

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

<u>Maître d'ouvrage :</u>	 <p style="text-align: center;">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> 

Rapport de synthèse 2014-17

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
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. JANODY Yves (Dubost-Environnement et Milieux Aquatiques) M. DOR Jean-Charles (Climax) M. REMY Geoffrey, (Fluvial.IS) Mme WEBEL Gina (IP Webel GmbH)</p>

Table des matières

1.	Le secteur d'étude	6
1.1	Contexte géographique	6
1.1.1	Contexte physique.....	6
1.1.2	Caractéristiques hydrologiques et hydrauliques	10
1.1.3	Caractéristiques morpho-dynamiques.....	11
1.1.4	Caractéristiques écologiques	15
1.2	Rappel des travaux de restauration réalisés	16
1.2.1	Principes et objectifs des travaux	16
1.2.2	Nature et importance des travaux réalisés	17
1.1	Localisation des stations de suivi	18
1.1.1	Synthèse des relevés :	18
1.1.2	Motivation du choix des relevés linéaires (hydromorphologie et ripisylve)	22
1.1.3	Motivation du choix des stations hydrobiologiques et détails de leur historique 22	
1.2	Contraintes et atouts préalables au suivi	30
1.2.1	Données disponibles	30
1.2.2	Homogénéité et qualité des données	31
1.2.3	Grande hétérogénéité des données biologiques aquatiques.....	31
2.	Méthodologies et protocoles employés	35
2.1	Réalisation de relevés Carhyce (ONEMA).....	35
2.2	Réalisation de mesures topographiques à l'aide de GPS différentiel ou de théodolite (Mission A2).....	35
2.2.1	Objectifs de ces mesures :	35
2.2.2	Méthodes et moyens mis en œuvre :	36
2.3	Mesures des faciès d'écoulements (mission A3)	39
2.4	Mesures des linéaires stabilisés et du taux d'érosion (mission A4).....	41
2.4.1	Les prises de mesures prévues au cahier des charges : mesure de l'érosion latérale 41	
2.4.2	Mesures de l'érosion des fonds et estimation des processus sédimentaires (transport solide)	44
2.5	Ripisylve (mission A5)	47
2.6	Missions A6 : étude hydrologique et hydraulique	49

Une étude ConfluenS

2.6.1	Exploitation des données hydrométriques proches	49
2.6.2	Modélisation pluies-débits (Q_2 à Q_{50})	49
2.6.3	Etude hydraulique	51
2.8	Physico-chimie (Mission D).....	53
2.9	Invertébrés (Mission B2)	54
2.10	Poissons (données ONEMA)	54
2.11	Diatomées (données DIREN/DREAL)	55
2.12	Macrophytes (données DREAL)	55
3.	Analyse des données.....	56
3.1	Stations Carhyce	56
3.1.1	Le Longeau à Harville (LON1, 02805800,2015)	56
3.1.2	Le Longeau à Allamont (LON2B, 0285802, 2014)	56
3.1.3	Le Longeau à Brainville (Lon4, 02085810, 2009, 2014)	57
3.1.4	Résultats des relevés Carhyce	57
3.2	Topographie et bathymétrie	58
3.2.1	Etat initial avant travaux	58
3.2.2	Etat après travaux	58
3.3	Hydrologie	60
3.3.1	Résultats de l'étude statistique des données hydrométriques proche	60
3.3.2	Estimation des débits du Longeau à l'exutoire	62
3.3.3	Résultats à partir du modèle pluie – débit (Q_2 , Q_5 , Q_{10} , Q_{50}).....	63
3.4	Morphologie des lits	69
3.4.1	Etat avant travaux	69
3.4.2	Etat après travaux	71
3.5	Mesures des faciès d'écoulements	71
3.6	Mesures des linéaires stabilisés et du taux d'érosion	75
3.6.1	Résultat du suivi des sites d'érosion (annexe 9 et au droit de l'annexe 8).....	75
3.6.2	Suivi de l'évolution des alluvions dans le lit mineur (annexes 8, 9 et 7)	79
3.7	Evolution de la ripisylve	82
3.7.1	Effets des travaux sur la végétation rivulaire	82
3.7.2	Annexe 1 au lieu-dit "Narmémont" à Friaucelle	83
3.7.3	Annexe 2 au lieu-dit "Narmémont" à Friaucelle	87

Une étude ConfluenS

3.7.4	Annexe 3 au lieu-dit "Narmémont" à Friaucelle	89
3.7.5.	Annexe 4 à l'amont de Friaucelle (annexes 4 et 5)	91
3.7.6.	Annexe 6 à l'amont du "Breuil" à Brainville	92
3.7.7.	Annexe 6b à l'amont du "Breuil" à Brainville	97
3.7.8.	Annexe 7 Tronçon restauré entre Dompierre et Brainville	101
3.7.9.	Tronçon non restauré "Les Gravier, "Sucheron" (annexe 8)	106
3.7.10.	Tronçon restauré "Les Ollés" (annexe 9)	111
3.7.11.	Conclusion	117
3.8	Physico-chimie	118
3.8.1	Etat initial avant travaux	118
3.8.2	Situation après travaux	120
3.9	Diatomées	126
3.9.1	Etat initial avant travaux	126
3.9.2	Situation après travaux	128
3.1	Macrophytes	129
3.1.1	Etat initial avant travaux	129
3.1.2	Situation après travaux	131
3.2	Invertébrés	131
3.2.1	Etat initial avant travaux	131
3.2.2	Situation après travaux	133
3.3	Poissons	137
3.3.1	Etat initial avant travaux	137
3.3.2	Situation après travaux	146
4.	Discussion	156
4.1	Synthèse de l'évolution du contexte physique	156
4.1.1	Allongement du lit et augmentation des surfaces en eau	156
4.1.2	Atténuation de la dynamique fluviale	157
4.1.3	Conséquences morpho-sédimentaires	159
4.2	Synthèse de l'évolution du contexte hydrobiologique	164
4.2.1	Etat initial avant travaux	164
4.2.2	Situation après travaux	166
4.2.3	Synthèse de l'évolution de la ripisylve	171

Une étude ConfluenS

4.3	Bilan	172
4.3.1	Ripsisylve.....	172
4.3.2	Morpho-dynamique	172
4.3.3	Hydrobiologie	173
4.3.4	Essai de synthèse des évolutions constatées.....	174
4.3.5	Perspectives	176
5.	Bibliographie	180

1. LE SECTEUR D'ETUDE

1.1 *Contexte géographique*

1.1.1 Contexte physique

✓ Caractéristiques générales

La rivière étudiée, le Longeau, naît sur les argiles de la Plaine de la Woëvre, à l'est des Côtes de Meuse. C'est un affluent de rive droite de l'Orne.

Le Longeau totalise un linéaire de 37,5 km de sa source à Hannonville-sous-les-Côtes (320 m d'altitude) à Jarny (confluence dans l'Orne). La rivière s'écoule selon un axe sud-ouest / nord-est.

Le Longeau circule très majoritairement sur les argiles et n'entaille que brièvement les marnes avant de rejoindre l'Orne à Jarny. Les tronçons étudiés correspondent au secteur des argiles. Le Longeau y a créé un vaste lit majeur, dans un relief "mou", peu accusé.

Le bassin versant est plutôt boisé sur l'amont et essentiellement agricole sur l'aval, avec une prédominance des surfaces en herbe. Le Longeau se situe en "zone vulnérable vis-à-vis de la pollution diffuse d'origine agricole par les nitrates" mais son état vis-à-vis des pollutions azotées et phosphorées était jugé assez bon en 2007 (SINBIO, 2007).

En 2000, la qualité physique du Longeau avait été décrite au moyen de l'outil Qualphy de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse jusqu'à la confluence avec la Seigneulle.

Les résultats donnaient un état de qualité moyen : des notes bonnes à très bonnes pour les berges, des notes médiocres à très bonnes pour le lit majeur (de l'amont vers l'aval) et des notes moyennes à médiocres pour le lit mineur. La partie aval (secteur d'étude) est dans un état « médiocre », en raison de nombreuses rectifications et de recalibrages (SINBIO, 2007).

En 2008, l'outil Qualphy a de nouveau été appliqué pour essayer d'estimer l'évolution du milieu. Mais il s'agit davantage de perspectives générales d'évolutions que d'un véritable état des lieux.

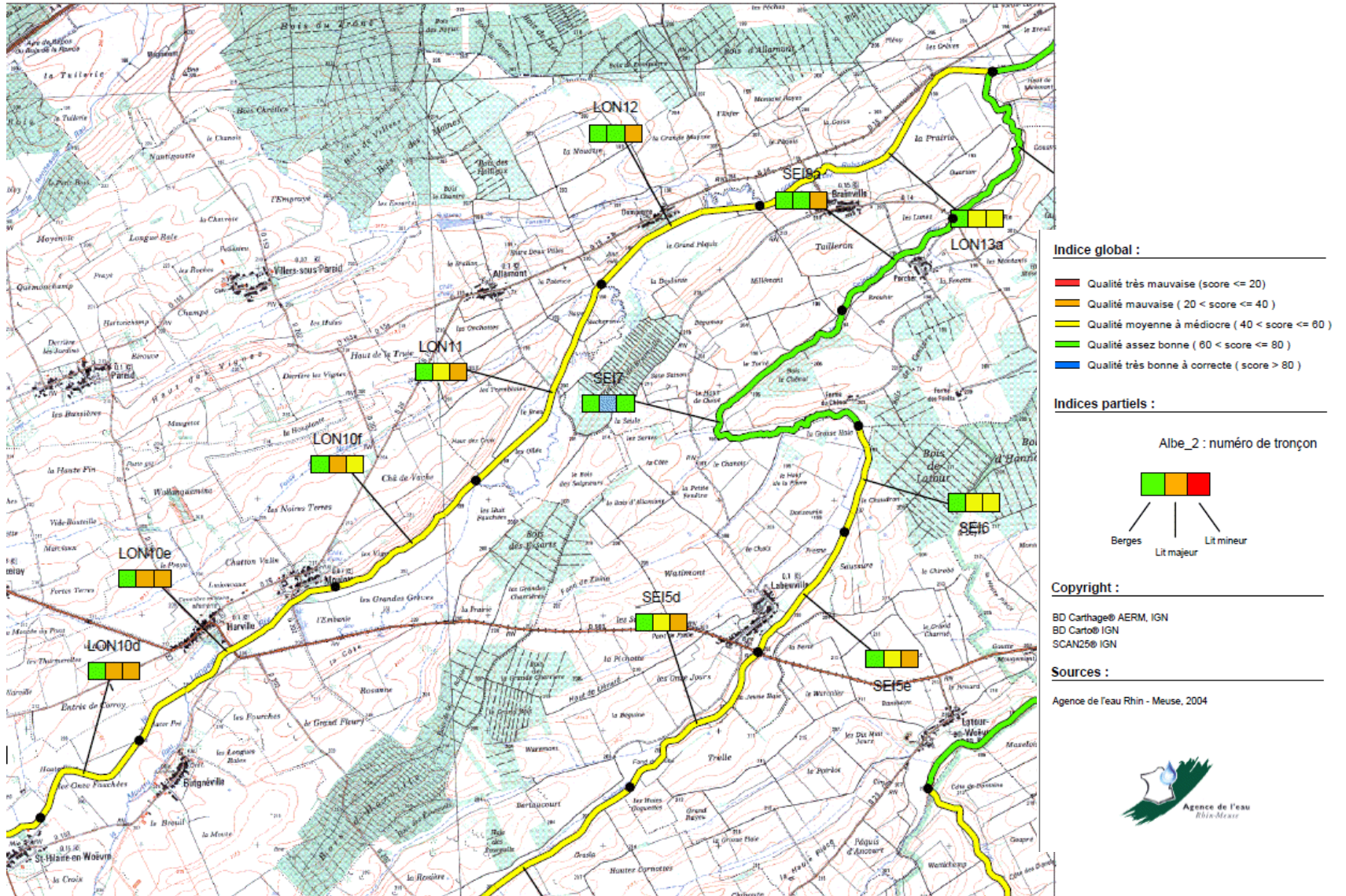


Figure 1 : qualité physique du Longeau estimée en 2000

Une étude Confluens

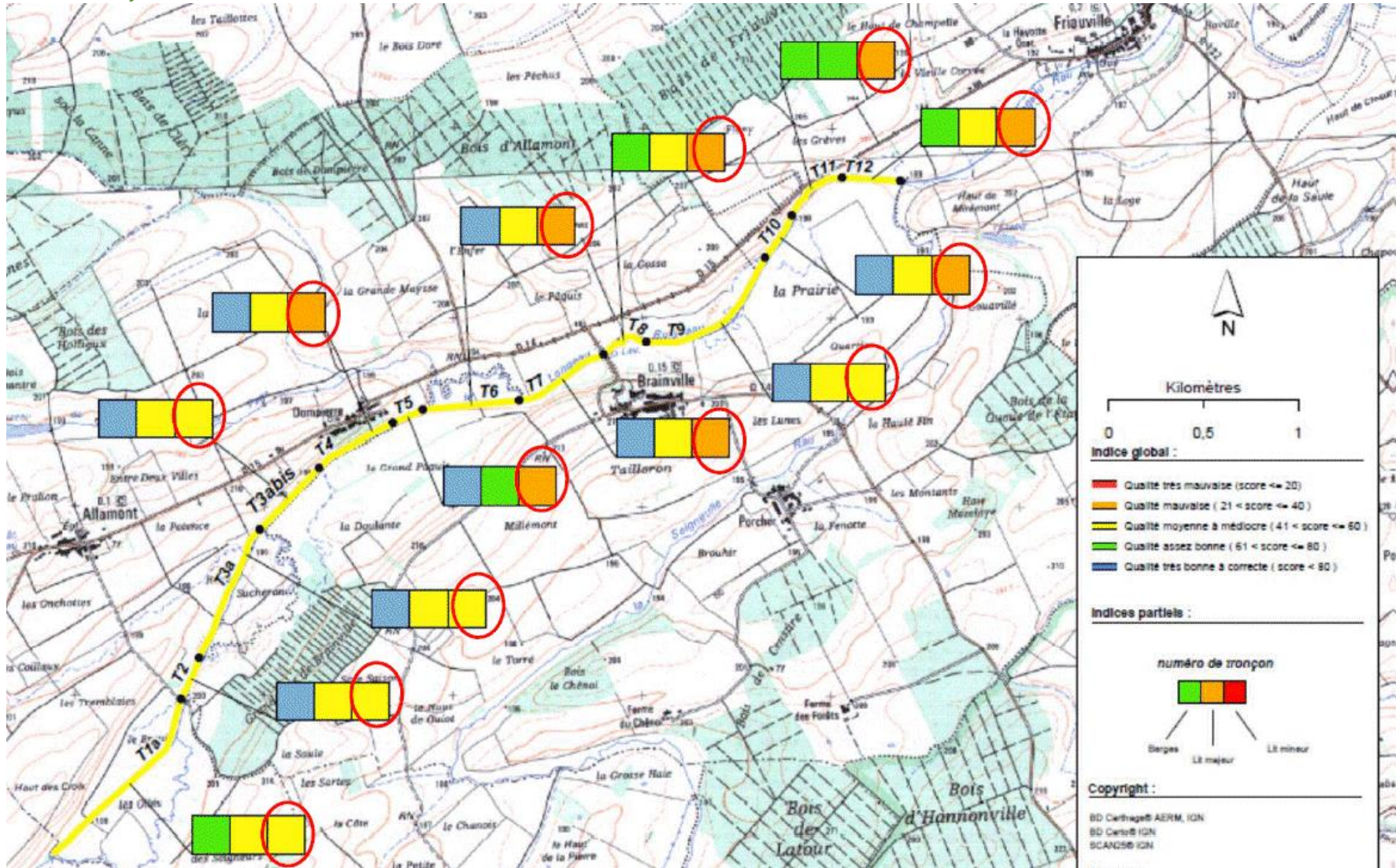


Figure 2 : seconde évaluation Qualphy réalisée en 2008 avec une échelle de description plus fine (source : ADT, SINBIO, 2008)

N° tronçon	localisation	(avant travaux)	Etat initial			Longueur m	(Après travaux)	Simulation 15 ans		
		Indice général %	lit majeur	berges	lit mineur		Indice général %	lit majeur	berges	lit mineur
1a	Allamont lieu-dit "Haut des Croix"	57	53	81	43	1100				
1b	Allamont lieu-dit "les Ollés"	66	54	87	59	2000	91	89	100	86
2	Allamont lieu-dit "Les Gravier"	64	68	92	42	300	81	96	100	55
3a	Allamont lieu-dit "Les Rayets"	56	60	75	41	750	56	60	75	41
3a(bis)	Allamont lieu-dit "Les Rayets"	56	60	75	41	350	56	60	75	41
3b	Allamont lieu-dit "Sucheron"	66	70	72	57	1200	90	96	98	80
3b(bis)	Allamont lieu-dit "la Doulante"	66	70	72	57	1100				
4a	Dompiere Cne d'Allamont	52	62	84	22	500	66	76	98	37
4b	Dompiere Cne d'Allamont	51	68	69	25	500				
5	Dompiere Cne d'Allamont	59	65	82	38	200	66	65	96	45
6a	Brainville	54	62	80	29	500				
6b	Brainville	72	71	76	71	1000	91	98	96	83
7	Brainville	55	53	83	37	500	65	61	98	43
8	Brainville	57	51	85	42	230	76	87	98	51
9	Brainville	59	56	84	44	800	71	74	97	51
10a	Brainville	54	54	83	32	350				
10b	Brainville	66	66	76	58	650	86	92	96	74
11	Brainville	59	62	86	37	350	67	69	98	43
12a	Brainville	55	57	77	38	300				
12b	Brainville	66	66	74	60	500	86	92	96	75

Indice	Qualité	Couleur
81 à 100 %	Excellent à correct	
61 à 80 %	Assez bon	
41 à 60 %	Moyen à médiocre	
22 à 40 %	Mauvais	
0 à 21 %	Très mauvais	

Figure 3 : tableau comparatif de l'état physique initial et de l'état après travaux (+ perspectives à 2023) (AERM, GREEA, 2010)

1.1.2 Caractéristiques hydrologiques et hydrauliques

L'étude d'avant-projet (AdT, SINBIO, 2008) donne les débits suivants estimés pour quelques crues récentes, mais ne fournit pas de données sur la récurrence de ces crues. La pente moyenne du Longeau sur ce secteur est de 1‰ avec une largeur du lit mineur variant entre 8 et 12 m à pleins bords entre 9 et 10 m³/s en amont de la Seigneulle et 10 et 11 m³/s en aval de la Seigneulle.

	19/12/1999	08/01/2001	21/02/2002	04/01/2003
Débit de l'Yron mesuré à Hannonville	12,9 m ³ /s	10,90 m ³ /s	10,70 m ³ /s	4,320 m ³ /s
Débit de l'Yron mesuré à Jarny	55,50 m ³ /s	48,20 m ³ /s	59,20 m ³ /s	42,30 m ³ /s
Débit du Longeau (approximation)	40,00	36,55	48,50	38,00

Tableau d'estimation des débits du Longeau pour quelques événements caractéristiques (AT, SINBIO, 2008)

L'hydrologie du Longeau a été précisée au cours de ce suivi par une étude spécifique basée sur les stations hydrométriques de l'Yron et de l'Orne ainsi que sur une modélisation hydrologiques (cf. § 0) (IP. Webel). Les résultats synthétiques de cette modélisation sont les suivants et donnent des valeurs supérieures à celle de l'estimation hydraulique d'avant-projet :

le Longeau à	BV [km ²]	Q _{MNA2} [m ³ /s]	Module [m ³ /s]	Q ₂ [m ³ /s]	Q ₅ [m ³ /s]	Q ₁₀ [m ³ /s]	Q ₅₀ [m ³ /s]
Jarny (embouchure)	213,126	0,207	2,17	31,95	42,60	57,20	91,30

Ces valeurs sont très variables le long du secteur d'étude, notamment du fait de la confluence de la Seigneulle (cf. § 3.3) et d'autres petits affluents.

L'étude hydraulique réalisée par IPWebel en 2016 montre que les capacités à pleins bords des profils caractéristiques (§. 2) sont similaires des débits de récurrence 1-2 ans, ce qui est cohérent et démontre un bon calage des nouveaux lits. Les contraintes tractrices varient elles entre 4,5 N/m² et 23,7 N/m², seulement 3 valeurs dépassent 11,0 N/m².

Une étude ConfluenS

1.1.3 Caractéristiques morpho-dynamiques

Globalement, la puissance fluviale spécifique du Longeau pour un débit à pleins bords a été estimée à $Q_b = 15-20 \text{ m}^3/\text{s}$, sur la base d'une pente moyenne de 1‰ et d'une largeur à pleins bords d'environ 10 m, peut donc être estimée à $\omega = \rho_w \cdot g \cdot Q_d \cdot s / w \sim 15 \text{ W/m}^2$.

La puissance fluviale spécifique du Longeau pour les crues potentiellement les plus morphogènes est donc relativement modérée, mais elle peut permettre une certaine dynamique latérale.

Dans le détail, des variations ont pu être observées en fonction des linéaires inventoriés. Ces précisions seront détaillées plus loin.

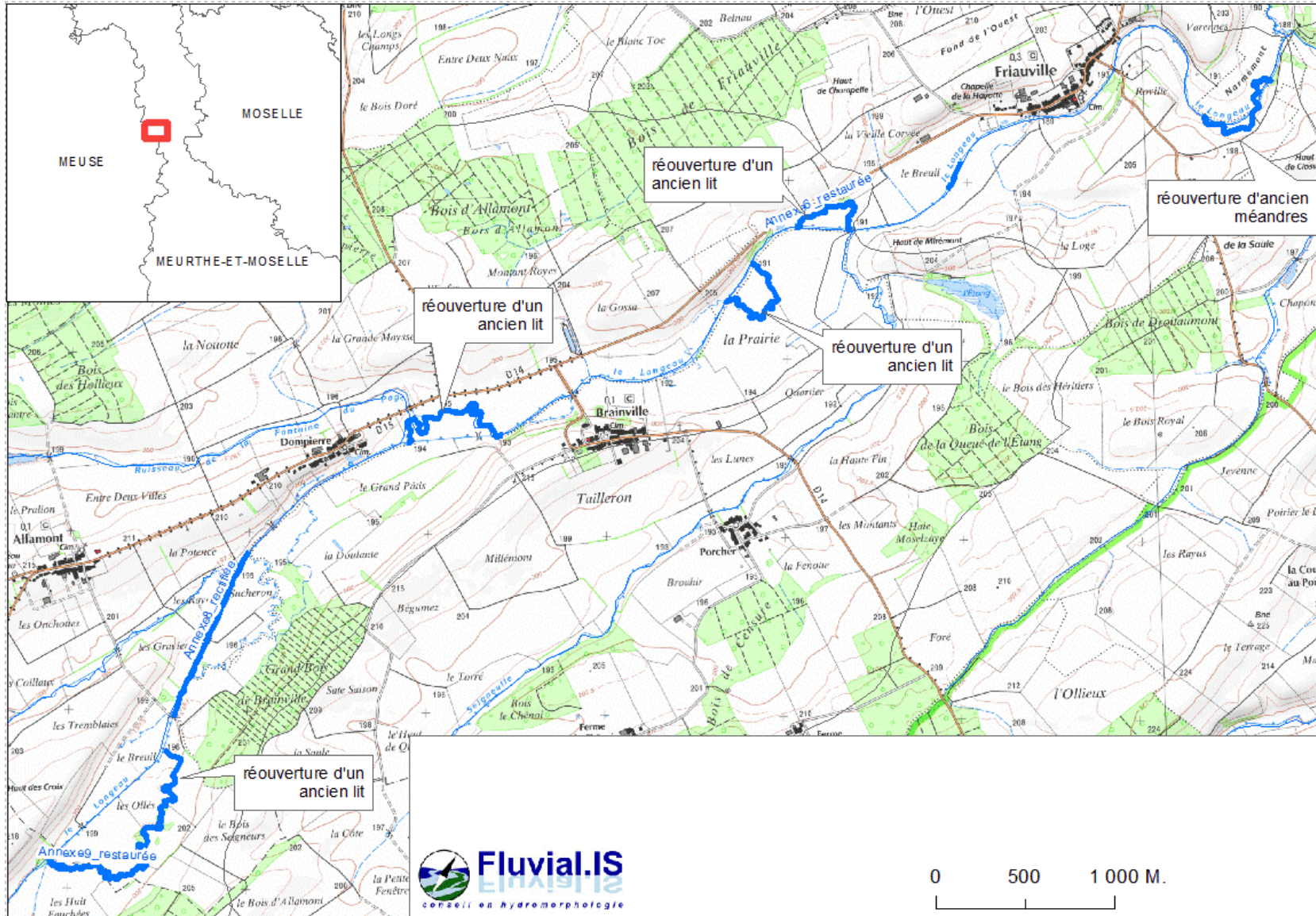


Figure 4 : localisation des secteurs restaurés et de la zone de suivi

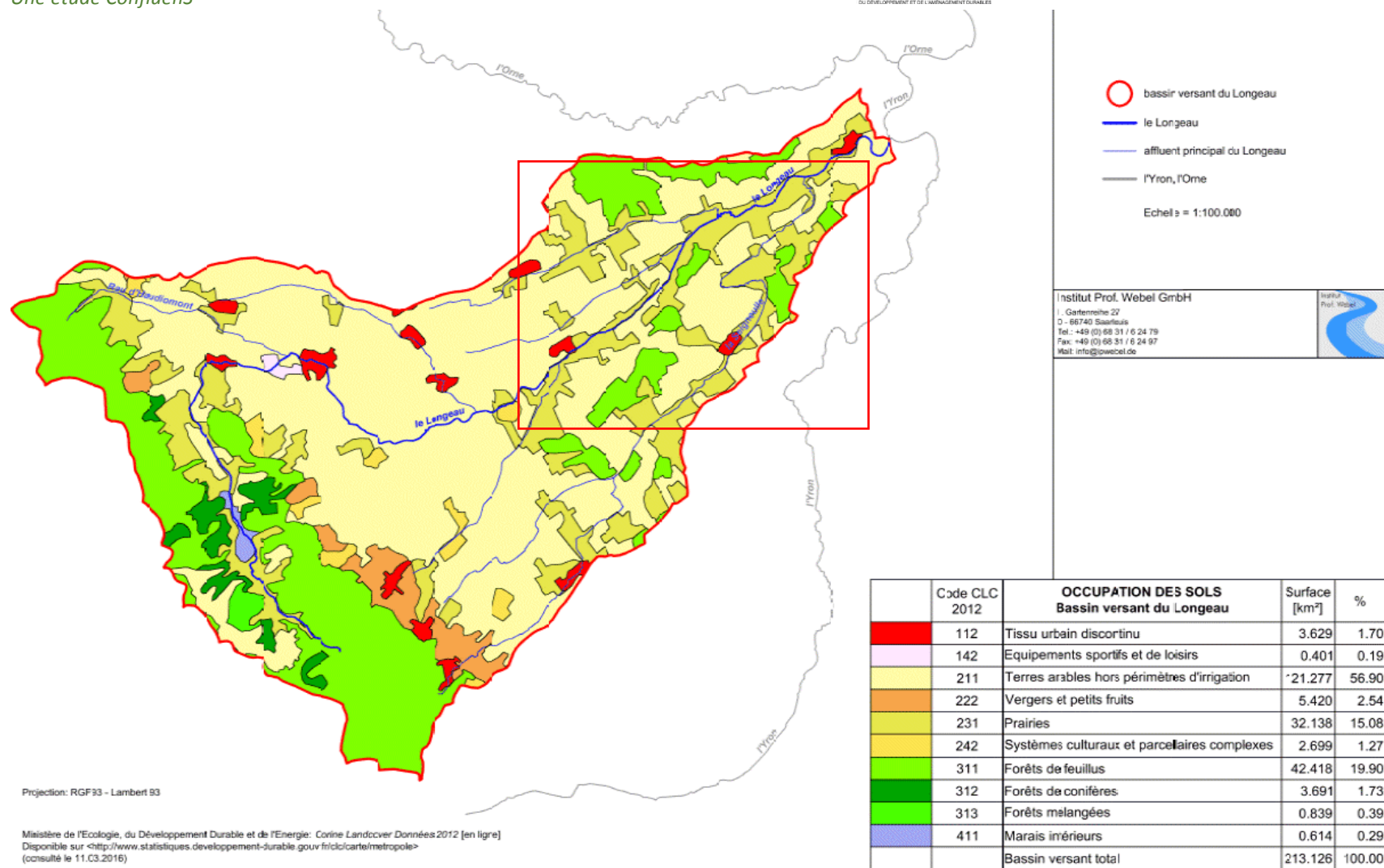
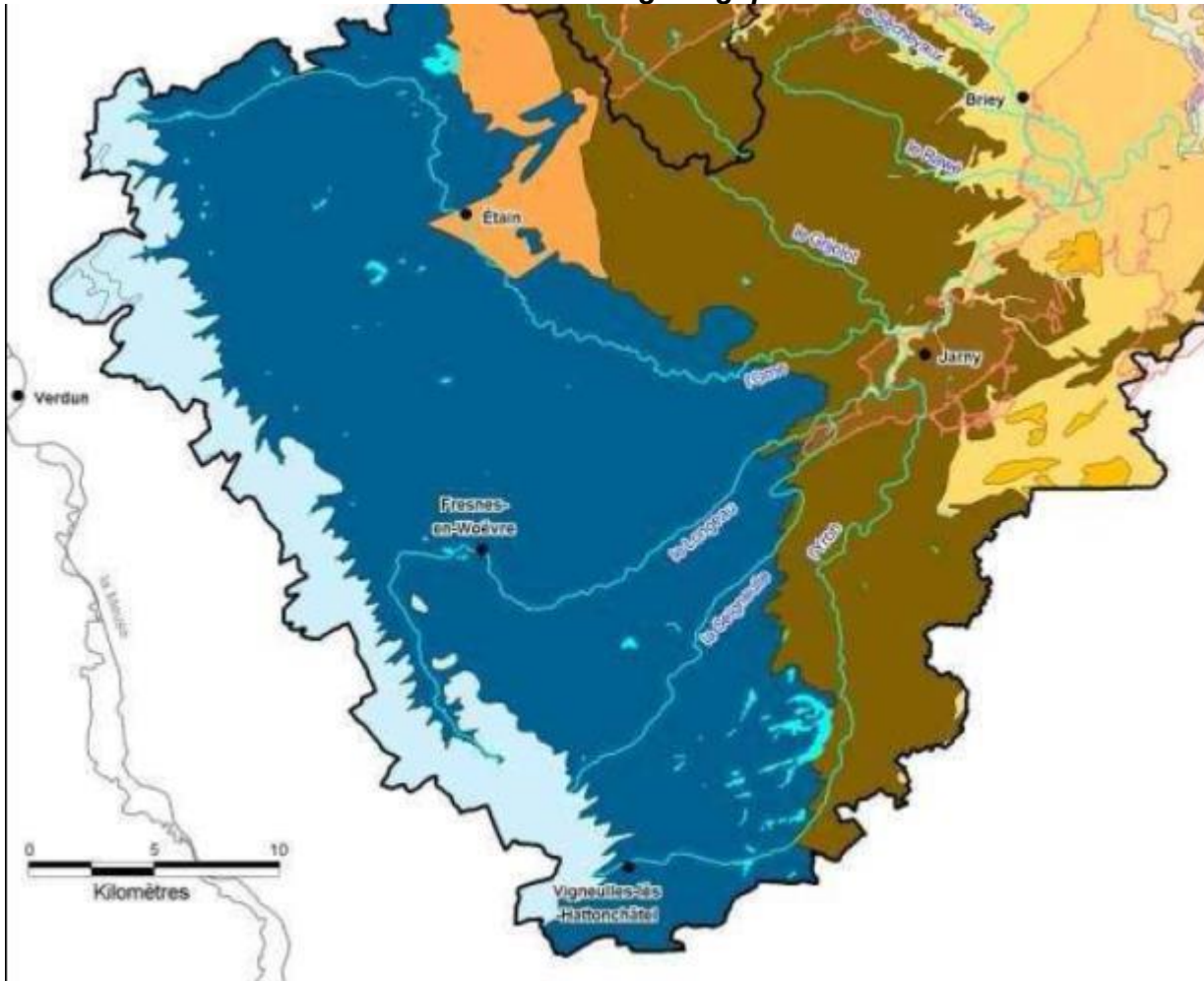


Figure 5 : occupation des sols sur le bassin versant du Longeau (encart rouge : zone d'étude) (IPWebel, 2016)

Carte 1 : extrait de la carte géologique du BRGM



Source : SAGE du bassin ferrifère, 2007

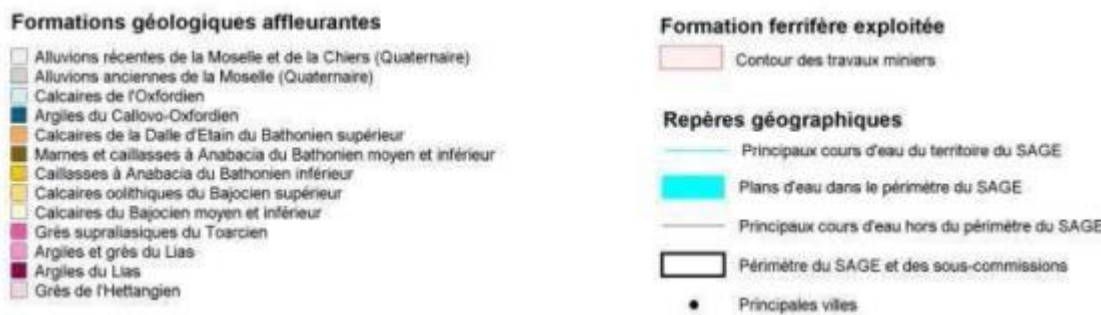


Figure 6 : extrait de la carte géologique (in rapport de campagne, Climax, 2015)

1.1.4 Caractéristiques écologiques

✓ Écologie terrestre et palustre

La zone d'étude est dominée par des « habitats prairiaux » (prairies mésophiles, mésohygrophiles, prairie améliorée, ...) (61%) et des cultures (26%) (Esope, 2010).

L'étude écologique menée en 2010 (Esope, 2010) a porté notamment sur la végétation et la flore du Longeau.

Les investigations de terrain réalisées par ESOPÉ ont mis en évidence la présence des plantes protégées ou remarquables des zones humides, principalement des prairies humides du lit majeur du Longeau :

- Stellaire des marais (*Stellaria palustris*), protégée en Lorraine ;
- Germandrée des marais (*Teucrium scordium*), protégée en Lorraine ;
- Grande Berle (*Sium latifolium*), déterminant Znieff en Lorraine ;
- Succise des prés (*Succia pratensis*), déterminant Znieff en Lorraine ;
- Benoîte des ruisseaux (*Geum rivale*), déterminant Znieff en Lorraine ;
- Serratule des teinturiers (*Serratula tinctoria*), déterminant Znieff en Lorraine ;
- Vulpin ticulé (*Alopecurus rendlei*), rare en Lorraine (Floraine).

Quelques invasives avaient pu également être identifiées : Aster lancéolé, Elodée du Canada, Renouée du Japon, Robinier faux acacia...

✓ Hydrobiologie

Dans le rapport de synthèse des prospections 2008-2009 pour la caractérisation de l'état écologique du lit mineur du Longeau avant restauration, l'ONEMA concluait que « l'absence d'entretien a permis de compenser du point de vue piscicole et macro-invertébrés benthiques, partiellement et de manière localisée, les travaux anciens de recalibrage et rectification. Ainsi, certains secteurs présentent une qualité morphologique convenable aux exigences du poisson (LON2). Néanmoins, il semble que la majeure partie du cours d'eau soit perturbée hydromorphologiquement, ce qui se traduit par des peuplements piscicoles plus ou moins altérés (LON1, LON4, LON5). Ce constat peut être également fait sur les peuplements de macro-invertébrés benthiques. Ainsi, sur les 4 stations du Longeau, 75% d'entre elles présentent des perturbations morphologiques du lit mineur, piscicoles et/ou des peuplements de macro-invertébrés. L'ancien méandre présente quant à lui un peuplement piscicole anecdotique ».

D'autre part, lors de ces prospections, une espèce de mollusque protégée, la moule épaisse (*Unio crassus*), a été observée. L'ONEMA a donc ensuite engagé des prospections complémentaires pour établir plus précisément l'état de conservation de la population d'*Unio crassus* dans le Longeau. Les résultats de cette étude indiquent des densités de moules variables selon les secteurs, mais potentiellement élevées sur certaines zones. La présence de fortes densités sur des zones non impactées par les travaux a permis de prévoir un déplacement des individus situés sur les tronçons impactés vers ces secteurs préservés avant la mise en œuvre des travaux.

1.2 **Rappel des travaux de restauration réalisés**

1.2.1 **Principes et objectifs des travaux**

L'objectif des travaux était de « restaurer (...) les caractéristiques initiales du Longeau » avant les opérations de rectification en recréant « au sein des méandres aujourd'hui déconnectés, un lit mineur fonctionnel, en rapport avec l'hydrologie du bassin versant ».

Le gabarit du nouveau lit a été calqué sur celui du lit actuel, soit entre 9 et 11 m² (AdT, SINBIO, 2008). L'avant-projet n'a pas été appuyé par une étude hydrologique.

Afin de garantir une éventuelle érosion des fonds, il a été décidé de diminuer la profondeur du lit de 0,3 m par rapport au lit actuel afin de tenir compte de l'approfondissement probable du lit actuel par les opérations de curage et de rectification anciennes.

Du fait de la pente plus faible, les concepteurs du projet avaient bien conscience « qu'à sections égales (...) le débit capable sera sensiblement inférieur ». Pour assurer l'évacuation des crues, le lit originel a donc été partiellement conservé afin de ne pas aggraver le comportement en crue.

Des seuils de fonds à chaque extrémité aval des tronçons renaturés devaient également garantir d'une incision des fonds.

Ainsi, dès le départ, le projet prévoyait une diminution de la capacité des lits reconnectés par rapport au lit rectifié (perte de débit, pente plus faible, sections plus faibles, rugosité plus forte...).



Photo 1: un exemple de méandre réouvert avant et après sa mise en eau (SINBIO, 2013)

1.2.2 Nature et importance des travaux réalisés

Les travaux réalisés ont donc consisté en l'allongement du linéaire du Longeau de 4800 m pour atteindre 14,5 km entre Allamont et la confluence dans l'Yron. La pente du lit mineur est donc diminuée de 1,1 ‰ à l'amont de la Seigneulle et 0,8 ‰ à l'aval, à 0,65‰ en moyenne sur ces deux portions de rivière.

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

- 2010 : annexes 1, 2 et 3 (préparation de la végétation)
- 2011 : ouverture des annexes 1 à 3, 7 (1b reste une annexe)
- 2012 : annexes 6 et 9
- 2013 : annexes 6b et plantations/végétalisation

Chronologiquement, les différentes interventions ont été prévues de la manière suivante :

- Traitement de la végétation existante, du défrichage au simple élagage,
- Terrassement du lit sinueux à partir de l'ancien tracé encore marqué pour partie,
- Pose des gués,
- Réalisation de protections de berges en techniques végétales (fascine en général) à l'entrée amont du méandre,
- Mise en eau du méandre / obstruction du bras rectifié (batardeau),
- Curage du bras rectifié de manière à récupérer la couche de graves,
- Pose des graviers dans le nouveau lit (ponctuellement),
- Ensemencement et plantations complémentaires.

La reconexion de l'annexe 8 ne sera finalement pas réalisée en raison de contraintes foncières n'ayant pu se régler avant la fin du marché de travaux (2014).

1.1 Localisation des stations de suivi

1.1.1 Synthèse des relevés :

✓ A la station

Nom générique de la station et code sandre	Enjeu	Levés réalisés	Code station selon relevés	Dates relevés
LON 1 / 02805800	Station altérée témoin (non restauré)	Physico-chimie	LON1	2015 (Dubost-E)
		IBG-DCE	Moulotte	2008 (ONEMA) 2015 (Dubost-E)
		Poissons (pêche électrique)	Moulotte ou Harville	2008 (2X) (ONEMA) 2012 (ONEMA) 2014 (ONEMA)
		IAM		2008 (ONEMA)
		Carhyce	02805800-006	2015 (ONEMA)
LON2A / 02085803	Station altérée témoin (aval direct réouverture)	Macrophytes aquatiques	02085803 (Sandre)	2011 (DREAL) (2X)
		IBD - diatomées	Allamont	2011 (DREAL)
		IBG-DCE – invertébrés	Allamont (lit actuel)	2008 (ONEMA) 2011 (DREAL)
		Poissons (pêche électrique)	LON2	2008 (2X) (ONEMA) 2009 (ONEMA)
		IAM	LON2	2008 (ONEMA)
		Carhyce	02085803-003	2009 (ONEMA)
LON2B / 02085802	Station restauré (annexe9)	Physico-chimie	LON2	2015 (Dubost-E)
		IBG-DCE – MacroInvertébrés	LON2	2015 (Dubost-E)
		Poissons (pêche électrique)	Allamont LON3	2008 (2X) (ONEMA) 2014 (ONEMA)
		Carhyce	02085802-002	2014 (ONEMA)
		LON3 / 02085812	Nouveau tracé restauré (annexe 7)	Physico-chimie
IBG-DCE – MacroInvertébrés	LON3			2015 (Dubost-E)
Carhyce	02085812-001			2012 et 14 (ONEMA)
Poissons (pêche électrique)	Annexe7 Méandre7 Brainville			2012 (ONEMA) 2014 (ONEMA)
LON4 / 02085810	Station témoin entre deux tronçons restaurés			Physico-chimie
		IBG-DCE – MacroInvertébrés	LON4 LON4	2008 (ONEMA) 2015 (Dubost-E)
		Poissons (pêche électrique)	Brainville	2008 (2X) (ONEMA) 2014 (ONEMA)
		Carhyce	02085810-002	2009 (ONEMA) 2014 (ONEMA)
		IAM		2008 (ONEMA)
		LON5 / 02085850	Station altérée témoin (non restauré) / couplée à une station de surveillance DCE	Physico-chimie

		IBD - diatomées	Friauville	1997-2007 (DIREN)
		IBGN – invertébrés	Friauville	2004-2007 (DIREN)
		IBG-DCE	LON5 Friauville LON5	2008 (ONEMA) 2015 (Dubost-E)
		Poissons (pêche électrique)	LON5 Friauville	2008 (2X) (ONEMA) 2014 (ONEMA)
		IAM		2008 (ONEMA)
LON6A / 02085853	Station restaurée	Physico-chimie	LON6	2015 (Dubost-E)
		CARHYCE	02085853-001	2014 (ONEMA)
		IBG-DCE – MacroInvertébrés	LON6	2015 (Dubost-E)
		Poissons (pêche électrique)	Annexe3	2014 (ONEMA)
LON6B / 02085855	Station restaurée (test DREAL)	IBD - diatomées	Friauville aval	2011 (DREAL)
		IBMR	Friauville aval	2011 (DREAL)
		IBG-DCE – MacroInvertébrés	Friauville aval	2011 (DREAL)

✓ Sur le linéaire

Nom générique de la station	Enjeu	Levés réalisés	prestataire	Dates relevés
Annexe 9	Ancien lit mineur remis en eau	Ripisylve	Climax	2014
		Evolution des berges	Fluvial.IS	2014
		Faciès d'écoulement	Fluvial.IS	2014
		Topographie	Fluvial.IS	2014
Annexe 8	Lit rectifié non restauré	Ripisylve	Climax	2014
		Evolution des berges	Fluvial.IS	2014
		Faciès d'écoulement	Fluvial.IS	2014
		Topographie	Fluvial.IS	2014
Annexe 7	Nouveau lit mineur	Ripisylve		2014
		Evolution des berges	Fluvial.IS	2014
		Faciès d'écoulement	Fluvial.IS	2014
		Topographie	Fluvial.IS	2014
Annexe 6	Ancien lit mineur remis en eau	Ripisylve	Climax	2015
		Evolution des berges	Fluvial.IS	2015
		Faciès d'écoulement	Fluvial.IS	2015
		Topographie	Fluvial.IS	2015
Annexe 6b	Ancien lit mineur remis en eau	Ripisylve	Climax	2015
		Evolution des berges	Fluvial.IS	2015
		Faciès d'écoulement	Fluvial.IS	2015
		Topographie	Fluvial.IS	2015
Annexe 4	Lit rectifié	Ripisylve	Climax	2014
		Evolution des berges	Fluvial.IS	2014
		Faciès d'écoulement	Fluvial.IS	2014
		Topographie	Fluvial.IS	2014
Annexe 5	Annexe à l'amont de Friaucelle	Ripisylve	Climax	2014
Annexes 1,2,3	Ancien lit mineur remis en eau	Ripisylve	Climax	2015
		Evolution des berges	Fluvial.IS	2015
		Faciès d'écoulement	Fluvial.IS	2015
		Topographie	Fluvial.IS	2015

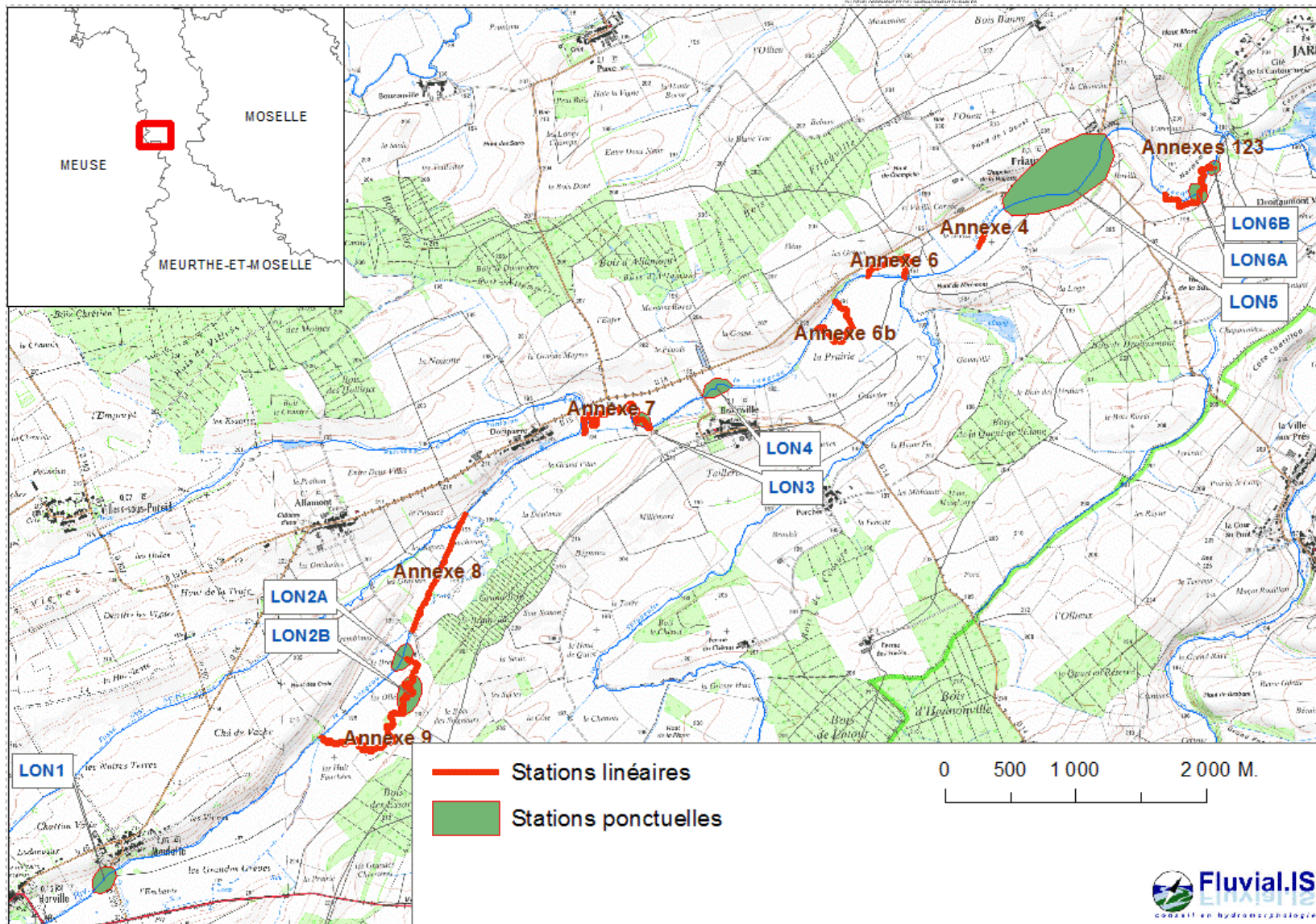


Figure 7 : localisation des stations de suivi écologique et hydromorphologique sur le Longeau (1997-2015)

1.1.2 Motivation du choix des relevés linéaires (hydromorphologie et ripisylve)

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

Les linéaires ont été choisis par le maître d'ouvrage et correspondent à l'ensemble du linéaire ayant fait l'objet de travaux (méandres « reconnectés ») ainsi qu'à quelques tronçons non restaurés.

