème lié à la ripisylve (dégradée voire absente) le long du cours d'eau. Pour les autres types de pressions testés, en dehors de LON 2B et LON 5, il n'y a quasiment pas de probabilité d'existence de pressions identifiées. On note d'ailleurs que pour la station LON 4 (Brainville), la composante « matières organiques » semble avoir fortement régressé par rapport aux résultats de l'état initial (75% de probabilité d'existence d'une pression spécifique). En 2015, c'est à la station LON 5 (Friaucourt) que le peuplement macrobenthique traduit le plus de pressions potentielles : matières azotées, acidification, pesticides, ripisylve, urbanisation, risque de colmatage et plus particulièrement nitrates. Enfin, à la station LON 3 (Annexe 7 redynamisée), quatre types de pressions apparaissent comme relativement probables (entre 60 et 70%) : pesticides, voies de communication, urbanisation et risque de colmatage.

Probabilité de pression	LON 1 2015	LON 2B 2015	LON 3 2015	LON 4 2015	LON 5 2015	LON 6A 2015
Matières organiques	41%	34%	44%	55%	44%	44%
Matières azotées	26%	12%	47%	31%	68%	32%
Nitrates	65%	46%	51%	56%	75%	58%
Composés phosphorés	26%	17%	40%	34%	59%	36%
Acidification	54%	38%	57%	56%	63%	55%
Pesticides	50%	42%	63%	47%	69%	56%
Voies de communication	42%	37%	60%	34%	58%	54%
Ripisylve	68%	70%	58%	60%	67%	55%
Urbanisation	52%	37%	61%	43%	66%	58%
Risque de colmatage	58%	54%	65%	58%	69%	58%
Instabilité hydrologique	39%	46%	52%	53%	46%	53%

Les cases en jaune représentent les probabilités de 60% ou plus

Les cases en orange représentent les probabilités de 70% ou plus

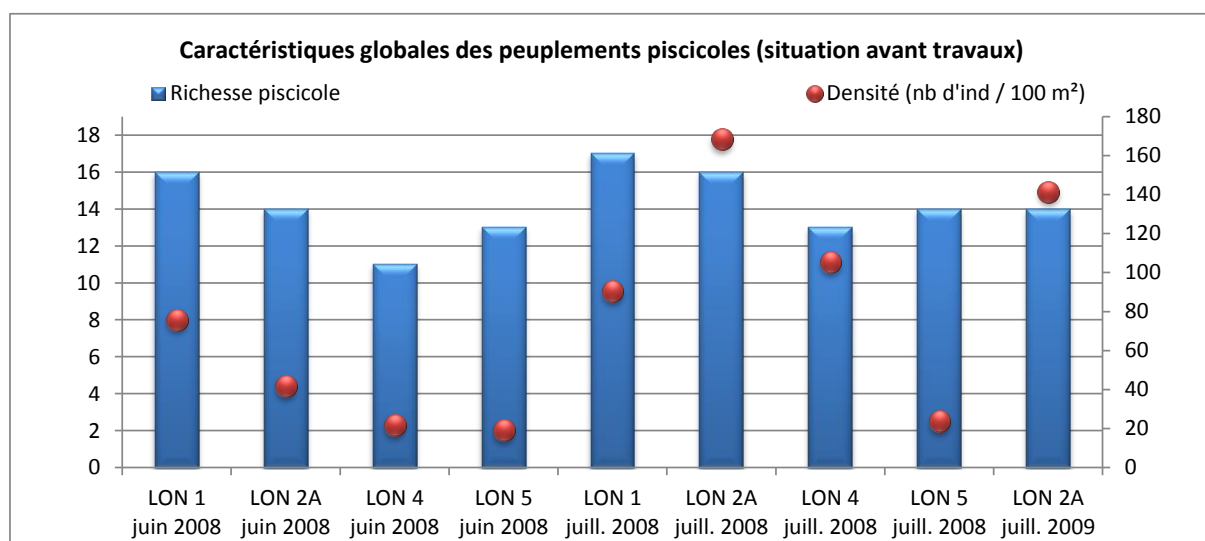
Enfin, en termes de notes indicielles, la majorité des relevés indique une note d'IBGN associée au très bon état écologique (classement deux fois en bon état écologique). Cela est donc très comparable aux résultats de l'état initial.

4.7 Poissons

4.7.1 Etat initial avant travaux

Avant travaux, les poissons ont été étudiés au niveau de cinq stations différentes entre Moulotte et Friauville.

En termes de richesse spécifique, on constate que la partie « amont » du secteur de Longeau étudié (stations LON 1 et LON 2A) abrite globalement un peu plus d'espèces (14 à 16 selon la station et la campagne) que la partie située plus en aval (stations LON 4 et LON 5 : 11 à 14 espèces). L'ancien méandre du Longeau à Allamont (LON 2B) ne comporte, quant à lui, que très peu d'espèces piscicoles en 2008 (2 en juin et aucune en juillet), certainement du fait du caractère non pérenne de cette annexe hydraulique avant les travaux de restauration.