Aucune de ces stations n'a bénéficié de relevés exhaustifs antérieurs aux travaux.

1.1.3 Motivation du choix des stations hydrobiologiques et détails de leur historique

- ✓ Station « LON 1 » (Moulotte – témoin altéré amont des secteurs restaurés)

Code Sandre 02085800

Cette station, localisée dans le département de la Meuse, est positionnée sur un secteur amont qui ne fait pas l'objet de travaux de restauration (mais anciennement rectifié). Elle sert donc de station « témoin altéré amont » pour évaluer les effets du programme de restauration sur les tronçons situés plus en aval. Les compartiments biologiques qui ont fait l'objet de relevés spécifiques avant et après travaux à cette station concernent :

- La physico-chimie – relevés réalisés en 2015 par l'AERM/DUBOST Environnement
- Les invertébrés macrobenthiques – IBG-DCE réalisé en 2008 par l'ONEMA puis en 2015 par l'AERM/DUBOST Environnement
- Les poissons – pêches électriques réalisées en 2008 (2 campagnes), puis en 2012 et 2014 par l'ONEMA

Les prélèvements ont systématiquement été effectués en amont du pont de la RD202.

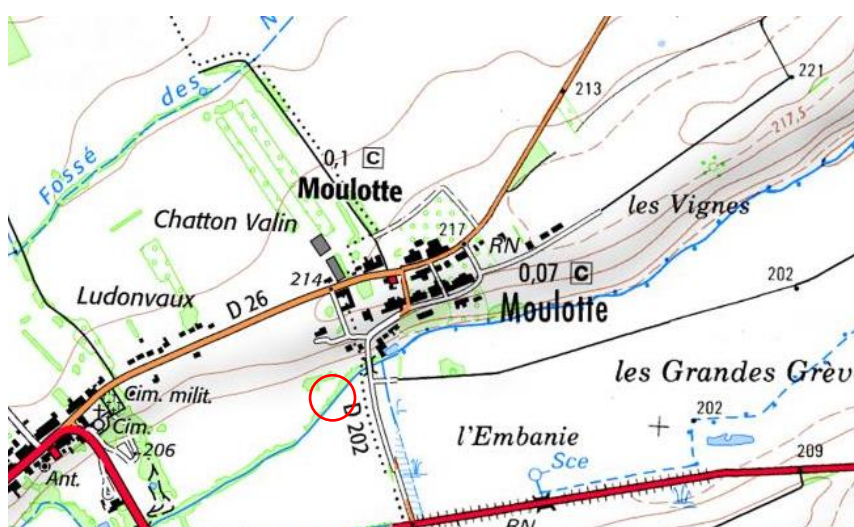


Figure 8 : localisation de la station hydrobiologique LON1

Cette station correspond aux appellations :

- « Moulotte » ou « LON 1 » dans les données issues de l'ONEMA avant travaux (2008)
- « Moulotte » ou « Harville » dans les données issues de l'ONEMA après travaux (2012/2014)
- « LON 1 » dans les données issues de l'AERM/DUBOST Environnement (2015)

✓ Station « LON 2A » (Allamont – tronçon rectifié puis reméandré) (Code Sandre 02085803)

La station correspond au tracé rectifié du Longeau, au niveau de la partie aval de l'ancien méandre dit « Annexe 9 », sur Allamont. Cette localisation permet d'utiliser cette station comme point de référence pour évaluer l'état écologique du Longeau après réouverture de l'ancien méandre.

Les compartiments biologiques qui ont fait l'objet de relevés spécifiques avant travaux à cette station concernent :

- Les diatomées – IBD réalisé en 2011 par la DREAL
- Les macrophytes aquatiques – IBMR réalisés en 2011 par la DREAL (2 campagnes)
- Les invertébrés macrobenthiques – IBG-DCE réalisés en 2008 par l'ONEMA et en 2011 par la DREAL
- Les poissons – pêches électriques réalisées en 2008 (2 campagnes) et 2009 par l'ONEMA

Les prélèvements ont été effectués en amont de la connexion aval avec l'ancien méandre (IBG-DCE de 2008 et pêches électriques) ou en aval de celle-ci (IBD, IBMR et IBG-DCE 2011).

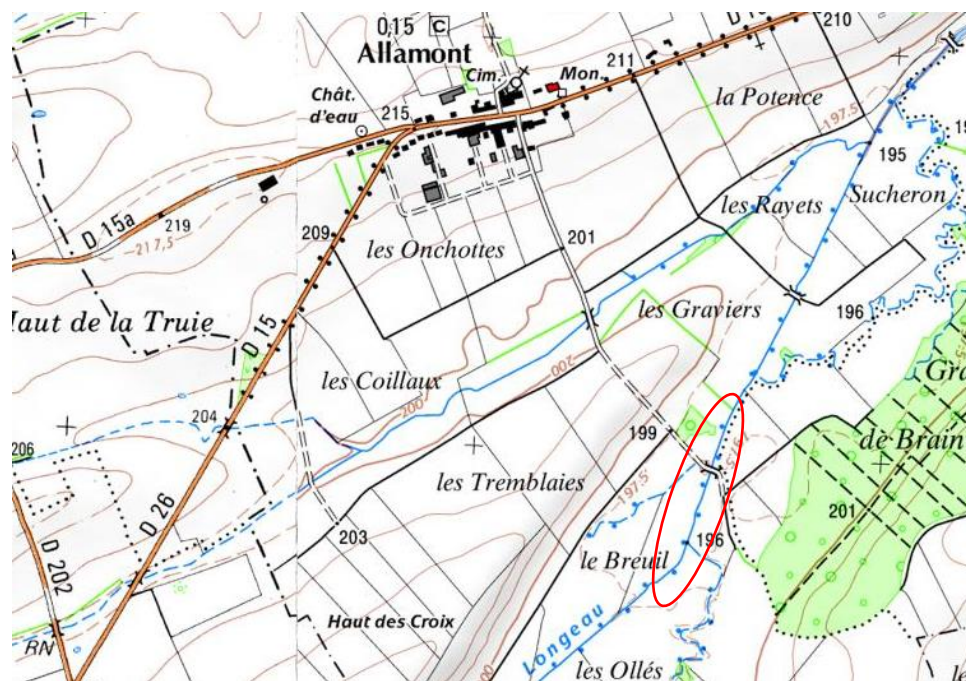


Figure 9 : localisation de la station LON2A

Cette station correspond à la dénomination « Allamont » pour les données issues de la DREAL et aux appellations « Allamont (lit actuel) » ou « LON 2 » dans les données issues de l'ONEMA.

Pour les relevés réalisés par la DREAL, il s'agit d'un test pour évaluer la sensibilité des indicateurs hydrobiologiques DCE à la mise en œuvre de travaux sur l'hydromorphologie (sans relevé post-travaux pour le moment).

✓ Station « LON 2B » (*Allamont – ancien méandre redynamisé*)

Code Sandre 02085802

Cette station se localise au sein de l'annexe hydraulique (« Annexe 9 ») constituée par l'ancien méandre du Longeau. Elle sert donc à évaluer l'intérêt écologique de l'annexe avant réouverture de l'ancien méandre mais surtout la recolonisation biologique de ce tronçon après redynamisation du méandre.

Les compartiments biologiques qui ont fait l'objet de relevés spécifiques avant et après travaux à cette station concernent :

- La physico-chimie – relevés réalisés en 2015 par l'AERM/DUBOST Environnement
- Les invertébrés macrobenthiques – IBG-DCE réalisé en 2015 par l'AERM/DUBOST Environnement
- Les poissons – pêches électriques réalisées en 2008 (2 campagnes) puis en 2014 par l'ONEMA

Les prélèvements ont été effectués dans la moitié aval du tracé du méandre redynamisé.

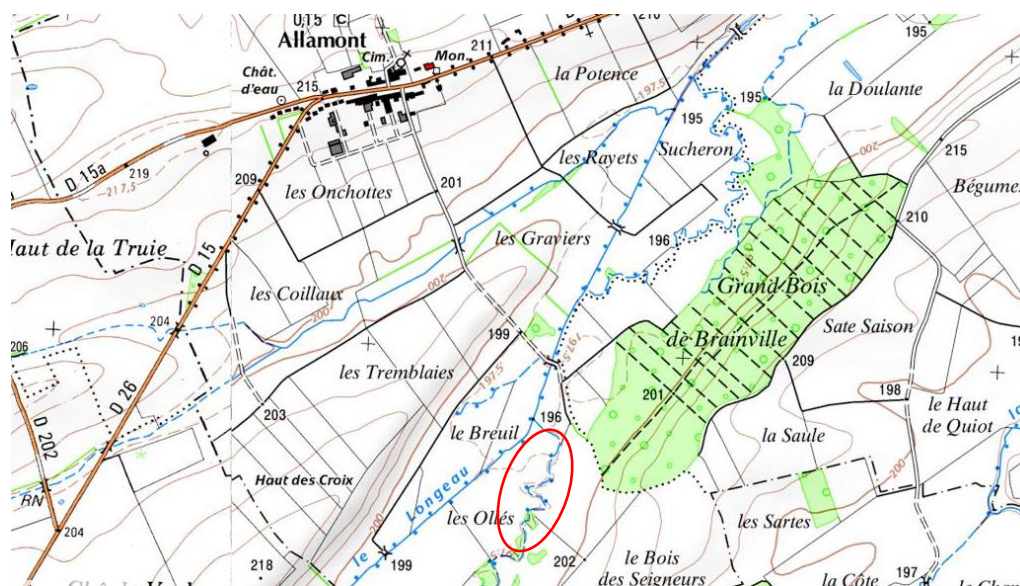


Figure 10 : localisation de la station LON2B

Cette station correspond à la dénomination « Allamont (ancien méandre) », « LON 3 » ou « Allamont Annexe 9 » dans les données issues de l'ONEMA et à l'appellation « LON 2 » dans les données AERM/DUBOST Environnement.

✓ Station « LON 3 » (Brainville – ancien méandre redynamisé)

Code Sandre 02085812

Cette station correspond au nouveau tracé du Longeau au niveau de Brainville (limite communale avec Dompierre), après réouverture de l'ancien méandre (dénommé « annexe 7 ») et abandon du lit rectifié. Comme la station LON 2B, elle permet d'évaluer la recolonisation biologique de ce tronçon redynamisé suite aux travaux.

Les compartiments biologiques qui ont fait l'objet de relevés spécifiques après travaux à cette station concernent :

- La physico-chimie – relevés réalisés en 2015 par l'AERM/DUBOST Environnement
- Les invertébrés macrobenthiques – IBG-DCE réalisé en 2015 par l'AERM/DUBOST Environnement
- Les poissons – pêches électriques réalisées en 2012 et 2014 par l'ONEMA

Les prélèvements ont été effectués en partie aval du méandre redynamisé.



Figure 11 : localisation de la station LON3

Cette station correspond à l'appellation « Annexe 7 », « Méandre 7 » ou « Brainville » dans les données issues de l'ONEMA et à la dénomination « LON 3 » dans les données AERM/DUBOST Environnement.

✓ Station « LON 4 » (Brainville – témoin altéré médian)

Code Sandre 02085810

La station située à Brainville se positionne sur une partie rectifiée du Longeau, comprise entre deux méandres redynamisés. Cela permettra d'évaluer l'évolution d'un tronçon altéré non restauré et

potentiellement le gain écologique global pour le Longeau de la réouverture de différents méandres (si l'effet de la restauration se « diffuse » plus globalement sur le linéaire).

Les compartiments biologiques qui ont fait l'objet de relevés spécifiques avant et après travaux à cette station concernent :

- La physico-chimie – relevés réalisés en 2015 par l'AERM/DUBOST Environnement
- Les invertébrés macrobenthiques – IBG-DCE en 2008 par l'ONEMA puis en 2015 par l'AERM/DUBOST Environnement
- Les poissons – pêches électriques réalisées en 2008 (2 campagnes) puis en 2014 par l'ONEMA

Les prélèvements ont systématiquement été effectués en aval du pont de la RD14 et de l'ancien lavoir.

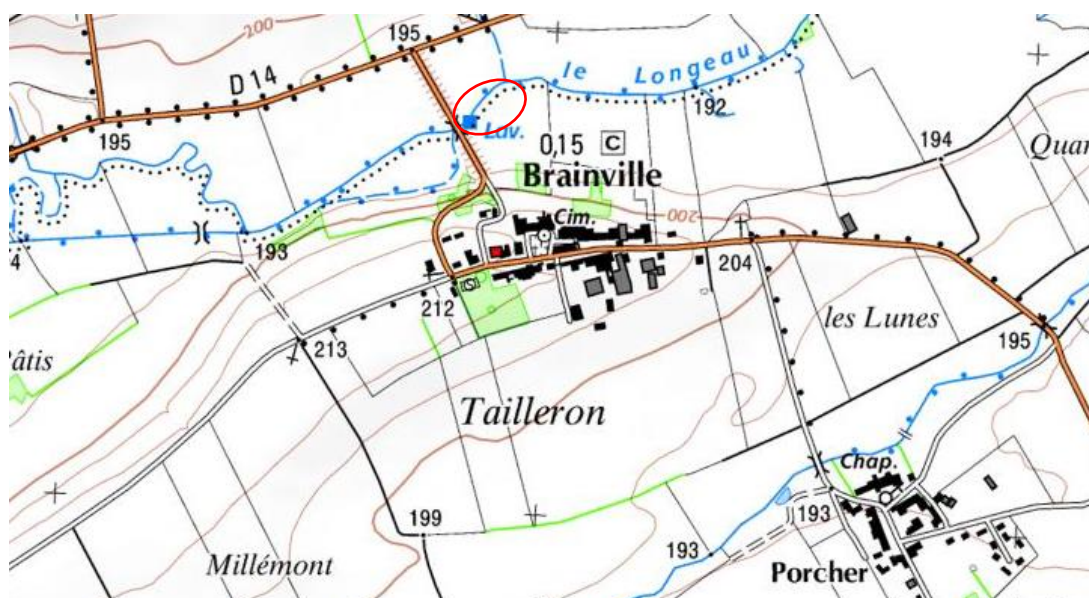


Figure 12 : localisation de la station LON4

Cette station correspond à l'appellation « Brainville » ou « LON 4 » dans les données issues de l'ONEMA et à la dénomination « LON 4 » dans les données AERM/DUBOST Environnement.

✓ Station « LON 5 » (Friauville – témoin altéré aval)

Code Sandre 02085850 (surveillance DCE)

Cette station se situe au niveau d'un tronçon altéré non restauré et a pour objectif de prendre en compte l'évolution de la qualité écologique sur la partie aval de la zone étudiée (largeur et profondeur sensiblement plus élevées qu'en amont).

Les compartiments biologiques qui ont fait l'objet de relevés avant et après travaux à cette station concernent :

- La qualité physico-chimique – suivi historique de 2006 à 2015 (plage de données disponible sur le SIERM – données antérieures non exploitées) puis relevés réalisés en 2015 par l’AERM/DUBOST Environnement
- Les diatomées – IBD réalisés de 1997 à 2007 (sauf année 2006) par la DIREN
- Les invertébrés macrobenthiques – IBGN réalisés de 2004 à 2007 par la DIREN (données antérieures non exploitées) puis IBG-DCE réalisé en 2008 par l’ONEMA et en 2015 par l’AERM/DUBOST Environnement
- Les poissons – pêches électriques réalisées en 2008 (2 campagnes) puis en 2014 par l’ONEMA

Les prélèvements ont été effectués à des endroits variables (sur l’emprise du village de Friaucville) pour les relevés historiques DIREN/DREAL mais de manière plus ciblée (en aval du pont de la RD132) pour les données ONEMA et AERM/DUBOST Environnement.

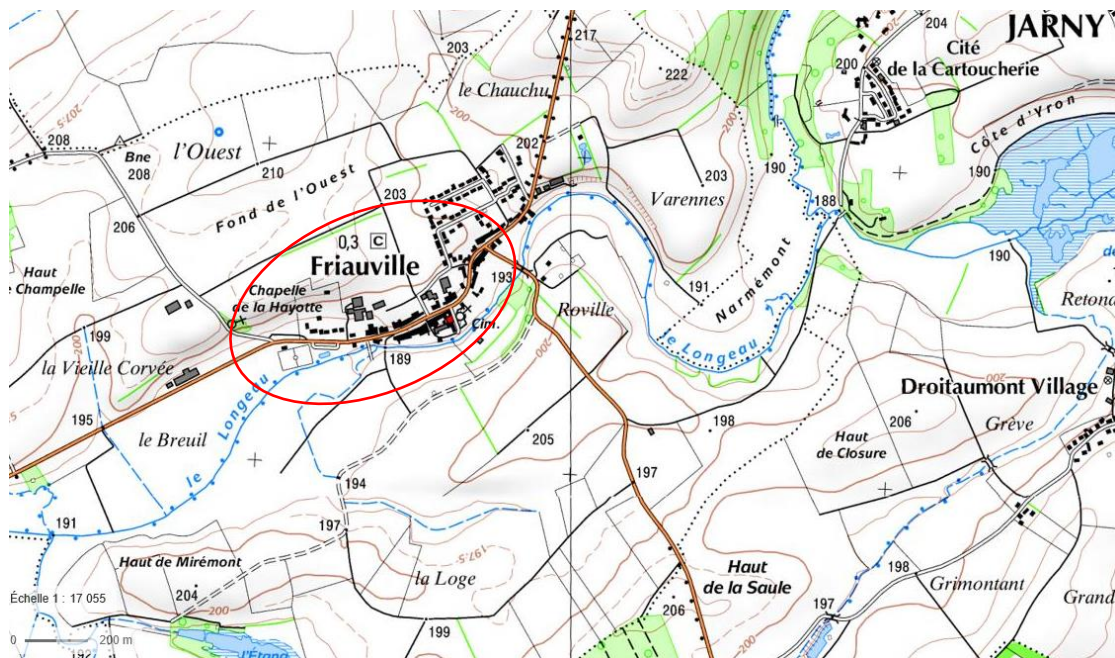


Figure 13 : localisation de la station LON5

Cette station correspond à la dénomination « Friaucville » dans les données issues du SIERM (DIREN/DREAL), à l’appellation « Friaucville » ou « LON 5 » dans les données issues de l’ONEMA et à la dénomination « LON 5 » dans les données AERM/DUBOST Environnement.

✓ Station « LON 6A » (Friaucville– ancien méandre redynamisé)

Code Sandre 02085853

La station correspond au nouveau tracé du Longeau au niveau de Friaucville, après réouverture des anciens méandres (dénommés « annexe 2 » et « annexe 3 ») et abandon du lit rectifié.

Les compartiments biologiques qui ont fait l’objet de relevés spécifiques après travaux à cette station concernent :

- La physico-chimie – relevés réalisés en 2015 par l’AERM/DUBOST Environnement
- Les invertébrés macrobenthiques – IBG-DCE réalisé en 2015 par l’AERM/DUBOST Environnement
- Les poissons – pêche électrique réalisée en 2014 par l’ONEMA

Les prélèvements ont été effectués en partie aval du méandre redynamisé.

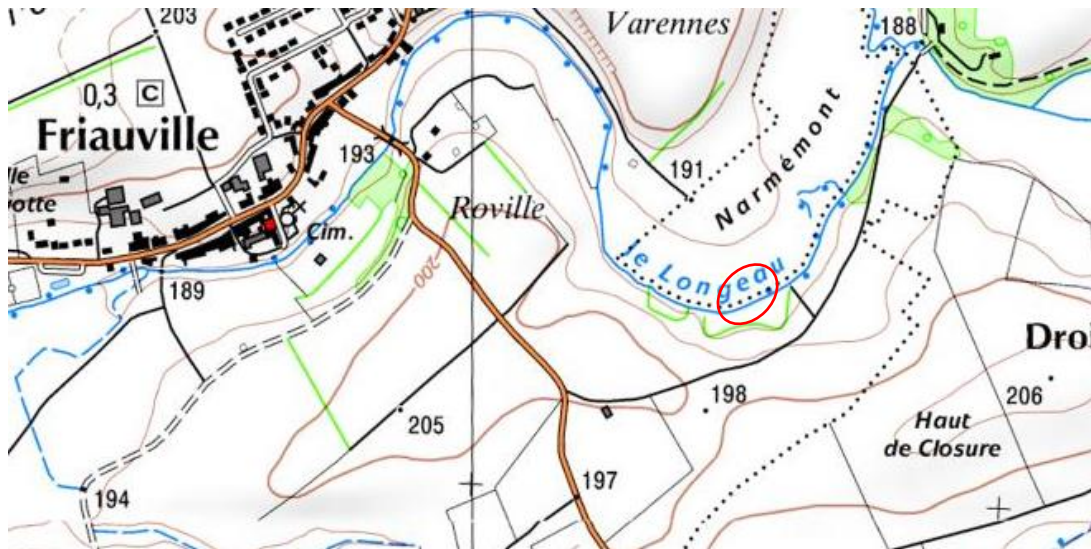


Figure 14 : localisation de la station LON6A

Cette station correspond à la dénomination « Annexe 3 » dans les données issues de l’ONEMA ou « LON 6 » dans les données AERM/DUBOST Environnement.

- ✓ Station « LON 6B » (Friauville– tronçon rectifié puis reméandré)

Code Sandre 02085855

C’est la station située la plus en aval. Sa localisation permet d’évaluer le gain écologique sur le Longeau au niveau des méandres redynamisés les plus en aval (« Annexe 1 », « Annexe 2 » et « Annexe 3 »). Elle constitue un test de la DREAL pour évaluer la sensibilité des indicateurs hydrobiologiques DCE à la mise en œuvre de travaux sur l’hydromorphologie (sans relevé post-travaux pour le moment).

Les compartiments biologiques qui ont fait l’objet de relevés spécifiques avant travaux à cette station concernent :

- Les diatomées – IBD réalisé en 2011 par la DREAL
- Les macrophytes aquatiques – IBMR réalisé en 2011 par la DREAL
- Les invertébrés macrobenthiques – IBG-DCE réalisé en 2011 par la DREAL

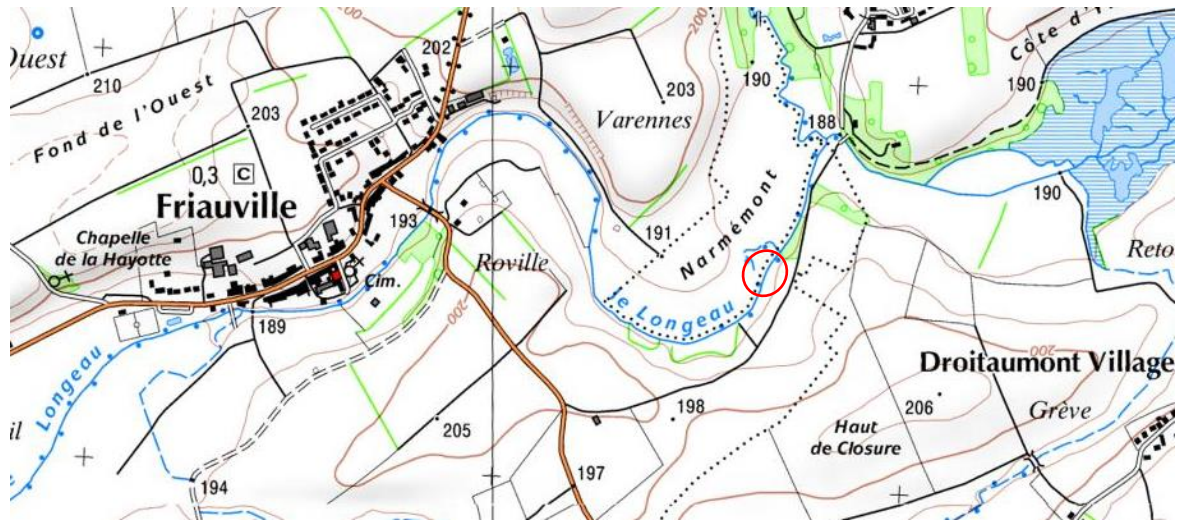


Figure 15 : localisation LON6B

Cette station correspond à la dénomination « Friauville aval » dans les données issues de la DREAL.

Toutes les données précédemment citées sont exposées et analysées ci-après. A noter que des inventaires portant sur la Mulette épaisse (*Unio crassus*), espèce de moule protégée, ont également été menés par l'ONEMA à partir de 2008. Cependant, ces éléments ne seront pas traités dans le présent document, une synthèse spécifique étant en cours d'élaboration sur ce thème par l'AFB.

1.2 **Contraintes et atouts préalables au suivi**

1.2.1 **Données disponibles**

✓ Données physiques :

- *Hydrologie*

Aucune étude hydrologique n'avait été prévue en phase préalable au chantier. Une étude a été réalisée sur le Longeau à Fresne-en-Woëvre.

Les données d'occupations des sols et les stations hydrométriques de la Banque Hydro ont été exploitées pour l'étude hydrologique (IP Webel GmbH, 2016) ainsi que les données topographiques (BD Ortho et BD topo, © IGN) (§ 0).

Un problème de cohérence des données sur la station de la « Cartoucherie » a été décelé. Finalement ces données de la Banque Hydro n'ont pas été exploitées.

- *Topographie - bathymétrie*

Bien que des relevés topographiques avant travaux assez complets soient évoqués dans les documents disponibles, il ne nous a pas été permis de les exploiter.

Des missions de levés topographiques ont été réalisées dans le cadre de ce suivi (automne 2014 et 2015) à la fois au GPS de précision (GS08 Leica) et au niveau laser.

- *Hydromorphologie*

Les données hydromorphologiques avant travaux sont assez pauvres et se limitent essentiellement aux informations qui peuvent être tirées des études plus générales (Qualphy, documents IGN, etc.). Il est donc difficile pour le moment de faire des hypothèses autres que très générales sur le fonctionnement dynamique du Longeau avant travaux. Les valeurs de puissance étant modérées, les évolutions sont faibles et rendent plus difficile la reconnaissance des phénomènes. Les données IAM réalisées en 2008 sur 3 stations (LON1, 2 et 3) donne des informations intéressantes sur les substrats (graviers le plus souvent) et sur les faciès (plutôt lenticques).

- *Données ONEMA*

Les données ONEMA ont été listées précédemment (§ 1.1.1). Les données Carhyce sont très localisées et essentiellement réalisées après les travaux. Leurs données topographiques sont très difficilement exploitables dans le cadre d'un suivi d'un cours d'eau aussi peu dynamique (non géolocalisées précisément).

1.2.2 Homogénéité et qualité des données

✓ Données préalables à l'intervention

Les données préalables à l'intervention sont incomplètes sur de nombreux compartiments :

- état de la végétation rivulaire ;
- topographie et bathymétrie ;
- hydrologie ;
- équipements et aménagements effectivement réalisés ;

✓ Contraintes rencontrées lors des interventions

Les contraintes rencontrées lors des interventions ont été relativement limitées, les sites étant relativement accessibles.

Néanmoins, la coopération avec certains exploitants a été difficile. Des repères disposés en rives ont été retirés. Des sondes thermiques ont été perdues ou retrouvées hors d'eau (retirées volontairement ?).

La réception pour les appareils de topographie est souvent difficile dans la vallée.

Les cours d'eau sont assez moyennement prospectables à pieds en situation de moyennes eaux.

1.2.3 Grande hétérogénéité des données biologiques aquatiques

Pour caractériser l'évolution de la qualité écologique du Longeau entre les périodes « avant » et « après » les travaux de restauration engagés en 2011, différentes données biologiques sont disponibles. Certaines correspondent à des suivis historiques DIREN-DREAL à la station de contrôle de Friauville (qualité physico-chimique, IBGN, IBD). Celles-ci sont utiles en tant qu'éléments de contexte pour aider à la caractérisation de l'état initial du Longeau. D'autres, ont été spécifiquement produites en vue d'étoffer cet état initial vis-à-vis des compartiments étudiés et/ou de la localisation des stations considérées. Il s'agit de relevés poissons (IPR) et macro-invertébrés (IBG-DCE) réalisés par l'ONEMA ainsi que d'inventaires diatomées (IBD) et macrophytes aquatiques (IBMR) réalisés par la DREAL. Pour la période « post-travaux », comme pour les données relatives à la caractérisation de l'état initial, certaines correspondent au suivi annuel DREAL à la station de contrôle de Friauville (qualité physico-chimique). Elles sont complétées par des relevés spécifiques en vue de déterminer l'évolution de la qualité écologique du Longeau suite aux travaux. Il s'agit de relevés physico-chimiques, poissons (IPR) et macro-invertébrés (IBG-DCE) réalisés par l'ONEMA ou l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse (prestataire technique = DUBOST Environnement et Milieux Aquatiques). D'autres suivis seront encore effectués dans les années à venir (ONEMA/AERM/DREAL) sur ces mêmes compartiments biologiques et/ou sur d'autres compartiments complémentaires (diatomées, macrophytes ...).

Le jeu de données de base ainsi disponible pour la caractérisation de l'évolution écologique du Longeau se révèle donc très hétérogène à plusieurs points de vue :

- Les compartiments étudiés diffèrent d'une station à l'autre
- Les dates d'inventaires diffèrent d'un compartiment à l'autre, et pour un même compartiment, d'une station à l'autre
- Les méthodes d'inventaires diffèrent également pour un même compartiment (cas des macro-invertébrés) du fait de l'évolution temporelle des protocoles (IBGN puis IBG-DCE)
- La forme des données pour un même compartiment (cas des macro-invertébrés de nouveau) diffère en fonction de l'organisme collecteur (DIREN/DREAL ou ONEMA)

La synthèse de toutes ces données a donc dû commencer par l'identification précise de ce qui a été fait : sur quel compartiment, où, à quel moment, selon quel protocole et par qui ? D'autre part, les dénominations des stations étant variables d'un organisme à l'autre, d'un compartiment à l'autre ou d'une année à l'autre, une uniformisation de la désignation des stations a été nécessaire.

Les différents protocoles employés sont précisés ci-après (p. 35).

✓ Physico-chimie

Concernant les analyses physico-chimiques, deux approches distinctes sont à considérer dans le jeu de données.

Pour les relevés du réseau de surveillance – SIERM (station LON 5 à Friaucourt / plage de donnée disponible = de 2006 à 2015), les résultats utilisés reposent sur des chroniques annuelles de suivi physico-chimique. Le résultat annuel étant la moyenne des 12 prélèvements mensuels de l'année. En revanche, pour les relevés effectués en 2015 par DUBOST Environnement et Milieux Aquatiques dans le cadre du suivi spécifique des aménagements (LON 1 / LON 2B / LON 3 / LON 4 / LON5 /LON 6A) pour l'AERM, il s'agit de données ponctuelles (une seule date de prélèvement) dont la vocation était plutôt d'accompagner les relevés biologiques (description des conditions environnementales). Pour les paramètres communs entre ces deux démarches d'analyses physico-chimiques, la comparaison des résultats reste possible à condition de bien garder en tête que les uns sont intégrateurs d'une année entière tandis que les autres ne correspondent qu'à une image ponctuelle dans le temps.

Enfin, un enregistrement en continu de la température (toutes les heures) a été réalisé aux 6 mêmes stations que les relevés physico-chimiques ponctuels de 2015 (AERM), sur une période d'un peu plus d'un an (du 11 mai 2015 au 28 juin 2016). Ces relevés ont été effectués à l'aide de sondes immergées, enregistrant la température de l'eau toutes les heures. Du fait de divers incidents techniques, des manques sont survenus au cours de ces enregistrements :

- LON 1 : lors de la relève intermédiaire du 22/07/2015 il a été constaté que la sonde de température n'était plus là (apparemment retirée par quelqu'un). Une nouvelle sonde a été

installée en remplacement et les données de températures ne sont donc disponibles que du 22/07/2015 au 02/12/2015 à cette station.

- LON 4 : idem, la sonde n'a pas été retrouvée le 22/07/2015 (raison non identifiée) et a donc été remplacée à partir de cette date. A cette station aussi l'enregistrement disponible couvre la période du 22/07/2015 au 02/12/2015.
- LON 6A : le 02/12/2015, la sonde a été retrouvée hors d'eau, sortie par quelqu'un et déposée en haut de berge. L'étude de l'évolution des températures a permis de constater que cette sonde a été sortie de l'eau le 26/07/2015, soit 4 jours après la relève intermédiaire. La plage de données disponibles à cette station va donc du 11/05/2015 au 26/07/2015.

✓ Diatomées

Les diatomées ont été étudiées par le même organisme opérateur (DIREN puis DREAL) au niveau de trois stations : LON 5 (de 1997 à 2007), LON 2A (2011) et LON 6B (2011). La méthodologie de prélèvement utilisée est celle de la norme « Indice Biologique Diatomées » NFT 90-354, par grattage de substrats durs pour récolte des diatomées fixées dessus. L'analyse floristique porte ensuite sur un minimum de 400 individus identifiés à l'espèce. La liste floristique ainsi obtenue est ensuite traduite en note indicelle selon le protocole IBD 2014.

✓ Macrophytes

Les macrophytes ont été appréhendés au travers du protocole « Indice Biologique Macrophyte en Rivière » NFT 90-395. Ces relevés ont été effectués à deux stations (LON 2A et LON 6B) en 2011 par la DREAL. A chaque station, les espèces végétales présentes sont identifiées, avec relevé des taux de recouvrement spécifique par faciès (lotique ou lentique). La liste floristique ainsi obtenue permet de calculer l'indice IBMR relatif au niveau trophique du cours d'eau. Deux campagnes ont pu être menées à la station LON 2A (juin et septembre 2011) mais une seule à la station LON 6B.

✓ Invertébrés

Les données relatives aux invertébrés macrobenthiques présentent une variabilité d'opérateurs ainsi qu'une variabilité méthodologique.

Trois organismes opérateurs différents sont à l'origine des résultats disponibles :

- DIREN/DREAL : LON 2A (2011), LON 5 (2004 à 2007) et LON 6B (2011)
- ONEMA : LON 1 - LON 2A - LON 4 (2008)
- DUBOST Environnement/AERM : LON 1 – LON 2B – LON 3 – LON 4 – LON 5 – LON 6A (2015)

Deux protocoles différents ont été suivis pour les prélèvements et analyses :

- « Indice Biologique Global Normalisé » NFT 90-350 : 8 prélèvements unitaires séparés / identification taxonomique au genre / calcul de la note IBGN « vraie » (LON 5 de 2004 à 2007)

- « Macro-invertébrés : Prélèvement en cours d'eau peu profond » XP T90-333 : 12 prélèvements unitaires séparés / identification taxonomique au genre / calcul de la note « équivalent-IBGN » (tous les autres prélèvements)

✓ Poissons

La faune piscicole a été suivie par un seul organisme opérateur (ONEMA) mais selon un calendrier d'échantillonnage variable entre les stations et avec des protocoles d'échantillonnages pouvant différer.

Concernant les dates des campagnes réalisées, le détail est le suivant :

- 2008 (juin puis juillet) : LON 1 – LON 2A – LON 2B – LON 4 – LON 5
- 2009 (juillet) : LON 2A
- 2012 (juillet) : LON 1 – LON 3
- 2014 (juillet) : LON 1 – LON 2B – LON 3 – LON 4 – LON 5 – LON 6A

Deux campagnes successives ont été menées en 2008 (aux 5 stations concernées) du fait de conditions hydrologiques non optimales lors de la campagne de juin. C'est pourquoi les mêmes stations ont de nouveau été pêchées au mois de juillet 2008.

En ce qui concerne le protocole d'échantillonnage, trois méthodes différentes ont été mises en œuvre pour les pêches électriques réalisées pour ces inventaires piscicoles :

- pêche complète (à pied) avec 1 seul passage (juin 2008 : LON 2A – LON 2B – LON 4 / juillet 2008 : LON 2B – LON 5)
- pêche complète (à pied) avec 2 passages successifs permettant de calculer des densités spécifiques totales estimées – méthode « De Lury » (juin 2008 : LON 1 / juillet 2008 : LON 1 – LON 2A – LON 4 / juillet 2012 : LON 1 – LON 3 / juillet 2014 : LON 1 – LON 2B – LON 3 – LON 4 – LON 5 – LON 6A)
- pêche stratifiée « par points » en bateau - 75 points (juin 2008 : LON 5).

Cela peut donc avoir une influence sur les résultats de pêche, notamment en termes de densités relevées. Cette variabilité de méthode n'est pas due à une évolution des protocoles mais à des aspects de configuration de station (entre pêche complète ou par points) et au choix des opérateurs (entre 1 et 2 passages).

2. METHODOLOGIES ET PROTOCOLES EMPLOYES

Outre la présente mission de synthèse, les missions commandées sur le site de la restauration du Longeau ainsi que sur les deux secteurs non restaurés ont été les suivantes :

- mission A2 : réalisation de mesures topographiques (4 +2 km)
- mission A3 : mesures des faciès d'écoulement (4 km)
- mission A4 : mesures des linéaires stabilisés et du taux d'érosion (4 + 2km)
- Mission A5 : mesures liées à la ripisylve (4 + 2 km)
- Mission A6 : étude hydrologique (4,5 km)
- mission B2 : échantillonnages des macro-invertébrés (6 stations)
- mission D : mesures de paramètres de physico-chimie (1+5 stations)

Quatre bureaux d'étude ont été sollicités : Fluvial.IS (missions A2 à A4), Climax (Mission A5), Institut Prof. Webel GmbH (mission A6) et Dubost-Environnement et milieux aquatiques (Missions B2 et D).

2.1 *Réalisation de relevés Carhyce (ONEMA)*

L'ensemble de ces opérations ont été réalisées par l'ONEMA sur les stations mentionnées en p. 18 au § 1.1.1.

Pour la description du protocole appliqué nous invitons le lecteur à se reporter au guide officiel et ses différentes mises à jour (www.onema.fr/sites/default/files/pdf/guide_technique_carhyce.pdf).

2.2 *Réalisation de mesures topographiques à l'aide de GPS différentiel ou de théodolite (Mission A2)*

2.2.1 Objectifs de ces mesures :

Les objectifs de la collecte de ces données topographiques précises peuvent être multiples :

- 1) Suivi de l'évolution de la morphologie de la portion de rivière reconstituée par le suivi de profils en long et en travers du cours d'eau ;
- 2) Calcul des débits caractéristiques de pleins bords et d'étiage et conditions de débordement des lits actuels ;
- 3) Estimation des paramètres hydrauliques/hydromorphologiques des cours d'eau (force tractrice, capacité de transport, puissance fluviale, etc.).

Ces mesures permettent de compléter très utilement les transects Carhyce qui eux ne sont pas géolocalisés avec précision et font le choix de conserver un nombre constant de points levés quelle que soit la forme du lit (distance interpoints constante sur les 15 transects).

2.2.2 Méthodes et moyens mis en œuvre :

Les relevés topographiques ont été réalisés à l'aide de deux GPS mobiles de précision (Leica GS08 et GS15), sur réseau Orphéon et Teria. Lorsque cela a été nécessaire (végétation dense ne permettant pas une précision acceptable avec les GPS de précision), nous avons complété nos profils avec un niveau laser rotatif.

Pour chaque profil en travers, les cotes suivantes ont été relevées à minima :

- la revanche des berges,
- le fond du lit,
- le fil d'eau,
- les points de débordements,
- la hauteur d'envasement, de dépôt ou d'incision.

Un profil en long des sites a été construit également sur la base des profils en travers réalisés. Il a été complété par endroits par les mesures de tirant d'eau réalisées lors des prospections de terrain « faciès d'écoulement ». Les altitudes ont été ajustées en fonction des différences entre la ligne d'eau et les fonds relevés pour les deux séances de terrain (différences d'altitude de la ligne d'eau entre les deux prospections de l'ordre de 15 à 20cm). Toutes ces données ont été recalées en m NGF.

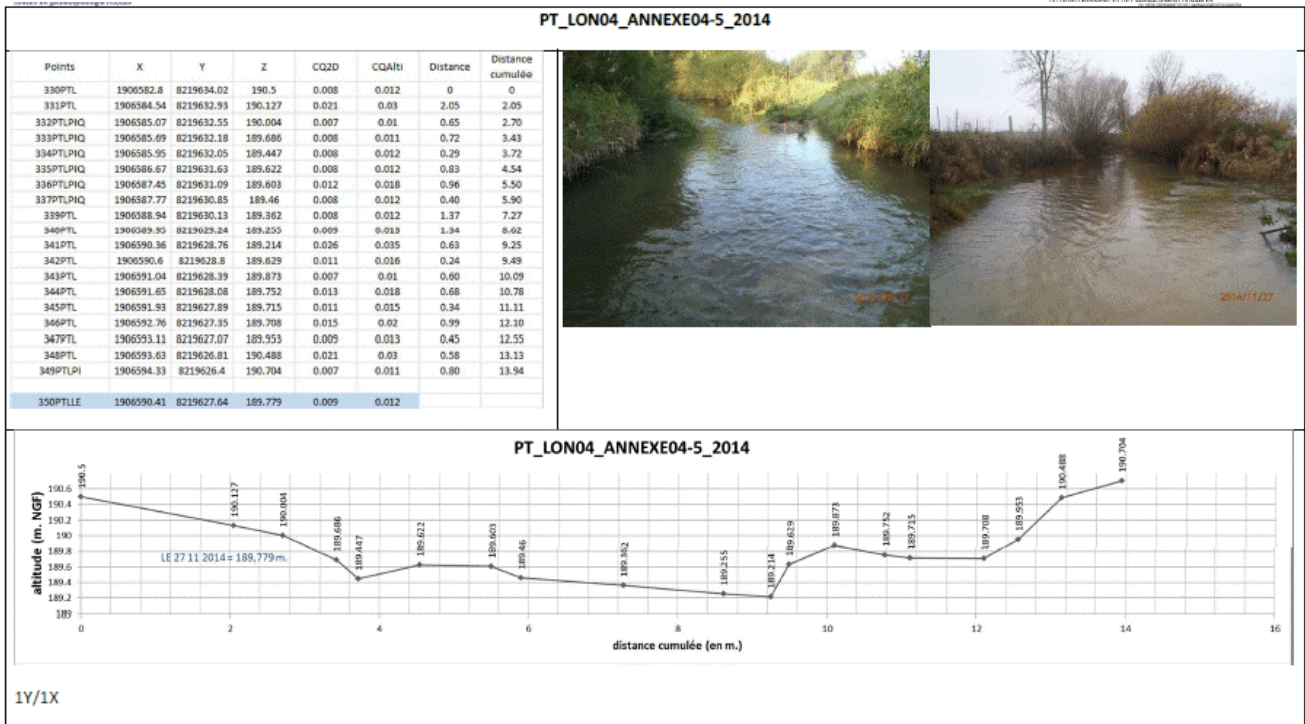


Figure 16 le profil en travers nr 04 réalisé sur l'annexe 4 et les données levées et de localisation (Fluvial.IS, 2017)

- ➔ Précision des relevés GPS de précision : XYZ = 5cm (quelques points de précision moindre en Z ont été relevés, notamment pour localisation de la limite d'atterrissement)
- ➔ Précision des relevés au laser rotatif : 2,5mm à 30m.
- ➔ Précision des relevés pour la réalisation d'un profil en long : +/-5cm en XYZ pour les points relevés au droit des profils en travers. +/-10 cm en Z et 1 à 10m en XY (précision des relevés pour la prospection « mesures des faciès d'écoulements ») pour les points intermédiaires, dont certains ont été mesurés à l'aide d'un échosondeur.

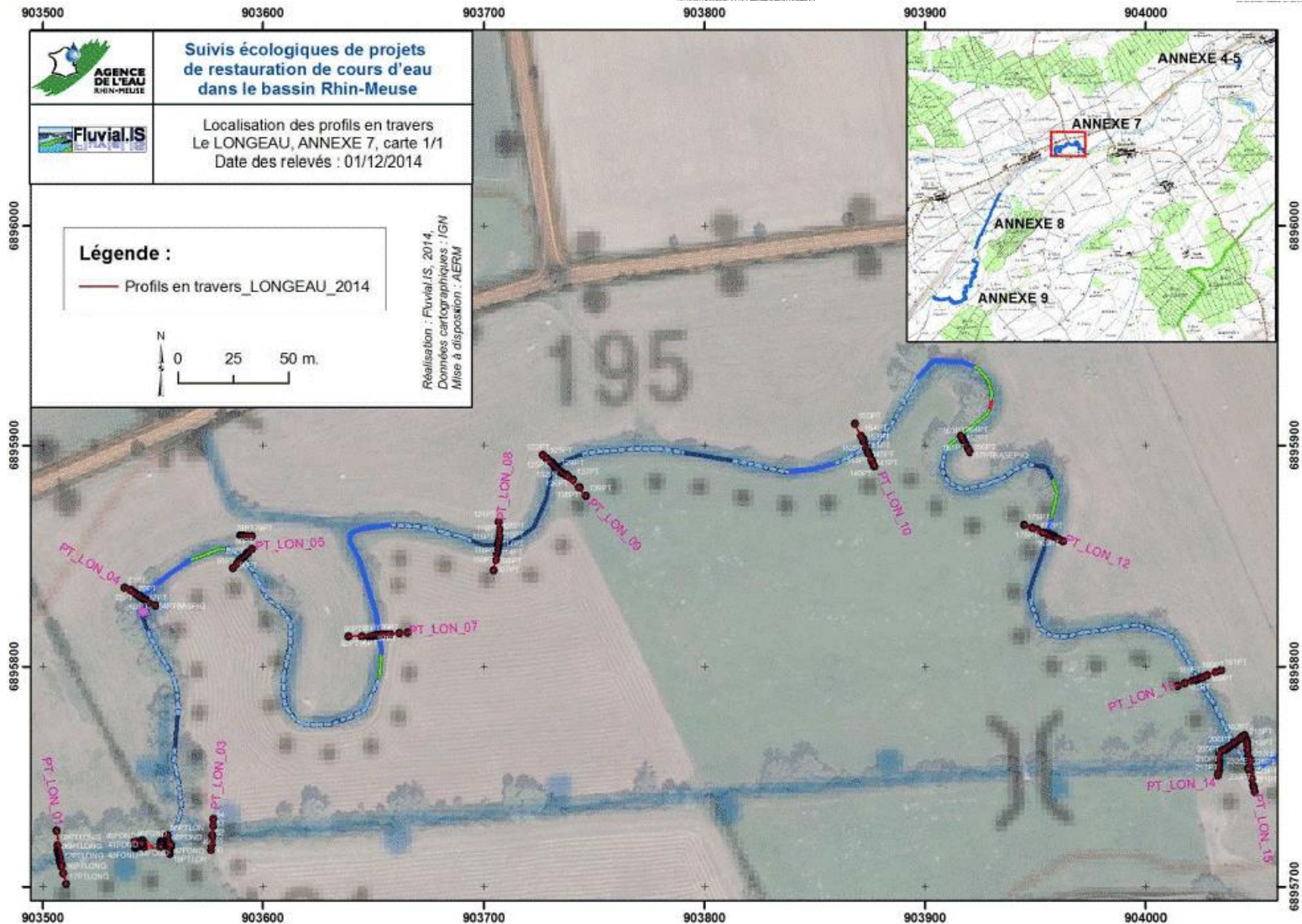


Figure 17 : exemple de localisation des levés topographiques et bathymétriques réalisés (annexe 7)

2.3 Mesures des faciès d'écoulements (mission A3)

Afin de délimiter précisément les types de faciès d'écoulement observés, un maximum de photographies géoréférencées a été réalisé. Ainsi, chaque changement dans les faciès d'écoulement a été noté et renseigné d'une photographie. Ceci nous a permis de digitaliser les faciès sur SIG (ArcGIS 9.3). Etant donnée les faibles largeurs du cours d'eau, seule une ligne est représentée, considérant que le faciès est homogène sur toute la largeur du lit au miroir.

➔ Précision des relevés en XY : de 1m (nombre de satellite important, couverture végétale faible), à 5/10 m (nombre de satellite faible, couverture végétale importante).

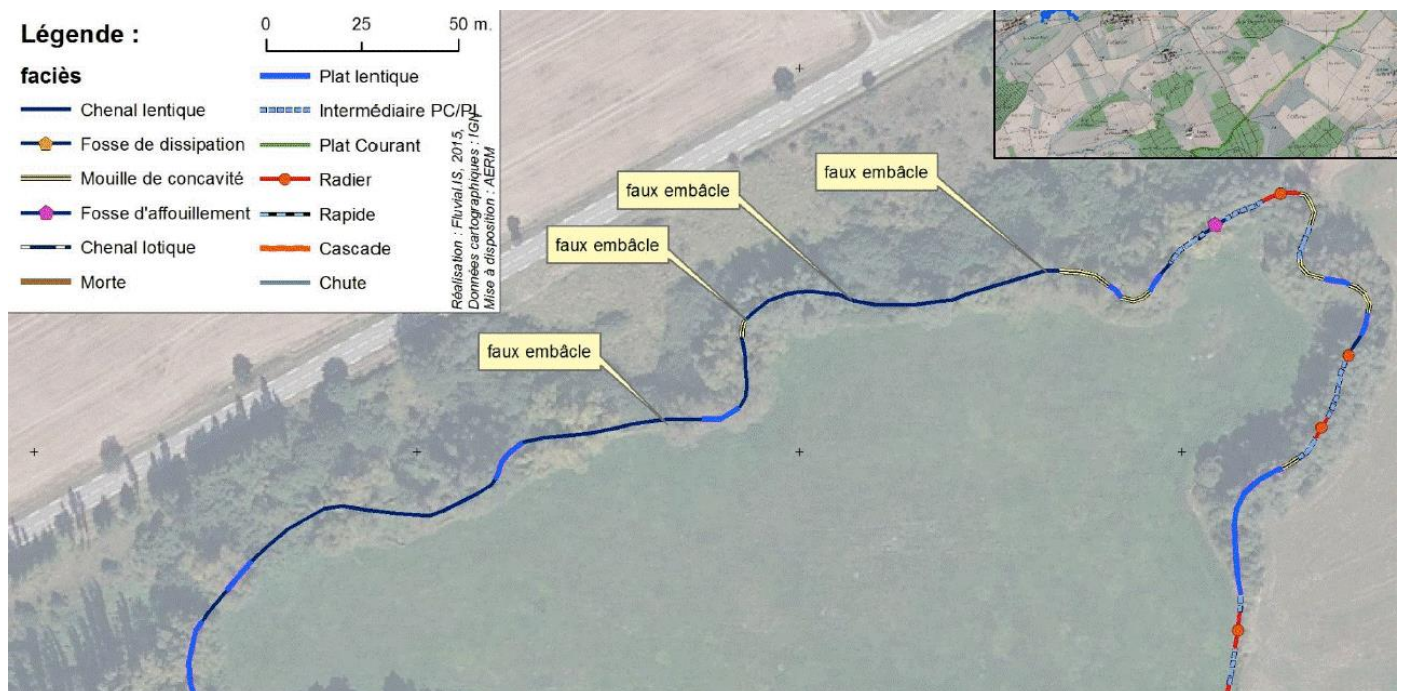


Figure 18 : exemple de représentation cartographique des résultats des levés de faciès (extrait, Fluvial.IS, 2015)

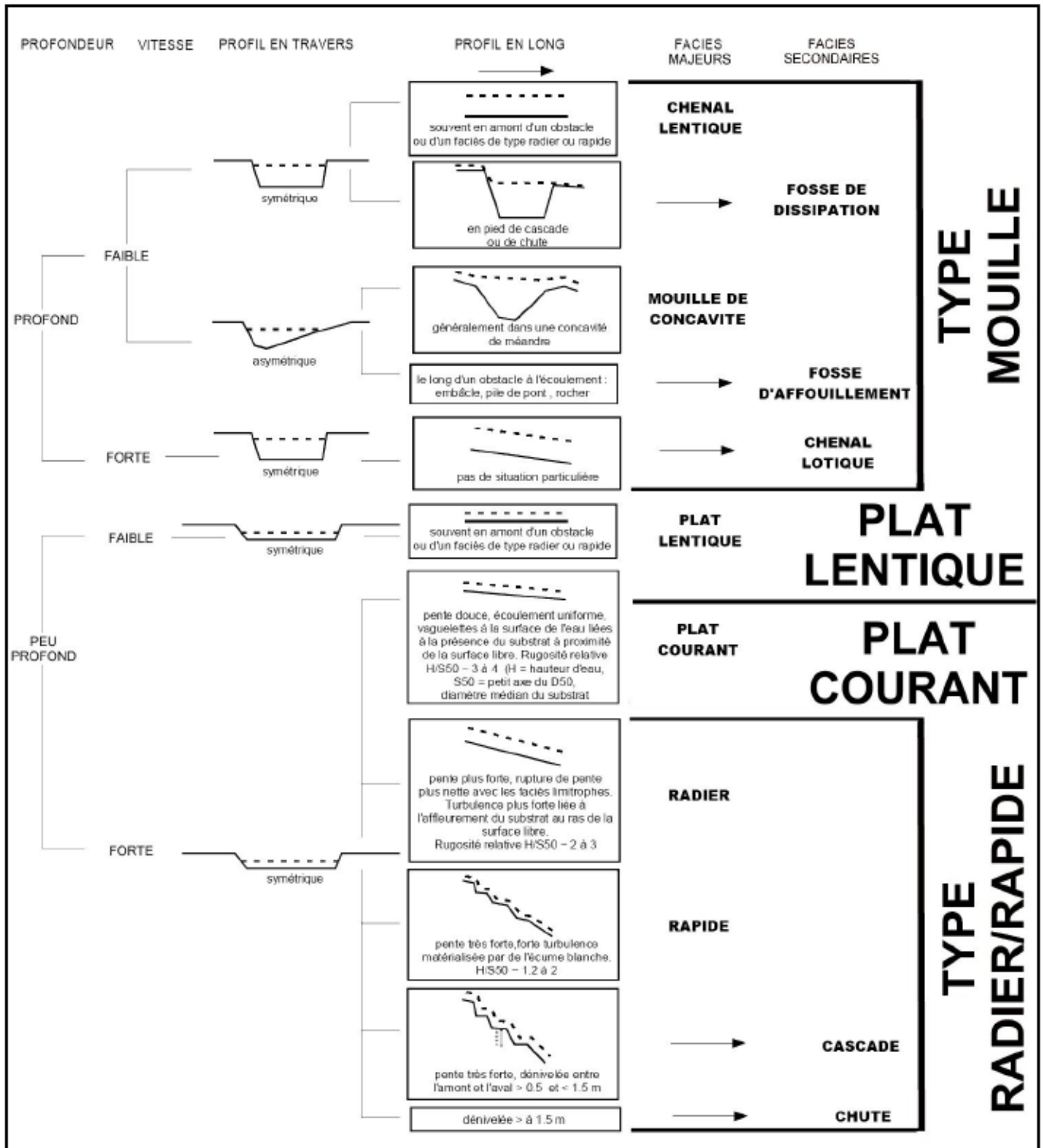


Figure 19 : clé de détermination simplifiée des faciès d'écoulement (d'après Malavoi et Souchon modifiée, 2002)

2.4 Mesures des linéaires stabilisés et du taux d'érosion (mission A4)

2.4.1 Les prises de mesures prévues au cahier des charges : mesure de l'érosion latérale

Plusieurs types de mesures ont été réalisés :

- des linéaires stabilisés par des protections anthropiques : sur les annexes 1, 2, 3, 6 et 6b du Longeau, les protections de berges se limitent aux techniques mixtes (enrochements en pied de berges et végétales en haut de berges) réalisées aux diffluences ancien lit / nouveau lit.
- des taux d'érosion sur les berges non protégées : contrairement aux annexes amont, très peu de berges susceptibles de subir un recul significatif à une échelle de temps courte ont été observées sur les annexes 6b, 6 et 1, 2, 3 (cf. carte de localisation).

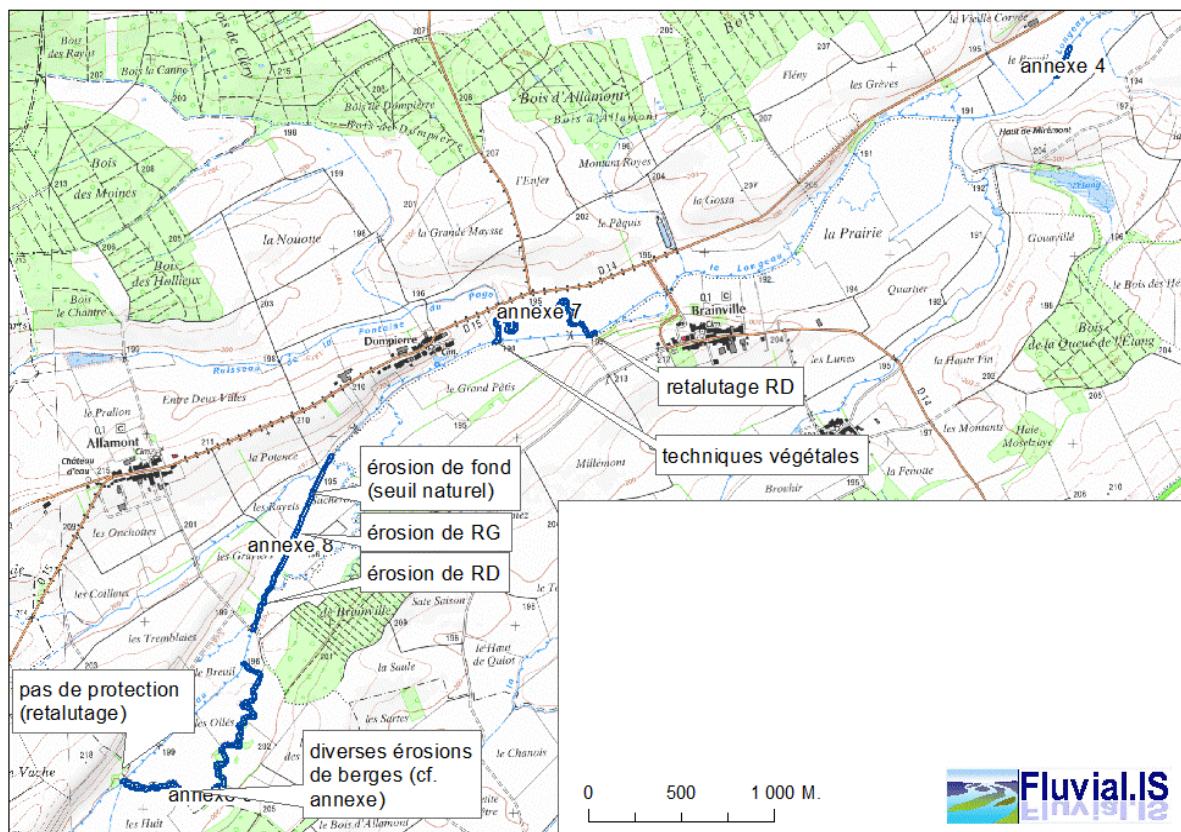


Figure 20 : localisation des érosions identifiées et des linéaires stabilisés à l'échelle de l'ensemble du site (détail en annexes) (fond de carte SCAN25 © IGN)

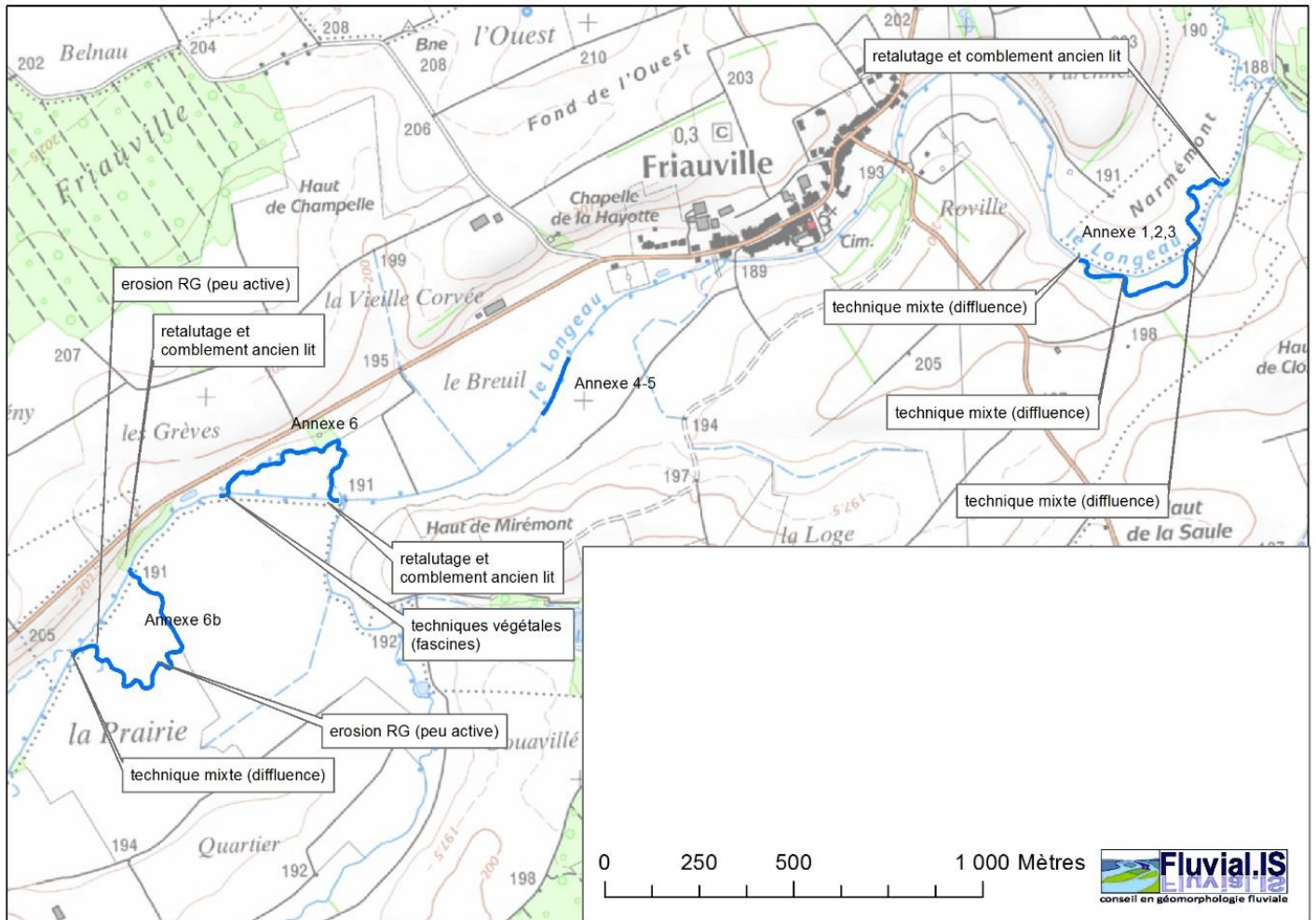


Figure 21 : localisation des érosions identifiées et des linéaires stabilisés à l'échelle de l'ensemble du site d'étude 2015 (détail en annexes) (fond de carte SCAN25 © IGN)

Il a été choisi de tenter plusieurs techniques afin de suivre l'évolution de ces talus :

- la documentation photographique : des clichés géolocalisés de la forme ont été pris lors des deux campagnes de terrain (septembre 2014 et novembre/décembre 2014) ;



- la mise en place de marqueurs marqués afin de suivre l'efficacité des événements hydrologiques (piquets enfoncés en rive à distances régulières)



- le relevé au GPS des talus de berge (profil en travers, linéaire du talus de berges) lorsque la qualité du signal le permettait.



2.4.2 Mesures de l'érosion des fonds et estimation des processus sédimentaires (transport solide)

Si l'érosion latérale est susceptible d'apporter des informations essentielles sur l'évolution des formes de la rivière (reprise de dynamique fluviale à la suite de la restauration, modification du fonctionnement par rapport à l'état initial, etc.), elle ne représente qu'un aspect des possibilités d'ajustement de la rivière à la suite des travaux engagés.

En effet, l'érosion des fonds (ou au contraire l'exhaussement des fonds) et les processus de transport solide au travers des tronçons peuvent également témoigner de processus complémentaires :

- Enfouissement / exhaussement lorsque les possibilités d'érosion latérale sont plus difficiles : ces aspects seront principalement suivis par la comparaison de l'évolution des profils en travers et de certaines formes (banquettes latérales, etc.) ;
- Evolution du site par apports de matériaux issus de l'amont du bassin / recharge sédimentaire par érosion des berges ? Les sédiments qui peuvent être observés dans le peuvent être composés à la fois de sédiments en provenance de l'amont (côte de Meuse) ou de sédiments issus des berges (notamment dans l'annexe 9).
- Blocage de sédiments ou progression des sédiments au travers du site d'étude ? Suite à la diminution de la pente (reméandration) il peut être intéressant d'essayer de mesurer les possibilités de progression du transport solide sur le linéaire d'étude.

Plusieurs types de marqueurs sédimentaires ont été conçus :

- 1) Piège pour le transport par charriage : il s'agit de caisses d'une capacité initiale de 20 litres, lestées par une masse de béton de 3-4 kg. La caisse est placée sur les fonds ou dans l'atterrissement de telle sorte que son sommet soit au niveau du substrat.

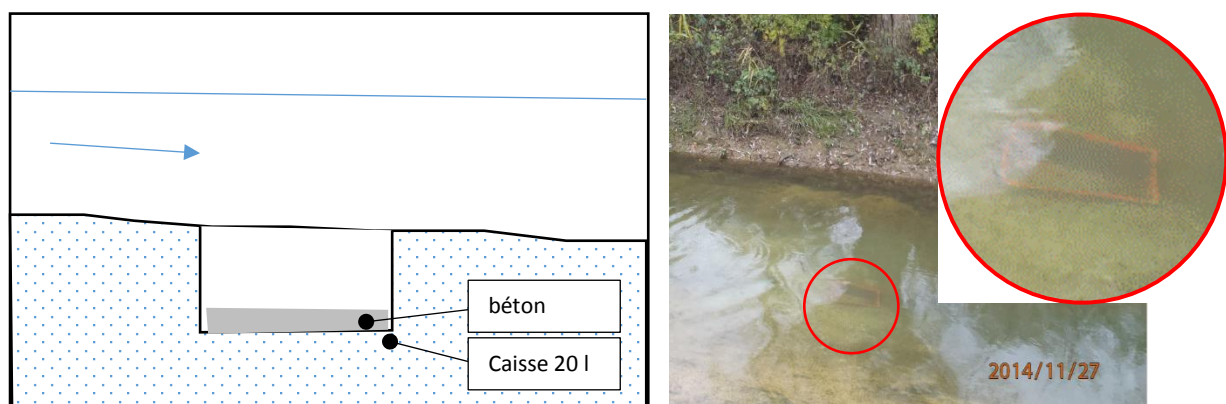


Figure 22: principe et illustration de la disposition des pièges à sédiments dans le lit du Longeau

- 2) Chaînes d'érosion : il s'agit de chaînes de 50 cm de longueur, enfoncée d'un tiers dans l'atterrissement. Une pièce métallique en T maintenue par un mousqueton assure à la

base son ancrage. Le déplacement et la position de la chaîne lors du relevé témoigne des phases éventuelles d'érosion puis de reconstitution de l'atterrissement.

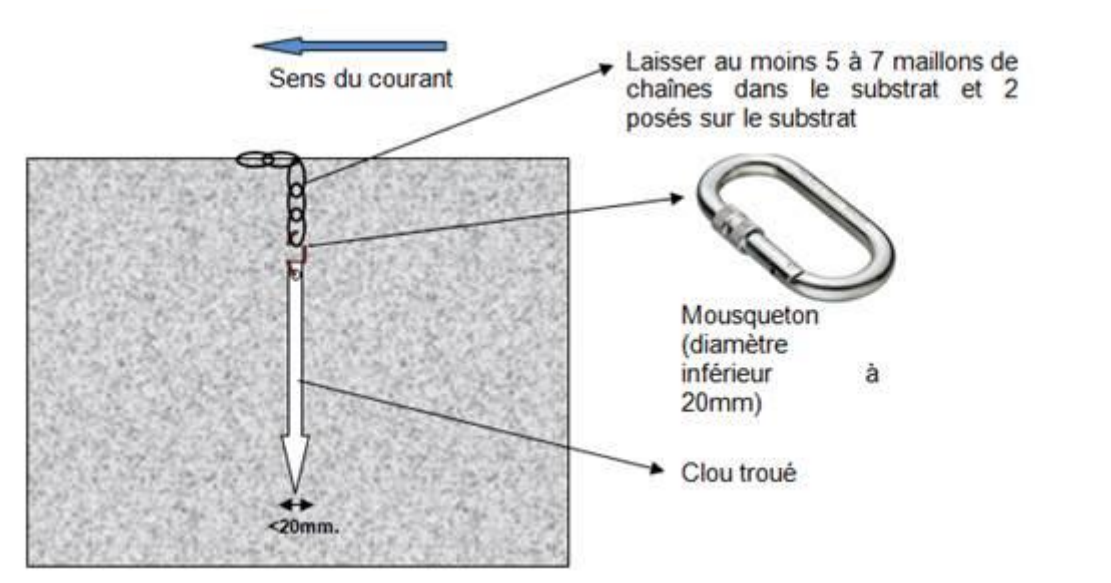


Figure 23 : principe de fonctionnement des chaînes d'érosion testées sur le Longeau

On a donc choisi de placer plusieurs pièges à sédiments sur les deux secteurs restaurés :

Annexe 9 :

- 1 piège pour le transport par charriage au centre du chenal dans l'argile ;
- 1 piège pour le transport par charriage sur un atterrissement ;

- 2 chaînes d'érosion pour décrire les processus de formation des atterrissements.

Annexe 7 :

- 1 piège pour le transport par charriage sur fonds à l'amont direct de la zone restaurée
- 1 piège pour le transport par charriage sur fond aux deux tiers du tronçon (dans l'argile).

Les pièges à sédiments ont été placés à la fin du mois de novembre 2014 à des profondeurs d'eau limites permettant leur positionnement (tirants d'eau 30 à 50 cm, ce qui correspond à des hauteurs à l'échelle de Jarny Droitaumont (Yron) de 0,65, fig. ci-dessous).

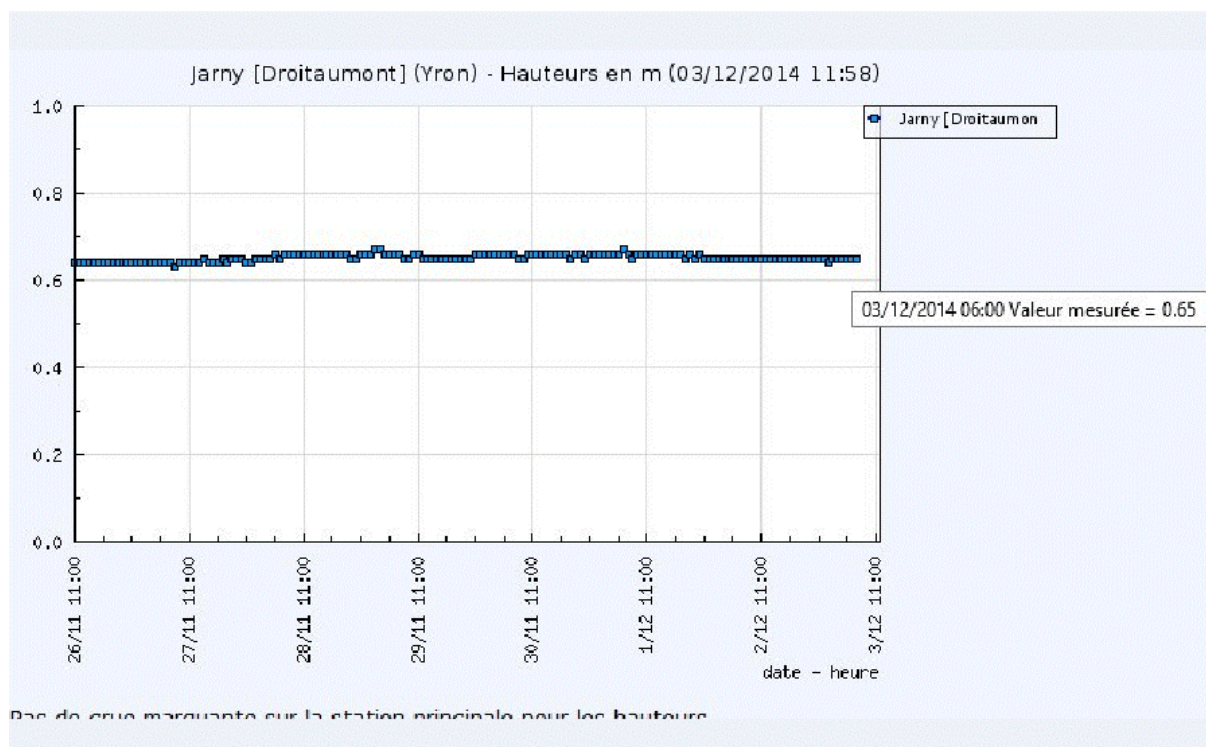


Figure 24 : conditions hydrographiques de mise en place des pièges à sédiments sur l'Yron dont le Longeau est un tributaire (source : vigicrue.gouv.fr)

Les résultats ont été traités après le passage de la crue ayant lieu au mois de décembre 2014 lorsque les niveaux d'eau sont revenus à des niveaux comparables à ceux de leur mise en place (septembre 2015).

2.5 Ripisylve (mission A5)

Les relevés de terrain ont consisté à parcourir à pied l'ensemble des tronçons afin d'en décrire la ripisylve.

Les deux berges ont généralement été observées depuis une même berge.

METHODES	
Observateur	Jean-Charles DOR (CLIMAX)
Dates	23 et 24 octobre 2014 (annexes 4, 7, 8 et 9) 29 juillet 2015 (annexes 1,2, 3, 6 et 6b)
Parcours des tronçons	Observations sur le recouvrement, la structure, la composition (espèces relevés), la présence d'essences particulières. Sectorisation de tronçons de ripisylve homogène Coupes schématiques de la rivière et de sa végétation Photographies régulières le long du tronçon
Conditions d'observation (météo, débits)	Bonnes conditions d'observation, situations hydrologiques moyennes

L'observateur a consigné, sur fond photographique, toutes les informations relatives à la végétation des berges : hauteur, épaisseur, stratification, composition dendrologique, essences particulières, dépérissement, reprise de la végétation (le cas échéant), végétations herbacées associées (phragmitaie, ourlet, etc.)...

La sectorisation de tronçons homogènes de ripisylve s'appuie sur ces descriptions :

- la composition dendrologique (arbres et arbustes), notamment au regard de la composition typique attendue ;
- la densité de la ripisylve : absente, discontinue, continue ;
- l'épaisseur : une seule rangée de ligneux, moyennement épaisse et très épaisse ;
- La stratification : présence d'une de deux strates (arborescente, arbustive) ;
- La reprise de la végétation ligneuse quand il y a eu des plantations ;
- la présence/absence et l'abondance de bois mort ;
- La présence/absence et l'abondance de plantes invasives.

Ces critères sont repris et synthétisés dans un tableau pour chaque tronçon ou annexe étudiée du Longeau. Des coupes schématiques traduisent une ou quelques situations typiques de chaque tronçon ou annexe.

La sectorisation se traduit en classes de qualité s'échelonnant sur cinq niveaux : « Mauvais état », « Assez mauvais état », « Etat moyen », « Bon état » et « Très bon état ». Ce diagnostic s'appuie sur l'ensemble des critères et traduit un écart au potentiel estimé de tronçon de rivière.

Ces résultats sont présentés sous forme de cartes et de diagramme en bâtons. La carte permet de localiser précisément les tronçons (rive droite et rive gauche si il y a une différence nette).

Les diagrammes donnent la répartition en linéaire de chacune des cinq classes de qualité. De chaque tronçon. Ceci permet notamment de comparer les tronçons (annexes) entre eux.

Chaque tronçon a fait l'objet d'un reportage photographique et les espèces particulières observées sont notées.

Les aspects théoriques de la ripisylve et de ses fonctions ont été tirés de la bibliographie.

L'analyse des données de terrain s'appuie sur la caractérisation de chaque tronçon par la ripisylve, mise en relation avec les travaux réalisés.

Les conditions et/ou les travaux propres à chaque tronçon font le cas échéant l'objet d'un développement particulier (exemple : reprise de plantations ; présence de cordon d'hélophytes).

La carte de sectorisation qui illustre les résultats sert d'outil à l'évaluation de chaque ripisylve et des valeurs qui s'y rattachent.

2.6 Missions A6 : étude hydrologique et hydraulique

2.6.1 Exploitation des données hydrométriques proches

Aucune station hydrométrique n'est disponible sur *le Longeau* qui aurait permis d'identifier les débits directement sur les sites restaurés. Par contre, plusieurs stations hydrométriques sont situées sur *l'Yron* et sur *l'Orne* dont les données statistiques ont été étudiées pour une estimation des débits.

L'Yron dispose de 3 stations de la Banque Hydro :

- Hannonville-Suzémont: bassin versant : 150 km², données statistiques à partir de 1996 ; station hydrologique fiable (DREAL Lorraine) ;
- Jarny (droitaumont), bassin versant : 156 km², station située directement en amont de l'embouchure *du Longeau*, mise en service en 2003, données pour débits à partir de 2013, mais sans données hydrologiques statistiques ; station hydrologique fiable (DREAL Lorraine) ;
- Jarny (la Cartoucherie), bassin versant : 383 km², station située directement en aval de l'embouchure *du Longeau*, données statistiques pour débits de 1967 à 2003 ; station hydrologique fiable (DREAL Lorraine).

L'Orne dispose de 3 stations de la Banque Hydro au voisinage de l'embouchure de *l'Yron* :

- Étain: bassin versant: 138 km², données statistiques à partir de 1997 ; station hydrologique fiable (DREAL Lorraine) ;
- Boncourt: bassin versant: 412 km², données statistiques à partir de 1960 ; station avec signification hydrologique (DREAL Lorraine) ;
- Jarny-Labry: bassin versant: 820 km², données statistiques à partir de 2007 ; station avec signification hydrologique (DREAL Lorraine).

Notons une 4^{ème} station plus éloignée (à Rosselange entre Metz et Thionville) et dont les données statistiques ont pu être exploitées également :

- Rosselange: bassin versant : 1 226 km², données à partir de 1967, mais sans données hydrologiques statistiques ; station hydrologique fiable (DREAL Lorraine).

2.6.2 Modélisation pluies-débits (Q₂ à Q₅₀)

En complément de l'étude statistique des stations hydrométriques proches, il est possible de comparer le bassin versant de *l'Orne* aux stations hydrométriques d'Étain (138 km²) et de Boncourt (213 km²) avec celui du Longeau (213 km²). Les bassins versants sont structurés de manière similaire, leur forme est plutôt circulaire qu'étendue. On peut donc présumer que les

débites spécifiques du Longeau sont plus comparables aux débits spécifiques de l'Orne qu'à ceux de l'Yron.

Différentes approches pour déterminer les débits Q_{MNA2} , le module et les crues Q_2 , Q_5 , Q_{10} , Q_{50} ont été retenues. Elles sont présentées ci-après.

✓ Q_{MNA2}

On a estimé le Q_{MNA2} du Longeau en considérant les Q_{MNA2} des stations de la Banque Hydro de l'Yron à Hannonville-Suzémont (0,095 m³/s) et à Jarny (0,570 m³/s) et en tenant compte des réflexions exposées plus haut.

Le Q_{MNA2} du Longeau à son exutoire doit être inférieur à la valeur de l'Yron à Jarny (la Cartoucherie) et supérieur à celle de Hannonville. L'étude Hydrolac définit un Q_{MNA2} pour la ville de Fresnes-en-Woëvre (bassin versant 56,5 km²) de 0,055 m³/s ce qui correspond à un débit spécifique Q_{MNA2sp} de 0,973 l/skm².

En admettant que ce débit spécifique reste approximativement constant sur le reste du cours d'eau (voir les Q_{MNA2sp} de l'Orne à Etain et à Boncourt, les débits spécifiques sont presque identiques, nous obtenons un Q_{MNA2} pour l'embouchure du Longeau de **0,207 m³/s**.

✓ Module

La valeur publiée en 2000 par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse (AERM) pour la période 1971-1990 est de **2,17 m³/s** pour le **module** du Longeau à son embouchure, valeur à laquelle l'étude Hydrolac se réfère également.

✓ Crues biennale, quinquennale, décennale et cinquantennale (Q_2 , Q_5 , Q_{10} et Q_{50})

Par manque de données pluviométriques pour Q_2 , on a d'abord estimé les débits de crue Q_5 , Q_{10} et Q_{50} par mise en œuvre d'un modèle pluies-débits basé sur des précipitations statistiques, l'occupation des sols et leur nature. Le modèle dérive de l'approche proposée par l'*US Soil Conservation Service* (SCS). Le logiciel utilisé est « *Hochwasseranalyse und Berechnung 7.0* ».

Des résultats pour Q_5 sont dérivés les données pour Q_2 en tenant compte de la relation Q_2/Q_5 des stations hydrométriques.

Les principales données d'entrée pour le logiciel hydrologique sont donc :

- *Les précipitations statistiques*

On détermine le temps d'écoulement du Longeau jusqu'à son confluent avec l'Yron par définition du temps de concentration selon la formule empirique de Kirpich:

$T_c = \left(0,868 \cdot \frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$	<p>avec T_c [h], longueur du cours principal L [km], hauteur H [m] (différence ligne de séparation des eaux et station) ou bien</p>
--	--

$$T_c = 0,0195 \cdot L^{0,77} \cdot p^{-0,385} \quad \text{avec } T_c \text{ [min], longueur du cours principal } L \text{ [m], pente pondérée } p \text{ [-] = H/L}$$

avec :

$L = 41,348 \text{ km}$ de la ligne de séparation des eaux à l'embouchure,

$H = 403 \text{ m} - 188 \text{ m} = 215 \text{ m}$,

$T_c = 8,8 \text{ heures}$.

En appliquant la méthode de la Fédération allemande ATV-DVWK on obtiendrait un temps d'écoulement légèrement plus élevé de $T_c = 10,5$ heures. D'autres études ont montré que la durée déterminante des précipitations varie entre $1 \cdot T_c$ à $2 \cdot T_c$ = de 8,8 à 17 heures pour notre cas.

Météo-France publie les coefficients de Montana locaux calculés qui permettent de calculer l'intensité maximale d'un épisode pluvieux d'une durée définie (6, 12, 18, 24 heures...etc.) ou la hauteur d'eau maximale à attendre pour un épisode pluvieux de courte durée. Des trois stations de Metz-Frescaty, Nancy-Essey et St-Dizier la station de Metz-Frescaty est la plus proche de notre bassin versant du Longeau. On a donc choisi les données correspondantes d'une durée de 12 heures.

2.6.3 Etude hydraulique

A partir des résultats de la mission topographique sur les annexes 9, 8, 7, 6, 6b, 4-5, 1-2-3 une estimation des capacités du lit mineur a été effectuée en fonction des données topographiques disponibles et à l'aide de la formule de **Manning-Strickler**:

$$Q = v \cdot S$$

$$= k_{St} \cdot s^{1/2} \cdot R_h^{2/3} \cdot S$$

Avec

Q = débit [m^3/s]

v = vitesse [m/s]

S = section mouillée [m]

k_{St} = coefficient de rugosité Manning-Strickler [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$]

s = pente [m/m]

R_h = rayon hydraulique [m]

Les profils topographiques des nivellements mis à disposition par Fluvial.IS (mission A2) ont été saisis dans AutoCAD, puis étudiés. A l'aide de l'application «B&B VermessCAD» ont été déterminés les paramètres hydrauliques des profils tels que :

- la section mouillée du profil [m^2]
- le périmètre mouillé du profil [m]
- le rayon hydraulique (section mouillée/périmètre mouillé) [m].

Afin de déterminer la pente moyenne du cours d'eau pour une annexe, on a comparé le profil en long du fond avec celui de la ligne d'eau. Là où les hauteurs du fonds de l'annexe sont très diverses (chutes, contre-pente ...) on a eu recours à la pente de la ligne d'eau pour déterminer une pente caractéristique de l'annexe. Si la pente locale entre les profils diffère considérablement de la pente de l'annexe, on a retenu la pente locale.