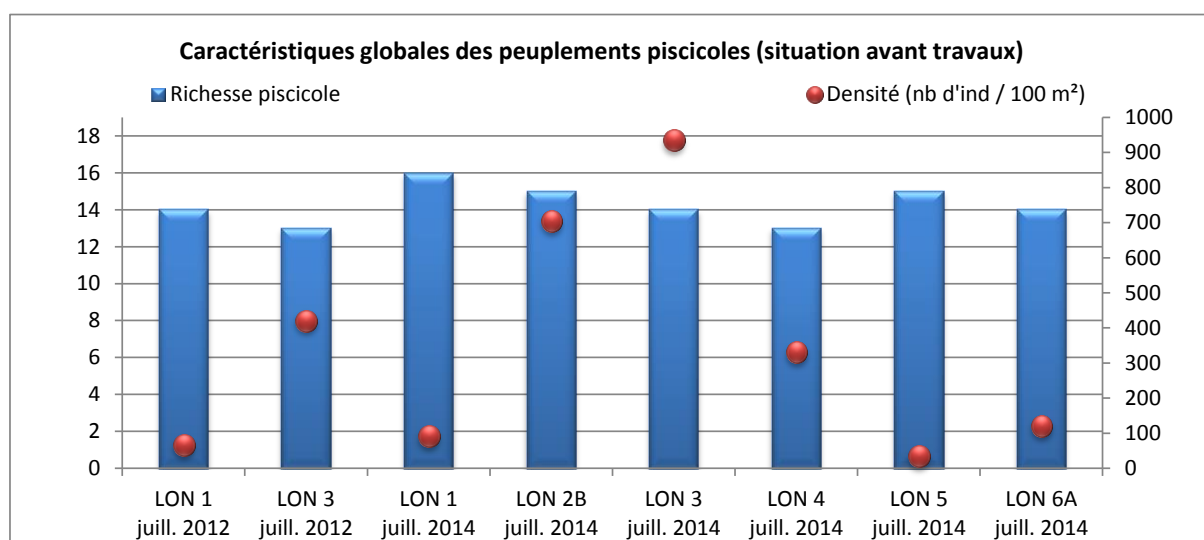
Des écrevisses exotiques (écrevisse américaine – *Orconectes limosus* / écrevisse signal – *Pacifastacus leniusculus*) sont présentes dans le Longeau. Bien que pas forcément recensées à chaque station et/ou à chaque campagne (espèces plus difficiles à attraper par pêche électrique), on peut considérer qu'elles colonisent tout le linéaire de cours d'eau étudié.

La répartition des classes de tailles révèle une bonne reproduction naturelle du brochet et de la lote (deux espèces très sensibles aux conditions de milieu) de manière globale sur le Longeau.

4.7.2 Situation après travaux

Pour le suivi post-travaux, les poissons ont été étudiés au niveau de six stations entre Moulotte et Friauville.

En termes de richesse spécifique, on constate que tout le secteur de Longeau étudié abrite globalement la même diversité d'espèces (13 à 16 selon la station et la campagne). Avec les données « avant travaux », on constatait, en revanche, une distinction entre la partie amont du secteur étudié (Moulotte et Allamont) et les autres stations plus en aval, avec une richesse qui était meilleure en amont qu'en aval. Les aménagements réalisés sur le Longeau pourraient donc être à l'origine d'une meilleure répartition de la richesse spécifique piscicole au sein du cours d'eau (en recréant des conditions attractives pour certaines espèces).



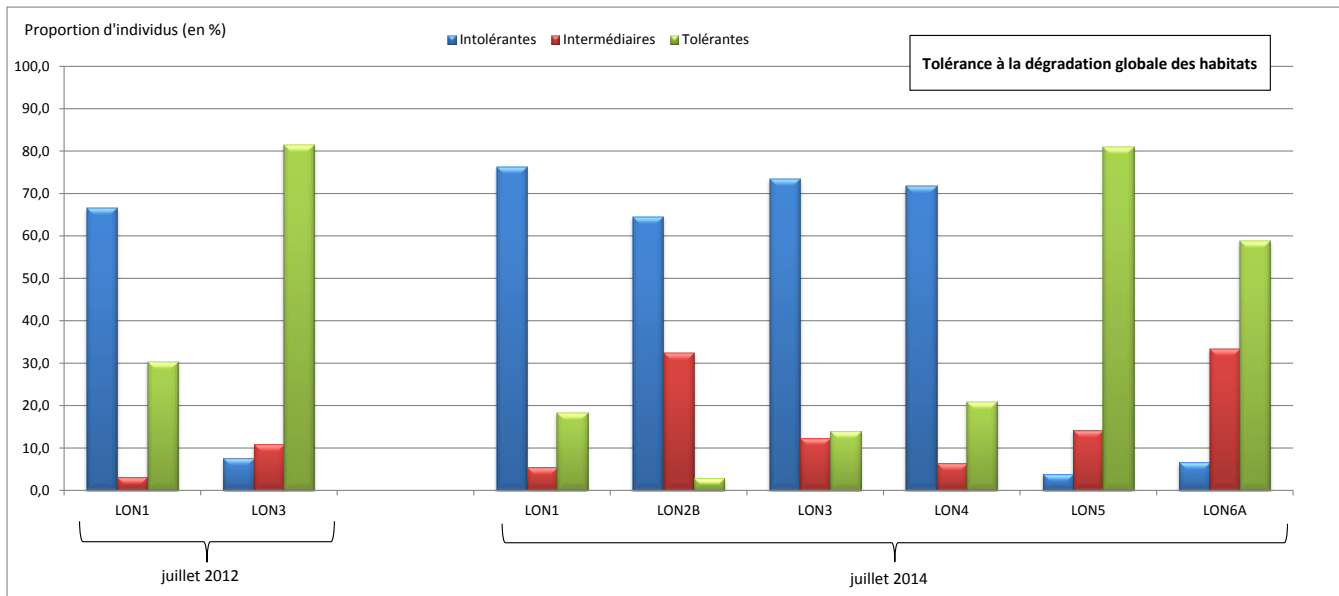
Les écrevisses exotiques (écrevisse américaine – *Orconectes limosus* / écrevisse signal – *Pacifastacus leniusculus*) sont toujours présentes dans le Longeau (bien que pas forcément recensées à chaque station et/ou à chaque campagne).