En complément de ces paramètres, il est nécessaire d'estimer le coefficient de rugosité de Strickler k_{St} [$m^{1/3}/s$] pour la détermination du débit Q à pleins bords [m^3/s]. Le coefficient retenu est égal à $k_{St} = 30$ [$m^{1/3}/s$].

A partir des données hydrauliques et du coefficient de Strickler nous avons calculé le débit **Q à pleins bords** [m^3/s] ainsi que la **vitesse à pleins bords** [m/s] selon la formule de Gauckler-Manning-Strickler pour un écoulement (1-D) stationnaire et uniforme. Le débit Q à pleins bords est comparé avec les débits Q_1 et Q_2 déterminés. Les résultats sont présentés en figure 12.

D'après ces calculs on observe que les débits à pleins bords des profils caractéristiques varient. Ils sont proches des débits statistiques Q_1 à Q_2 . On observe des débordements précoces pour les annexes en aval (1-2-3, 4,5), très souvent pour un débit inférieur à Q_1 . Les débordements dans les annexes en amont (8, 9) surviennent entre Q_1 et Q_2 . Les débordements dans les annexes 6, 6b et 7 sont plutôt observés pour un débit annuel Q_1 .

Sur la base de ces données, la **contrainte tractrice réelle** τ [N/m^2] a pu être déterminée pour les profils caractéristiques (fig. 12) selon la formule :

$$\tau = \rho_w \cdot g \cdot R_h \cdot s$$

Avec

- τ = contrainte tractrice [N/m^2]
- ρ_w = densité de l'eau [kg/m^3] = 1000
- g = gravité [m/s^2] = 9,81
- R_h = rayon hydraulique [m]
- s = pente [m/m]

Les contraintes tractrices varient entre 4,5 N/m^2 et 23,7 N/m^2 , seulement 3 valeurs dépassent 11,0 N/m^2 .

2.8 Physico-chimie (Mission D)

Concernant les analyses physico-chimiques, deux approches distinctes sont à considérer dans le jeu de données.

Pour les relevés du réseau de surveillance – SIERM (station LON5 à Friauville / plage de données disponible = de 2006 à 2015), les résultats utilisés reposent sur des chroniques annuelles de suivi physico-chimique. Le résultat annuel étant la moyenne des 12 prélèvements mensuels de l'année. En revanche, pour les relevés effectués en 2015 par DUBOST Environnement et Milieux Aquatiques dans le cadre du suivi spécifique des aménagements (LON 1 / LON 2B / LON 3 / LON 4 / LON5 /LON 6A) pour l'AERM, il s'agit de données ponctuelles (une seule date de prélèvement) dont la vocation était plutôt d'accompagner les relevés biologiques (description des conditions environnementales). Pour les paramètres communs entre ces deux démarches d'analyses physico-chimiques, la comparaison des résultats reste possible à condition de bien garder en tête que les uns sont intégrateurs d'une année entière tandis que les autres ne correspondent qu'à une image ponctuelle dans le temps.

Enfin, un enregistrement en continu de la température (toutes les heures) a été réalisé aux 6 mêmes stations que les relevés physico-chimiques ponctuels de 2015 (AERM), sur une période d'un peu plus d'un an (du 11 mai 2015 au 28 juin 2016). Ces relevés ont été effectués à l'aide de sondes immergées, enregistrant la température de l'eau toutes les heures. Du fait de divers incidents techniques, des manques sont survenus au cours de ces enregistrements :

- LON 1 : lors de la relève intermédiaire du 22/07/2015 il a été constaté que la sonde de température n'était plus là (apparemment retirée par quelqu'un). Une nouvelle sonde a été installée en remplacement et les données de températures ne sont donc disponibles que du 22/07/2015 au 02/12/2015 à cette station.
- LON 4 : idem, la sonde n'a pas été retrouvée le 22/07/2015 (raison non identifiée) et a donc été remplacée à partir de cette date. A cette station aussi l'enregistrement disponible couvre la période du 22/07/2015 au 02/12/2015.
- LON 6A : le 02/12/2015, la sonde a été retrouvée hors d'eau, sortie par quelqu'un et déposée en haut de berge. L'étude de l'évolution des températures a permis de constater que cette sonde a été sortie de l'eau le 26/07/2015, soit 4 jours après la relève intermédiaire. La plage de données disponibles à cette station va donc du 11/05/2015 au 26/07/2015.

2.9 *Invertébrés (Mission B2)*

Les données relatives aux invertébrés macrobenthiques présentent une variabilité d'opérateurs ainsi qu'une variabilité méthodologique.

Trois organismes opérateurs différents sont à l'origine des résultats disponibles :

- DIREN/DREAL : LON 2A (2011), LON 5 (2004 à 2007) et LON 6B (2011)
- ONEMA : LON 1 - LON 2A - LON 4 (2008)
- DUBOST Environnement/AERM : LON 1 – LON 2B – LON 3 – LON 4 – LON 5 – LON 6A (2015)

Deux protocoles différents ont été suivis pour les prélèvements et analyses :

- « Indice Biologique Global Normalisé » NFT 90-350 : 8 prélèvements unitaires séparés / identification taxonomique au genre / calcul de la note IBGN « vraie » (LON 5 de 2004 à 2007)
- « Macro-invertébrés : Prélèvement en cours d'eau peu profond » XP T90-333 : 12 prélèvements unitaires séparés / identification taxonomique au genre / calcul de la note « équivalent-IBGN » (tous les autres prélèvements)

2.10 *Poissons (données ONEMA)*

La faune piscicole a été suivie par un seul organisme opérateur (ONEMA) mais selon un calendrier d'échantillonnage variable entre les stations et avec des protocoles d'échantillonnages pouvant différer.

Concernant les dates des campagnes réalisées, le détail est le suivant :

- 2008 (juin puis juillet) : LON 1 – LON 2A – LON 2B – LON 4 – LON 5
- 2009 (juillet) : LON 2A
- 2012 (juillet) : LON 1 – LON 3
- 2014 (juillet) : LON 1 – LON 2B – LON 3 – LON 4 – LON 5 – LON 6A

Deux campagnes successives ont été menées en 2008 (aux 5 stations concernées) du fait de conditions hydrologiques non optimales lors de la campagne de juin. C'est pourquoi les mêmes stations ont de nouveau été pêchées au mois de juillet 2008.

En ce qui concerne le protocole d'échantillonnage, trois méthodes différentes ont été mises en œuvre pour les pêches électriques réalisées pour ces inventaires piscicoles :

- pêche complète (à pied) avec 1 seul passage (juin 2008 : LON 2A – LON 2B – LON 4 / juillet 2008 : LON 2B – LON 5)
- pêche complète (à pied) avec 2 passages successifs permettant de calculer des densités spécifiques totales estimées – méthode « De Lury » (juin 2008 : LON 1 / juillet 2008 :

LON 1 – LON 2A – LON 4 / juillet 2012 : LON 1 – LON 3 / juillet 2014 : LON 1 – LON 2B – LON 3 – LON 4 – LON 5 – LON 6A)

- pêche stratifiée « par points » en bateau - 75 points (juin 2008 : LON 5).

Cela peut donc avoir une influence sur les résultats de pêche, notamment en termes de densités relevées. Cette variabilité de méthode n'est pas due à une évolution des protocoles mais à des aspects de configuration de station (entre pêche complète ou par points) et au choix des opérateurs (entre 1 et 2 passages).

2.11 *Diatomées (données DIREN/DREAL)*

Les diatomées ont été étudiées par le même organisme opérateur (DIREN puis DREAL) au niveau de trois stations : LON 5 (de 1997 à 2007), LON 2A (2011) et LON 6B (2011). La méthodologie de prélèvement utilisée est celle de la norme « Indice Biologique Diatomées » NFT 90-354, par grattage de substrats durs pour récolte des diatomées fixées dessus. L'analyse floristique porte ensuite sur un minimum de 400 individus identifiés à l'espèce. La liste floristique ainsi obtenue est ensuite traduite en note indicielle selon le protocole IBD 2014.

2.12 *Macrophytes (données DREAL)*

Les macrophytes ont été appréhendés au travers du protocole « Indice Biologique Macrophyte en Rivière » NFT 90-395. Ces relevés ont été effectués à deux stations (LON 2A et LON 6B) en 2011 par la DREAL. A chaque station, les espèces végétales présentes sont identifiées, avec relevé des taux de recouvrement spécifique par faciès (lotique ou lentique). La liste floristique ainsi obtenue permet de calculer l'indice IBMR relatif au niveau trophique du cours d'eau. Deux campagnes ont pu être menées à la station LON 2A (juin et septembre 2011) mais une seule à la station LON 6B.

3. ANALYSE DES DONNÉES

3.1 Stations Carhyce

3.1.1 Le Longeau à Harville (LON1, 02805800, 2015)

La station atteint une longueur de 116,2 m à l'amont du radier du pont de Moulotte (RD202) (station Lon1). La largeur moyenne du lit mineur est de 8,3 m. La pente à l'étiage n'a pas été renseignée. L'ensemble de la station a été déterminée de faciès lentique. La classe médiane granulométrique (D_{50}) a été estimée à 4,4 mm.

La ripisylve naturelle (strate arborée et arbustive) est légèrement dominante sur la station. La nature des berges est également préservée.

3.1.2 Le Longeau à Allamont (LON2B, 0285802, 2014)

La station atteint une longueur de 126 m à l'amont de la connexion au lit non restauré (aval annexe 9) (station Lon2B). La largeur moyenne du lit mineur est de 9,0 m. La pente à l'étiage a été estimée à 0,36‰.

Sur la station, le faciès lentique prédomine mais les plats courants et les radiers alternent très souvent (fig. ci-dessous). La classe médiane granulométrique (D_{50}) a été estimée à 0,05 mm.

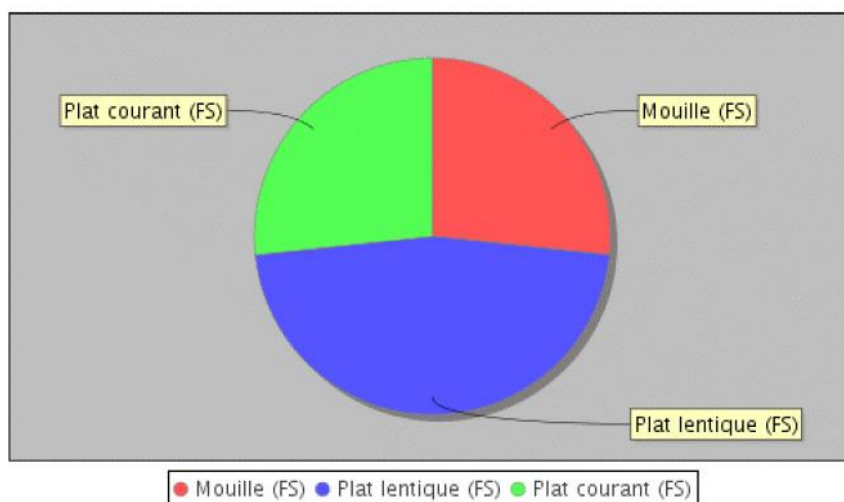


Figure 25 : répartition des faciès sur la station Lon2B (extrait rapport Carhyce, 2014)

La strate herbacée représente l'essentiel de la végétation de rive (végétation arborée 25%). On devine que la restauration de la ripisylve n'est pas aboutie. La nature des berges est préservée.

3.1.3 Le Longeau à Brainville (Lon4, 02085810, 2009, 2014)

✓ Résultats des relevés de 2009

La station atteint une longueur de 130 m à une centaine de mètres à l'aval du pont de Brainville (station Lon4). La largeur moyenne du lit mineur est de 9,3 m. La pente à l'étiage a été mesurée à 1,53 ‰. Plus de 50% de la station a été déterminée de faciès lentique, un tiers de faciès plat courant et le reste de faciès de radier rapide. La classe médiane granulométrique (D₅₀) a été estimée à 2,73 mm.

La ripisylve naturelle (strate arborée) est très largement dominante sur la station, la strate herbacée ne concernant que 15-20 % des rives. La nature des berges est également préservée.

✓ Résultat des relevés de 2014

La station conserve la même longueur que 5 ans auparavant ainsi que la largeur moyenne du lit mineur et la pente à l'étiage.

La cartographie des faciès ne montre pas de changement significatif ni l'estimation du D₅₀.

En ce qui concerne l'évolution de la ripisylve et des berges en général, aucun changement significatif n'est dégagé.

3.1.4 Résultats des relevés Carhyce

Sur les stations où des opérations Carhyce ont pu être effectuées, on constate :

- une moins grande diversité de faciès avec une prédominance des faciès lenticques pour les stations situées hors zone de restauration ;
- une certaine diversité pour les stations situées dans les annexes restaurées sans pouvoir pour le moment noter une évolution significative.

Les informations sur le colmatage (carrelets de pins) n'ont été renseignées qu'une fois (station Lon2B) et ne permettent donc pas d'en tirer d'enseignement satisfaisant.

3.2 Topographie et bathymétrie

3.2.1 Etat initial avant travaux

Une mission topographique a été confiée au cabinet Dehove au printemps 2007 (AT-Sinbio, AVP, 2007) :

- 12 profils en long (du lit principal et de ses 11 annexes) ;
- 22 profils en travers sur le lit principal originel (au droit de chaque connexion : 1 profil amont, 1 profil aval) ;
- 78 profils en travers sur les annexes (1/100 ml).

Nous n'avons pas pu avoir accès à ces données.

Sur la base de ces données, les bureaux d'étude concepteurs du projet avaient pu établir :

- une pente moyenne du lit 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 ‰) ; l'altitude du fond des méandres remis en eau devait être légèrement réhaussée de 30 cm sur le principe que le lit avant travaux devait être surcreusé (rectification) ;
- une largeur à pleins bords moyenne de 8 m à l'amont, 10 m à l'aval de la confluence de la Seigneulle
- une capacité hydraulique calée sur l'atteinte du débit de pleins bords au moins 1 fois par an avec une section hydraulique entre 9 et 11 m² (AVP, p. 28, SINBIO, ADT, 2008). Ce qui signifie pour les auteurs du projet, dès sa conception, que le « débit capable sera sensiblement inférieur » au débit avant travaux (cette différence doit être absorbée par les anciens lits qui seront partiellement conservés à la suite de la création à l'amont de chacun d'eux d'un déversoir de crue).

3.2.2 Etat après travaux

Des plans de récolement des travaux auraient permis de reconstituer de façon fiable l'état après travaux. Malheureusement ceux-ci ne nous étaient pas disponibles.

Les résultats de mesures topographiques (profils en long et en travers) pour chaque site sont présentés en annexe du rapport de campagne.

Ainsi, ont été relevés et représentés graphiquement :

Site	Linéaire du profil en long (arrondi)	Nombre de profil en travers dessinés
ANNEXE 1,2,3 (automne 2015)	782	10
ANNEXE 4-5 (automne 2014)	175	4
ANNEXE 6 (automne 2015)	604	8
ANNEXE 6B (automne 2015)	780	12
ANNEXE 7 (automne 2014)	1110	15
ANNEXE 8 (automne 2014)	1045	4
ANNEXE 9 (automne 2014)	1900	14
Total	6 396	67 (soit 1 profil tous les 95 m en moyenne)

Les relevés topographiques ont permis de géoréférencer également de nombreux points, qui faciliteront le suivi de l'évolution en plan, en travers et en long du cours d'eau.

3.3 Hydrologie

3.3.1 Résultats de l'étude statistique des données hydrométriques proche

La comparaison des bassins versants des rivières Yron et Orne ainsi que des données statistiques des stations de jaugeage voisines permet de constater que :

- le bassin versant du Longeau (213,126 km²) est supérieur à celui de l'Yron (163,969 km²) avant l'embouchure de son affluent principal gauche, le Longeau ;
- la forme du bassin versant de l'Yron est plus étendue que celui du Longeau qui est plus arrondi, il en résulte un débit supérieur pour le Longeau. La forme plus étendue est caractérisée par des temps d'écoulement différents ; pour la forme plus arrondie on observe des temps d'écoulement plutôt homogènes d'où résultent des débits supérieurs ;

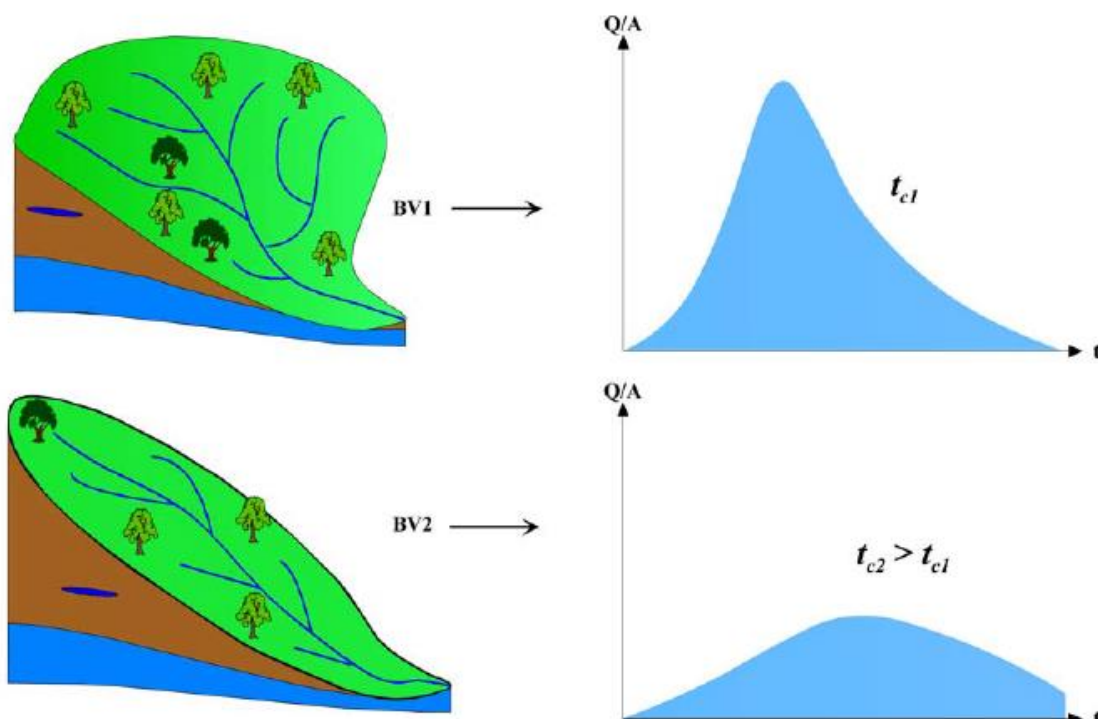


Figure 26 : influence de la forme du bassin sur l'hydrogramme de crue (Musy, 2005)

- de nombreux étangs et lacs font partie du bassin-versant de l'Yron ce qui a pour effet une meilleure rétention et un débit inférieur ;
- le cours du Longeau de sa source à son embouchure est de 37,5 km, comparable à la longueur du cours de l'Yron de sa source à l'embouchure du Longeau (34,5 km). On peut en déduire des temps d'écoulement similaires qui peuvent provoquer une concomitance des pointes de crue à leur confluence ;

Les débits statistiques Q_2 , Q_5 , Q_{10} de l'Yron à Jarny (la Cartoucherie) (bassin versant 383 km²) sont 7 fois plus élevés qu'à Hannonville-Suzémont (bassin versant 150 km²) bien

que le bassin versant à Jarny ne soit que 2,5 fois plus étendu qu'à Hannonville. Les débits spécifiques (= débits mis en relation à la taille des bassins versants) sont encore trois fois plus forts à Jarny.

A Jarny c'est apparemment le Longeau qui a une plus forte influence sur les crues plutôt que l'Yron bien que les longueurs des deux rivières soient à peu près égales et leurs temps d'écoulement similaires. Le parcours plutôt hétérogène du Longeau, le bassin versant plus étendu de l'Yron, le grand nombre d'étangs et de lacs situés sur l'Yron avec leur effet de rétention des hautes eaux peuvent plaider pour cet effet. En étudiant la cartographie de la crue historique de 1981 on remarque qu'il n'y a pas presque eu de débordements de l'Yron, au contraire de l'Orne et surtout du Longeau.

Le fait que les crues survenues sur l'Yron soient déterminées plutôt par le Longeau que par l'Yron lui-même a aussi été discuté par SINBIO. Dans cette étude les débits déterminés par approximation pour le Longeau ont été définis en général par soustraction des valeurs des deux stations Jarny-Hannonville d'où résultent des valeurs assez élevées pour le Longeau:

	19/12/1999	08/01/2001	21/02/2002	04/01/2003
débit de l'Yron mesuré à Hannonville	12,9 m ³ /s	10,90 m ³ /s	10,70 m ³ /s	4,320 m ³ /s
débit de l'Yron mesuré à Jarny	55,50 m ³ /s	48,20 m ³ /s	59,20 m ³ /s	42,30 m ³ /s
débit du Longeau (approximation)	40,00	36,55	48,50	38,00

Tab. 1: Tableau d'estimation des débits du Longeau pour quelques événements caractéristiques (SINBIO p. 22)

- De la comparaison des débits statistiques Q_2 , Q_5 , Q_{10} de l'Orne à Etain (bassin versant 138 km²) avec ceux de l'Yron à Hannonville-Suzémont (bassin versant 150 km²) résultent des valeurs supérieures de 50% pour l'Orne bien que les deux bassins versants soient de même taille (fig. 3). L'Orne apporte donc plus d'eau par temps de crue que l'Yron - ce qui paraît plausible.

De la comparaison des données de l'Orne à Boncourt (bassin versant 412 km²) avec celles de l'Yron à Jarny (la Cartoucherie) (bassin versant 383 km²) résulte que les valeurs pour l'Orne représentent seulement 66 % des valeurs de son affluent l'Yron bien que le bassin versant soit plus grand (fig. 2).

Il faut noter que les données de la station à Jarny (la Cartoucherie) s'accordent mal avec celles des autres stations hydrométriques. L'étude Hydrolac parvient à la même conclusion. Cet effet soulève des questionnements ; on imagine mal ces forts débits de l'Yron à Jarny (la Cartoucherie), ou bien, autrement dit, on imagine mal une si grande influence du Longeau sur l'Yron. Cette station a finalement été abandonnée pour des raisons de coûts et non de fiabilité (communication DREAL).

Par conséquent, on ne peut pas déduire directement les débits statistiques du Longeau des données de la station de Jarny (la Cartoucherie).

La modélisation hydrologique fournit des valeurs statistiques pour le Longeau à son embouchure. D'ores et déjà, on peut s'attendre à des valeurs spécifiques supérieures à celles de l'Yron à Hannonville-Suzémont.

Une autre approche consiste à comparer les bassins versants de l'Orne aux stations hydrométriques d'Etain (138 km²) et de Boncourt (213 km²) avec celui du Longeau (213 km²). Les bassins versants sont structurés de manière similaire, leur forme est plus arrondie qu'étendue. On peut donc estimer que les débits spécifiques du Longeau sont comparables aux débits spécifiques de l'Orne plus qu'à ceux de l'Yron.

3.3.2 Estimation des débits du Longeau à l'exutoire

✓ Q_{MNA2}

On a estimé le Q_{MNA2} du Longeau en considérant les Q_{MNA2} des stations de la Banque Hydro de l'Yron à Hannonville-Suzémont (0,095 m³/s) et à Jarny (0,570 m³/s) et en tenant compte des réflexions exposées plus haut.

Le Q_{MNA2} du Longeau à son exutoire doit être inférieur à la valeur de l'Yron à Jarny (la Cartoucherie) et supérieur à celle de Hannonville. L'étude Hydrolac [3] définit un Q_{MNA2} pour la ville de Fresnes-en-Woëvre (bassin versant 56,5 km²) de 0,055 m³/s ce qui correspond à un débit spécifique Q_{MNA2sp} de 0,973 l/skm².

En admettant que ce débit spécifique reste approximativement constant sur le reste du cours d'eau (voir les Q_{MNA2sp} de l'Orne à Etain et à Boncourt, les débits spécifiques sont presque identiques), on peut en déduire un Q_{MNA2} pour l'embouchure du Longeau de 0,207 m³/s.

✓ Module

La valeur publiée en 2000 par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse (AERM) [4] pour la période 1971-1990 est de 2,17 m³/s pour le module du Longeau à son embouchure, valeur à laquelle l'étude Hydrolac [3] se réfère également.

3.3.3 Résultats à partir du modèle pluie – débit (Q₂, Q₅, Q₁₀, Q₅₀)

✓ Valeurs générales

Durée de retour [ans]	Hauteur estimée [mm]
5	40,2
10	47,7
50	67,2

Tab. 2: Précipitations statistiques d'une durée de 12 h à Metz-Frescaty publiées par Météo-France

L'occupation des sols du bassin versant selon les données Corine 2012 montre que le bassin est occupé majoritairement de surfaces à exploitation agricole et de forêts, la part des surfaces bâties est inférieure à 2 %.

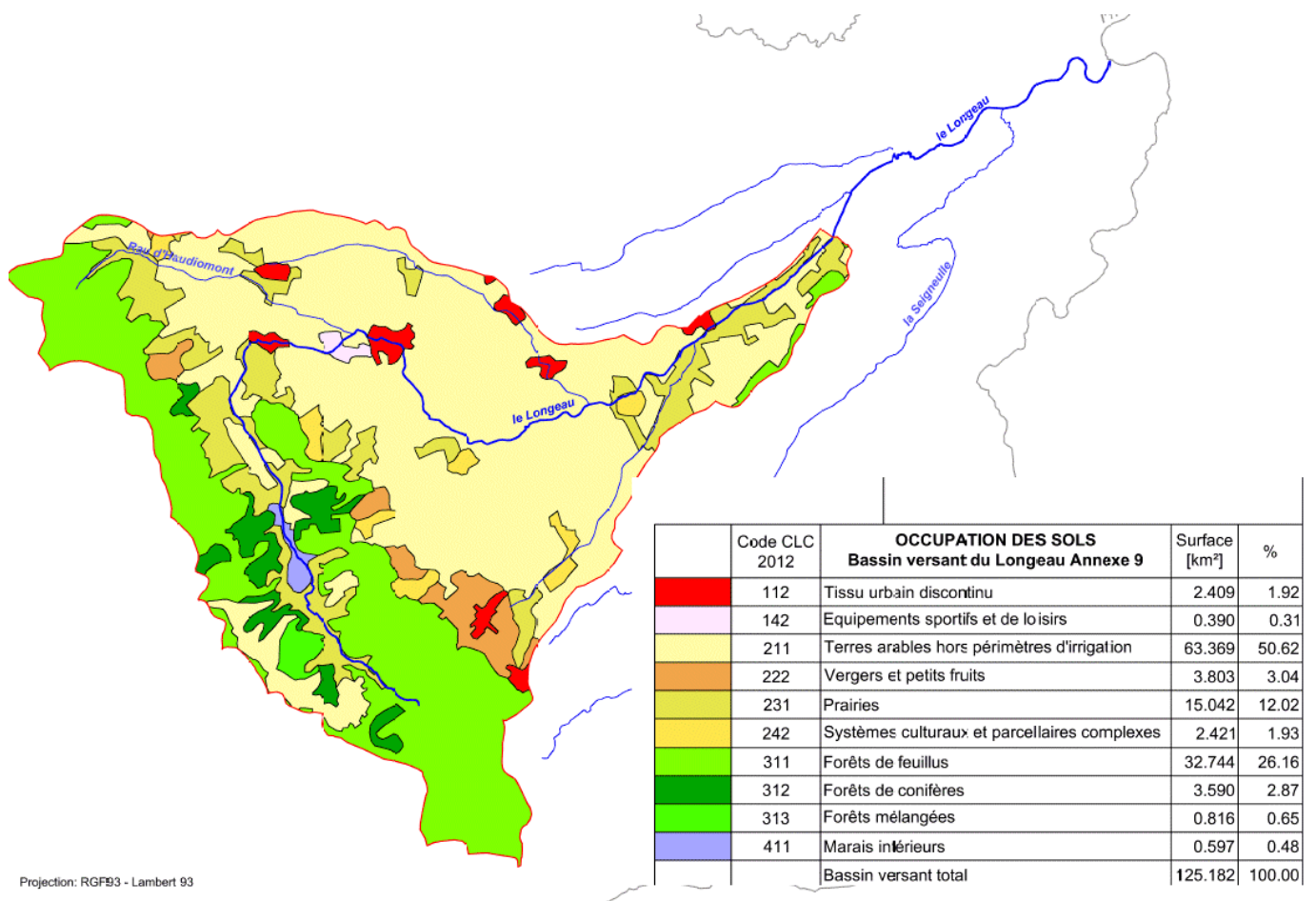


Figure 27 : occupation des sols du bassin drainé à l'amont de la zone d'étude (extrait, IPWebel GmbH, 2016)

Conformément au modèle SCS, la classe «D» = faible infiltrabilité a été choisie pour désigner la nature des sols, cas des argiles, sols imperméables - comme également prévu par l'étude Hydrolac.

Ces données permettent de définir des indices de ruissellement C_N (ou α). Il en résulte une valeur globale pondérée de **85,4** pour l'ensemble du bassin versant du Longeau.

Le modèle SCS prévoit deux possibilités pour la détermination du coefficient d'écoulement Psi (ψ): « SCS original » vs. « SCS modifié ». Pour des précipitations inférieures à environ 50 mm il est recommandé de choisir le SCS modifié car dans ces cas le SCS original produit des précipitations effectives trop basses. Pour les autres cas il est recommandé de choisir le SCS original.

Compte tenu des hauteurs des précipitations nous choisissons donc le SCS modifié pour Q_5 et Q_{10} , le SCS original pour Q_{50} .

Les valeurs d'entrée du logiciel hydrologique permettent le calcul des débits. Il a été procédé à une analyse de sensibilité de différents paramètres du modèle faute de calibrage dû aux manques de stations hydrométriques sur le Longeau. Les résultats pour Q_5 varient ainsi de 37 m^3/s à 49 m^3/s . Par raisons de plausibilité la valeur d'un $Q_5 = 42,6 m^3/s$ a été retenue.

En appliquant ces mêmes paramètres aux autres fréquences on a pu déterminer les débits de $Q_{10} = 57,20 m^3/s$ et $Q_{50} = 91,30 m^3/s$ en tenant compte bien sûr des précipitations statistiques modifiées.

Les résultats pour Q_5 sont dérivés des données pour Q_2 en tenant compte de la relation Q_2/Q_5 des stations hydrométriques. Les facteurs de proportionnalité Q_2/Q_5 varient entre 0,68 à 0,79; on choisit 0,75; $Q_2 = 0,75 * Q_5 = 0,75 * 42,6 = 31,95 m^3/s$.

Le tableau 4 synthétise l'ensemble des débits Q_{MNA2} , Module, Q_2 , Q_5 , Q_{10} , Q_{50} :

le Longeau à	BV [km ²]	Q_{MNA2} [m ³ /s]	Module [m ³ /s]	Q_2 [m ³ /s]	Q_5 [m ³ /s]	Q_{10} [m ³ /s]	Q_{50} [m ³ /s]
Jarny (embouchure)	213,126	0,207	2,17	31,95	42,60	57,20	91,30

Tab 4: Débits statistiques estimés du Longeau à l'embouchure dans l'Yron

L'ensemble des résultats concorde avec les données statistiques de l'Orne, mais par contre ils paraissent contredire les données statistiques de la station de Jarny (la Cartoucherie) située sur l'Yron. Pour correspondre aux résultats de cette station, les résultats de la modélisation auraient dû être nettement beaucoup plus élevés - ce que contredit, même après vérification, le modèle hydrologique .

En complément, une estimation approximative pour Q_1 a été apportée en tenant compte des données élaborées pour d'autres bassins versants. Les débits de récurrence de 1 à 2 ans sont supposés proches du débit de pleins bords pour les rivières non perturbées. Les débits à pleins bords sont présentés ci-après (étude hydraulique). - La valeur choisie pour Q_1 s'élève à environ $Q_1 = 0,3 * Q_2$ à $0,4 * Q_2 \approx 0,35 * 31,95 m^3/s = 11,18 m^3/s$.

✓ Débits du Longeau aux annexes

La détermination de la surface des sous-bassins versants du Longeau aux endroits marquants = annexes 9, 8, 7, 6, 1-2-3 (fig. 7) est réalisée sur la base des sous-bassins versants définis par l'AERM (à partir des limites aval des annexes) :

Annexe	1-2-3	4, 5	6, 6b	7	7	8	8	9
Superficie [km ²]	213,126	209,415	157,984	153,541	137,887	136,955	126,002	125,182
Position	immédiatement avant embouchure dans l'Yron	amont confluent avec Seigneulle	amont confluent avec Seigneulle	profils 8 à 15 aval confluent avec ruisseau de Fontaine	profils 1 à 7 amont confluent avec ruisseau de Fontaine	profil 4 aval confluent avec fossé des Noues	profils 1 à 3 amont confluent avec fossé des Noues	

Tab 5: Sous-bassins versants aux annexes

Une approche complémentaire par l'estimation des débits pour les sous-bassins versants par comparaison avec les débits spécifiques à l'aide de *la formule de Myers* a été testée:

$$Q_{sbv} = Q_{bv} * (A_{sbv}/A_{bv})^\alpha \text{ avec } Q_{sbv} = \text{débit du sous-bassin versant, } Q_{bv} = \text{débit du bassin versant}$$

$$A_{bv} = \text{surface du bassin versant, } A_{sbv} = \text{surface du sous-bassin versant}$$

Le coefficient α (ou coefficient régional) peut varier pour les crues suivant le pays, le climat, les configurations du sol et les masses d'eau apportées par les affluents.

En général, α varie entre 1 et 0,5. Dans le cas où α est égal 1, les débits sont directement proportionnels aux surfaces des bassins versants.

Q_{MNA2}

Les résultats de l'étude Hydrolac ont été repris avec un Q_{MNA2} = 0,055 m³/s pour Fresnes-en-Woëvre (bassin versant 56,5 km²). Le Q_{MNA2sp} est donc égal à 0,973 l/skm².

En partant du fait que ce débit spécifique reste constant sur le reste du cours d'eau pour les autres annexes nous avons déterminé les autres Q_{MNA2}.

Module

Pour l'annexe 1-2-3 on prend en compte la valeur donnée par l'AERM à l'exutoire (213,126 km²) de 2,17 m³/s (module spécifique = 10,182 l/skm²) (fig. 10).

Pour les annexes 4 et 5 à l'aval du confluent de la Seigneulle avec des bassins versants presque identiques (209,415 et 208,382 km²), on modifie légèrement la valeur de l'AERM pour le Longeau à l'aval du confluent avec la Seigneulle (= 2,13 m³/s; module spécifique = 10,222 l/skm²) et on définit un module à 2,14 m³/s.

Pour les annexes en amont du confluent avec la Seigneulle, la formule de Myers s'applique. Ici, à l'amont de la Seigneulle (157,984 km²), l'AERM définit une valeur de 1,68 m³/s. En comparaison avec les 2,17 m³/s pour l'exutoire (213,126 km²), un exposant $\alpha = 0,85$ s'établit en fonction de ces données. Cet $\alpha = 0,85$ permet alors de déterminer les débits pour les annexes 6, 6b, 7, 8, 9.

Pour Fresnes-en-Woëvre l'étude Hydrolac a déterminé un module = 0,70 m³/s ce qui correspond parfaitement à nos calculs avec $\alpha = 0,85$.

Q₂, Q₅, Q₁₀ et Q₅₀

Dans un premier temps nous avons consulté de nouveau le logiciel hydrologique pour calculer les débits de Q₅, Q₁₀ et Q₅₀ à la position de l'**annexe 9**. On a suivi la méthode pour les débits Q₂, Q₅, Q₁₀ et Q₅₀ du bassin versant *du Longeau* à son embouchure (cf. ci-dessus).

En tenant compte de l'occupation des sols pour ce sous-bassin (Figure 5), de la classe «D» pour la nature des sols (SCS) on obtient des index de ruissellement C_N (ou α). Il en résulte une valeur globale pondérée de **82,7** pour l'ensemble du sous-bassin versant à l'annexe 9.

La détermination du coefficient d'écoulement Psi (ψ) se fait pour Q₅ et Q₁₀ à l'aide du „SCS modifié“, pour Q₅₀ à l'aide du SCS original d'où résultent les débits pour **Q₂ = 17,28 m³/s**, **Q₅ = 23,04 m³/s**, **Q₁₀ = 30,83 m³/s** et **Q₅₀ = 48,84 m³/s** pour l'**annexe 9**. La figure 10 présente les tableaux et hydrogrammes correspondants pour Q₅, Q₁₀ et Q₅₀.

Dans un second temps, les débits calculés pour l'annexe 9 sont mis en relation avec les débits calculés à l'exutoire ce qui permet leur répartition pour les autres annexes. De cette comparaison résultent des valeurs pour α qui sont légèrement supérieures à 1,0 ($\alpha = 1,155$ pour Q₅, $\alpha = 1,1615$ pour Q₁₀ et $\alpha = 1,1755$ pour Q₅₀).

La valeur estimée du Q₅₀ à Fresnes-en-Woëvre est de 19,17 m³/s. L'étude Hydrolac qui n'a pas calculé un Q₅₀ mais un Q₁₀₀, obtient une valeur de 24 m³/s à cet endroit. Le facteur de proportionnalité Q₅₀ / Q₁₀₀ ($\approx 0,8$) nous paraît raisonnable et confirme nos calculs

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

✓ Résultats des calculs hydrauliques

Les contraintes tractrices varient entre 4,5 N/m² et 23,7 N/m², seulement 3 valeurs dépassent 11,0 N/m².

Le modèle hydrologique du Longeau n'a malheureusement pas pu être calibré correctement, du fait de données statistiques manquantes sur son bassin versant. De plus les données de la station à Jarny (la Cartoucherie) ne concordent pas avec celles des autres stations hydrométriques. Par conséquent on ne peut pas déduire directement les débits statistiques du Longeau des données de cette station.

Pourtant les résultats hydrologiques restent comparables aux débits et aux débits spécifiques de l'Orne et semblent être plausibles.

Les calculs des débits Q à pleins bords reposent sur un écoulement (1-D) stationnaire et uniforme. Par manque de données des niveaux d'eau et des débits, un calibrage n'a pas non plus été réalisé.

On observe que si les débits à pleins bords des profils caractéristiques varient, ils restent proches des débits statistiques Q₁ à Q₂ ce qui permet de confirmer un calibrage correct du lit mineur lors de la phase travaux pour ce type de cours d'eau (cf. § 3.4 hydromorphologie)

3.4 Morphologie des lits

3.4.1 Etat avant travaux

Le bureau d'étude SINBIO (AT, SINBIO, 2008) avait estimé que la section mouillée avant travaux variait entre 8 et 10 m² à l'amont de la confluence de la Seigneulle et de 10 à 12 m² à l'aval, correspondant à des largeurs moyennes à pleins bords respectives de 8 et 10 m.

Onze annexes déconnectées, représentant un linéaire de presque 9 km, avaient été recensées avant travaux (SINBIO, 2008):

<i>ANNEXE 9</i>	<i>2 090 ml</i>	<i>Allamont/Labeuville</i>
<i>ANNEXE 8</i>	<i>2 300 ml</i>	<i>Allamont/Brainville</i>
<i>ANNEXE 7 BIS</i>	<i>480 ml</i>	<i>Allamont/Brainville</i>
<i>ANNEXE 7</i>	<i>1 090 ml</i>	<i>Allamont/Brainville</i>
<i>ANNEXE 6 BIS</i>	<i>750 ml</i>	<i>Brainville</i>
<i>ANNEXE 6</i>	<i>540 ml</i>	<i>Friauville</i>
	<i>Confluence avec la Seigneulle</i>	
<i>ANNEXE 5</i>	<i>300 ml</i>	<i>Friauville</i>
<i>ANNEXE 4</i>	<i>375 ml</i>	<i>Friauville</i>
<i>ANNEXE 3</i>	<i>140 ml</i>	<i>Friauville</i>
<i>ANNEXE 2</i>	<i>290 ml</i>	<i>Friauville</i>
<i>ANNEXE 1</i>	<i>500 ml</i>	<i>Friauville/Conflans-en-Jarnisy</i>

Ces annexes étaient diversement comblées et leurs largeurs estimées du même ordre de grandeur que l'ancien lit. Elles ont été le fruit d'opérations de rectifications intervenues après les années 1930.

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 (fig. ci-après).

Des problèmes d'incision du lit et d'érosions de berge avaient été alors signalés comme dysfonctionnements et avaient été attribués directement à la rectification du lit mineur.

Les relevés réalisés sur les stations LON1 (station témoin) LON 2, LON4 (entre 2 secteurs restaurés) et LON5 dégagent certes une dominance des faciès plutôt lenticques (relevé IAM, ONEMA). Toutefois, il faut noter que la station LON1 est située directement à l'amont d'un pont (effet seuil de fond artificiel ?), alors que les deux autres stations présentent des linaires plus diversifiés

Le Longeau à Moulotte (LON1)

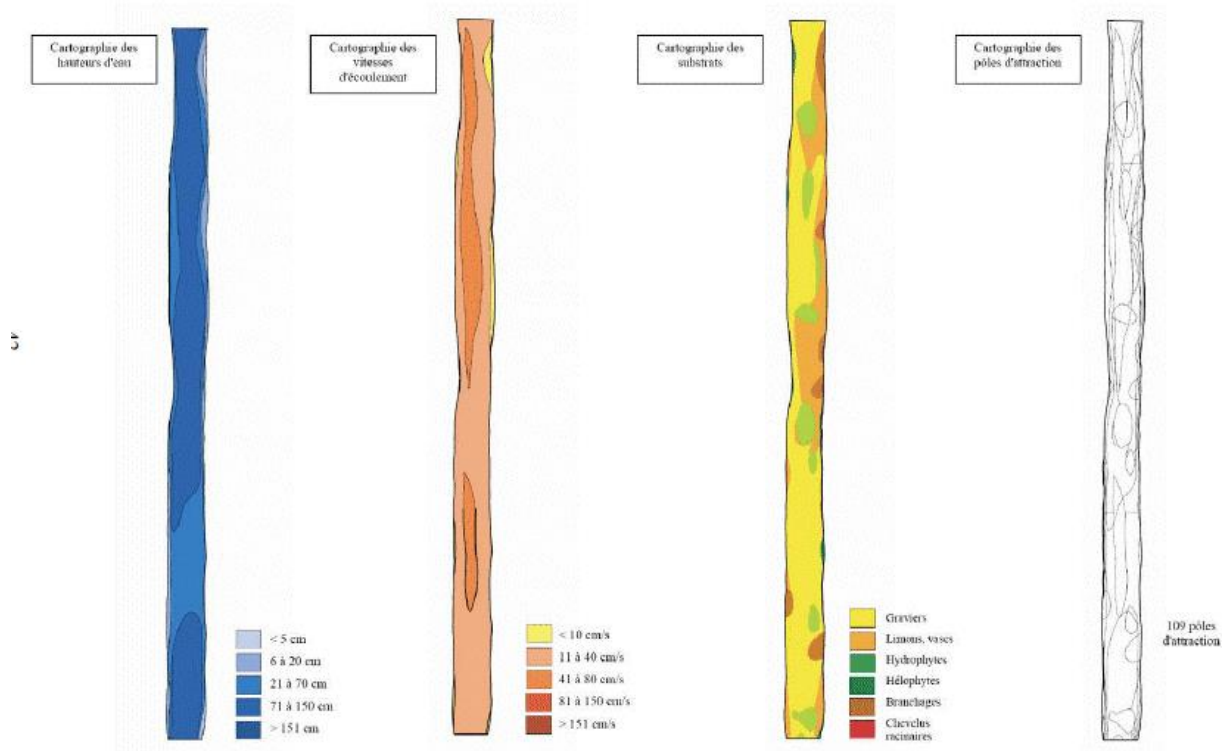


Figure 28 : cartographie IAM sur LON1 à Moulotte (ONEMA, 2008)

Le Longeau à Allamont (LON2)

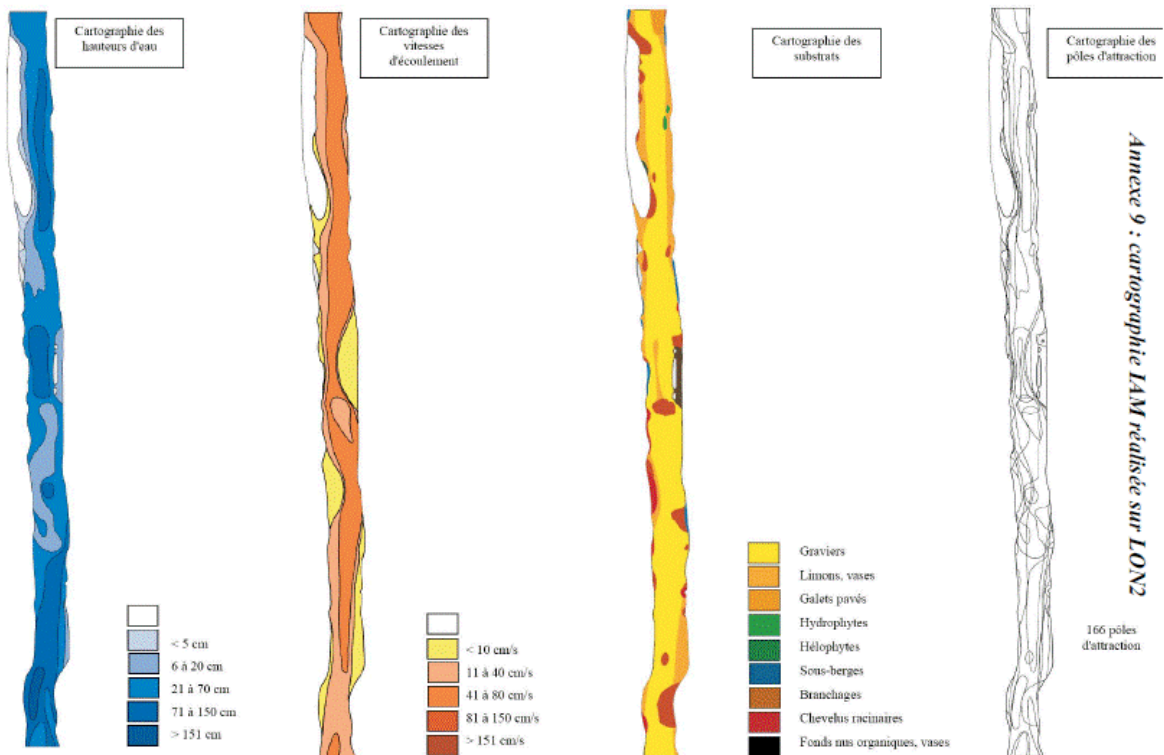


Figure 29 : cartographie suite aux relevés IAM sur LON2 à Allamont (Onema, 2008)

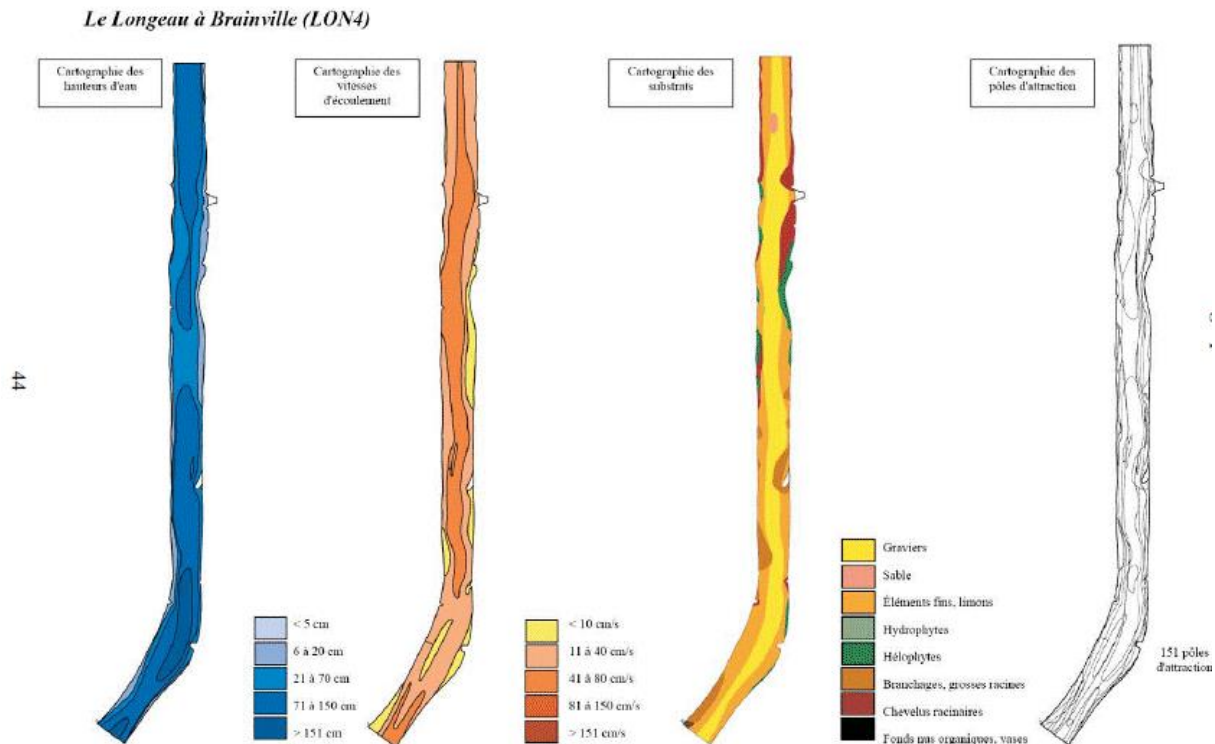


Figure 30 : cartographie suite aux relevés IAM sur LON4 à Brainville (Onema, 2008)

3.4.2 Etat après travaux

L'état après travaux des tronçons n'a pas été décrit au moyen de l'outil Qualphy.

En ce qui concerne l'outil Carhyce, seule la station Lon4 (donc hors tronçons restaurés) a été réalisée avant et après travaux.

La morphologie *stricto sensu* des lits n'a donc pas fait l'objet d'une estimation post-travaux. Par contre, les relevés topographiques (profils en long, profils en travers), les données sur les sites d'érosion, et moins directement l'analyse des processus sédimentaires et la cartographie des faciès d'écoulement peuvent fournir des informations sur l'état des formes.

Un reportage photographique géoréférencé de près de 750 clichés a également été réalisé au cours de ces différentes missions (Fluvial.IS, 2014-15).

3.5 Mesures des faciès d'écoulements

Les cartographies de faciès sont présentées en annexe des rapports de campagne (Fluvial.IS 2015 et 2016).

- Les annexes restaurées 1, 2, 3 et 6 montrent des fréquences de type de faciès assez similaires. Le faciès dominant correspond au chenal lentique pour 40 à 50 % du linéaire parcouru. Toutefois, la distribution spatiale des linéaires de ce faciès diffère entre les deux sites. Sur l'annexe 6, près des deux tiers amont de l'annexe correspondent à des faciès de chenal lentique, entrecoupés par du plat lentique. Le tiers aval de l'annexe, dont la pente

augmente sensiblement, est bien plus diversifié. L'annexe 1, 2, 3 montre également peu de diversité de faciès d'écoulement qui se limite surtout à la portion centrale.



Photo 2 : les écoulements de type lentique des annexes 1, 2 3

- L'annexe 6b est plus diversifiée en termes de faciès d'écoulement. On observe une part plus importante de faciès plat (65 %) se répartissant entre plat lentique (env. 38,5 %), plat courant (7,4 %) et le faciès intermédiaire (19 %).



Photo 3 : les faciès un peu plus diversifiés de l'annexe 6b

- Malgré les opérations de restauration, l'annexe 7 est la moins diversifiée d'un point de vue faciès d'écoulement. Un important linéaire correspond au faciès intermédiaire PC/PL, soit 57% du linéaire du tronçon renaturé.



Photo 4 : le linéaire du Longeau non restauré au droit de l'annexe 8 est plus diversifié

- Le linéaire non restauré parallèle à 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 homogénéisation des écoulements sur un important linéaire (faciès chenal lentique et plat lentique représentant 68 % du linéaire cumulé de ce secteur particulier non restauré).

- L'annexe 9 (restaurée), l'annexe 8 et l'annexe 4-5 non restaurées (notée « rectifiée ») présentent des similitudes en terme de diversité et de fréquence de type de faciès. L'histogramme de l'annexe 9 montre toutefois une répartition entre les fréquences de faciès plus « équilibrée ».



Photo 5 : l'annexe 9 présente déjà une certaine diversité de faciès grâce à des profondeurs et des largeurs elles-mêmes variées

La distribution des fréquences nous montre qu'il n'existe pas de relation entre type d'annexe (restaurée ou non) et diversité des faciès.

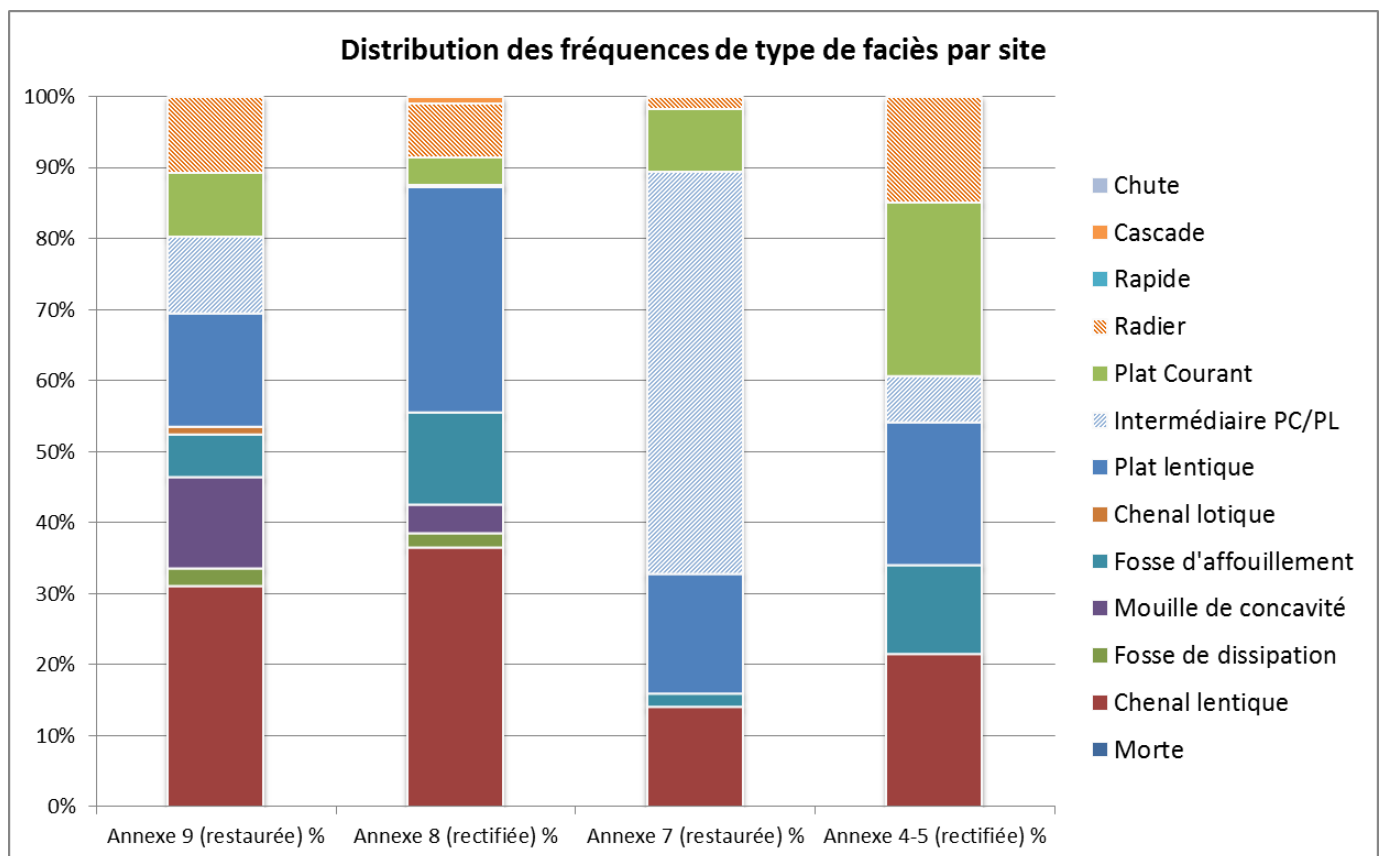
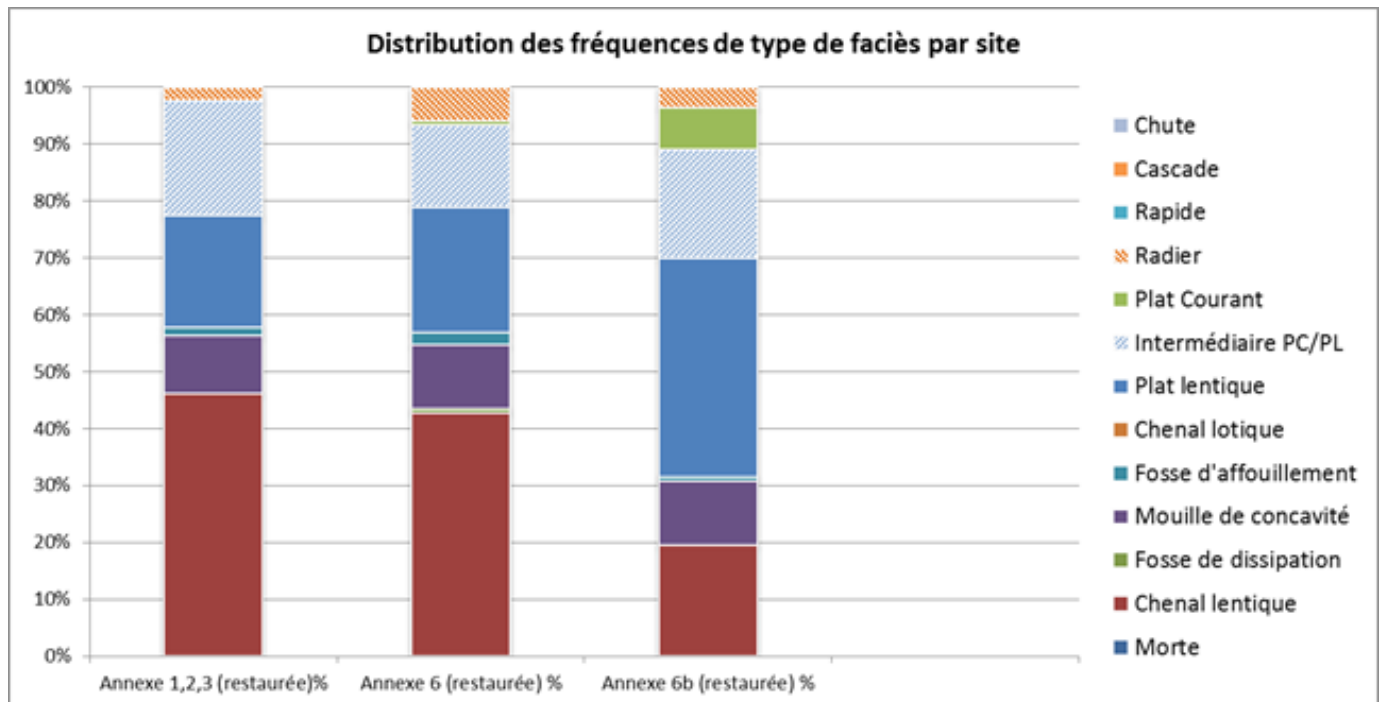
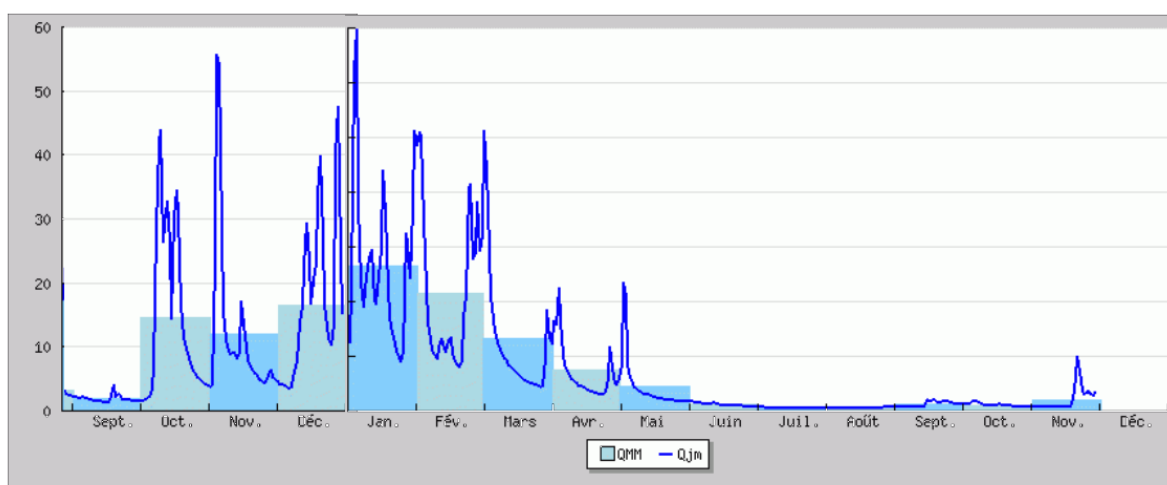


Figure 31 : Type de faciès : distribution de fréquences par site (en haut les sites inspectés en 2015, en bas ceux inspectés en 2014)

3.6 Mesures des linéaires stabilisés et du taux d'érosion

De premiers résultats des suivis du comportement morpho-sédimentaires ont pu être observés au cours de la mission globale pour les premiers sites étudiés à partir de 2014.

Si les conditions hydrologiques n'ont pas été exceptionnelles au cours de l'hiver 2014-2015, elles ont néanmoins connus des débits suffisamment soutenus pour activer la dynamique morpho-sédimentaire du Longeau (figure ci-dessous).



Qmm : écoulement mensuel mesuré
Qjm : débit journalier moyen
Qnn : écoulement naturel reconstitué

Figure 32 : Débits journaliers de l'Orne à l'aval de la confluence du Longeau : l'hiver 2014-2015 ne fut pas marqué par des débits exceptionnellement forts mais reste une année humide avec des débits soutenus pendant 3 à 4 mois consécutifs, et susceptibles d'être assez favorables à la dynamique latérale (d'après données Banque Hydro à Moyeuve-Grande)

3.6.1 Résultat du suivi des sites d'érosion (annexe 9 et au droit de l'annexe 8)

Les sites d'érosion identifiés sur la première campagne de relevés (2014) étaient concentrés sur les annexes 8 et 9.

Sur ces annexes deux types de marqueurs avaient été levés : des marqueurs physiques (pieux enterrés) d'une part, et des relevés au GPS de précision d'autre part.

Comme évoqué précédemment, les marqueurs physiques en rive ont disparu et n'ont donc pas pu être exploités.

Les levés au GPS ont néanmoins permis de constater :

- une évolution moyenne à relativement forte des berges en érosion sur l'annexe restaurée (annexe 9) se traduisant par un recul d'environ de plusieurs dizaines de

cm en 1 année. Les situations peuvent être très variables entre 0,2 m et presque 1 m.

- une certaine stabilité des berges sur l'annexe non restaurée (rectiligne)



S



Photo 6 : A gauche : relative stabilité de berge ERO2 entre 12/14 et 12/15. A droite : léger recul de berge peu perceptible visuellement. En bas : la rive qui a subi l'érosion la plus forte a reculé de 0,5 à 0,9 m ce qui

représente une érosion moyenne à assez forte, à tempérer par des suivis ultérieurs (débits hivernaux soutenus exceptionnellement longs en 2014-15) (Ero2-03).

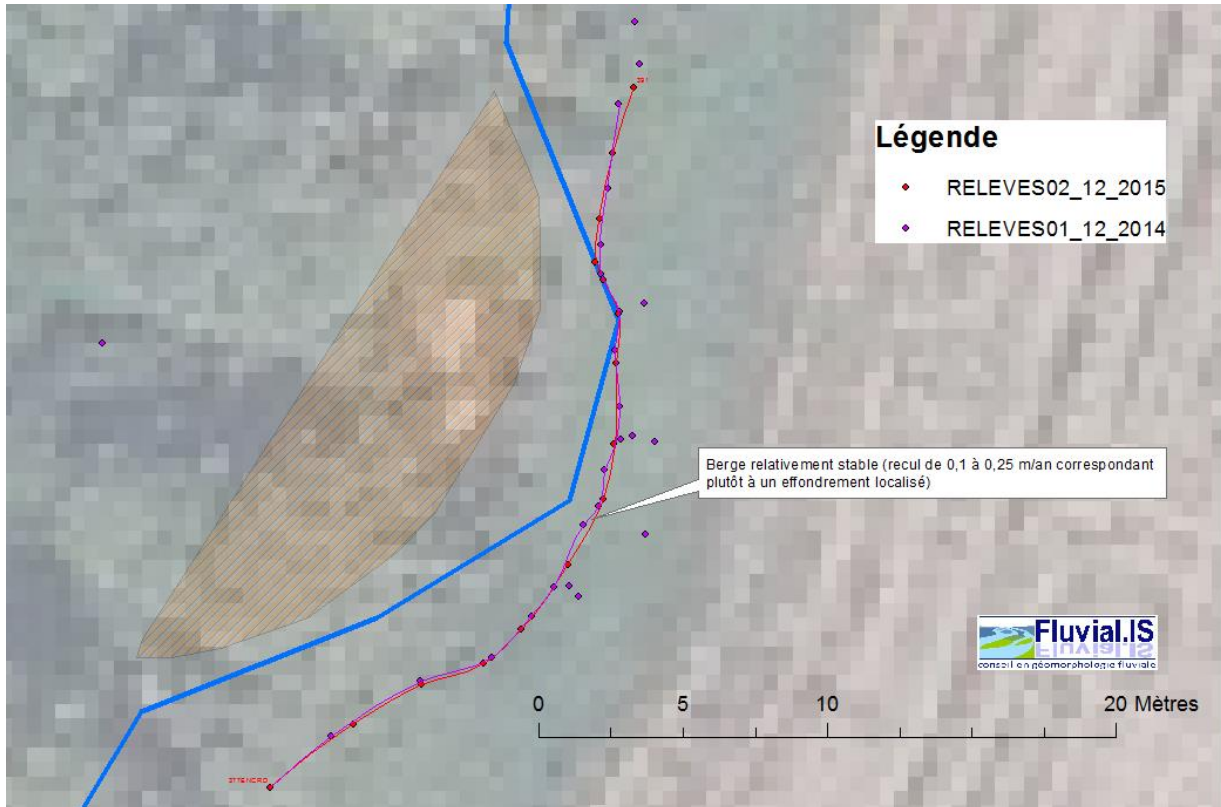


Photo 7 : Relative stabilité de la berge entre le 27/11/14 (à gauche) et le 02/12/2015 (à droite) sur l'annexe 8 (Ero01)

SUIVI ERO03, ANNEXE N°8

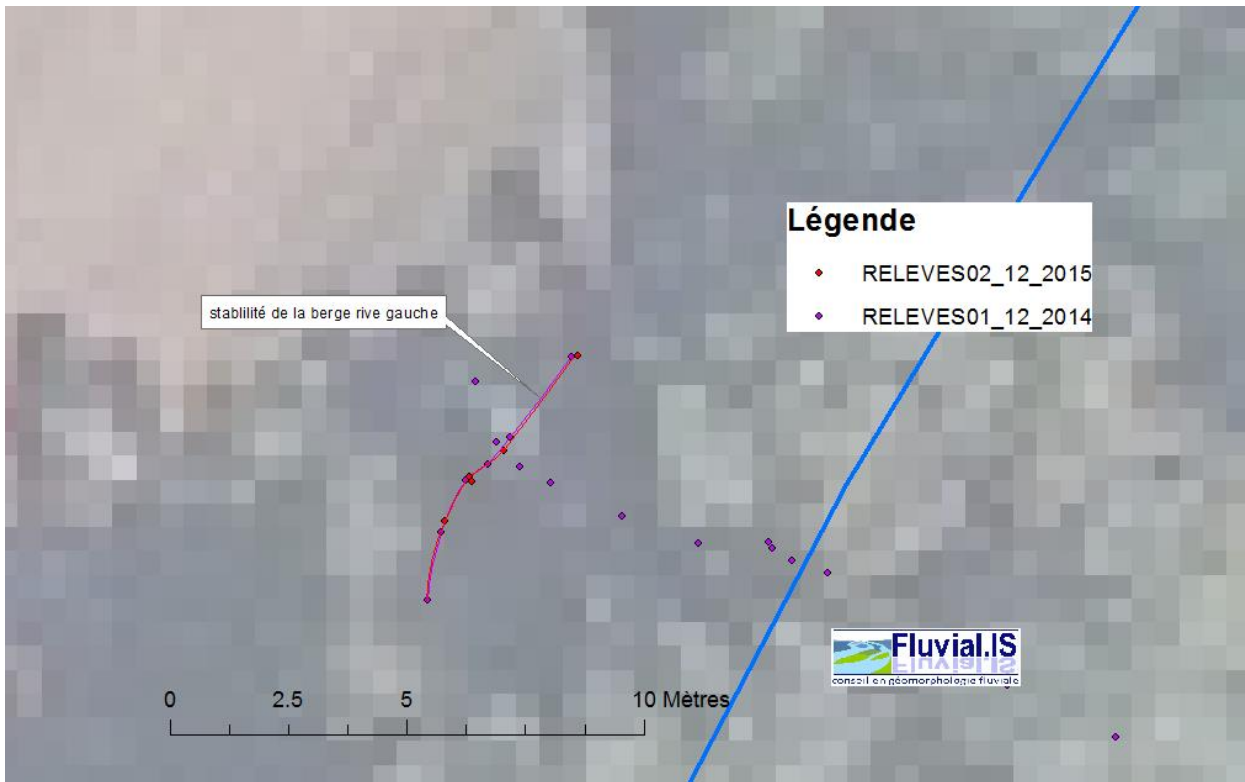


Photo 8 : Relative stabilité de la berge entre le 27/11/14 (à gauche) et le 02/12/2015 (à droite).

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

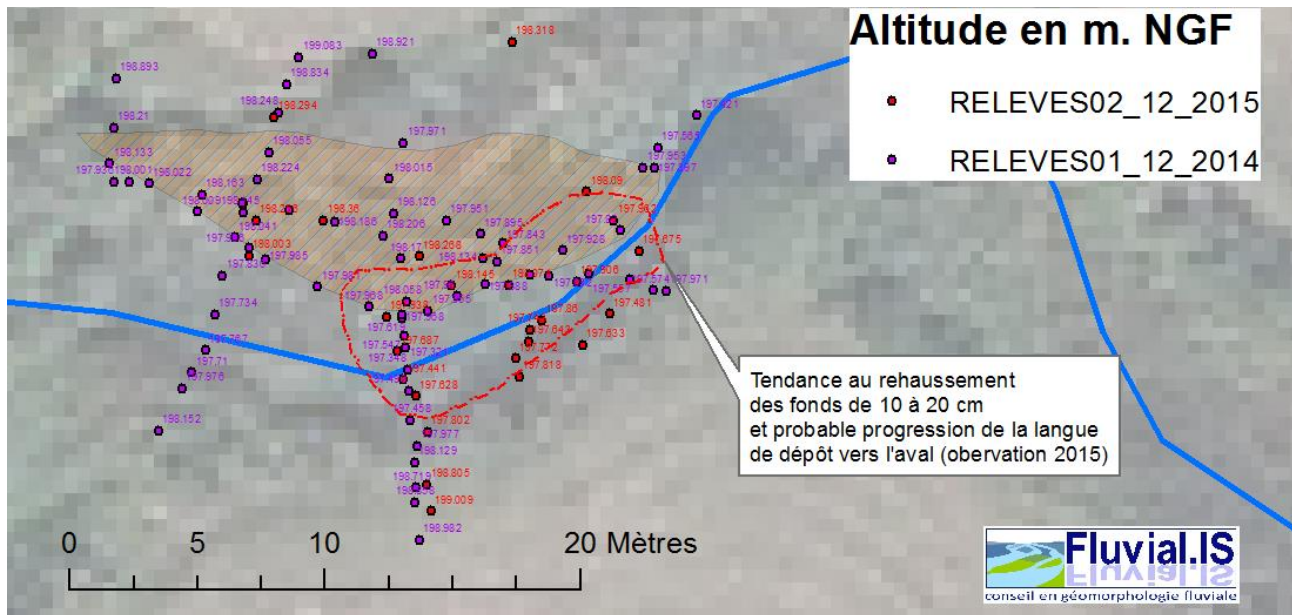


Photo 9 : Morphologie de l'atterrissement entre le 27/11/14 (série à gauche) et le 05/11/2015 (série à droite). Les matériaux semblent avoir été repris de l'amont (léger approfondissement observé au droit du piège à sédiments amont) suite à un premier épisode de transport (piège à sédiments remplis). Le dépôt semble progresser vers l'aval avec un exhaussement d'une vingtaine de centimètres. (Att03, Annexe 9)

La situation de l'annexe 7 est intéressante car il s'agit d'une des premières annexes restaurées (en 2011) et qu'elle présente une certaine pauvreté de formes : les érosions de berges y sont inexistantes.

Deux pièges à sédiments ont été disposés afin de caractériser le transit sédimentaire en provenance de l'amont (piège à sédiment à l'entrée de l'annexe) et au travers de ce nouveau lit (au deuxième tiers de sa longueur) (fig. ci-dessous). Pour les deux sites, on a choisi une configuration similaire, hors d'un atterrissement, suivant directement un linéaire rectiligne et de telle sorte que les caisses soit toute l'année immergées.

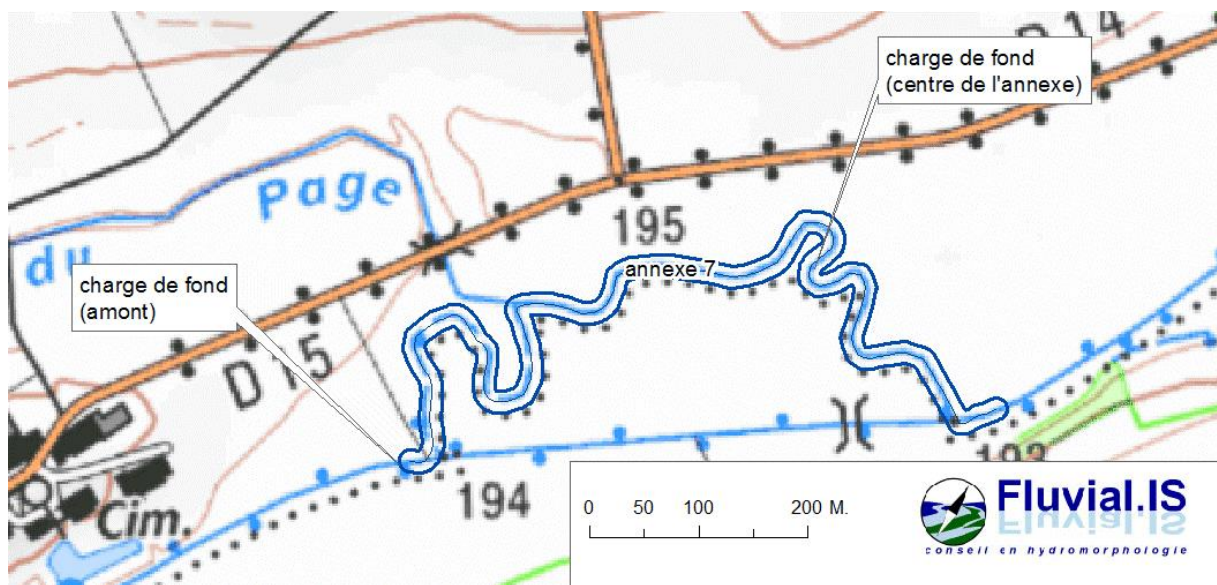


Figure 33 : localisation des pièges à sédiment disposés sur l'annexe 7



Photo 10: 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 inexistants, malgré l'implantation en phase travaux d'épis et de déflecteurs pour diversifier l'annexe rouverte.

Dans un premier temps il s'agissait d'identifier les sites privilégiés de prises de mesures et de leur documentation (clichés, levés de points GPS, etc.).

Lors du relevé des pièges à sédiments (septembre 2015), il a pu être constaté que les deux caisses ont été remplies de façons différentes :

- la caisse amont a été totalement comblée alors que la caisse aval n'a été remplie que d'un tiers environ ;
- les matériaux piégés à l'entrée de l'annexe sont en grande partie composés de sables et de graviers (+ vase organique), alors que les matériaux piégés à l'aval sont surtout composés d'une plus grande quantité de vase organique et de limons (mais les sables et graviers sont tout de même présents).



Photo 11 : 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).

3.7 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.

3.7.1 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 ubiquistes, peu tolérants.

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

Inversement, des végétaux moins 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 12 : 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 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.

3.7.2 Annexe 1 au lieu-dit "Narmémont" à Friauville

Cette petite annexe (100 m) longe la limite du lit majeur sur la moitié de son parcours.

Les ligneux sont quasi-absents en rive gauche. En rive droite, la ripisylve comporte des arbustes des sols peu humides du bas de versant. Deux strates sont présentes en rive droite mais comportent une bonne part d'arbustes non alluviaux.

Des plantations ont été menées avec quelques arbres non adaptés ou allochtones, comme ce saule tortueux généralement prisé pour son esthétique, « échappé d'une pépinière ».



Photo 13 : Annexe 1, vue vers l'amont. La ripisylve en rive droite (à gauche sur la photo) se développe sur une berge plus haute que le lit majeur. En berge opposée, la ripisylve est pratiquement absente (J-Ch. DOR/CLIMAX, juillet 2015).

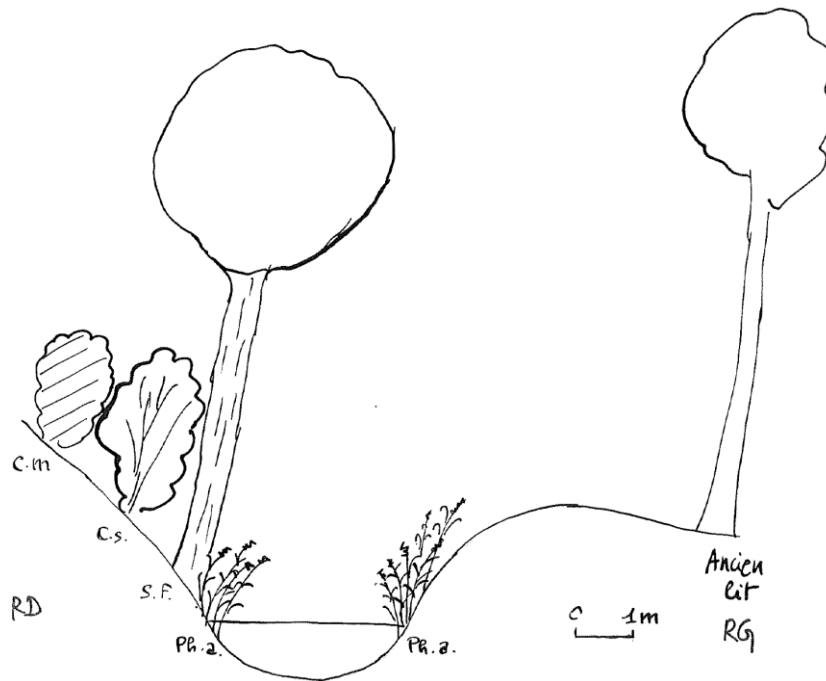


Photo 14 : schéma de situation typique de l'annexe 1

Réal. : J-Ch. Dor/Climax, déc. 2015

Légende :

C.m. : *Crataegus monogyna* (Aubépine monogyne); C. s. : *Cornus sanguinea* (Cornouiller sanguin); S.f : *Salix fragilis* (Saule fragile) ; Ph. a. : *Phalaris arundinacea* (Baldingère)

Sectorisation qualitative :

Cette petite annexe ne compte que deux niveaux de qualité : bon et mauvais. Le bon état n'est obtenu sur une partie de l'annexe en rive droite. Toute la rive gauche ne comportant pas de ligneux est classé en mauvais état.

Figure 34 : répartition de l'état de la ripisylve de l'annexe 1

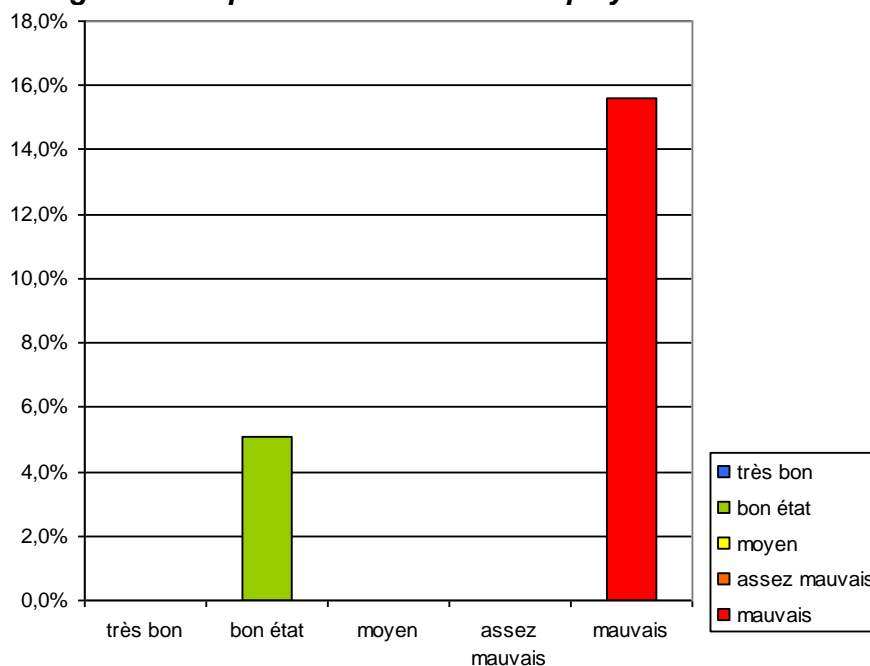


Tableau 1 : caractéristiques de la ripisylve du Longeau des annexes 1, 2 et 3

	Annexe 1	Annexe 2	Annexe 3
Composition floristique	<p><u>Arbres</u> : <i>Salix fragilis</i> (dominant). <u>Arbustes</u> : <i>Cornus sanguinea</i>, <i>Crataegus monogyna</i>, <i>Juglans regia</i>, <i>Salix cinerea</i></p>	<p><u>Arbres</u> : <i>Salix fragilis</i> (dominant), <i>Populus sp.</i> (anciennement plantés). <u>Arbustes</u> : <i>Prunus spinosa</i> (dominant), <i>Cornus sanguinea</i>, <i>Crataegus monogyna</i>, <i>Lonicera xylosteum</i>, <i>RhViburnum opulus</i>.</p>	<p><u>Arbres</u> : <i>Salix fragilis</i>. <u>Arbustes</u> : <i>Prunus spinosa</i> (dominant), <i>Cornus sanguinea</i>, <i>Crataegus monogyna</i>, <i>Evonymus europaeus</i>, <i>Salix cinerea</i> (bien présent), <i>Salix fragilis</i>.</p>
Structures	Généralement une seule strate, voire aucune. Deux strates présentes localement en rive droite.	Majoritairement deux strates en rive droite. En rive gauche, une strate arbustive ou absence de ripisylve.	Majoritairement à une strate arbustive. Strate arborescente sporadique. Absence localement de ripisylve
Densité	Faible recouvrement, surtout en rive gauche très peu fournie.	Bon recouvrement en rive droite Très faible recouvrement en rive gauche.	Faible recouvrement
Bois mort	Absent	Un peu de bois mort (rive droite)	Absent
Plantations	<p><i>Acer campestre</i>, <i>Alnus glutinosa</i>, <i>Salix purpurea</i>, <i>Salix viminalis</i>, <i>Salix babylonica</i>, <i>Cornus sanguinea</i>, <i>Corylus avellana</i>, <i>Evonymus europaeus</i> Taux de reprise : assez bon.</p>	<p><i>Cornus sanguinea</i>, <i>Crataegus monogyna</i>, <i>Salix fragilis</i>, <i>Salix viminalis</i>, <i>Viburnum opulus</i> Taux de reprise : assez bon.</p>	<p><i>Acer pseudoplatanus</i>, <i>Fraxinus excelsior</i>, <i>Ulmus sp.</i> Taux de reprise : moyen (déperissement chez <i>Acer pseudoplatanus</i> et <i>Fraxinus excelsior</i>)</p>
Végétations associées	Phalaridaie au contact berge et eau libre.	<i>Alisma plantago-aquatica</i> dans lit mineur (indicateur eaux lentes, voire stagnantes). Phalaridaie et Iridaie en bas de berge. Phragmitaie en haut de berge.	Phalaridaie (pied de berge), Phragmitaie (haut de berge) et Filipendulaie (haut de berge)
Plantes invasives	Non observées	Non observées	Non observées
Qualité, écart au potentiel	Assez mauvaise. Petits ligneux non typiques.	Moyenne. Arbustes non typiques (<i>Prunus spinosa</i>).	Assez mauvaise. Arbustes non typiques (<i>Prunus spinosa</i>).

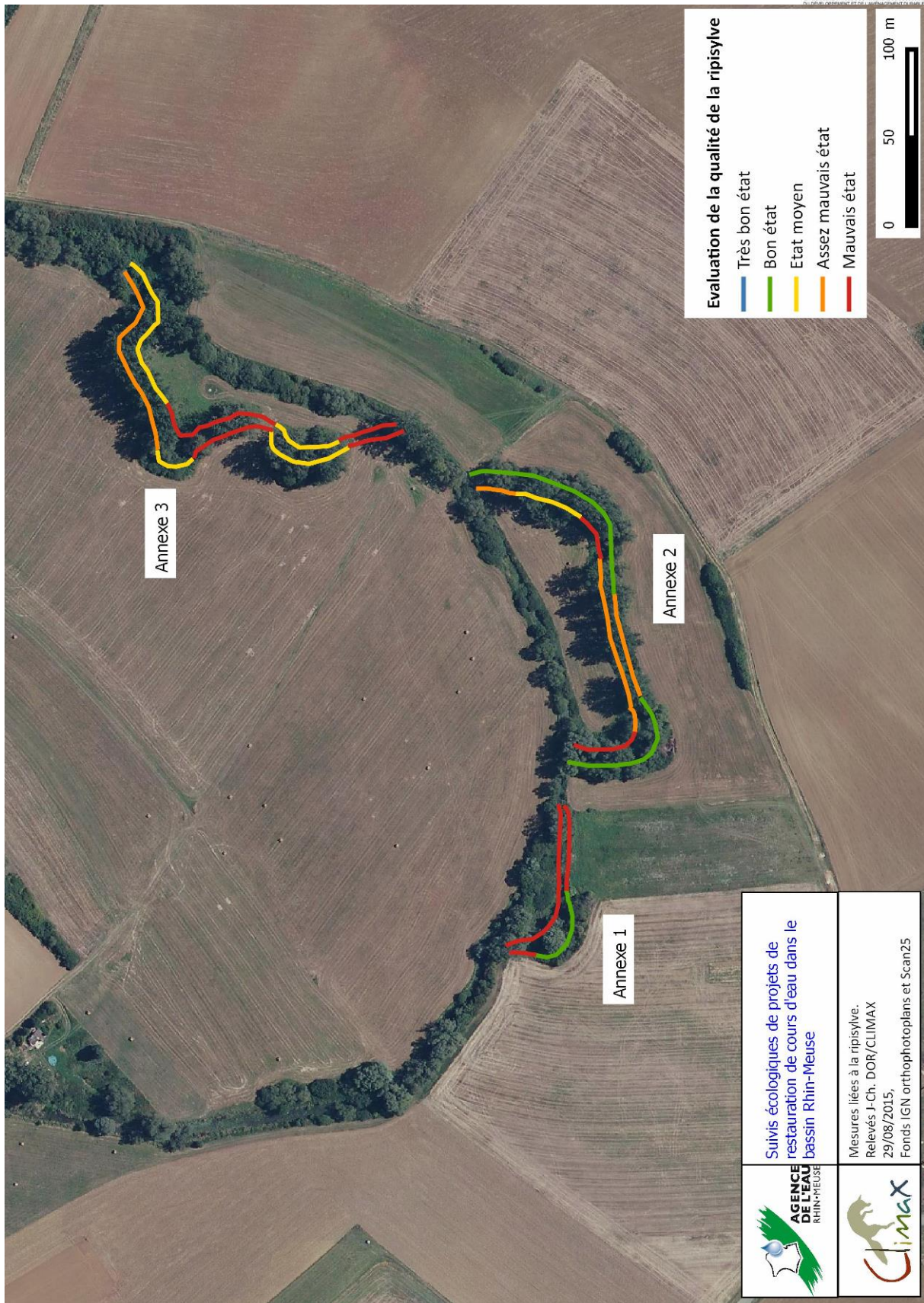


Figure 35 : qualité de la ripisylve du Longeau annexes 1, 2 et 3

3.7.3 Annexe 2 au lieu-dit "Narmémont" à Friaucville

L'annexe 2 atteint près de 300 mètres à l'aval immédiat de l'annexe 1. La ripisylve est très différenciée selon la rive, la majeure partie de la rive droite jouxtant la bordure du lit majeur.