La densité s'avère particulièrement variable entre les différentes stations et les différentes campagnes et sont donc plutôt difficiles à interpréter en soi. On notera, toutefois, que les trois densités particulièrement élevées (plus de 400 individus/100m²) correspondent aux pêches effectuées dans des méandres redynamisés (Annexe 7 en 2012 et 2017 et Annexe 9 en 2014). En outre, ces très fortes densités relevées sont principalement liées à la capture de très nombreux alevins et juvéniles (petites classes de tailles). Cela pourrait traduire une phase de recolonisation active de ces tronçons par la faune piscicole avec un pic de densité des plus jeunes stades (concerne notamment les vairons, les loches franches et les chabots).

L'étude des différents traits écologiques (exigence vis-à-vis des conditions d'oxygénation, tolérance à la qualité générale de l'eau, tolérance à la dégradation globale des habitats, préférences de vitesse de courant) révèle que les peuplements observés après travaux dans les annexes redynamisées sont conformes à ceux des stations les plus favorables de l'état

Etude ConfluenS

initial et donc cohérents avec les potentialités du Longeau. On peut noter qu'au niveau de l'annexe 7 (LON 3) un « effet chantier » a quand même été relevé puisque dans un premier temps (2012) les espèces tolérantes à la dégradation des habitats étaient très représentées mais on ensuite (2014) laisser place à des espèces beaucoup moins tolérantes à ce type de perturbation.



L'étude des classes de taille des poissons en 2012 et 2014 indique une reproduction plus ou moins bonne du brochet (bonne en 2012 et mauvaise en 2014) et de la lote (mauvaise les deux années) de manière générale dans le Longeau. Ce constat n'est pas à mettre en relation directe avec les aménagements effectués mais correspond à des fluctuations classiques pour ces espèces sensibles (reproduction plus ou moins bonne selon les années en fonction notamment des conditions hydrologiques et climatiques).

4. PREMIERES CONCLUSIONS

L'objet de la restauration du Longeau étant de permettre au milieu de retrouver des conditions d'écoulement et des fonctionnalités écologiques proches de celles qui pouvaient exister avant les opérations de rectification (années 1930).

5.1 Synthèse de l'évolution du contexte physique

Il est intéressant de tenter au moyen des différentes missions réalisées (topographie, étude sédimentaire, hydrologie et hydraulique, faciès d'écoulement, etc.) et des données initialement disponibles (études avant travaux, phase chantier, levers Carhyce, etc.) :

- d'estimer les effets théoriques de la restauration du lit dans son ancien tracé sur la morpho-dynamique ;
- de les croiser pour les vérifier avec les formes constatées sur site lors des prospections de terrain.

5.1.1 Allongement du lit et augmentation des surfaces en eau

Sur la base des données topographiques levées en 2014 et 2015 les valeurs avant et après travaux ont pu être approchées pour essayer d'estimer l'allongement du lit a eu pour effet de diminuer fortement les valeurs de pente de la rivière :

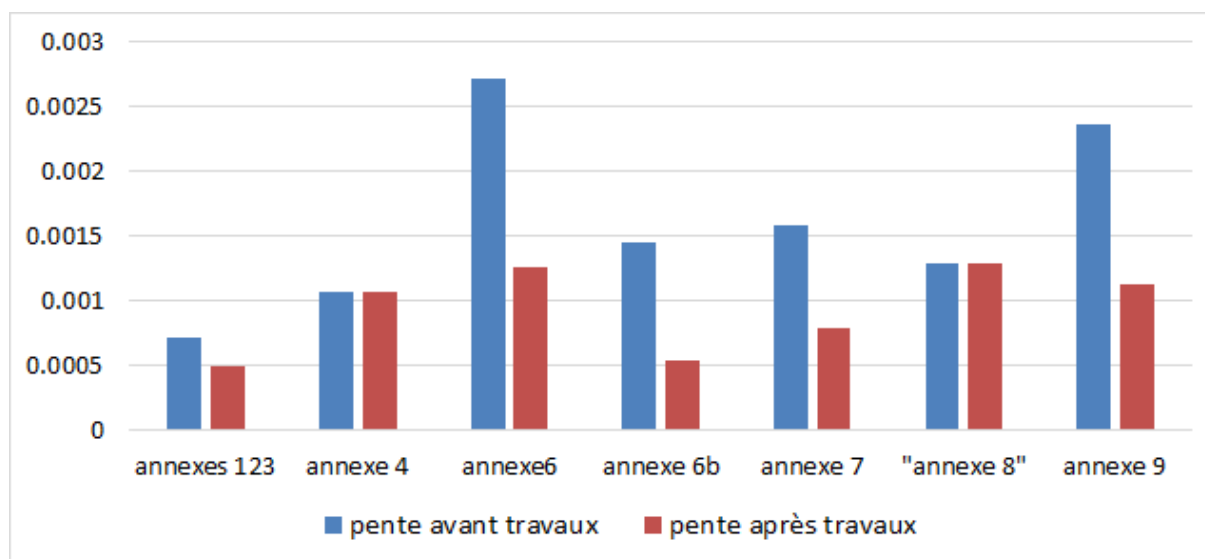


Figure 9 : évolution des valeurs de pente pour les linéaires étudiés (2014-2015) avant et après travaux (en m/m) (annexes 4 et 8 non restaurées)

On constate donc que les conséquences des dérivations dans les anciens lits ont été très variables selon les linéaires étudiés. Presque tous les linéaires restaurés ont vu leur pente ramenée à des valeurs proches ou inférieures à 1‰. Il faut préciser que ces valeurs ne sont pas anormales dans le contexte naturel du Longeau.

5.1.2 Atténuation de la dynamique fluviale

Nous pouvons aborder l'évolution de la dynamique fluviale à partir du paramètre simple de la puissance fluviale spécifique (PFS) pour le débit de récurrence 1-2 ans qui est donnée par la formule $\omega = \rho_w \cdot g \cdot Q_d \cdot s / w$ (en W/m^2).

On choisit d'étudier la puissance fluviale spécifique en général pour un débit réputé le plus significatif pour le modelage de la rivière : le débit dominant (Q_d). Théoriquement, sur un cours d'eau naturel il correspond au débit à pleins bords, qui revient avec une fréquence légèrement inférieure au débit biennal ($0,75Q_2$).

Néanmoins, les lits rectifiés ayant été conservés partiellement pour écrêter les crues, les débits réels qui traversent les annexes remises en eau sont inférieurs d'environ 50% (SINBIO, AdT, 2008). Le débit dominant étant légèrement inférieur au débit de pleins bords on choisira donc d'estimer les débits correspondants dans les annexes restaurées à 60% du débit dominant initial.

Sur cette base il est possible de constater de fortes modifications des conditions morphodynamiques du Longeau à la suite des travaux : la puissance fluviale spécifique a été très fortement diminuée sur toutes les annexes restaurées par rapport aux lits rectifiés. Alors qu'en 2008 elle évoluait toujours au-dessus d'une valeur de $18 W/m^2$ (avec une valeur exceptionnelle de $70 W/m^2$ sur l'annexe 6), les valeurs résiduelles de puissance fluviale dans les annexes restaurées ont été diminuées de plus de moitié (fig. ci-dessous).

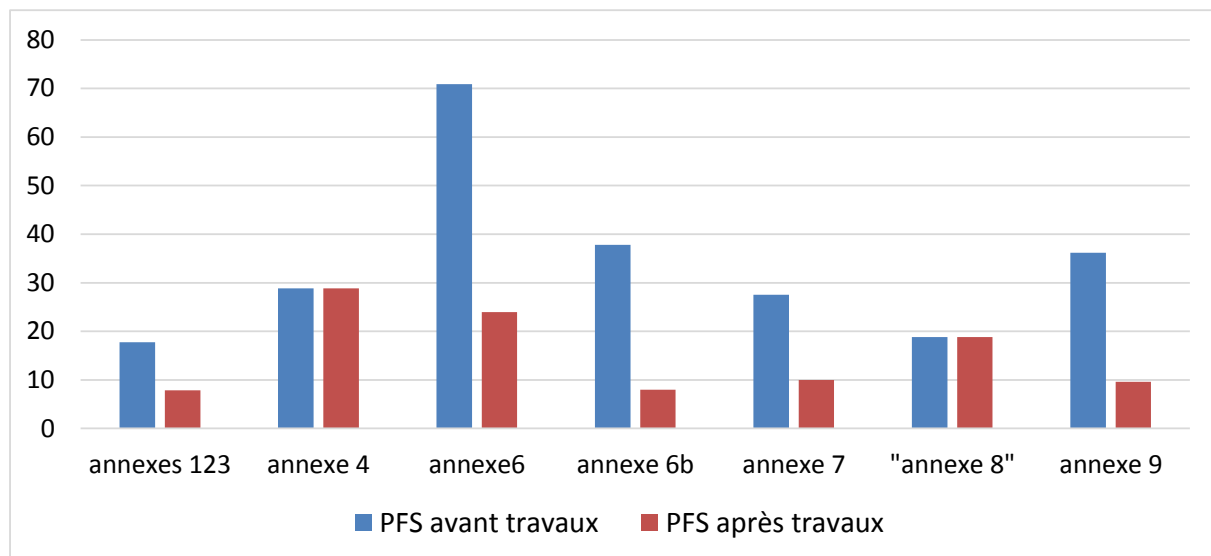


Figure 10 : évolution des valeurs de puissance fluviale spécifique sur les linéaires étudiés (en W/m^2)

5.1.3 Conséquences morpho-sédimentaires

Pour préciser cette approche, on peut analyser le rôle que peuvent jouer des facteurs dynamisants ou au contraire apaisants la dynamique du cours d'eau.

Pour les cours d'eau alluviaux, Fluvial.IS propose d'évaluer le potentiel de mobilité (voir détail dans la note de synthèse, 2017). Il s'exprime à partir de :

Etude ConfluenS

- la puissance fluviale spécifique (voir plus haut) ;
- la résistance des berges ;
- le rôle joué par la végétation.

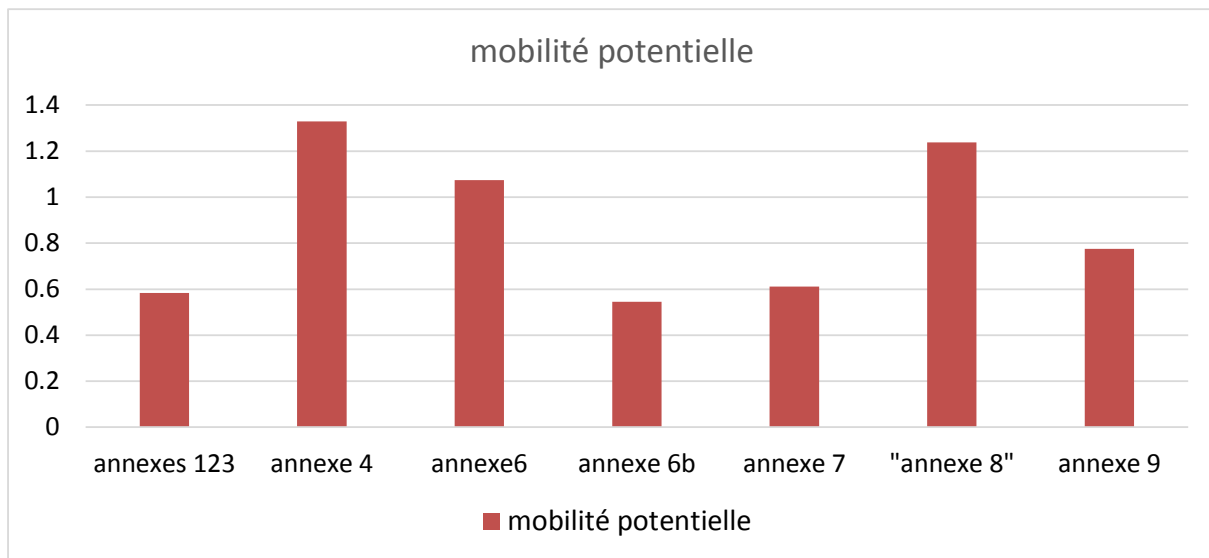


Figure 11 : indices de mobilité potentielle actuelle des linéaires étudiés (potentiel de mobilité : 0-0,85 très faible, 0,85-1,74 faible, 1,74 – 2,65 : moyen, 2,65-4,12 fort, >4,12 très fort)