La partie amont de l'annexe est assez similaire à celle de l'annexe 1. La partie aval se développe davantage en zone inondable.

L'approche de la composition floristique montre l'importance des arbustes de fruticée qui (Prunellier, Cornouiller, Aubépine) occupent surtout la berge droite. La strate arborescente comporte presque uniquement du Saule fragile (*Salix fragilis*) et quelques peupliers anciennement plantés.

Les plantations (principalement en rive gauche) montrent un assez bon taux de reprise.

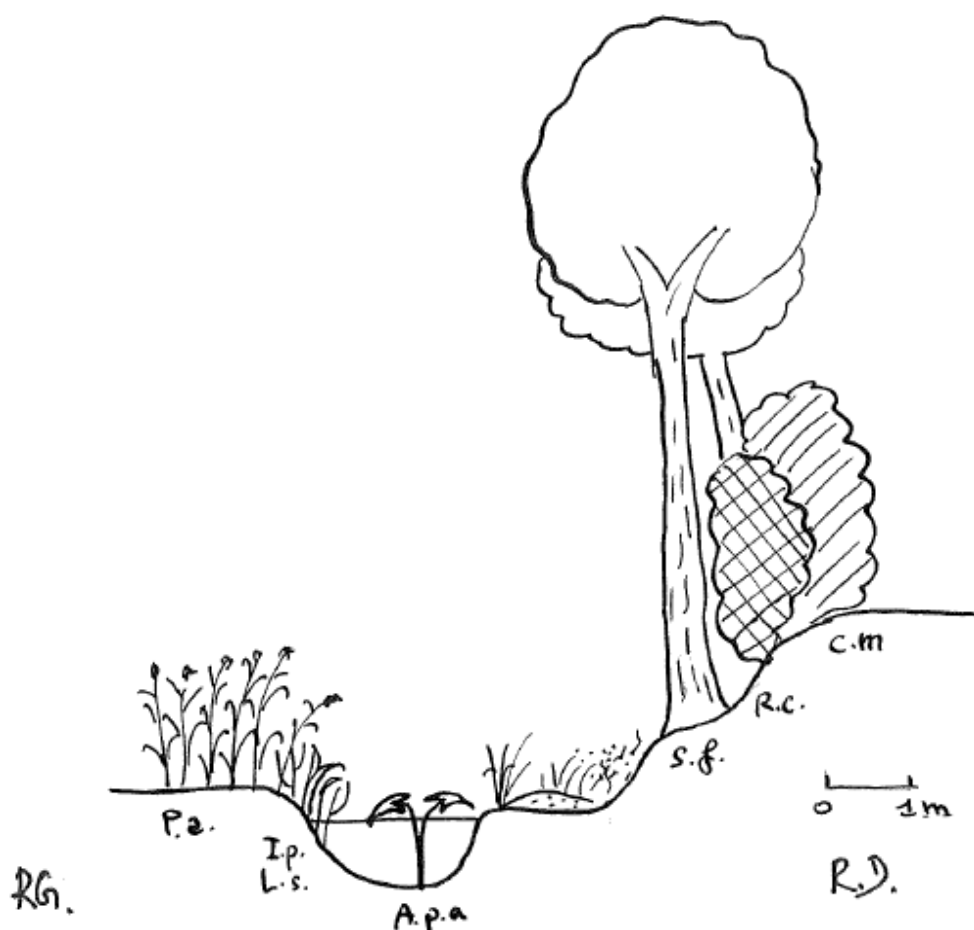


Figure 36 : schéma de situation typique de l'annexe 2

Réal. : J-Ch. Dor/Climax, déc. 2015

Légende :

C.m. : *Crataegus monogyna* (Aubépine monogyne); P.s. : *Prunus spinosa* (Prunellier); S.f. : *Salix fragilis* (Saule fragile);
A. p.a : *Alisma plantago-aquatica* ; I.p. : *Iris pseudoacorus* ; L.s. : *Lythrum salicaria* ; P.a. : *Phragmites australis*.

Sectorisation qualitative :

Les niveaux de qualité des tronçons sont assez variés où le bon état est le plus développé. Sur l'ensemble de l'annexe, la qualité est moyenne. En rive droite, la ripisylve est presque en bon état. En rive gauche, en revanche, l'état est assez mauvais (manque de ligneux).

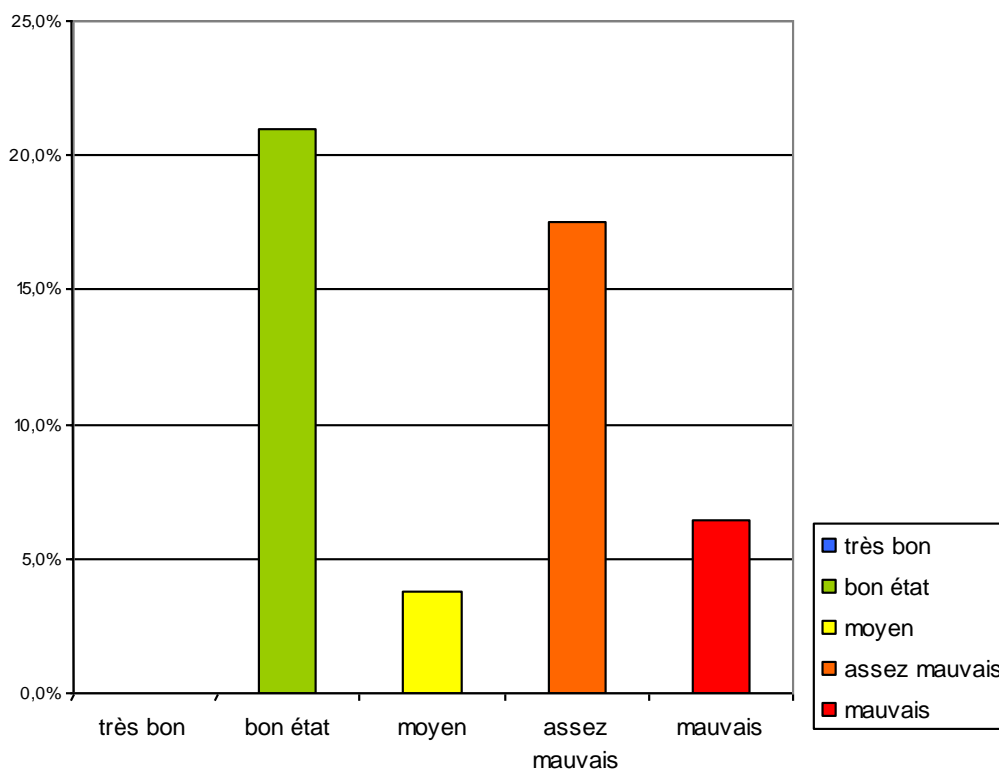


Figure 37 : répartition de l'état de la ripisylve de l'annexe 2



Photo 15: 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).

Annexe 3 au lieu-dit "Narmémont" à Friauville

L'annexe 3 est longue d'environ 300 m et démarre immédiatement à l'aval de l'annexe 2.

Les berges de l'annexe 3 sont peu couvertes par les ligneux. La strate arborescente est très sporadique. en termes de composition, on remarque le fort taux de recouvrement du Prunellier. Chez les ligneux hygrophiles, le plus présent est le Saule cendré (*Salix cinerea*), un petit saule des stations marécageuses.

Des peupliers autrefois plantés ont également été coupés à l'aval.

Les nouvelles plantations comportent des ligneux pas toujours très pertinents (*Ulmus minor*) avec un taux de reprise assez moyen.

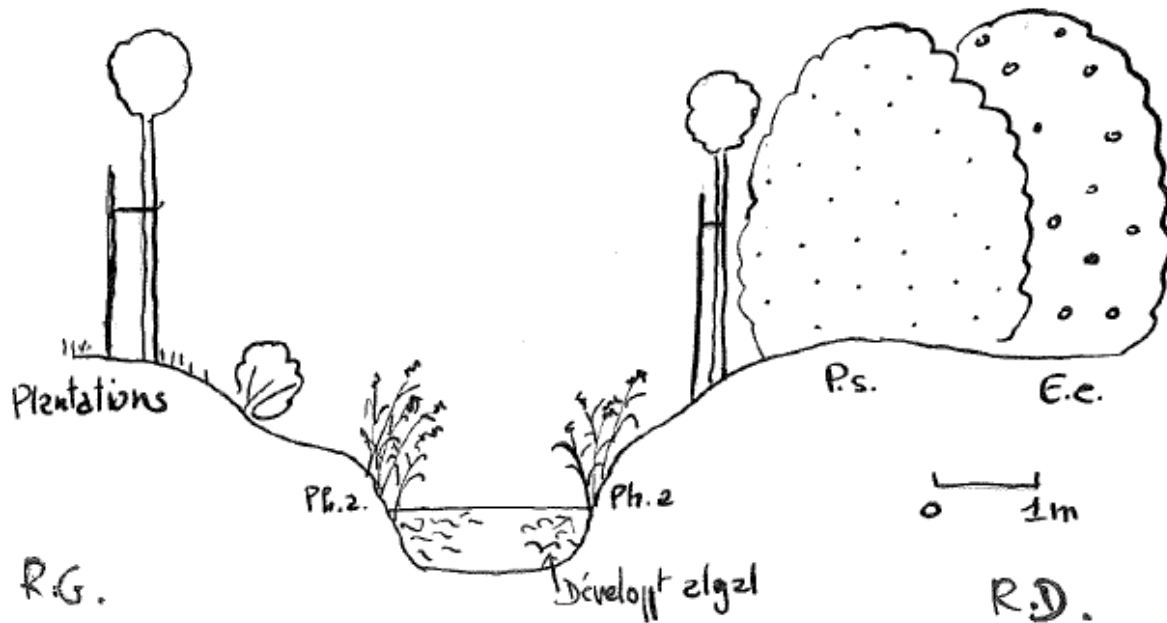


Figure 38 : coupe de situation typique de l'annexe 3

Réal. : J-Ch. Dor/Climax, déc. 2015

Légende :

C.m. : *Prunus spinosa* (Prunellier) ; E.e. : *Euvonymus europaeus* (Fusain d'Europe) ; U.d. : *Urtica dioica* (Grande ortie) ; Ph.a. : *Phalaris arundinacea* (Baldingère)

Sectorisation qualitative :

La qualité globale est en moyenne assez mauvaise et équilibrée entre les deux berges. Les meilleurs tronçons sont situés dans la moitié amont.

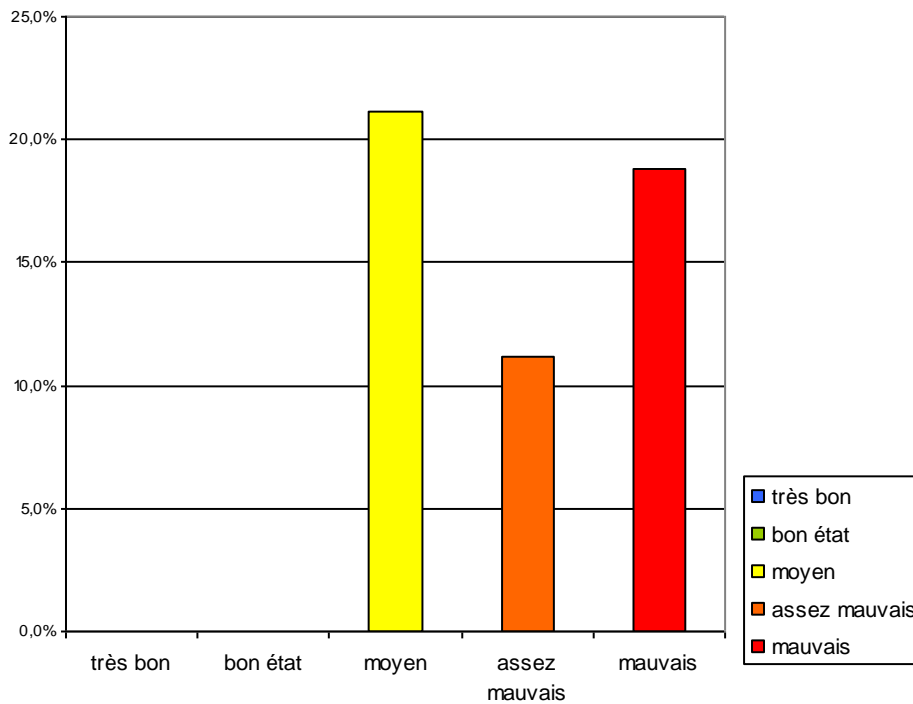


Figure 39 : répartition de l'état de la ripisylve de l'annexe 3



Photo 16: La ripisylve de l'annexe 3 comporte de rares arbres (*Salix fragilis*) et de petits bosquets arbustifs en guise de ripisylve (J-Ch. DOR/CLIMAX, juillet 2015).

3.7.5. Annexe 4 à l'amont de Friauville (annexes 4 et 5)

Les deux annexes hydrauliques sont situées en rive gauche. Quelques plantations y ont été effectuées, notamment au contact de l'annexe amont.



Photo 17 : Vue vers l'aval des annexes 4 et 5 à Friauville (J-Ch. DOR/CLIMAX, octobre 2014)

L'état de la ripisylve est uniquement évalué sur le tronçon de rivière du Longeau (moins de 200 m). L'état est moyen car la strate arbustive est dominante et la strate arborescente est peu développée.



Figure 40 : qualité de la ripisylve du Longeau (annexes 4 et 5)

✓ Ripisylves, boisements

Les deux annexes, dominées l'une par de l'eau libre, l'autre par des groupements d'hélophytes (associations du *Phalaridetum arundinaceae* et du *Glycerietum maximae*), comportent peu de ligneux (*Salix viminalis*, *S. cinerea*, *S. fragilis*).

La section correspondant au Longeau comporte une ripisylve intermittente à deux strates où la strate arbustive est dominante. Cette dernière est dominée par *Salix cinerea*, accompagné de Prunellier (*Prunus spinosa*) et de Frêne commun (*Fraxinus excelsior*).

En strate arborescente (peu développée), croissent des Saules (*Salix alba*, *S. fragilis* et/ou hybride) et du Frêne commun.

✓ Plantations

Des plantations ont été menées sur l'annexe. Celles-ci apparaissent très mal placées car elles vont affecter le microclimat de cette annexe.

Le futur rideau d'arbres mettra à l'ombre l'eau stagnante ce qui réduira l'activité biologique de façon considérable : plantes aquatiques, hélophytes, réchauffement des eaux favorables aux Amphibiens, aux Insectes (Odonates, Coléoptères)...

L'intérêt de ces plantations est également discutable puisqu'elles vont se substituer à une mégaphorbiaie (habitat d'intérêt communautaire) qui disparaîtra.

3.7.6. Annexe 6 à l'amont du "Breuil" à Brainville

Cette annexe d'environ 575 m jouxte une grande partie du versant gauche du lit majeur. Seules les parties amont et aval sont entièrement dans le lit majeur ; la partie médiane, majoritaire, longe la limite du lit majeur et la berge en rive droite est alors surélevée (proche de la RD15).

La ripisylve est peu recouvrante, souvent absente. En rive droite, elle est quasi-absente.

Les arbres (*Salix fragilis*) sont très peu présents, excepté à l'amont du tronçon. La ripisylve développe donc presque uniquement une strate arbustive où dominent le Prunellier (*Prunus spinosa*) et localement quelques saules (*Salix cinerea*, *Salix fragilis*).

Des plantations assez diversifiées ont été menées (cf. tableau suivant) avec un taux de reprise moyen.

La végétation des berges et du lit mineur indique le fonctionnement antérieur de type lotique.

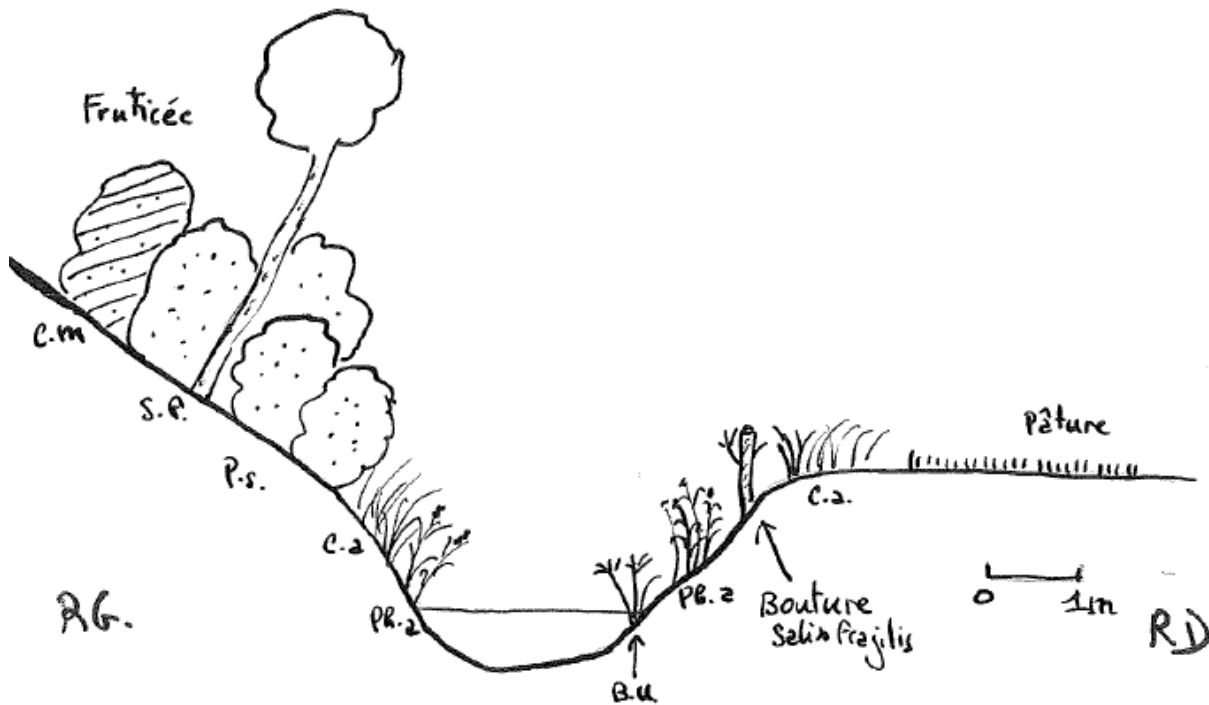


Figure 41 : coupe de situation typique de l'annexe 6

Réal. : J-Ch. Dor/Climax, déc. 2015

Légende :

C.m. : *Crataegus monogyna* (Aubépine monogyne) ; P.s. : *Prunus spinosa* (Prunellier) ; S.f. : *Salix fragilis* (Saule fragile) ; B.u. : *Butomus umbellatus* (Butome en ombelle) ; C.a. : *Carex acutiformis* (Laïche des marais) ; Ph.a. : *Phalaris arundinacea* (Baldingère).

Tableau 2 : caractéristiques de la ripisylve du Longeau des annexes 6 et 6b

	Annexe 6	Annexe 6b
Composition floristique	<u>Arbres</u> : <i>Salix fragilis</i> (rare). <u>Arbustes</u> : <i>Crataegus monogyna</i> , <i>Prunus spinosa</i> , <i>Prunus sp.</i> (issus de vergers), <i>Sambucus nigra</i> , <i>Salix fragilis</i> (bien présent), <i>Salix cinerea</i>	<u>Arbres</u> : <i>Salix fragilis</i> (très rare). <u>Arbustes</u> : <i>Cornus sanguinea</i> , <i>Crataegus monogyna</i> , <i>Prunus spinosa</i> (bien présent), <i>Salix cinerea</i> (bien présent), <i>Salix fragilis</i> (bien présent).
Structures	Strate arbustive dominante en rive droite (versant). Ripisylve majoritairement absente en rive droite.	Au plus une strate arbustive. Souvent absence de ripisylve.
Densité	Recouvrement assez faible ; en rive droite très peu fournie.	Faible recouvrement.
Bois mort	Peu présent (uniquement à l'amont)	Absent

Plantations	<p><i>Acer platanoides, Alnus glutinosa, Crataegus monogyna, Evonymus europaeus, Fraxinus excelsior, Ribes rubrum, Salix fragilis (pieux), Salix triandra</i></p> <p>Taux de reprise : moyen. Echecs avec <i>Fraxinus excelsior</i> (dépérissement) et quelques boutures de <i>Salix fragilis</i>.</p>	<p><i>Acer platanoides (un individu pourpre!), Acer pseudoplatanus, Corylus avellana, Ribes rubrum, Salix fragilis, Salix purpurea, Salix viminalis, Ulmus minor.</i></p> <p>Taux de reprise : assez bon sauf pour <i>Salix fragilis</i> (boutures).</p>
Végétations associées	<p>Phalaridaie au contact berge et eau libre. Cariçaie (<i>C. acutiformis</i>) localement en haut de berge.</p> <p>Végétation des eaux stagnantes persiste (<i>Butomus umbellatus, Iris pseudoacorus</i>)</p>	<p><i>Butomus umbellatus</i> (bien présent), <i>Rumex hydrolapathum, Iris pseudoacorus, Typha angustifolia</i> proche lit mineur (indicateurs eaux lentes, voire stagnantes).</p> <p><i>Oenanthe fistulosa, Teucrium scordium</i> sur berges minérales.</p> <p>Ourlets hygrophiles à <i>Phalaris arundinacea, Carex acutiformis, Epilobium hirsutum, Lythrum salicaria.</i></p>
Plantes invasives	Non observées	Non observées
Qualité, écart au potentiel	Assez mauvaise	Mauvaise (ripisylve majoritairement absente).

✓ Sectorisation qualitative :

La sectorisation proposée montre une situation assez mauvaise à mauvaise pour la quasi-totalité des tronçons, sur les deux berges. Seule la rive gauche en amont est dans un état moyen.

La berge rive droite est la plus déficitaire en ligneux et donc en état le plus mauvais.

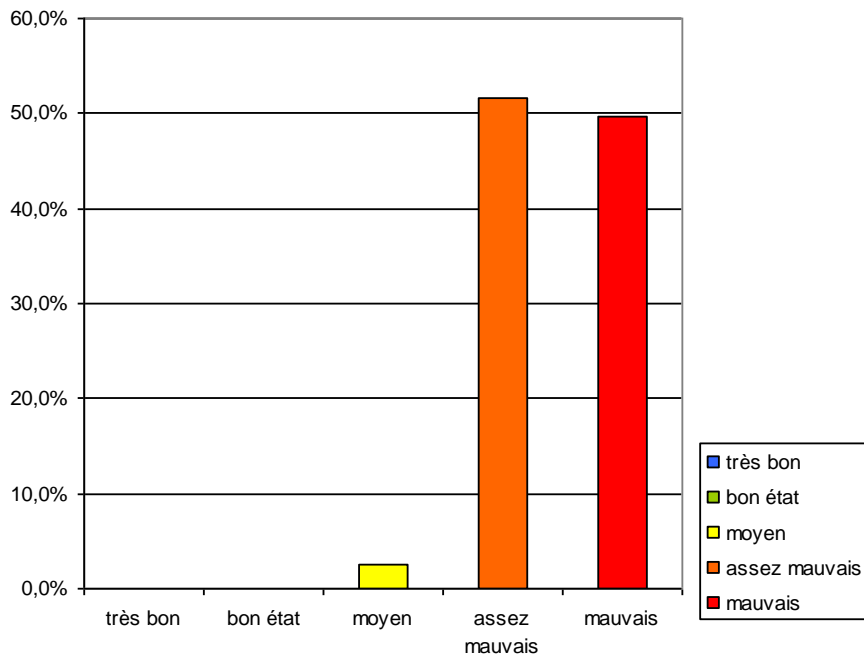


Figure 42 : répartition de l'état de la ripisylve de l'annexe 6



Photo 18: 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).

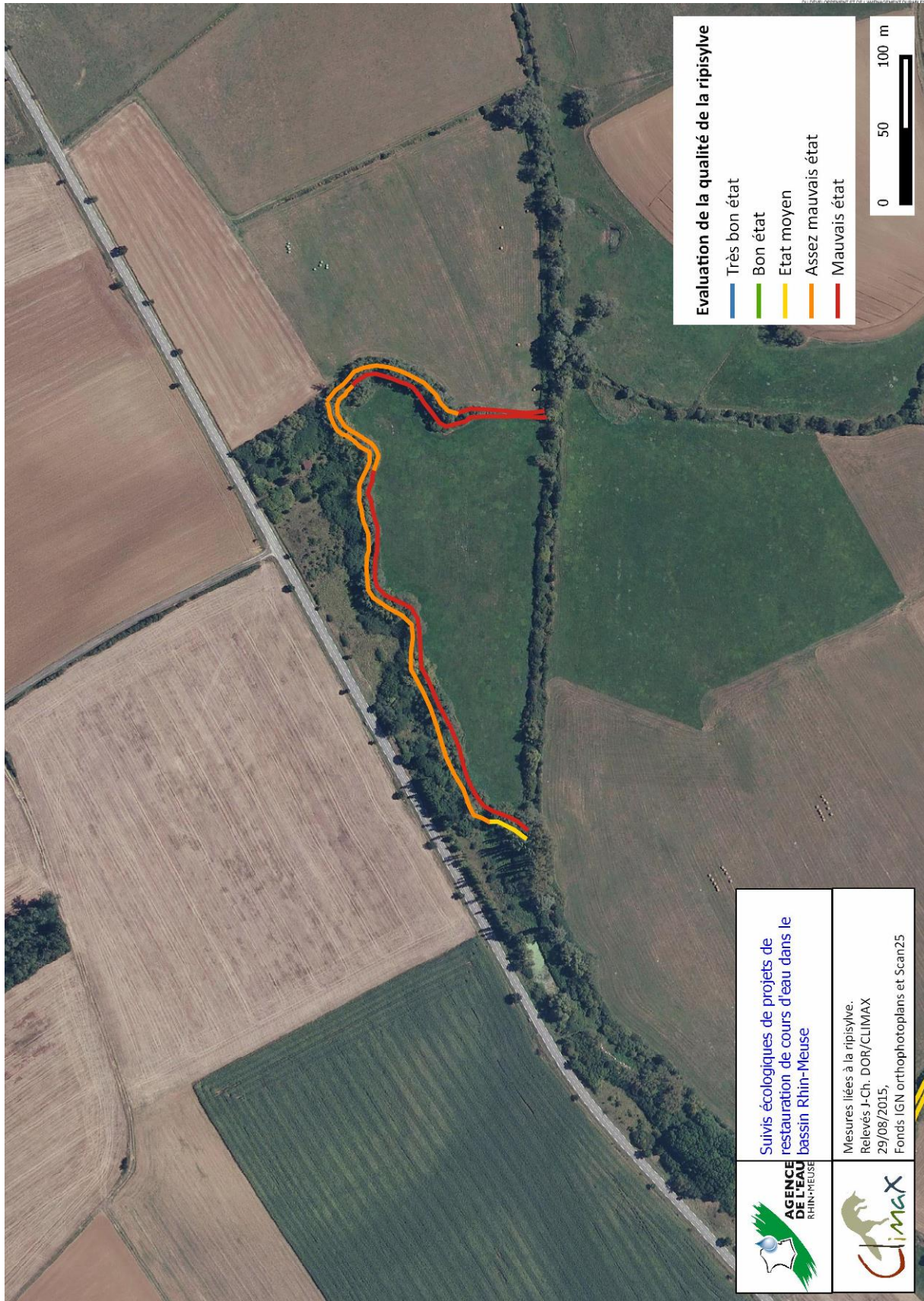


Figure 43: qualité de la ripisylve du Longeau (annexe 6)

3.7.7. Annexe 6b à l'amont du "Breuil" à Brainville

Cette annexe restaurée se développe sur 665 m. Elle est caractérisée par des berges très minérales sur les deux tiers de son parcours.

La ripisylve est très peu développée : elle ne couvre pratiquement jamais de manière continue le Longeau, son épaisseur est réduite. Les espèces dominantes sont le Saule fragile chez les arbres; le Saule cendré et le Prunellier chez les arbustes.

L'annexe 6b a fait l'objet de plantations mais ces sujets sont encore trop petits pour jouer un rôle écologique important. La reprise de ces plantations est assez bonne, exceptées pour certaines boutures de *Salix fragilis*.

Deux plantes remarquables ont été observées sur les berges de cette annexe 6 b : *Teucrium scordium* (Germandrée des marais) et *Oenanthe fistulosa* (Oenanthe fistuleuse). La Germandrée des marais, protégée en Lorraine (arrêté du 3 janvier 1994, relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Lorraine, complétant la liste nationale) avait été signalée dans l'annexe 6b par ESOPE (2010). L'Oenanthe fistuleuse (déterminant ZNIEFF en Lorraine) n'avait pas été trouvée en 2010 mais devait déjà s'y trouver avant les travaux.

La présence de ces deux végétaux, ainsi que du Butome en ombelle (assez rare en Lorraine selon Floraine) est intéressante car elles investissent des secteurs retravaillés, montrent une capacité d'adaptation à la restauration.

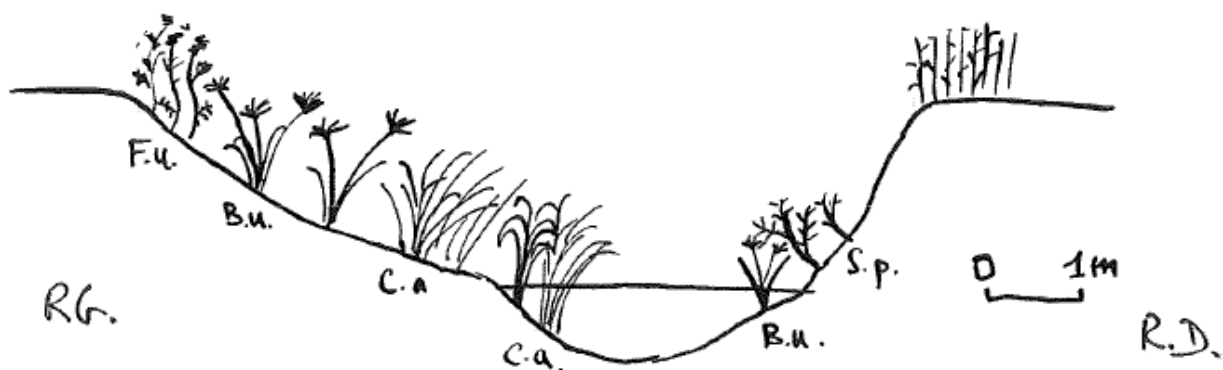


Figure 44: schéma de situation typique de l'annexe 6b

Réal. : J-Ch. Dor/Climax, déc. 2015

Légende: B.u. : *Butomus umbellatus* (Butome en ombelle), C.a : *Carex acutiformis* (Laïche des marais), F.u. : *Filipendula ulmaria* (Filipendule ulmaire), S.p. : *Salix purpurea* (Saule pourpre) planté (boutures)

✓ Sectorisation qualitative :

La partie amont de l'annexe ne comporte pratiquement pas de ligneux, excepté une petite encoche de l'ancienne annexe.

La partie médiane présente seulement des ligneux en rive droite. Ces derniers constituent des bosquets arbustifs dominés par des arbustes hygrophiles et d'autres plus typiques des fruticées. Le saule cendré y est toutefois dominant.

Seule la partie aval présente davantage de ligneux y compris quelques arbres (*Salix fragilis*).

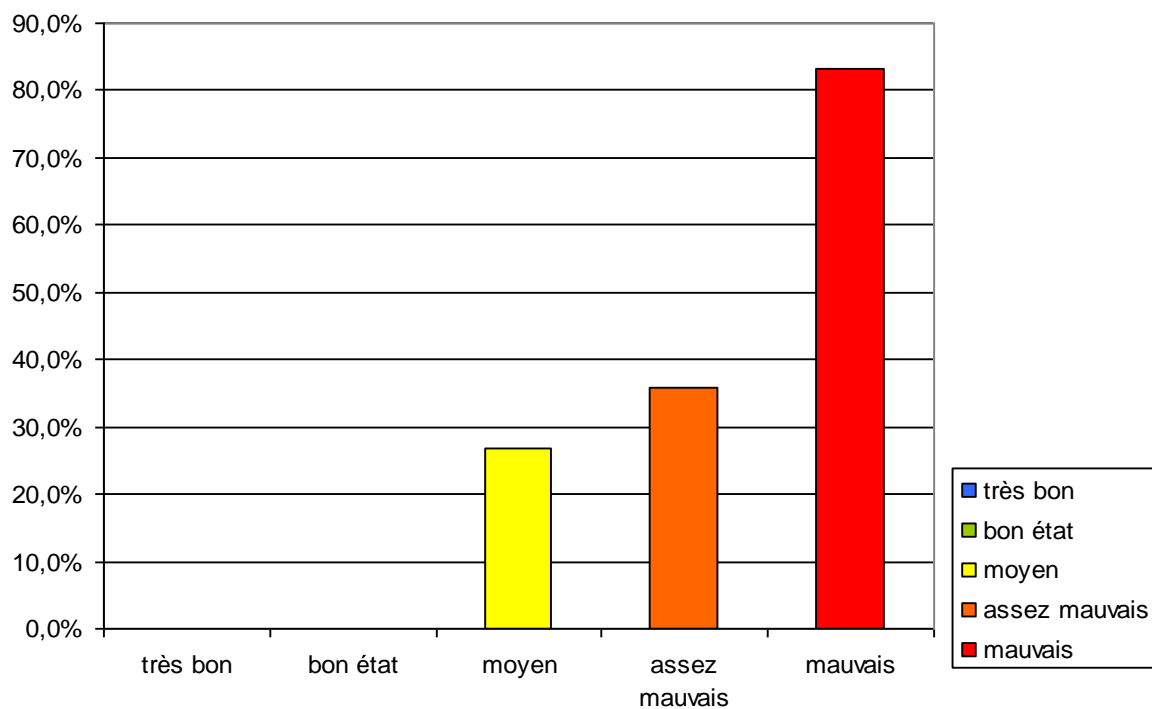


Figure 45 : répartition de l'état de la ripisylve de l'annexe 6b



Photo 19 : 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 20 : Extrémité aval de l'annexes 6b du Longeau. La ripisylve comporte quelques saules fragiles arborescents et des bosquets arbustifs de saules cendrés (J-Ch. DOR/CLIMAX, juillet 2015)



Figure 46 : qualité de la ripisylve du Longeau (annexe 6b)

3.7.8. Annexe 7 Tronçon restauré entre Dompierre et Brainville

Le Longeau a été reconduit dans son lit (très méandrique) avant la dernière rectification.

De nombreuses plantations ont été réalisées sur les berges, sauf à l'extrémité amont.



Photo 21: Aspect du tronçon restauré entre le hameau de Dompierre et Brainville : des hélophytes (*Phragmites australis*, *Phalaris arundinacea*) ont colonisé les berges (J-Ch. DOR/CLIMAX, octobre 2014).

Trois tronçons ont été distingués sur cette portion restaurée. L'état global jugé assez mauvais résulte de grandes lacunes sans ligneux. Seule l'extrémité amont comporte une densité correcte de ligneux.

Les plantations réalisées, bien que diversifiées montrent un faible taux de reprise (surtout à l'amont).

Le fort recouvrement par les hélophytes concurrentiels, en particulier le Phragmite (*Phragmites australis*) est défavorable à la germination des ligneux. Le Phragmite est capable d'un fort développement végétatif grâce à un système racinaire étendu.

Les nouvelles conditions de fonctionnement permettront sans doute des changements favorables dans le développement des ligneux. Les plantations, même si elles n'ont pas toutes réussies, présentent des espèces conformes aux nouvelles conditions.

Tableau 3 : caractéristiques de la ripisylve l'annexe 7

Composition floristique	Arbres : <i>Salix fragilis</i> , <i>Salix alba</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> . Arbustes : <i>Crataegus monogyna</i> , <i>Prunus spinosa</i> , <i>Rhamnus catharticus</i> , <i>Salix triandra</i>
Structures	Une strate arbustive, sauf localement La partie médiane est très pauvre en ligneux.
Densité	Très lacunaire sauf à l'amont
Bois mort	Quasi-nul
Plantations	Assez nombreuses : <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Salix fragilis</i> , <i>Salix viminalis</i> , <i>Salix triandra</i> , <i>Cornus sanguinea</i> , <i>Viburnum lantana</i> , <i>V. opulus</i> . Reprise faible, surtout à l'amont
Végétations associées	Phalaridaie (<i>Phalaridetum arundinaceae</i>), Phragmitaie (<i>Phragmitetum australis</i>) dominante ; ourlet à <i>Urtica dioica</i> (<i>Urtico dioicae</i> - <i>Convolvuletum sepi</i>)
Plantes invasives	-
Qualité, écart au potentiel	Qualité très faible

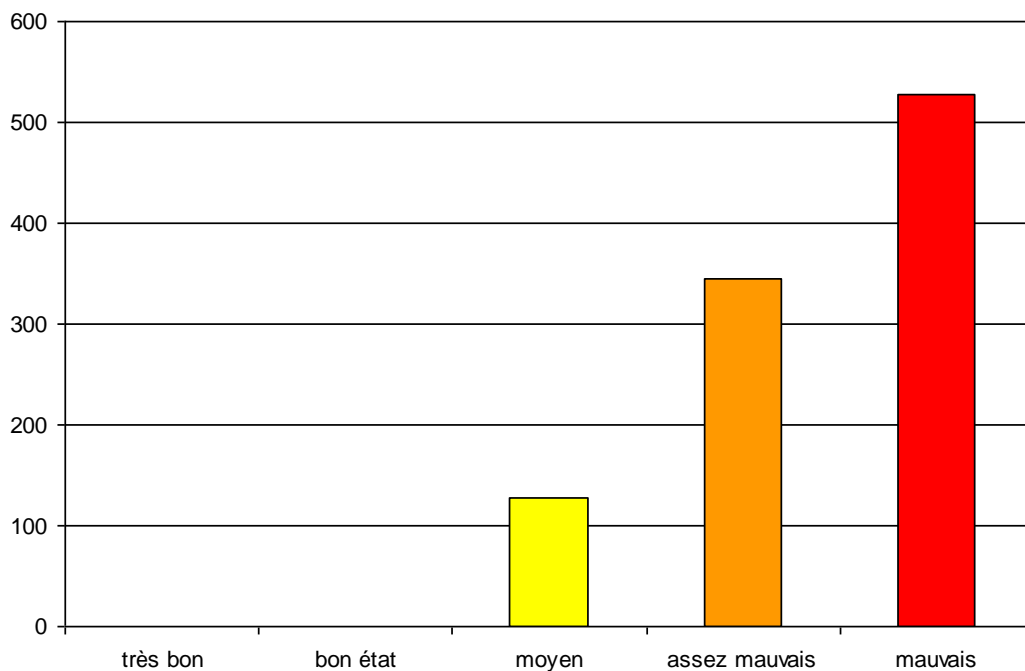


Figure 47: état de la ripisylve de l'annexe 7

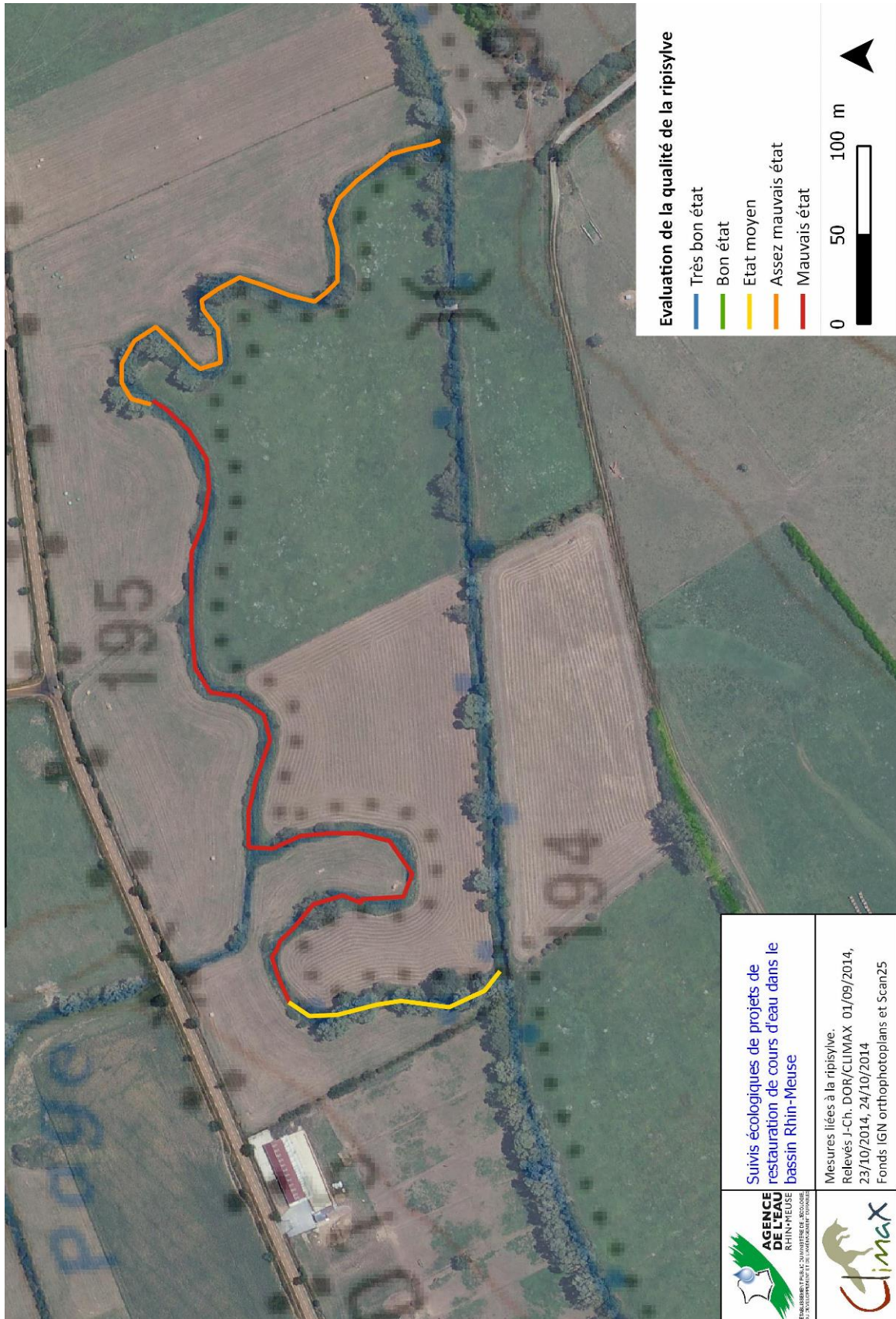


Figure 48 : qualité de la ripisylve du Longeau (annexe 7)