Compte-tenu des résultats obtenus on peut constater que le Longeau dans les annexes restaurées ne dispose plus que d'un indice de mobilité potentielle faible, plus particulièrement sur les annexes 1,2 3 et 6b et 7.

Cela est confirmé par l'observation des formes réalisées sur sites et par la cartographie des faciès (prédominance des faciès lentiques, peu d'atterrissements, de mouilles, etc.).

Paradoxalement, les linéaires au droit des « annexes » 4 et 8 qui n'ont pas été restaurées conserveraient des potentialités de développement latéral, donc de diversifications plus intéressantes. La puissance des écoulements, au travers de la pente et de la largeur du cours d'eau joue évidemment un rôle important.



Photo 12 : vue de l'annexe 6b avec un faciès lentique, des berges enherbées, peu d'occasion d'érosion, une dynamique fortement atténuée



Photo 13 : vue du linéaire du Longeau au droit de l'annexe 4 non restaurée : le lit conserve encore quelques diversités d'écoulement, une végétation rivulaire qui joue un rôle de diversification



Photo 14 : la restauration de l'annexe 9 a réussi à conserver une bonne diversité des largeurs et des profondeurs de l'ancien bras mort ainsi qu'une ripisylve assez dense sur la partie amont

Les tests de mesure du transit sédimentaire ont pu également confirmer cette hypothèse :

- l'annexe 9, qui est celle qui perçoit en premier les apports en transport solide depuis l'amont est une des plus diversifiée parmi les annexes remises en eau ;
- le transport solide existant à l'amont de l'annexe 7, s'appauvrit en la traversant ;
- les tronçons au droit des annexes 4 et 8, certes rectifiés, bénéficient d'une puissance hydraulique bien plus forte et d'une ripisylve qui joue pleinement son rôle.

La prise en compte du type de cours d'eau (cours de plaine argilo-limoneuse) est essentielle pour mettre en perspective ces premiers résultats : sur ces cours d'eau par nature peu mobiles et de faible potentiel de mobilité, la faible pente des alluvions et leur bonne cohésion renforcent le rôle que peut jouer la ripisylve.

La pauvreté de la ripisylve, l'homogénéité des nouveaux lit (annexe 7 par exemple) ne permettent pas de compenser ce déficit naturel. C'est le développement progressif de la végétation, la formation d'embâcles, des reprises d'érosions lentes mais possibles qui finira par rendre à nouveau très progressivement la diversité de ces lits mineurs.

5.2 Synthèse de l'évolution du contexte hydrobiologique

Concernant l'évolution de la qualité physico-chimique par rapport aux situations avant et après travaux, il peut être observé :

- Une amélioration générale de la classe d'état écologique (stabilisation au niveau de « bon état » après travaux et sur tout le gradient longitudinal)
- Une confortation du mauvais état chimique

Pour l'indice IBGN (ou équivalent-IBGN, l'analyse fonctionnelle des peuplements macrobenthiques révèle une situation globalement comparable entre la période avant travaux et celle après travaux. Les peuplements sont globalement composés de la même manière au cours du temps. Cela indique que les travaux d'aménagement des annexes semblent avoir permis une recolonisation par la macrofaune benthique cohérente vis-à-vis des potentialités du Longeau.

Enfin, pour le troisième indice disposant de résultats avant et après travaux, l'IPR, l'analyse fonctionnelle des peuplements piscicoles permet aussi de constater que suite aux travaux, les annexes redynamisées au niveau d'Allamont et de Brainville ont permis une recolonisation piscicole cohérente avec les potentialités écologiques du Longeau (bonne richesse spécifique, espèces rhéophiles et lénitophiles, bonne reproduction du brochet, présence de lote ...). En revanche, au niveau de l'annexe à Friaucelle, comme en traversée urbaine de ce village, le constat est moins bon (peu d'espèces rhéophiles, peu de reproduction du brochet, ...). A noter que la recolonisation piscicole des Annexes 7 et 9 semble s'être clairement améliorée entre 2012 et 2014.

5.2.1 Synthèse de l'évolution de la ripisylve

La principale question soulevée par ces opérations est d'évaluer la capacité des peuplements préexistants à accepter les nouvelles conditions alluviales. Cinq des sept tronçons étudiés correspondent à d'anciennes portions de lit court-circuitées, puis, après des dizaines d'années, réinvesties par le Longeau grâce aux travaux. Or, certaines annexes comportent une végétation ligneuse en place assez bien développée (annexe 9 notamment).

En outre, une grande partie des tronçons comporte une ripisylve déficitaire ou bien dont une berge est peu alluviale (car la rivière jouxte souvent le pied de versant).

Une bonne partie de ces tronçons, a été plantée de jeunes ligneux. L'annexe 7 montre un taux de reprise particulièrement faible alors que les berges sont dominées par des hélrophytes. Ailleurs le taux de reprise est assez bon seulement localement mauvais (aval annexe 9).

La plantation réalisée autour de l'annexe 4/5 risque d'affecter la qualité de cette annexe hydraulique.