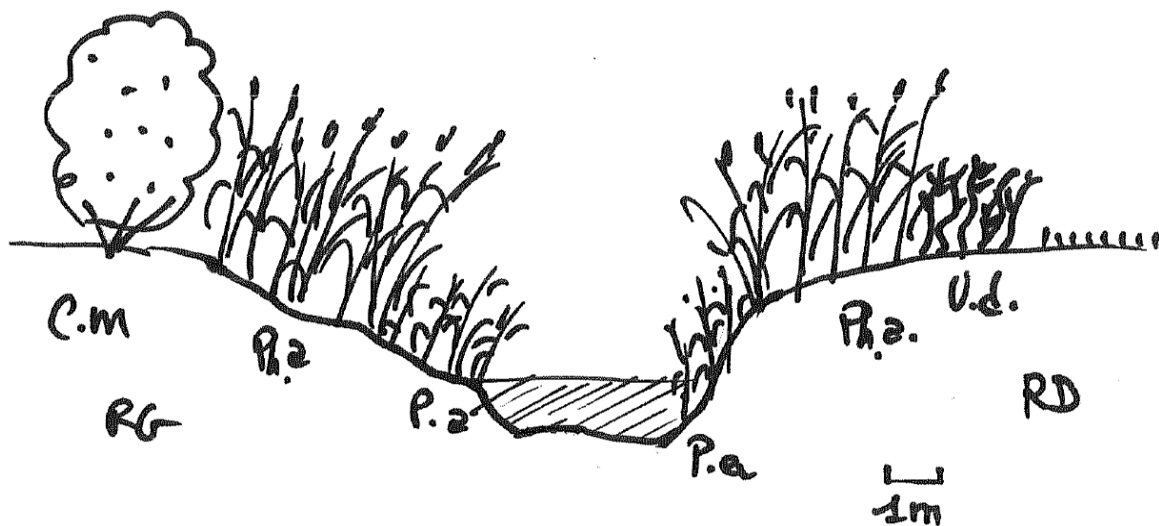
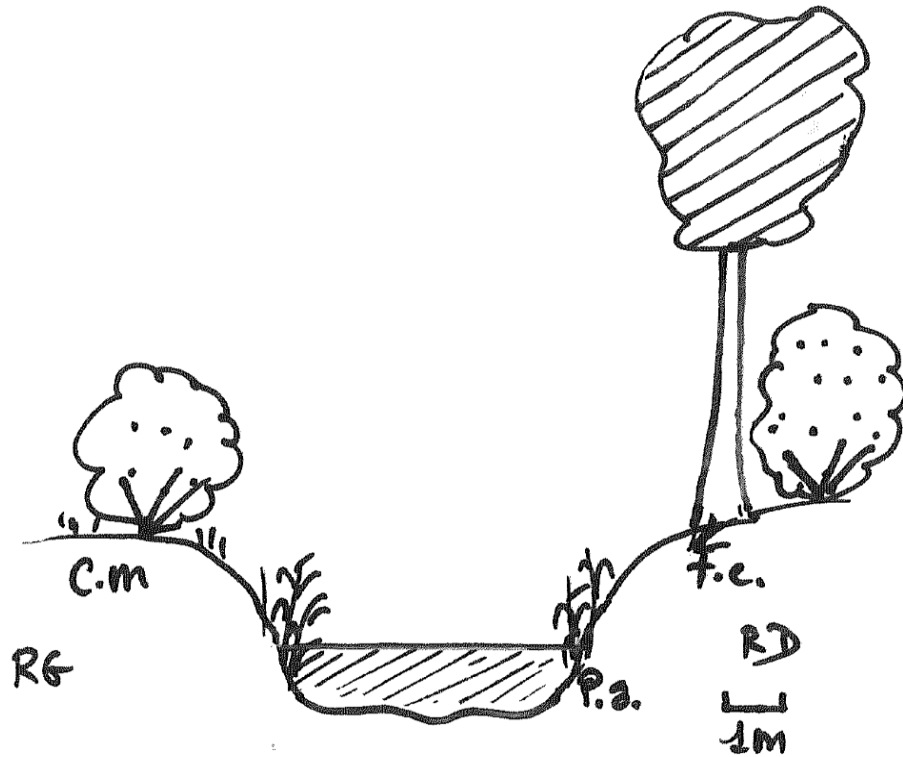


Figure 49 : schémas de situations typiques de l'annexe 7

Légende :

C.m. : *Crataegus monogyna* (Aubépine monogyne) ; Ph.a. : *Phragmites australis* (Phragmite) ; F.e. : *Fraxinus excelsior* (Frêne commun) ; U.d. : *Urtica dioica* (Grande ortie) ; P.a. : *Phalaris arundinacea* (Baldingère)

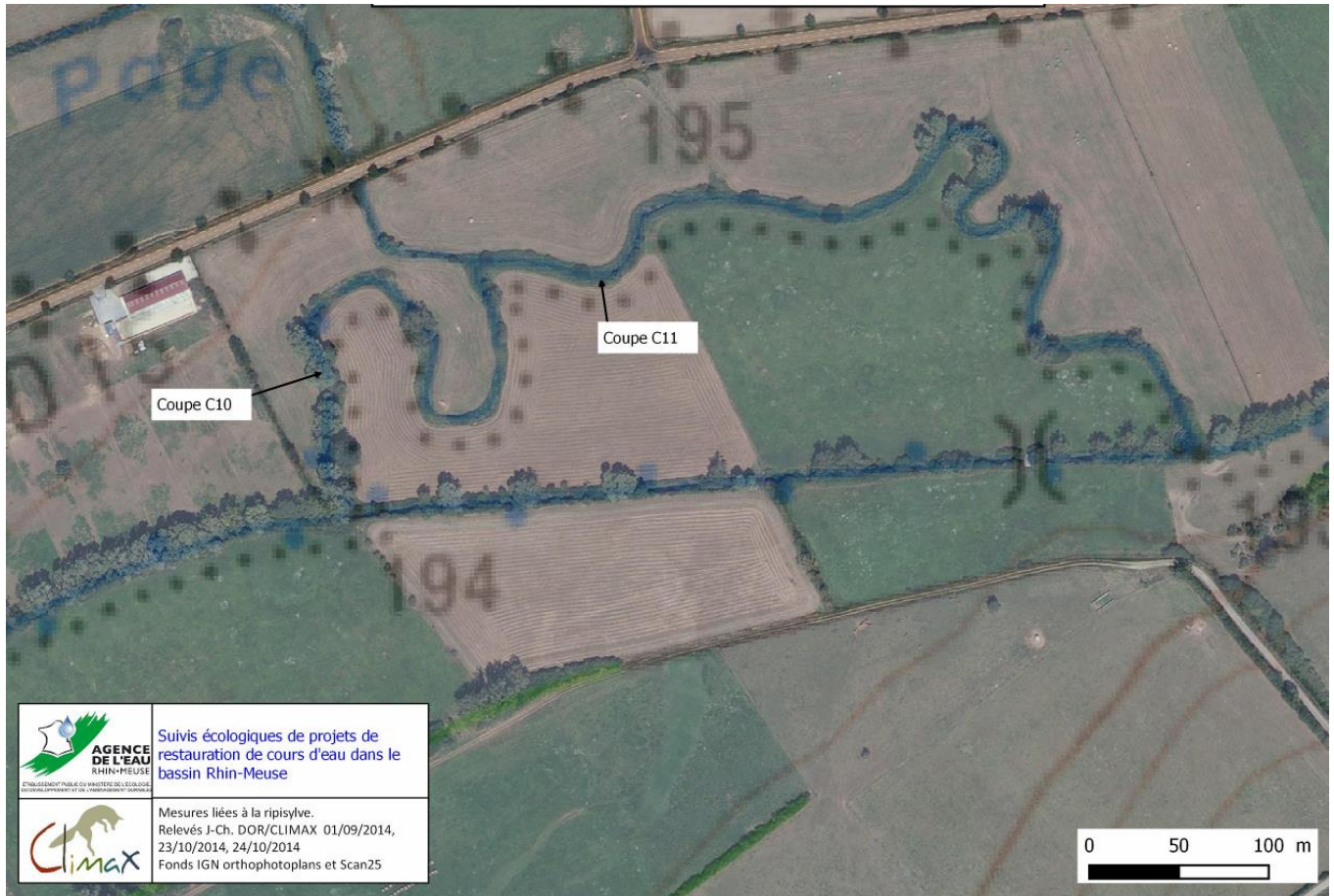


Figure 50 : localisation des schémas (coupes) de la ripisylve du Longeau (annexe 7)

3.7.9. Tronçon non restauré "Les Graviers, "Sucheron" (annexe 8)

Le tronçon n'a fait l'objet d'aucun aménagement. Il correspond au faciès du Longeau suite aux rectifications ayant court-circuité son tracé antérieur.

Sa composition floristique est différente des tronçons restaurés avec de nombreuses espèces de saules, dominants dans toutes les strates.



Figure 51 : Partie aval du tronçon non restauré, depuis la rive droite, au lieu-dit "Sucheron"(J-Ch. DOR/CLIMAX, octobre 2014).

Tableau 4 : caractéristiques de la ripisylve l'annexe 8

Composition floristique	Arbres : <i>Salix fragilis</i> (dominant), <i>Salix alba</i> (dominant), <i>Quercus robur</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> . Arbustes : <i>Cornus sanguinea</i> , <i>Crataegus monogyna</i> , <i>Prunus spinosa</i> , <i>Pyrus pyraister</i> , <i>Salix cinerea</i> , <i>Salix purpurea</i> , <i>Sambucus nigra</i> , <i>Humulus lupulus</i>
Structures	Deux strates sont présentes mais la strate arbustive dominante. La rive gauche est davantage fournie que la rive droite.
Densité	Assez dense sur tous les tronçons
Bois mort	Rare
Plantations	Très ponctuelles (amont) : <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Cornus sanguinea</i> , <i>Viburnum opulus</i> . Reprise moyenne
Végétations associées	Rares, au contact du lit mineur : Phalaridaie (<i>Phalaridetum arundinaceae</i>), Magnocariçaie (<i>Caricetum acutiformis</i>)
Plantes invasives	Très localement : Balsamine de l'Himalaya (<i>Impatiens glandulifera</i>)
Qualité, écart au potentiel	Qualité moyenne, tributaire de l'état physique (lit enfoncé) avec un écart moyen au potentiel

Quatre tronçons ont été distingués pour cette annexe non restaurée.

La ripisylve de cette annexe présente un état général moyen, illustrée ci-dessous. Une autre particularité constatée est le fait que l'écart de qualité est faible entre les tronçons.

Une dissymétrie de qualité entre la rive gauche et la rive droite s'observe sur la partie amont, soit environ la moitié du linéaire. Vers l'aval, les deux berges s'homogénéisent avec une qualité assez bonne (densité, strates).

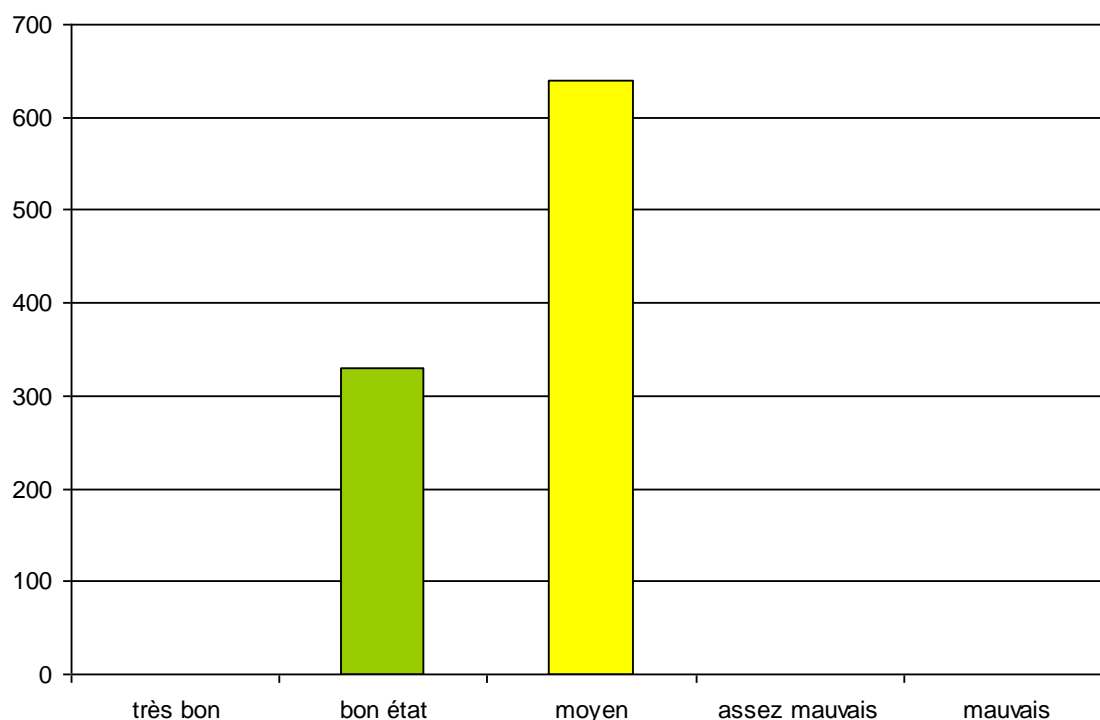


Figure 52 : état de la ripisylve de l'annexe 8

✓ Plantations :

Les reprises des plants sont jugées moyennes mais peu d'arbres ont été plantés et presque seulement à l'amont.

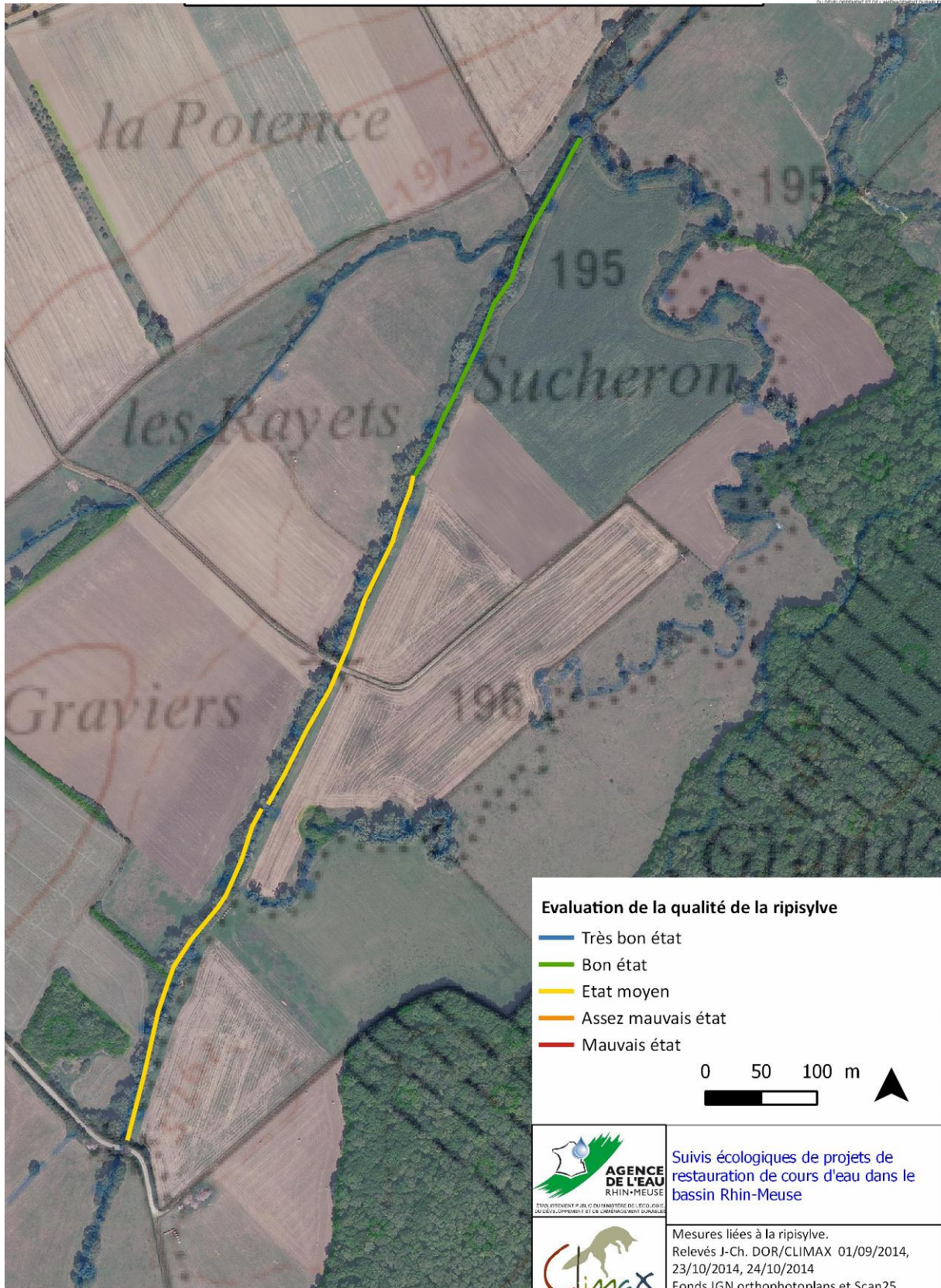


Figure 53 : : qualité de la ripisylve du Longeau (annexe 8)

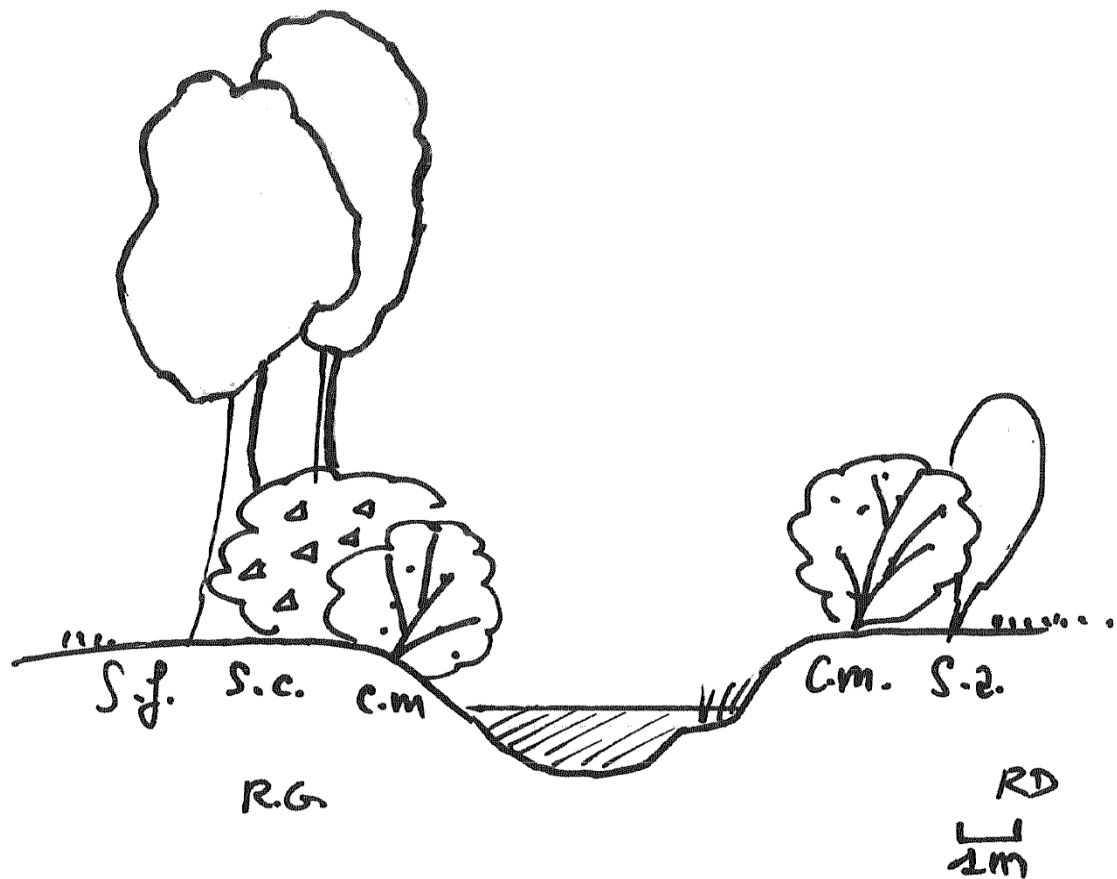
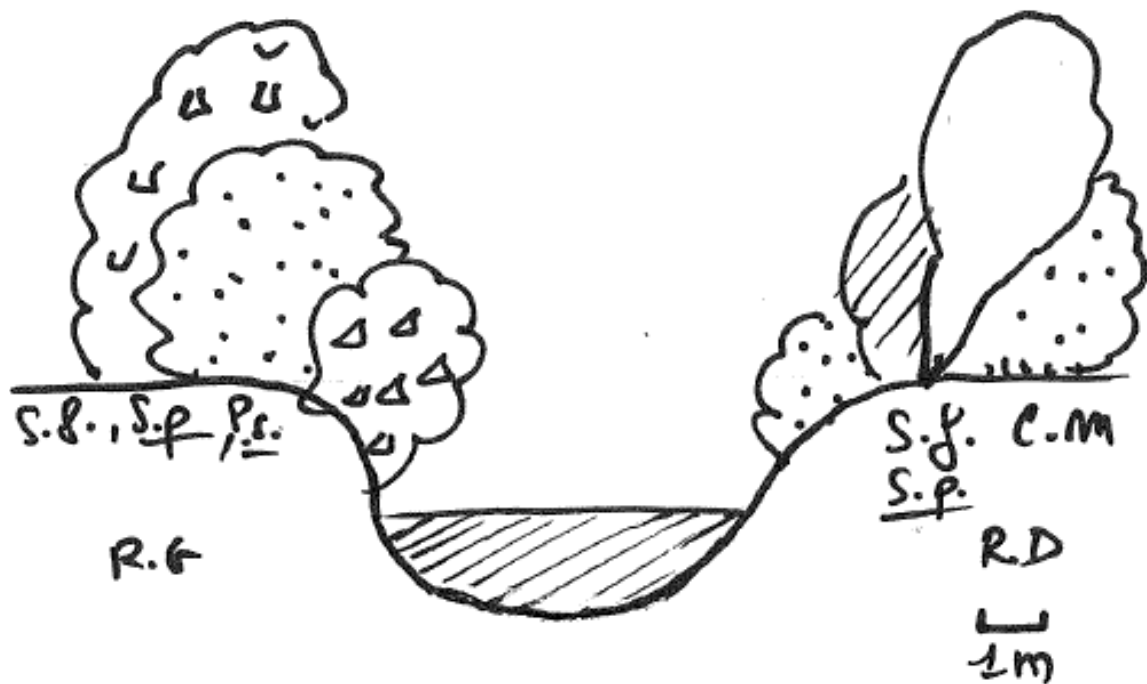


Figure 54 : schémas de situations typiques de l'annexe 8



Légende :

C.m. : *Crataegus monogyna* (Aubépine monogyne); P.s. : *Prunus spinosa* (Prunellier); **S.a. : *Salix alba* (Saule blanc)**; S.c. : *Salix cinerea* (Saule cendré); **S.f. : *Salix fragilis* (Saule fragile)**; S.p. : *Salix purpurea* (Saule pourpre)

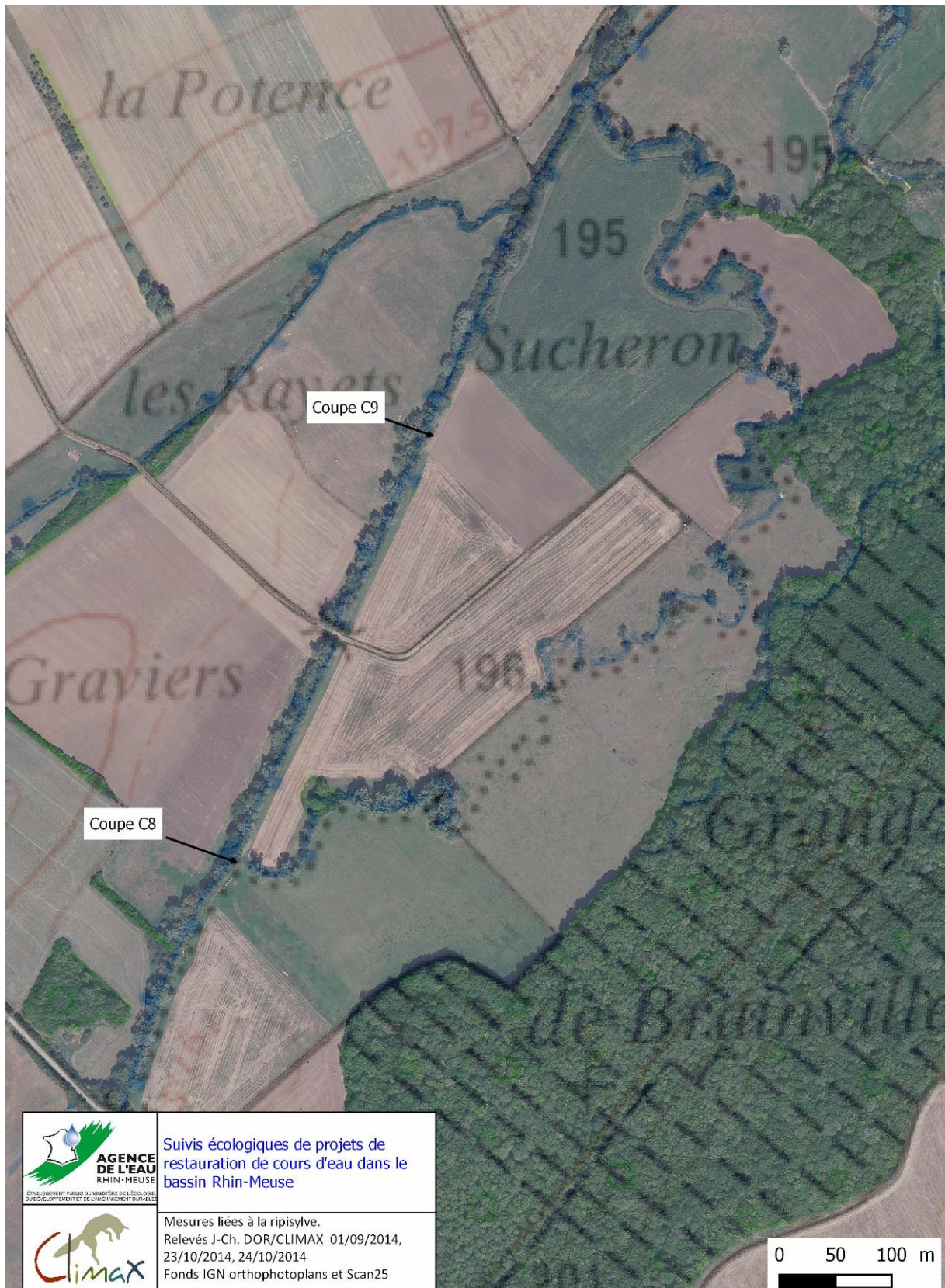


Figure 55 : localisation des schémas (coupes) de la ripisylve du Longeau (annexe 8)

3.7.10. Tronçon restauré "Les Ollés" (annexe 9)

Ce tronçon a fait l'objet d'une reconnexion d'un ancien lit. Cet ancien lit qui présentait encore de bonnes traces du lit mineur a été colonisé par des ligneux, en particulier à l'amont et sur la partie médiane.

Des plantations ont également été réalisées mais de manière assez peu dense. Elles ont surtout été menées à l'aval (secondairement à l'amont), à proximité de la jonction avec le lit rectifié.

La partie amont a nécessité des coupes de bosquets, réduisant ainsi l'épaisseur de la ripisylve.



Photo 22 : Aspect de l'annexe 9, à l'amont de "Les Ollés", à la jonction entre deux sous-tronçons de ripisylve (J-Ch. DOR/CLIMAX, octobre 2014).

Tableau 5 : caractéristiques de la ripisylve l'annexe 9

Composition floristique	<p>Arbres : <i>Quercus robur</i>, <i>Fraxinus excelsior</i>, <i>Salix alba</i> (dominant); <i>Salix fragilis</i>,.</p> <p>Arbustes : <i>Cornus sanguinea</i>, <i>Crataegus monogyna</i>, <i>Evonymus europaeus</i>, <i>Prunus spinosa</i>, <i>Rhamnus catharticus</i>, <i>Salix cinerea</i>, <i>Humulus lupulus</i></p>
Structures	Deux strates sont généralement présentes avec des lacunes (secteur médian), voire une absence de ligneux (aval)
Densité	Très variable de dense à localement absente (aval)
Bois mort	Rare
Plantations	<p><i>Acer pseudoplatanus</i> (!), <i>Alnus glutinosa</i>, <i>Prunus avium</i> (!), <i>Quercus robur</i>, <i>Salix purpurea</i>, <i>Salix triandra</i>, <i>Salix viminalis</i>, <i>Cornus sanguinea</i>, <i>Viburnum opulus</i>.</p> <p>Taux de reprise localement médiocre (aval)</p>
Végétations associées	Assez nombreuses mais très ponctuelles et peu développées : ourlet à <i>Filipendula ulmaria</i> (<i>Filipendulion ulmariae</i>), Phalaridaie (<i>Phalaridetum arundinaceae</i>) , végétation des lit mineur (<i>Chenopodion rubri</i>), Typhaie (<i>Typhetum latifoliae</i>)
Plantes invasives	Non observées
Qualité, écart au potentiel	<p>Moyenne avec des effets négatifs possibles sur certaines essences.</p> <p>Ecart important au potentiel</p>

L'annexe 9 a été découpée en cinq tronçons homogènes du point de vue de la structure et de la composition.

L'état moyen est dominant. L'état bon arrive en seconde position mais environ 7% du linéaire ne comporte pratiquement pas de ligneux.

Les berges comportent une part non négligeable d'arbres et arbustes non typiques des berges : *Quercus robur*, *Crataegus monogyna*, *Prunus spinosa*, (*Rhamnus catharticus*).

Les tronçons extrêmes sont en état mauvais (aval) ou dans une situation moyenne mais perturbée (amont). Un tronçon médian est en assez bon état (cf. carte).

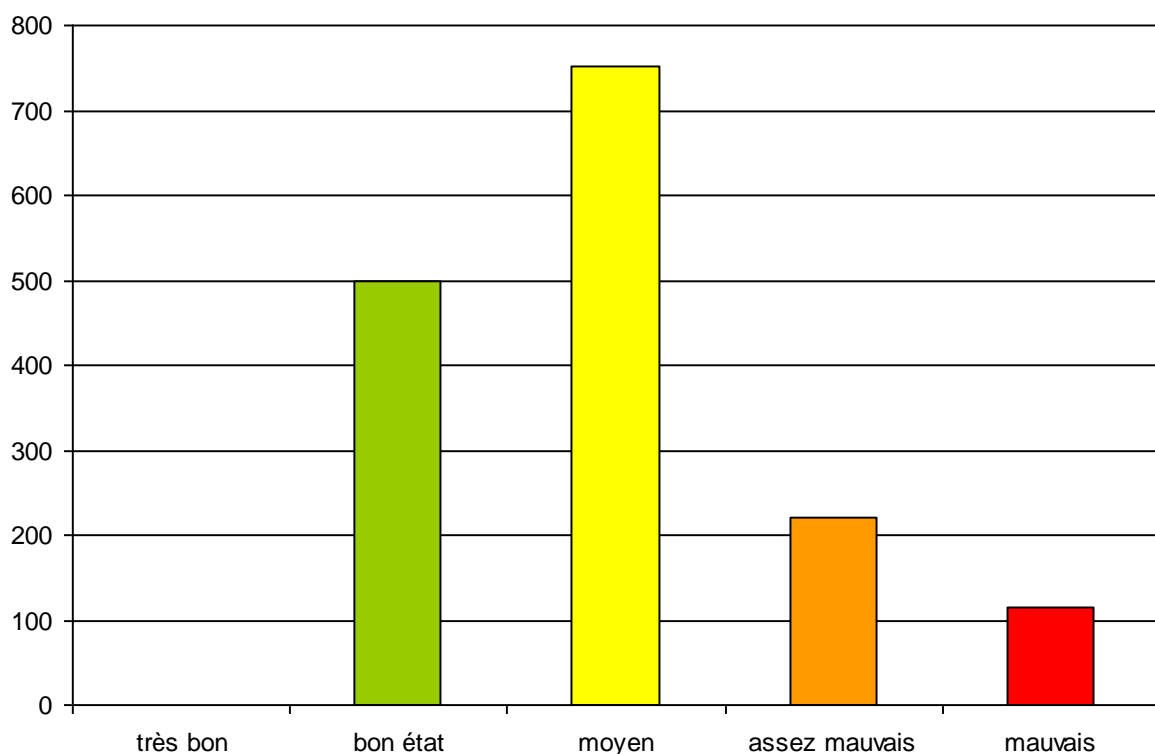


Figure 56 : état de la ripisylve de l'annexe 9

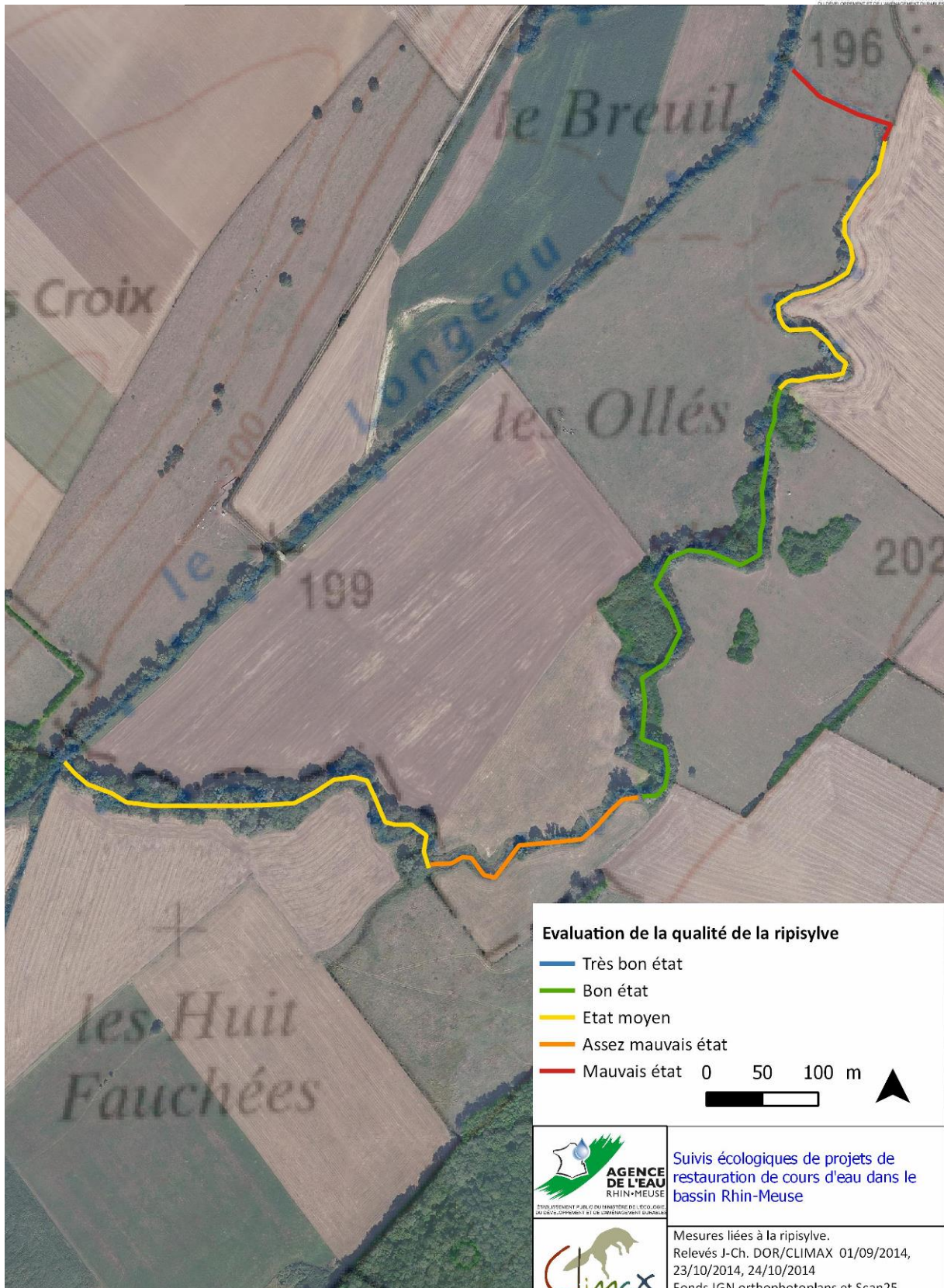


Figure 57 : qualité de la ripisylve du Longeau (annexe 9)

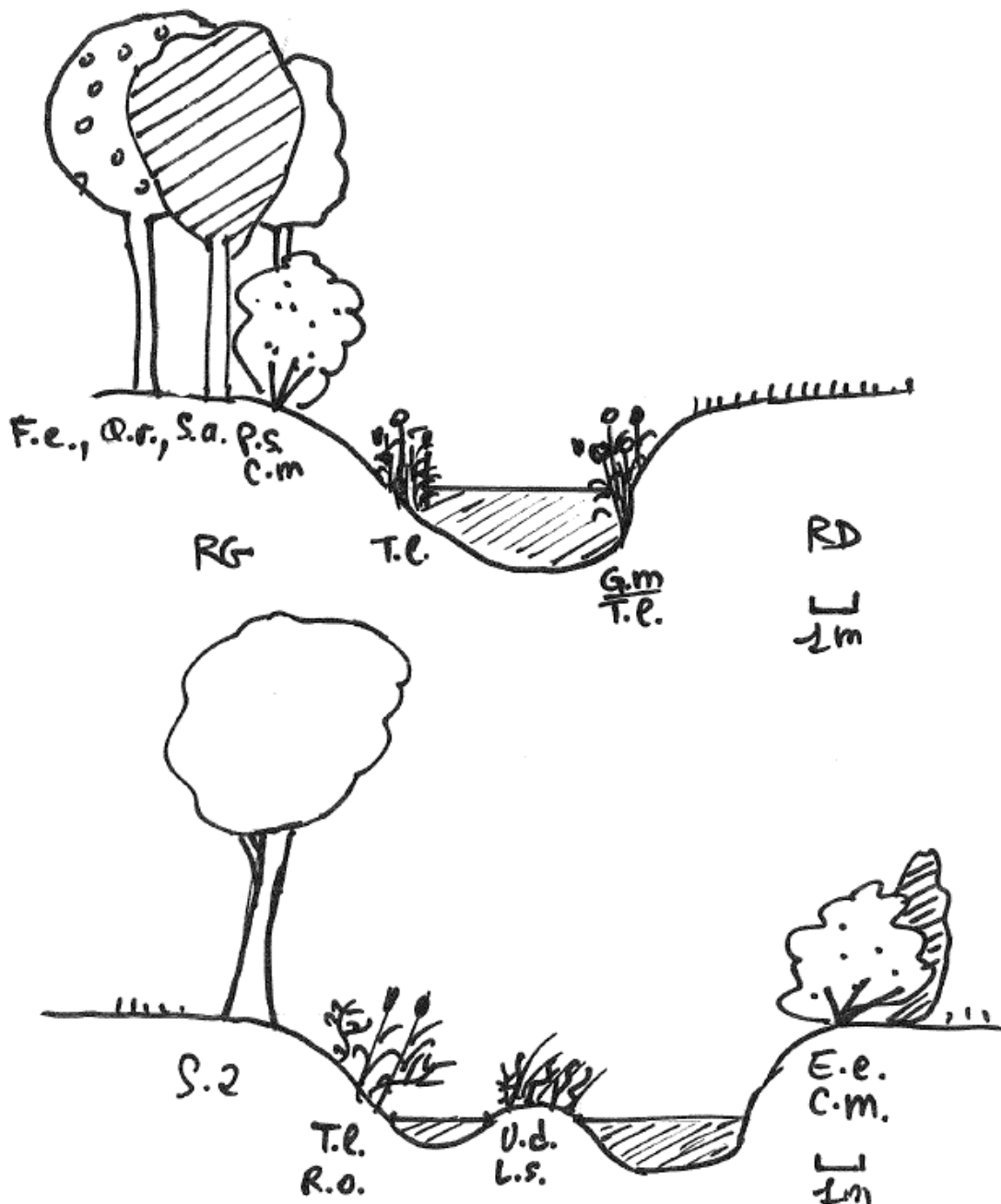


Figure 58 : schémas de situations typiques de l'annexe 9

Légende :

C.m. : *Crataegus monogyna* (Aubépine monogyne); **F.e.** : *Fraxinus excelsior* (Frêne commun)
E.e. : *Evonymus europaeus* (Fusain d'Europe); **G.m.** : *Glyceria maxima* (Grande glycérie); **L.s.** : *Lythrum salicaria* (Salicaire); **P.s.** : *Prunus spinosa* (Prunellier); **Q.r.** : *Quercus robur* (Chêne pédonculé); **R.o.** : *Rumex obtusifolius* (Patience à feuilles obtuses); **T.l.** : *Typha latifolia* (Massette à larges feuilles); **U.d.** : *Urtica dioica* (Grande ortie)



Figure 59 : localisation des schémas (coupes) de la ripisylve du Longeau (annexe 9)

3.7.11. Conclusion

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 ;
- 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.

3.8 *Physico-chimie*

3.8.1 **Etat initial avant travaux**

Les données relatives à la qualité physico-chimique du Longeau relèvent uniquement de ce qui est disponible sur le SIERM au niveau de la station de suivi historique « LON 5 ». La chronique concernée correspond à la période 2006-2015. Les résultats synthétiques sont présentés dans le tableau suivant.

Dans l'optique de caractériser la situation du Longeau avant les travaux d'aménagement réalisés (à partir de 2011), seules les années 2006 à 2010 sont considérées dans un premier temps.

Sur cette période, le Longeau à Friaucelle relève systématiquement de la classe de très bon état écologique pour les paramètres concernant la température et l'acidification (pH).

En revanche, le bilan de l'oxygène présente des dégradations régulières (O_2 dissous en 2007 et 2009, saturation en 2006/2007 et 2009 ou carbone organique en 2006/2007 et 2009 également) associables à la classe d'état écologique moyen (bon état aux autres dates pour ces paramètres). Seule la DBO_5 reste systématiquement à un niveau compatible avec le bon état voire le très bon état écologique entre 2006 et 2010.

Concernant les nutriments, la quasi-totalité des mesures se révèle conforme au bon état écologique (voire au très bon état pour l'ammonium en 2006). Cependant, le phosphore total relevait encore de la classe d'état écologique moyen pour les années 2006 à 2008.

Enfin, parmi les différents polluants spécifiques dosés, seuls le chlortoluron (de 2006 à 2009) et le métazachlore (sur toute la période) traduisent un état écologique moyen, tous les autres relèvent systématiquement de la classe de bon état.

D'après les données disponibles, il peut être conclu que la qualité d'eau du Longeau dans la période récente avant travaux 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 (concernant le phosphore, le carbone organique et l'oxygénation) et phytosanitaires (concernant le phosphore, le chlortoluron et le métazachlore) 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 (Friaucelle, Brainville ...).

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) pH (max)	7.9 8.2	7.8 8.2	7.6 8.2	7.85 8.1	7.8 8.2	7.75 8.2	7.85 8.25	7.95 8.3	7.5 8.15	7.8 8.2	7.9 8.2	Acidification
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	
DBO5 (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	<0.1	<0.02	<0.02	<0.1	
Nicosulfuron (moy, µg/L)	<0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.036	0.0092	<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	
Bon	
Moyen	
Médiocre	
Mauvais	
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).

3.8.2 Situation après travaux

Les données relatives à la qualité physico-chimique du Longeau après travaux concernent 7 stations :

- LON 1 en 2015 / données AERM DUBOST Environnement
- LON 2B en 2015 / données AERM DUBOST Environnement
- LON 3 en 2015 / données AERM DUBOST Environnement
- LON 4 en 2015 / données AERM DUBOST Environnement
- LON 5 de 2011 à 2015 / données SIERM et en 2015 / données AERM DUBOST Environnement
- LON 6A en 2015 / données AERM DUBOST Environnement

La majorité des travaux de reméandrage ayant eu lieu en 2011-2012 (seul le méandre « annexe 6bis » à Brainville à fait l'objet de travaux en 2013-2014), la chronique « post-travaux » retenue pour la station SIERM « LON 5 » est la période 2013-2015 (pas de données plus récentes disponibles). Les résultats synthétiques pour cette chronique à cette station sont présentés dans le tableau précédent.

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 chlortoluron et demétazachlore (phytosanitaires), déjà relevés dans la chronique antérieure, restent d'actualité après travaux. Il en va d'ailleurs de même avec l'isoproturon (autre phytosanitaire), dosé vis-à-vis de la caractérisation de l'état chimique.

Concernant les 6 autres relevés de données physico-chimiques effectués en 2015, la synthèse des résultats est présentée dans le tableau suivant.