Des plantations y ont été effectuées avec des végétaux majoritairement adaptés. La reprise est plutôt bonne, seules quelques espèces posent problème à la reprise comme *Fraxinus*

Etude ConfluenS

excelsior (maladie) et *Salix fragilis* (faible reprise des pieux en bouture, déjà observé en 2014).

Notons tout de même que la végétation herbacée comporte encore des plantes des milieux lotiques qui prédominaient avant les restaurations. Des observations ont montré la capacité de tronçons (annexe 6b) de maintenir des éléments de flore rare.

Bref, les ligneux en place sont confrontés à de nouvelles conditions plus alluviales qu'auparavant dont les effets sont encore peu perceptibles. A leur tour, avant d'être capable de participer à l'entretien des nouvelles formes (voir § 5.3.2 morpho-dynamique), les formations rivulaires devront elles-mêmes se reconstituer et trouver leur équilibre.

5.3 **Bilan**

5.3.1 **Ripisylve**

Pour les aspects d'écologie terrestre il est important de considérer les saisons végétatives. Néanmoins, peu de difficultés ont été rencontrées durant la mission.

Du point de vue de la période de réalisation, les premiers relevés de la ripisylve se sont déroulés un peu trop tardivement (septembre et octobre 2014). Ceux-ci auraient pu être optimisés s'ils s'étaient déroulés durant une période plus active de la végétation. Pour la seconde campagne (2015) cela a pu être optimisé. Ainsi, dans l'ensemble, les prospections ont permis de bien caractériser les boisements alluviaux.

L'examen de la végétation permet d'identifier des évolutions mais le temps écoulé depuis la réalisation des travaux sur Longeau est trop court pour déceler des modifications à travers les plantes supérieures. D'autre part, les végétaux présentent une certaine capacité à se maintenir dans une station même si celle-ci ne leur est plus très favorable.

5.3.2 **Morpho-dynamique**

Sous ce paragraphe peuvent être synthétisés les apports des volets hydrologie/hydraulique, faciès d'écoulement, topographie voire ripisylve.

L'analyse de l'évolution des conditions d'écoulement souffre de plusieurs lacunes, mais qui peuvent sans doute être au moins en partie comblées :

- pas de possibilité d'analyse des conditions topographiques et bathymétriques avant travaux ;
- pas d'inventaire des travaux finalement réalisés (incertitude sur les déversoirs de crue, sur le calage des seuils de fonds, etc.) ; ceux-ci devraient pouvoir être vérifiés sur les plans de recollement ;
- faiblesse des documentations d'archives (photographies du lit avant travaux, orthophotos d'archives, etc.) qui pourraient permettre d'aider à mieux caler les levés.

Par ailleurs, lors de l'exécution des missions de levés des linéaires d'érosion, faute de l'aboutissement de la méthode de définition du potentiel de mobilité (Fluvial.IS), il aurait été judicieux d'en profiter pour mieux caractériser les berges (cohésion et structure des talus de berges) à la fois des annexes restaurées mais également des lits avant restauration.

Néanmoins, les points relevés ont déjà permis de poser des hypothèses sur les conditions de l'évolution morpho-sédimentaire de l'ensemble du Longeau entre les stations Lon1 et Lon6b.

D'ores et déjà, on constate que pour ce type de cours d'eau à faible potentiel de mobilité, lors d'opérations de reméandration qui recherche une forme en plan proche d'un stade d'évolution aboutie (longs méandres très sinueux), il est essentiel de l'accompagner également d'une restauration des formes de détail (fosses d'érosions, radiers, berges

Etude ConfluenS

diversifiées, stock sédimentaire sur les fonds) que la rivière ne sera plus capable de reproduire avant longtemps. Le rôle de la ripisylve est ici également déterminant.

5.3.3 Hydrobiologie

Les données disponibles sur les différents compartiments hydrobiologiques sont très hétérogènes (dates, fréquences, stations, méthodes, opérateurs ...) et de ce fait difficiles à traiter et valoriser. Toutefois, il faut noter qu'il est rare de disposer d'autant de données de ce type dans le cadre de suivis de restauration. En ce sens l'étude du Longeau apparaît ici très intéressante.

Les données relatives aux diatomées et aux macrophytes n'ayant pour le moment pas été remises à jour suite aux travaux, ces compartiments ne peuvent pas encore être exploités pour caractériser l'évolution du milieu.

Les données sur les invertébrés, les poissons et la physicochimie indiquent un retour rapide aux conditions initiales une fois les travaux effectués. Cette réponse rapide appelle donc à poursuivre les suivis dans un pas de temps court pour constater si les communautés biologiques continuent d'évoluer ou s'ils elles se stabilisent.

5.3.5 Essai de synthèse des évolutions constatées

	avant-travaux <2010-2011	après travaux 2014-16	Tendance	commentaires	
PARAMETRES PHYSIQUES	topo - bathymétrie	néant	Profils en long et en travers	+	La consultation des relevés topographiques réalisés pour la conception du projet et celle des plans de recollement réalisés à l'achèvement des travaux devraient permettre d'apporter une véritable plus-value à l'analyse morpho-dynamique.
	puissance fluviale	15-40 W/m ²	8-25 W/m ²	-	Alors que la puissance fluviale était significative pour un cours d'eau de plaine, elle a été fortement abaissée par le reméandrage, non pas tant par la pente (naturelle) que par le court-circuit en crue d'une partie des écoulements. Le calage des dimensions et du degré de diversité des lits était donc particulièrement fin à réaliser pour permettre de conserver une efficacité morpho-sédimentaire. A l'état naturel, sur ce type de cours d'eau de grande inertie, la diversité des formes résulte d'une longue histoire hydrologique, sédimentaire.... La ripisylve est souvent sur ces cours d'eau très peu puissants, le facteur diversifiant (chutes d'arbres, embâcles, radiers racinaires, etc.)
	substrats	Sablo-graveleux ?	Sablo-graveleux à argile et dépôts fins colmatant partiellement	=	A partir des conditions actuelles des linéaires non restaurés il est possible de deviner que les fonds du Longeau étaient tapissés d'une couche fine de sables et graviers. L'exploitation des fiches Qualphy permettrait sans doute ici de compléter utilement l'état zéro. Les premiers tests d'évaluation du transit sédimentaire semblent montrer une lente progression de l'amont vers l'aval des sédiments. Mais une étude plus fine sur les capacités morpho-sédimentaires du lit croisée à l'étude hydraulique et à l'exploitation des données topographiques avant travaux permettrait de mieux décrire l'évolution des conditions morpho-sédimentaires
	faciès	?	50% plat lentique	+ -	Les fiches Qualphy pourraient donner des informations semi quantitatives sur les types d'écoulements avant travaux.
PHYSICO-CHIMIE	dégradation O ² , carbone organique et Ptot (état moyen) bon état pour les autres paramètres	Bon état quasi-systématique	+	Avant travaux : Friauville uniquement (2006-2015) Après travaux : 6 stations (2015) L'Amélioration de la qualité physico-chimique est possiblement liée à des progrès concernant l'assainissement (ex : STEP de Brainville-Porcher).	

Etude ConfluenS

HYDROBIOLOGIE	Invertébrés	bon état à très bon état	bon état à très bon état	=	La faune macrobenthique semble avoir pu recoloniser les annexes redynamisées de manière cohérente suite aux travaux.
	Poissons	Variable entre les stations / dégradation de l'amont vers l'aval : bon état / état moyen / état médiocre	Variable entre les stations mais perte de la logique longitudinale : bon état / état moyen / état médiocre	+ -	Les résultats indiciaires sont peu informatifs (problème lié à l'IPR) mais l'analyse fonctionnelle des peuplements indique que la faune piscicole semble avoir pu recoloniser les annexes redynamisées de manière cohérente suite aux travaux (constat non valable pour l'annexe de Friauville).
RIPISYLVE	/	Assez bonne reprise, plantations conformes, lente adaptation		= +	Etat à améliorer lié aux travaux et aux héritages anciens (manque de ripisylve) et à des plantations récentes (5 ans); assez bonne reprise des plantations, globalement conformes aux espèces à introduire ; lente adaptation attendue des peuplements rivulaires mais tendance positive (+) attendue. La composition des peuplements devrait devenir plus alluviale avec toutefois des « inerties » dues à certains arbres âgés non alluviaux qui se maintiendront. La situation sur les linéaires non restaurés (annexes 4 et 8) est pour le moment encore mieux adaptée aux rives de cours d'eau. L'inertie de certaines espèces théoriquement non alluviales et la lenteur des développements des espèces ligneuses explique pour partie la moins bonne qualité de la ripisylve 5 ans après la fin des travaux.

tendances : + (davantage de diversité), - (appauvrissement), +- (tendance plutôt positive)

5.3.6 Perspectives

L'achèvement de cette première campagne de mesures de suivi sur un site de restauration d'un cours d'eau rectifié permet déjà de proposer plusieurs enseignements :

- ✓ Nécessité de récupérer l'ensemble des données de l'état zéro :
 - données topographiques (nécessaires pour la conception des restaurations qui passent par des opérations de terrassement),
 - données hydrologiques et hydrauliques (indispensables pour estimer le comportement hydraulique et morpho-dynamique du cours d'eau avant et après restauration),
 - données iconographiques (plans, cartes, photographies obliques et aériennes, orthophotos, etc.),
 - données faune-flore,
 - données physico-chimiques,
 - données informatiques (en veillant à la compatibilité des versions utilisées).
- ✓ Nécessité de développer des outils pour évaluer au préalable l'efficacité du projet

On a constaté que des précautions probablement inutiles avaient été prises pour se garantir de certains risques supposés :

- des chenaux de crues ont été conservés pour absorber plus de 4m³/s, soit près de la moitié du débit estimé en phase AVP (Sinbio, AdT, 2008) : cette disposition sur les portions où elle a été réalisée a fortement affaibli le potentiel de restauration du nouveau lit du Longeau ;
- la nécessité de travailler sur tous les facteurs de contrôle de la dynamique : lorsque la pente est très faible, le rôle de la ripisylve est d'autant plus important de même que celui de la diversité des sections transversales.
- sur ce type de cours d'eau à forte inertie et faible potentiel, lorsque l'on choisit de restaurer un lit qui était l'aboutissement d'un très long processus (trains de méandres très développés), il faut l'accompagner de la restauration également des formes de détail qui sont elles aussi le résultat d'un long processus (lente progression des sédiments, formations de fosses d'érosions et de radiers en lien étroit avec les stades de développement de la végétation rivulaire, etc.) ;
- pour cela, la nécessité de rechercher des types de profils et de lits de références comparables : ces rivières peu mobiles, de berges très cohésives, demandent un long temps d'adaptation à tout changement ; malheureusement les exemples de cours d'eau lents à faible potentiel de mobilité sont rares... ;



Photo 15 : le ruisseau des Forges (Meuse), abandonné depuis un siècle après la ruine d'un ouvrage : la formation progressive des fosses profondes, des radiers, un ripisylve structurante, conditionne la diversité de ce cours d'eau pourtant peu puissant et peu pentu.

✓ Nécessité de développer des outils pour évaluer l'efficacité des mesures réalisées

Les opérations de création de nouveaux lits ou de réouverture de méandres peuvent apporter des informations précieuses sur la compréhension des hydrosystèmes et de leurs réactions à des perturbations d'ordre physique.

C'est la raison pour laquelle il est important de continuer de mener une réflexion sur les relations entre variables de contrôle (hydrologie, pente du cours d'eau, nature des alluvions, apports en sédiments depuis l'amont, rôle de la végétation, présence de seuils de fonds, etc.) et les adaptations du milieu (comportement morpho-sédimentaire, adaptation des essences de la végétation rivulaire, colonisations et répartition des espèces, etc.).

Pour le compartiment biologique, il serait intéressant de dégager des espèces indicatrices réagissant assez vite aux modifications du milieu et de cibler des recherches/protocoles appliqués sur ces « indicateurs » plus fonctionnels.

L'échelle de description est encore à affiner selon les disciplines. La prise en compte du contexte hydrologique, hydrogéologique, géologique, biologique est un préalable indispensable à la compréhension du fonctionnement (initial) du milieu et à son évolution.

L'échelle de la station (type Carhyce) n'est sans doute pertinente qu'à titre de témoin. La cartographie des faciès, les leviers topographiques renouvelés sur des sites clefs et plus largement répartis semblent plus efficaces pour décrire les évolutions hydromorphologiques.

De même que l'inventaire et la description de la flore terrestre et palustre doit englober toute la zone rivulaire et pas seulement une station.

Pour l'hydrobiologie, il semble difficile de ne pas recourir aux relevés stationnels (IBGN, pêches électriques, etc.) mais il est indispensable de les intégrer également dans une description du contexte plus large et visant les traits écologiques des peuplements (les indices structurels n'apportant qu'une information réduite sur l'évolution de la rivière et des conditions d'habitats).

✓ Recommandations pour la poursuite du suivi

Le bilan de ces premières mesures de suivi post-travaux est que, globalement, le milieu ne s'est que modérément modifié :

Etude ConfluenS

- la végétation rivulaire non alluviale s'accommode encore relativement bien des nouvelles conditions d'écoulements et la colonisation des rives et des berges, malgré un important programme de plantation, n'est toujours pas aboutie ;
- les peuplements invertébrés semblent par leur qualité relativement stables et, même si entre 2012 et 2014 on note une amélioration sur les annexes reconnectées, la population piscicole ne paraît pas très différente entre les linéaires restaurés et non restaurés ;
- la morphologie et le transit sédimentaire traduisent également une adaptation très progressive du milieu, qui n'est pas encore réellement perceptible du fait de la faiblesse de la nouvelle dynamique des lits restaurés mais également du fait d'un manque de certaines données pour les mesurer.

Il nous semble donc opportun, si l'on veut optimiser les enseignements de ce chantier novateur à la fois par son ambition et par son ampleur, de poursuivre par :

- des investigations supplémentaires :
 - exploitation des données topographiques avant travaux et directement après travaux ;
 - exploitation des données iconographiques avant et pendant travaux (plans, orthophotos plans, photographies, etc.) ;
 - actualisation de l'étude morpho-dynamique et de l'étude de la végétation rivulaire sur la base du résultat de ces investigations (transit sédimentaire : à 5 ans ; végétation rivulaire : 10 ans ; inventaire des formes : 15-20 ans) ;
 - à horizon N+10/15 (après travaux) : lever topographiques et bathymétriques comparatifs.

A la suite de ces investigations complémentaires des interventions d'ajustement pourront éventuellement être proposées afin d'accélérer les processus d'évolution du milieu :

- reprofilage des gués, etc.
- diversification des lits mineurs,
- travail sur les profils en travers pour augmenter la diversité de faciès et d'habitats,
- végétalisation complémentaire (boutures),
- recharge complémentaire en sédiments.

Même si l'objectif n'était pas de créer un milieu plus dynamique (ce qui serait contraire au type naturel de cours d'eau), l'inertie du milieu est telle que l'on constate que la morpho-dynamique n'est aujourd'hui plus suffisante pour réactiver des formes qui étaient l'aboutissement d'un très long processus (celui qui avait mis en place les méandres restaurés

Etude ConfluenS

dans une forme très aboutie). Le rôle déterminant de la ripisylve (formation d'embâcles, chutes d'arbres, etc), fait supposer que le délai d'observation d'évolutions significatives est d'au moins 10-15 ans (arrivée à maturité d'un saule, puis chute, érosion de berge, etc.). Par contre, le suivi de l'évolution du transit sédimentaire au travers des différentes annexes peut être plus fréquent et permettre éventuellement des réajustements (tests de recharge sédimentaires par exemple).

5. BIBLIOGRAPHIE

BURGUN V., PIERRON F., SCHWEYER J.-B., 2009, Caractérisation de l'état écologique du lit mineur du Longeau et de la Seigneulle avant restauration, 103 p.

CNPN, Renaturation du Longeau et de la Seigneulle (54), 25 p. SIALS, présentation Commission Faune 20/01/2011

ESOPE, 2010, Diagnostic écologique des vallées Meurthe-et-Mosellanes du Longeau et de la Seigneulle en préalable aux travaux de restauration des cours d'eau, 127 p.

ESOPE, 2011, Synthèse des mesures d'insertion environnementale associées au Projet de Reanturation du Longeau, 33p.

HYDROLAC, 2013, expertise hydrologique et hydraulique dans le cadre de l'élaboration de l'avant-projet – renaturation du Longeau dans la traversée de Fresnes-en-Woëvre, 32 p.

ONEMA, 2009, Caractérisation de l'état écologique du lit mineur du Longeau et de la Seigneulle avant restauration, Etat morphodynamique, état des peuplements piscicoles et des macro-invertébrés, synthèse des prospections 2008-2009, 103 p.

ONEMA, 2010, Etude de la répartition d'*Unio Crassus* sur le Longeau, Etat des peuplements et impacts des travaux de restauration, 20p.

SINBIO, AdT, 2008, Projet de renaturation du Longeau meurthe-et-mosellan, Etude de faisabilité et avant-projet, 52 p.