Ils indiquent que le Longeau, aux six stations, se classe, pour les différents paramètres étudiés, en classe d'état écologique bon à très bon en mai 2015. 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 ».

	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

Sur ces 6 stations, des enregistrements de température en continu ont également été effectués, toutes les heures, du 11/05/2015 au 28/06/2016 (certaines données peuvent être manquantes du faite de sondes non retrouvées). Ces données sont illustrées par le tableau ci-après et les figures des pages suivantes. D'après ces graphiques, on peut constater que :

- L'évolution globale des températures dans le temps est tout à fait similaire aux 6 stations.
- 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.
- A partir de mi-novembre 2015, avec la diminution de la température de l'air, les cycles nyctéméraux sont fortement réduits et ne redeviendront plus spécialement marqués jusqu'à la fin du suivi (fin juin 2016).
- Les températures maximales qui peuvent être atteintes (pics journaliers) varient de quelques degrés entre les stations (voir tableau suivant) : les caractéristiques d'ensoleillement des stations (voire des endroits où sont posées les sondes à chaque station) sont certainement responsables de la plus grande partie de ces variations selon si le site (ou le secteur situé juste en amont) est plus ou moins directement exposé au soleil, combien de temps et à quel moment de la journée. Les différences de hauteur d'eau peuvent aussi jouer un rôle (réchauffement plus rapide quand la lame d'eau est plus faible). Toutefois, les différences observées restent mesurées et ne révèlent pas de modification fondamentale de la thermie du Longeau sur son gradient longitudinal. A titre d'exemple, sur les dates d'enregistrement communes aux 6 sondes, la température

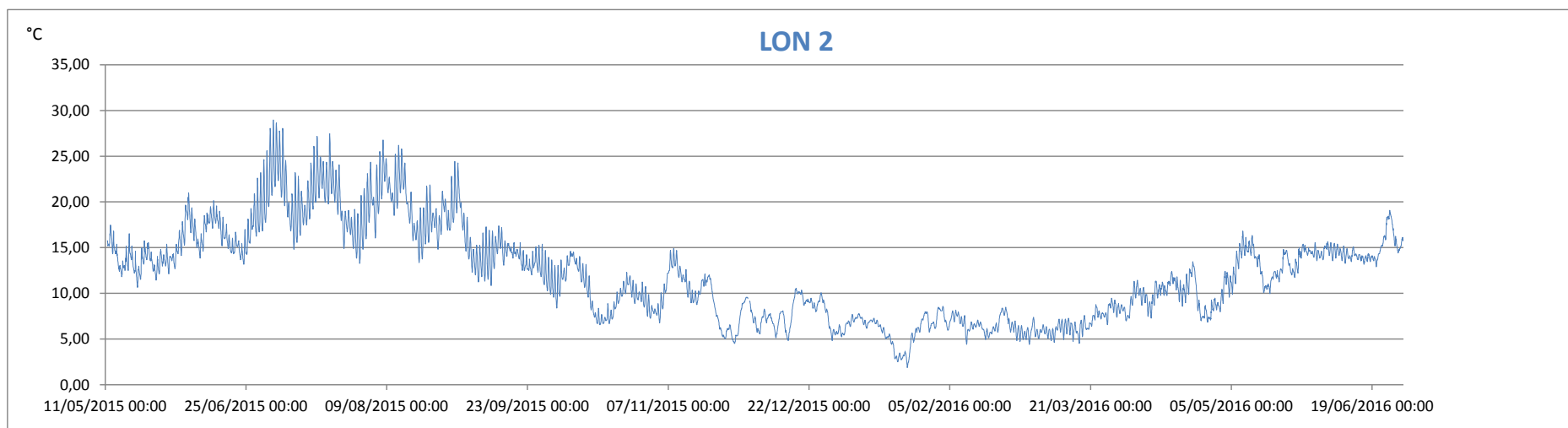
maximale varie au plus de 3,6 °C (25,9 °C pour LON 3 et 22,3°C pour LON 1) avec un écart du même ordre de grandeur (3,1 °C) concernant l'amplitude journalière maximale (7,5 °C pour LON 3 et 4,4 °C pour LON 1). On relève cependant une tendance à des températures maximales légèrement plus élevées au niveau de LON 2B, LON 3 et LON 6A (de 24,1 °C à 25,9°C pour la période commune aux 6 sondes) par rapport aux 3 autres stations (de 22,3 °C à 23,5 °C) qui peut probablement être reliée à l'absence ou la disparité de la ripisylve sur les méandres reconnectés.

	Le Longeau					
	Suivi thermique du 11/05/2015 au 28/06/2016					
	LON 1	LON 2B	LON 3	LON 4	LON 5	LON 6A
Température horaire maximale	24,2 °C	29,0 °C	29,7 °C	23,8 °C	28,2 °C	27,4 °C
Température horaire maximale sur la période commune aux 6 sondes	22,3 °C	24,1 °C	25,9 °C	22,6 °C	23,5 °C	24,6 °C
Température horaire minimale	1,8 °C	1,9 °C	1,9 °C	2,0 °C	1,7 °C	1,7 °C
Température horaire minimale sur la période commune aux 6 sondes	1,8 °C	1,9 °C	1,9 °C	2,0 °C	1,7 °C	1,7 °C
Amplitude journalière (sur 24 h consécutives) maximale	6,4 °C	8,6 °C	11,9 °C	5,0 °C	8,6 °C	5,2 °C
Amplitude journalière (sur 24 h consécutives) maximale sur la période commune aux 6 sondes	4,4 °C	6,1 °C	7,5 °C	4,4 °C	5,0 °C	5,0 °C
Amplitude journalière (sur 24 h consécutives) moyenne	1,5 °C	2,3 °C	2,5 °C	1,4 °C	2,3 °C	1,4 °C
Amplitude journalière (sur 24 h consécutives) moyenne sur la période commune aux 6 sondes	0,8 °C	0,7 °C	0,8 °C	0,8 °C	0,9 °C	0,9 °C

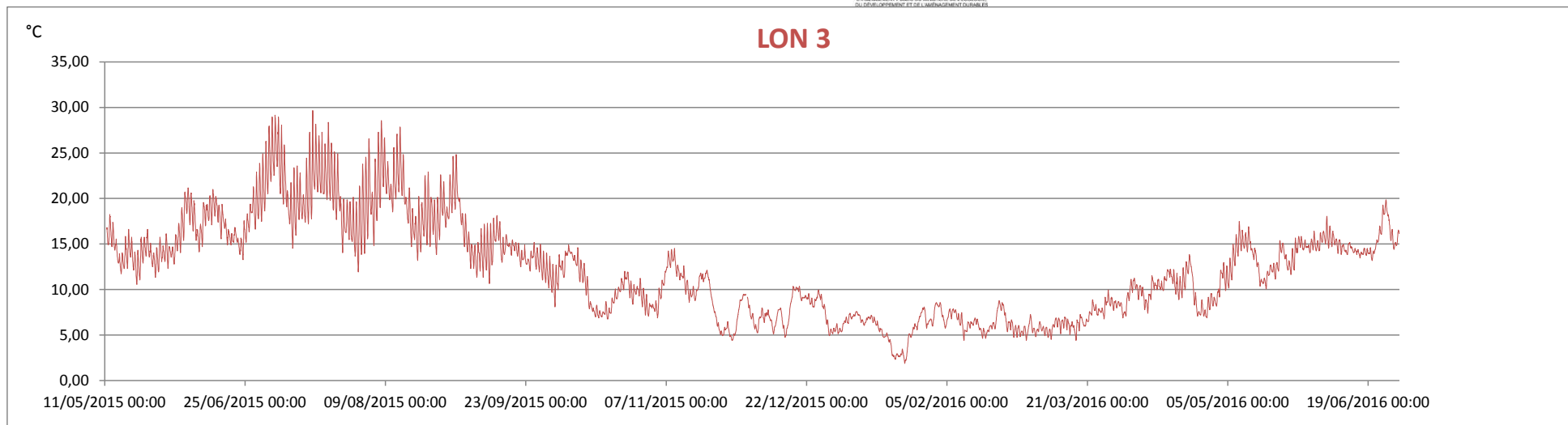
Toutefois, aucune chronique antérieure n'étant disponible, il n'est pas possible de comparer cette situation après travaux avec ce qui se passait avant les aménagements effectués.



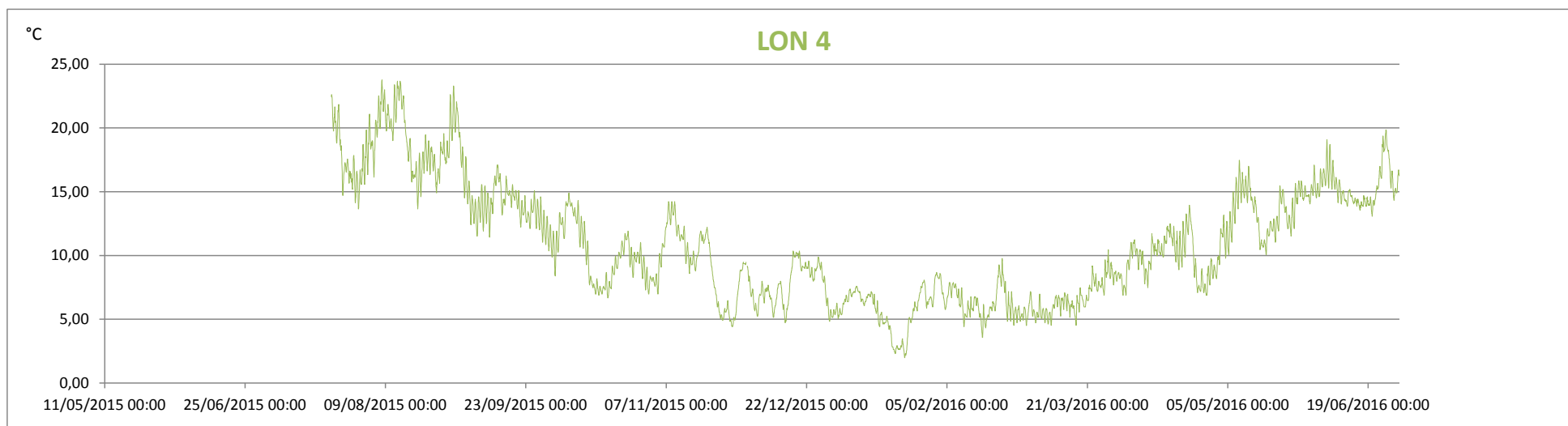
Evolution horaire de la température de l'eau à la station LON 1 entre le 22/07/2015 et le 28/06/2016



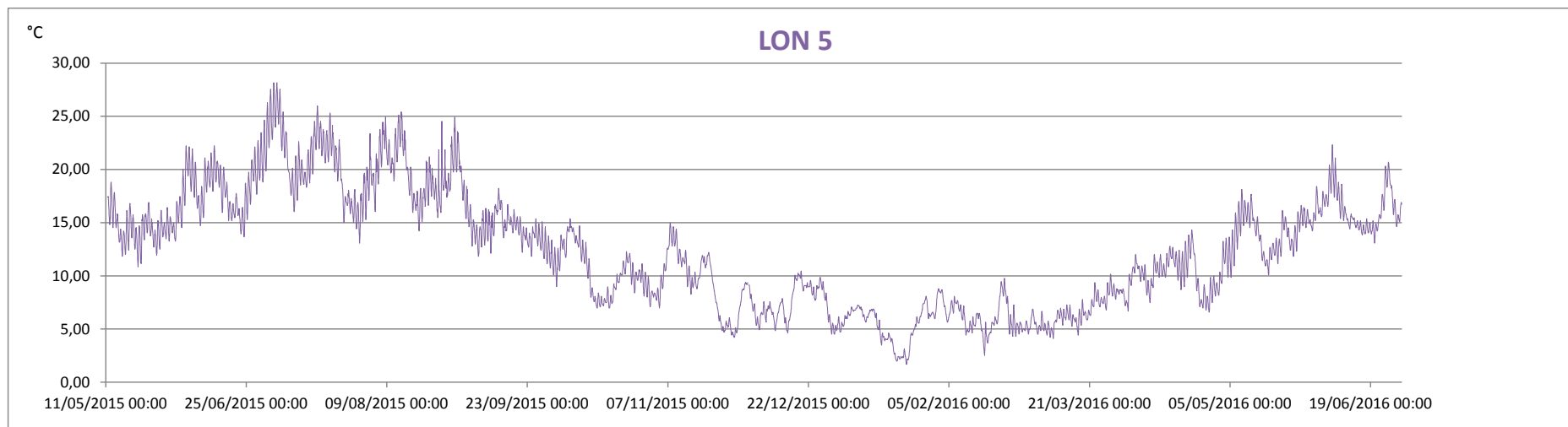
Evolution horaire de la température de l'eau à la station LON 2B entre le 11/05/2015 et le 28/06/2016



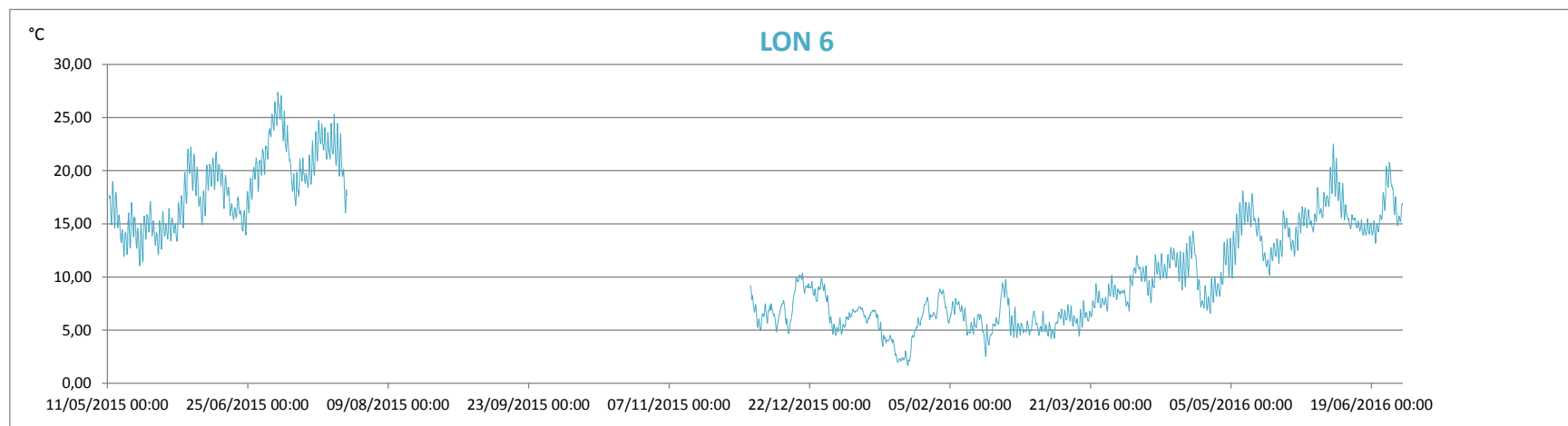
Evolution horaire de la température de l'eau à la station LON 3 entre le 11/05/2015 et le 28/06/2016



Evolution horaire de la température de l'eau à la station LON 4 entre le 22/07/2015 et le 28/06/2016



Evolution horaire de la température de l'eau à la station LON 5 entre le 11/05/2015 et le 28/06/2016



Evolution horaire de la température de l'eau à la station LON 6A entre le 11/05/2015 et le 28/06/2016

3.9 Diatomées

3.9.1 Etat initial avant travaux

Le protocole IBD a été réalisé au niveau de trois stations différentes :

- LON 5 de 1997 à 2007 (sauf 2006) / données DIREN
- LON 2A en 2011 / données DREAL
- LON 6B en 2011 / données DREAL

Au cours de ces différentes campagnes, en termes, de composition spécifique, la diatomée *Amphora pediculus* est quasi-systématiquement la plus abondante dans les échantillons prélevés (représentant globalement de 20 à 40% de l'effectif total comptabilisé). Ce taxon est sensible aux teneurs en matières organiques (β -mésosaprobe) mais supporte des eaux eutrophes. On constate que dans les résultats de 2003 (LON 5) cette espèce n'est largement pas majoritaire (moins de 7% de l'effectif total) et se voit remplacée par *Nitzschiapalea* en tête de la liste de composition spécifique du peuplement. Il en va de même en 2011 (LON 6B / environ 15% pour les effectifs d'*A. pediculus*), avec cette fois, la dominance de *Fistulifera saprophila* dans l'échantillon récolté. Cette espèce est d'ailleurs connue pour pouvoir atteindre de fortes abondances dans les eaux eutrophes et polluées. Il semble donc que des apports organiques, impliquant un recul des effectifs d'*Amphora pediculus* habituellement dominante dans le peuplement diatomique du Longeau, pourraient être à l'origine de la dégradation de la qualité écologique traduite par les IBD de 2003 et 2011 au niveau de Friaucelle. On peut aussi noter que l'année 2003 avait présenté un épisode de canicule marqué. Le prélèvement IBD ayant été réalisé au mois d'août cette année-là, il est possible qu'un débit particulièrement faible ou une température d'eau plus élevée soit aussi une source d'explication pour le peuplement diatomique observé (et la note indicelle qui en découle).

Vis-à-vis du calcul de l'indice IBD, les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant : il présente les notes indicelles IBD obtenues, la classe de qualité associée au niveau trophique correspondante selon la norme de l'IBD, la valeur d'EQR par rapport à la typologie TP10 (très petit cours d'eau des côtes calcaires est) retenue pour le Longeau (avec 18,1 en note de référence du type et 1 en note minimale du type) ainsi que la classe d'état écologique correspondante.

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.

Toutefois, trois résultats révèlent une situation ponctuellement de moins bonne qualité :

- La valeur d'EQR obtenue pour l'IBD réalisé à la station « LON 5 » en 2001 ne correspond pas à la classe de bon état écologique, mais à la classe d'état moyen.

Toutefois, la valeur relevée (0,76) se situe très proche de la limite de classe supérieure (0,78) qui caractériserait alors bien une situation de bon état écologique.

- A cette même station, en 2003, la note IBD obtenue est nettement moins bonne que le reste du temps : la valeur indicielle de 8,6 traduit un niveau de forte pollution selon la norme IBD (mauvaise qualité), ce qui implique également une valeur d'EQR associée à un état écologique médiocre. Il est donc possible qu'en 2003 soit survenu un évènement ponctuel de pollution du Longeau à l'origine de ces résultats d'IBD défavorables (la chronique de qualité d'eau exploitée débutant en 2006, cette hypothèse ne peut pas être vérifiée par ce biais).
- En 2011, le résultat IBD de la station « LON 6B » correspond à une situation de « pollution moyenne ou eutrophisation forte » (qualité passable), impliquant un EQR qui reflète un niveau d'état écologique qualifié de moyen. Là aussi, un épisode ponctuel de pollution du Longeau pourrait constituer une explication de cette situation. Cependant, les données de qualité d'eau disponibles à la station « LON 5 » ne montrent pas de différence particulière avec la qualité d'eau relevée les années précédentes (de 2006 à 2010). Il convient toutefois de noter que des rejets domestiques non traités interviennent entre les deux stations (commune de Friaucourt) et qu'ils peuvent être à l'origine qu'une pollution à la station « LON 6B » sans que la station « LON 5 » ait été impactée.

	Note IBD	Classe de qualité « niveau trophique »	EQR	Classe de qualité « état écologique »
LON 51997	14,4	Bonne qualité Eutrophisation modérée	0,784	Bon état
LON 5 1998	15,3	Bonne qualité Eutrophisation modérée	0,836	Bon état
LON 5 1999	15,4	Bonne qualité Eutrophisation modérée	0,842	Bon état
LON 5 2000	14,7	Bonne qualité Eutrophisation modérée	0,801	Bon état
LON 5 2001	14,0	Bonne qualité Eutrophisation modérée	0,760	Etat moyen
LON 5 2002	15,0	Bonne qualité Eutrophisation modérée	0,819	Bon état
LON 5 2003	8,6	Mauvaise qualité Pollution forte	0,444	Etat médiocre
LON 5 2004	15,2	Bonne qualité Eutrophisation modérée	0,830	Bon état
LON 5 2005	15,1	Bonne qualité Eutrophisation modérée	0,825	Bon état
LON 5 2007	15,4	Bonne qualité Eutrophisation modérée	0,842	Bon état
LON 2A 2011	14,8	Bonne qualité Eutrophisation modérée	0,807	Bon état
LON 6B2011	12,1	Qualité passable Pollution moyenne ou eutrophisation forte	0,649	Etat moyen

De manière plus détaillée, le tableau suivant précise pour chaque résultat IBD, la richesse (en nombre de genres ou d'espèces de diatomées rencontrés), l'équitabilité de l'échantillon et la diversité de Shannon. On constate ainsi que le nombre de genres est plutôt variable (de 13 à 23), comme le nombre d'espèces (de 30 à 47) mais que l'équitabilité (de 0,59 à 0,80) et la diversité s'avèrent plus stables (de 3,20 à 4,28). En outre, aucun des trois prélèvements précédemment présentés comme relevant d'une situation écologique moins favorable (LON 5 en 2001 et 2003 ainsi que LON 6B en 2011) ne se distingue particulièrement des autres données, que ce soit concernant le nombre de genres ou d'espèces, l'équitabilité ou encore la diversité. Au contraire, pour chacune de ces variables, la valeur observée aux trois prélèvements ne relevant pas du bon état écologique, se situe parfaitement dans la moyenne des valeurs de toute la chronique (en dehors du nombre d'espèces recensé en 2003 qui correspond au plus élevé de la chronique).

	Richesse		Equitabilité	Diversité
	Nombre de genres	Nombre d'espèces		
LON 5 1997	13	35	0,80	4,10
LON 5 1998	18	43	0,59	3,20
LON 5 1999	16	41	0,67	3,60
LON 5 2000	13	36	0,67	3,44
LON 5 2001	18	41	0,77	4,11
LON 5 2002	15	46	0,70	3,87
LON 5 2003	15	47	0,68	3,78
LON 5 2004	13	36	0,71	3,65
LON 5 2005	20	33	0,65	3,27
LON 5 2007	14	30	0,73	3,59
LON 2A 2011	23	43	0,79	4,28
LON 6B 2011	19	35	0,76	3,91

3.9.2 Situation après travaux

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

3.1 *Macrophytes*

3.1.1 **Etat initial avant travaux**

L'indice IBMR a été réalisé au niveau de deux stations différentes :

- LON 2A en 2011 (2 campagnes) / données DREAL
- LON 6B en 2011 / données DREAL

Les deux relevés de macrophytes effectués à Allamont (LON 2A) en début et en fin de saison 2011 donnent des indications sur le caractère eutrophe du 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*. En automne cette algue est moins développée, mais elle représente toujours la majeure partie des taux de recouvrement. Les autres taxons, soit un peu plus d'une dizaine, sont très peu représentés sur la station aux deux saisons. Il s'agit surtout d'autres taxons d'algues du groupe des cyanophycées comme les genres *Phormidium* ou *Oscillatoria*, de quelques hydrophytes comme *Callitriche platycarpa* ou le rubanier *Sparganium emersum*. Le reste des taxons sont des héliophytes ou hygrophytes de bordure habituellement rencontrés le long des cours d'eau lorrains : la sagittaire *Sagittaria sagittifolia*, la véronique *Veronica beccabunga*, la baldingère *Phalaris arundinacea*, la berle *Berula erecta* ou l'iris des marais *Iris pseudacorus*. Il s'agit d'une diversité très moyenne et surtout de l'effet de proximité de berges, les hydrophytes sont plutôt évincés au profit des algues. Ces taxons sont très ubiquistes et tolérants au caractère méso-eutrophe à eutrophe du milieu.

La station LON 6B à Friauville 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 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. De manière identique à LON 2A, se trouvent des algues complémentaires (*Vaucheria*, *Phormidium*) complétées par des genres comme *Spirogyra*. Enfin des hydrophytes des milieux lents ou à faible courant ont été recensées : le nénuphar jaune *Nuphar lutea*, la lentille *Lemna minor*, l'élodée *Elodea canadensis*, le potamo crêpe *Potamogeton crispus*. La callictriche *C. platycarpa* est également présente à cette station. Les autres taxons sont également des espèces de bordure situées près de la berge. Cet ensemble 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.

Les résultats IBMR de ces deux stations sont présentés dans le tableau suivant : il précise les notes indicielles IBMR obtenues, la classe de qualité associée au niveau trophique correspondante selon la norme de l'IBMR, la valeur d'EQR par rapport à la typologie TP10 (très petit cours d'eau des côtes calcaires est) retenue pour le Longeau (avec 11,17 en note de référence du type) ainsi que la classe d'état écologique correspondante.

Les deux stations ont été échantillonnées au mois de juin 2011, puis LON 2A a de nouveau été échantillonnée en septembre 2011. Les deux relevés du mois de juin présentent des notes indicielles très proches (8,10 et 7,93), qui se traduisent pourtant par deux classes de niveau trophique différentes du fait de leur proximité avec la valeur retenue pour la limite de classe (8). Pour LON 2A, cela correspond à un niveau trophique fort contre un niveau trophique très élevé pour LON 6B. Toutefois, en termes de classe qualité associée à la valeur d'EQR les deux stations relèvent bien toutes les deux de l'état écologique moyen. La note IBMR du mois de septembre pour LON 2A s'avère, quant à elle, légèrement plus élevée et correspond à un niveau trophique fort mais se rapproche plus de la valeur théorique de référence et se traduit par une valeur d'EQR associée à la classe de bon état écologique.

	Note IBMR	Classe de qualité « niveau trophique »	EQR	Classe de qualité « état écologique »
LON 2A juin 2011	8,10	Niveau trophique fort	0,725	Etat moyen
LON 6B juin 2011	7,93	Niveau trophique très élevé	0,710	Etat moyen
LON 2A sept. 2011	9,26	Niveau trophique fort	0,829	Bon état

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 :

- Pour LON 2A, la note IBD traduit un niveau d'eutrophisation modéré (code couleur vert) tandis que celle de l'IBMR correspond à un niveau trophique fort (code couleur orange) aux deux campagnes (juin et septembre) : l'écart est toutefois plus lissé concernant les classes de qualité relatives au bon état écologique et associées aux valeurs d'EQR.
- Pour LON 6B, là encore le niveau trophique caractérisé par la note indicielle IBMR (niveau trophique très élevé – code couleur rouge) se révèle nettement supérieur à celui traduit par le biais de l'indice IBD (eutrophisation forte – code couleur jaune). En revanche, au travers des EQR pour les deux indices, c'est bien la même classe de qualité « état écologique moyen » qui est retenue.

Globalement, on constate donc que 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.

3.1.2 Situation après travaux

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

3.2 Invertébrés

3.2.1 Etat initial avant travaux

Les macro-invertébrés ont été étudiés au niveau de cinq stations différentes :

- LON 1 en 2008 / données ONEMA (IBG-DCE)
- LON 2A en 2008 / données ONEMA (IBG-DCE) + en 2011 / données DREAL (IBG-DCE)
- LON 4 en 2008 / données ONEMA (IBG-DCE)
- LON 5 de 2004 à 2007 / données DREAL (IBGN)
- LON 6B en 2011 / données DREAL (IBG-DCE)

Pour ces différentes campagnes, les tableaux suivants précisent pour chaque prélèvement IBGN (ou IBG-DCE) la richesse (en nombre de familles) relatives aux groupes de larves d'insectes les plus exigeantes (à la fois en termes de qualité d'eau et de caractéristiques physiques du milieu), c'est-à-dire les Plécoptères, Trichoptères et Ephéméroptères (PTE). Dans le cas des prélèvements effectués selon la méthodologie « IBG-DCE » (à partir de 2008), cette information a également été précisée en prenant en compte les 4 derniers prélèvements unitaires (bocal « B3 »). On constate ainsi que le nombre de familles de PTE se situe globalement autour de 11 d'une année à l'autre et d'une station à l'autre, avec ponctuellement des valeurs qui peuvent s'en écarter plus : jusqu'à 16 familles pour LON 2A en 2011 ou, à l'inverse, 7 familles pour la station LON 1 en 2008 (qui correspond à la note indicielle la moins élevée de la chronique – voir ci-après). En prenant en compte le bocal B3 pour les IBG-DCE à partir de 2008, on constate que l'écart par rapport aux 8 premiers prélèvements (B1+B2) reste modéré et stable entre les différentes stations (+ 1 à 3 familles).

	LON 5 2004	LON 5 2005	LON 5 2006	LON 5 2007
Richesse taxonomique	32	43	47	43
PTE (familles)*	9	11	13	12
PTE (familles)** avec B3				

	LON 1 2008	LON 2A 2008	LON 4 2008	LON 2A 2011	LON 6B 2011
Richesse taxonomique	29	40	41	42	34
PTE (familles)*	7	10	11	16	11

PTE (familles)** avec B3	10	11	13	17	12
-------------------------------------	----	----	----	----	----

* nombre de taxons (familles) appartenant aux groupes des Plécoptères, Trichoptères et Ephéméroptères (taxons globalement les plus polluosensibles et les plus exigeants en termes de milieu physique) : pour les 8 prélèvements IBGN ou « IBGN-équivalent » (B1+B2)

** nombre de taxons (familles) appartenant aux groupes des Plécoptères, Trichoptères et Ephéméroptères (taxons globalement les plus polluosensibles et les plus exigeants en termes de milieu physique) : pour les 12 prélèvements « IBGN-équivalent » (B1+B2+B3)

D'autre part, pour les cinq prélèvements qui ont été réalisés suivant le protocole IBG-DCE, le tableau suivant précise les probabilités de présence des 11 types de pressions appréhendées par le biais de « l'outil diagnostic macro-invertébrés ». On constate donc 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).

	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, les notes indicielles des différentes campagnes sont synthétisés dans les tableaux suivants : ils présentent la richesse taxonomique (pour les 8 prélèvements de l'équivalent-IBGN), la classe de richesse associée, le Groupe Indicateur (GI) retenu et le taxon correspondant, la note indicielle IBGN (ou IBGN-équivalent) obtenue, la valeur d'EQR par rapport à la typologie TP10 (très petit cours d'eau des côtes calcaires est) retenue pour le Longeau ainsi que la classe d'état écologique correspondante.

La majorité des relevés indique une note d'IBGN associée au très bon état écologique. La seule fois où la classe de bon état écologique a été retenue, c'est pour la station LON 1 en 2008, notamment du fait d'une richesse taxonomique sensiblement moins élevée que pour le reste des prélèvements effectués. On constate donc globalement, quelle que soit la date ou la station, le Longeau présente une qualité d'eau plutôt satisfaisante (GI compris entre 5 et 7 sur 9) ainsi que des caractéristiques physiques qui autorisent la présence d'une macrofaune benthique assez diversifiée (classe de richesse comprise entre 9 et 13 sur 14), de manière tout à fait concordante avec ce qui est attendu pour ce type de cours d'eau (typologie TP10).

	LON 5 2004	LON 5 2005	LON 5 2006	LON 5 2007
Richesse taxonomique	32	43	47	43
Classe de richesse	9	12	13	12
GI Retenu	6	5	7	6
Taxon indicateur	<i>Sericostomatida e</i>	<i>Hydroptilidae</i>	<i>Goeridae</i>	<i>Sericostomatidae</i>
Note IBGN	15/20	16/20	19/20	17/20
EQR	0,93	1,00	1,20	1,07
Classe de qualité	Très bon état	Très bon état	Très bon état	Très bon état

	LON 1 2008	LON 2A 2008	LON 4 2008	LON 2A 2011	LON 6B 2011
Richesse taxonomique	29	40	41	42	34
Classe de richesse	9	11	12	12	10
GI Retenu	6	7	6	7	7
Taxon indicateur	<i>Ephemeridae</i>	<i>Leptophlebiida e</i>	<i>Ephemeridae</i>	<i>Leuctridae</i>	<i>Leptophlebiidae</i>
Note IBGN	14/20	16/20	17/20	18/20	16/20
EQR	0,87	1	1,07	1,13	1
Classe de qualité	Bon état	Très bon état	Très bon état	Très bon état	Très bon état

3.2.2 Situation après travaux

Après travaux, les macro-invertébrés ont été étudiés au niveau de six stations différentes, toutes étudiées en 2015 dans le cadre de données AERM/DUBOST Environnement (IBG-DCE) :

- LON 1
- LON 2B
- LON 3
- LON 4

- LON 5
- LON 6A

De la même manière que précédemment, les tableaux suivants précisent pour chaque prélèvement IBGN (ou IBG-DCE) la richesse (en nombre de familles) relatives aux groupes de larves d'insectes les plus exigeantes (à la fois en termes de qualité d'eau et de caractéristiques physiques du milieu), c'est-à-dire les Plécoptères, Trichoptères et Ephéméroptères (PTE). Cette information a également été précisée en prenant en compte les 4 derniers prélèvements unitaires de l'IBG-DCE (bocal « B3 »). On constate ainsi que le nombre de familles de PTE se situe globalement à 15 aux deux premières stations puis aux 4 autres. Ces gammes de valeur correspondent 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 16 familles (pour LON 2A en 2011). En prenant en compte le bocal B3, on constate que l'écart par rapport aux 8 premiers prélèvements (B1+B2) reste modéré et stable entre les différentes stations (+ 0 à 2 familles), comme c'était déjà le cas en situation initiale avant travaux.

	LON 1 2015	LON 2B 2015	LON 3 2015	LON 4 2015	LON 5 2015	LON 6A 2015
Richesse taxonomique	35	40	33	40	33	27
PTE (familles)*	15	15	10	12	11	10
PTE (familles)** avec B3	15	15	11	12	12	12

* nombre de taxons (familles) appartenant aux groupes des Plécoptères, Trichoptères et Ephéméroptères (taxons globalement les plus polluosensibles et les plus exigeants en termes de milieu physique) : pour les 8 prélèvements IBGN ou « IBGN-équivalent » (B1+B2)

** nombre de taxons (familles) appartenant aux groupes des Plécoptères, Trichoptères et Ephéméroptères (taxons globalement les plus polluosensibles et les plus exigeants en termes de milieu physique) : pour les 12 prélèvements « IBGN-équivalent » (B1+B2+B3)

Le tableau suivant précise les probabilités de présence des 11 types de pressions appréhendées par le biais de « l'outil diagnostic macro-invertébrés » pour ces six prélèvements IBG-DCE. 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 (Friaucelle) 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.

	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, les résultats indiciels des différents prélèvements sont synthétisés dans les tableaux suivants : ils présentent la richesse taxonomique (pour les 8 prélèvements de l'équivalent-IBGN), la classe de richesse associée, le Groupe Indicateur (GI) retenu et le taxon correspondant, la note indicielle IBGN-équivalent obtenue, la valeur d'EQR par rapport à la typologie TP10 (très petit cours d'eau des côtes calcaires est) retenue pour le Longeau ainsi que la classe d'état écologique correspondante.

La majorité des relevés indique une note d'IBGN associée au très bon état écologique. Cela concerne les quatre premières stations le long du gradient amont-aval. Pour les deux dernières, c'est la classe de bon état écologique qui est retenue, notamment du fait :

- D'un rang de polluo-sensibilité sensiblement moins élevé que pour les autres stations plus en amont pour LON 5
- D'une richesse taxonomique sensiblement moins élevée que pour le reste des prélèvements effectués pour la station LON 6A.

Cependant, on constate globalement, quelle que soit la station, le Longeau présente une qualité d'eau plutôt satisfaisante (GI compris entre 5 et 7 sur 9) ainsi que des caractéristiques physiques qui autorisent la présence d'une macrofaune benthique assez diversifiée (classe de richesse comprise entre 8 et 11 sur 14), de manière tout à fait concordante avec ce qui est attendu pour ce type de cours d'eau (typologie TP10). Ces observations restent très comparables à ce qui avait été obtenu aux différentes stations au travers des données de l'état initial avant travaux.

	LON 1 2015	LON 2B 2015	LON 3 2015	LON 4 2015	LON 5 2015	LON 6A 2015
Richesse taxonomique	35	40	33	40	33	27
Classe de richesse	10	11	10	11	10	8
GI Retenu	7	7	7	7	5	6
Taxon indicateur	<i>Leuctridae</i>	<i>Leuctridae</i>	<i>Leuctridae</i>	<i>Leuctridae</i>	<i>Hydroptilidae</i>	<i>Ephemeraidae</i>
Note IBGN	16/20	17/20	16/20	17/20	14/20	13/20
EQR	1	1,07	1	1,07	0,87	0,8
Classe de qualité	Très bon état	Très bon état	Très bon état	Très bon état	Bon état	Bon état

3.3 Poissons

3.3.1 Etat initial avant travaux

Avant travaux, les poissons ont été étudiés au niveau de cinq stations différentes :

- LON 1 en 2008 (2 campagnes) / données ONEMA
- LON 2A en 2008 (2 campagnes) puis en 2009 / données ONEMA
- LON 2B en 2008 (2 campagnes) / données ONEMA
- LON 4 en 2008 (2 campagnes) / données ONEMA
- LON 5 en 2008 (2 campagnes) / données ONEMA

Pour rappel, l'emploi de trois méthodes d'échantillonnages différentes selon les stations et/ou campagnes (pêche complète avec 1 seul passage, pêche complète avec 2 passages successifs ou pêche stratifiée « par points ») peut avoir une influence sur les résultats de pêche, notamment en termes de densités relevées.

Les résultats des différentes campagnes de pêche électrique sont synthétisés dans les tableaux suivants : ils présentent la méthode d'échantillonnage employée, la richesse spécifique (écrevisses incluses), les éventuelles espèces d'écrevisses présentes ainsi que la densité totale.

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 densité s'avère très variable entre les différentes stations et les différentes campagnes (cela peut notamment être à mettre en lien avec des méthodes d'échantillonnages hétérogènes). Il semble toutefois ressortir de ces données que la densité piscicole relevée à la station LON 5 soit moins élevée que celle des stations LON 1, LON 2A et LON 4. La densité particulièrement faible observée pour la station LON 2B (moins de 1 individu pour 100 m²) confirme bien que cette annexe ne présente qu'un intérêt piscicole limité aux périodes de connexion hydraulique suffisante avec le lit principal du Longeau (en situation avant travaux).

Campagne juin 2008

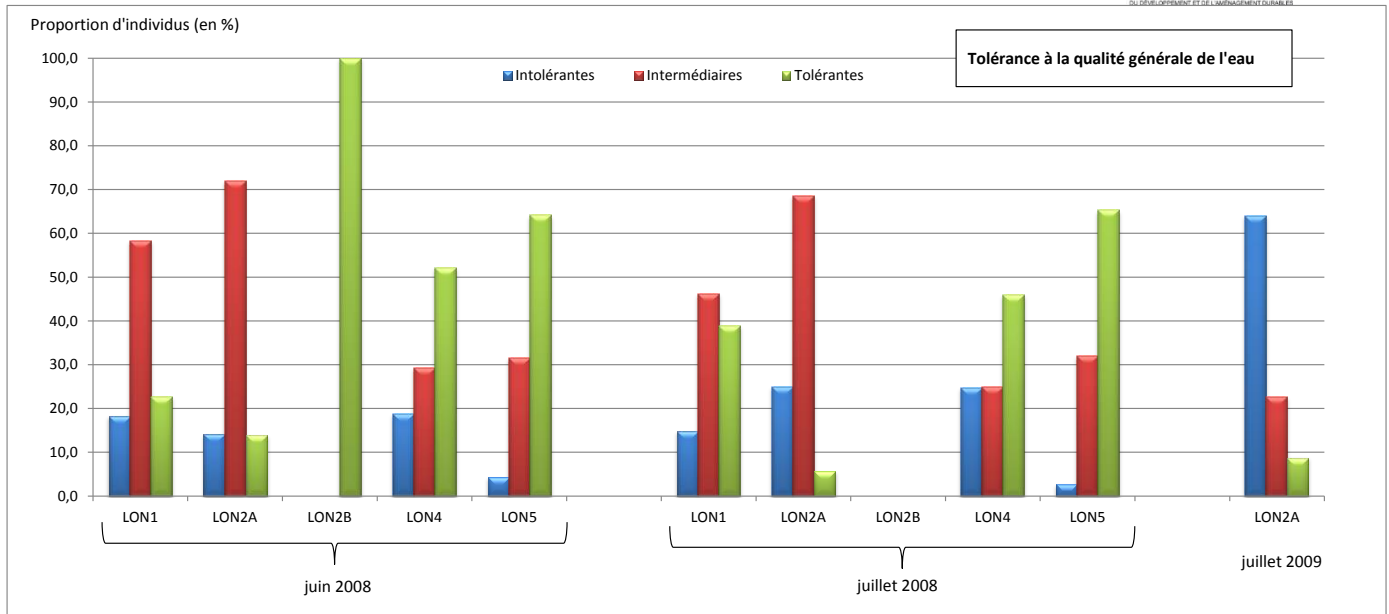
	LON 1	LON 2A	LON 2B	LON 4	LON 5
Méthode	Pêche complète 2 passages	Pêche complète 1 passage	Pêche complète 1 passage	Pêche complète 1 passage	Pêche stratifiée 75 points
Richesse spécifique	16	14	2	11	13
Dont écrevisses	<i>Orconectes limosus</i>	-	-	-	-
Densité totale Nb ind./100 m²	76	41,9	0,7	22	19,3

Campagne juillet 2008

	LON 1	LON 2A	LON 2B	LON 4	LON 5
Méthode	Pêche complète 2 passages	Pêche complète 2 passages	Pêche complète 1 passage	Pêche complète 2 passages	Pêche complète 1 passage
Richesse spécifique	17	16	0	13	14
Dont écrevisses	<i>Orconectes limosus</i>	<i>Orconectes limosus</i> <i>Pacifastacus leniusculus</i>	-	<i>Orconectes limosus</i>	-
Densité totale Nb ind./100 m²	90,4	168,4	0	105,2	23,9

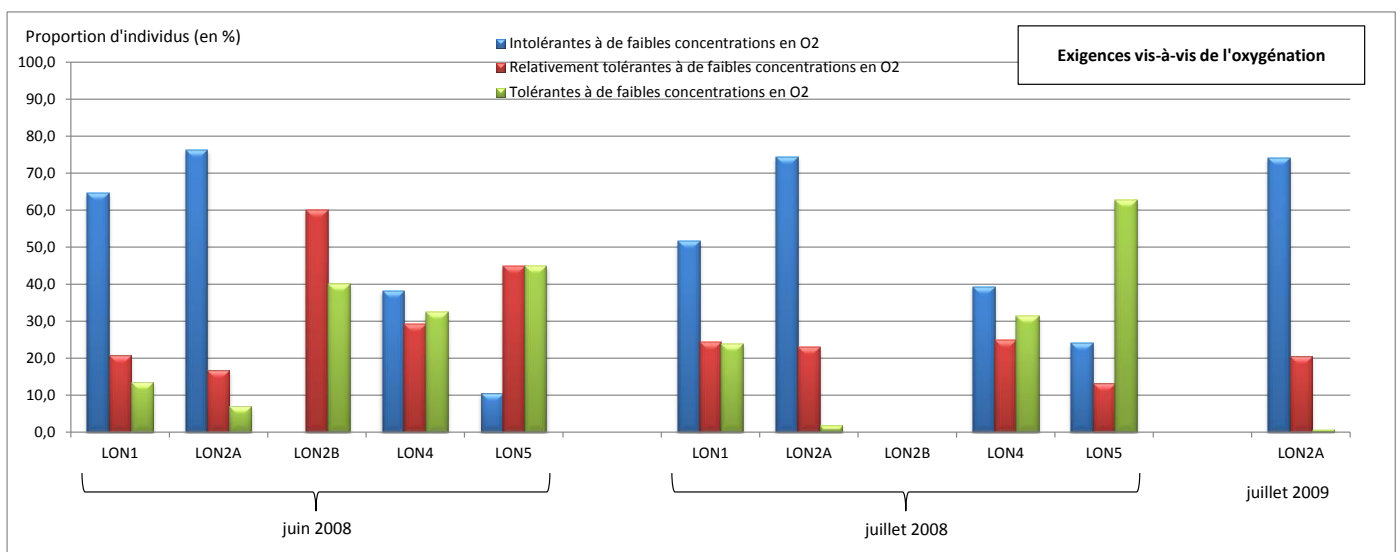
Campagne juillet 2009

	LON 2A
Méthode	Pêche complète 2 passages
Richesse spécifique	14
Dont écrevisses	<i>Pacifastacus leniusculus</i>
Densité totale Nb ind./100 m²	141,6



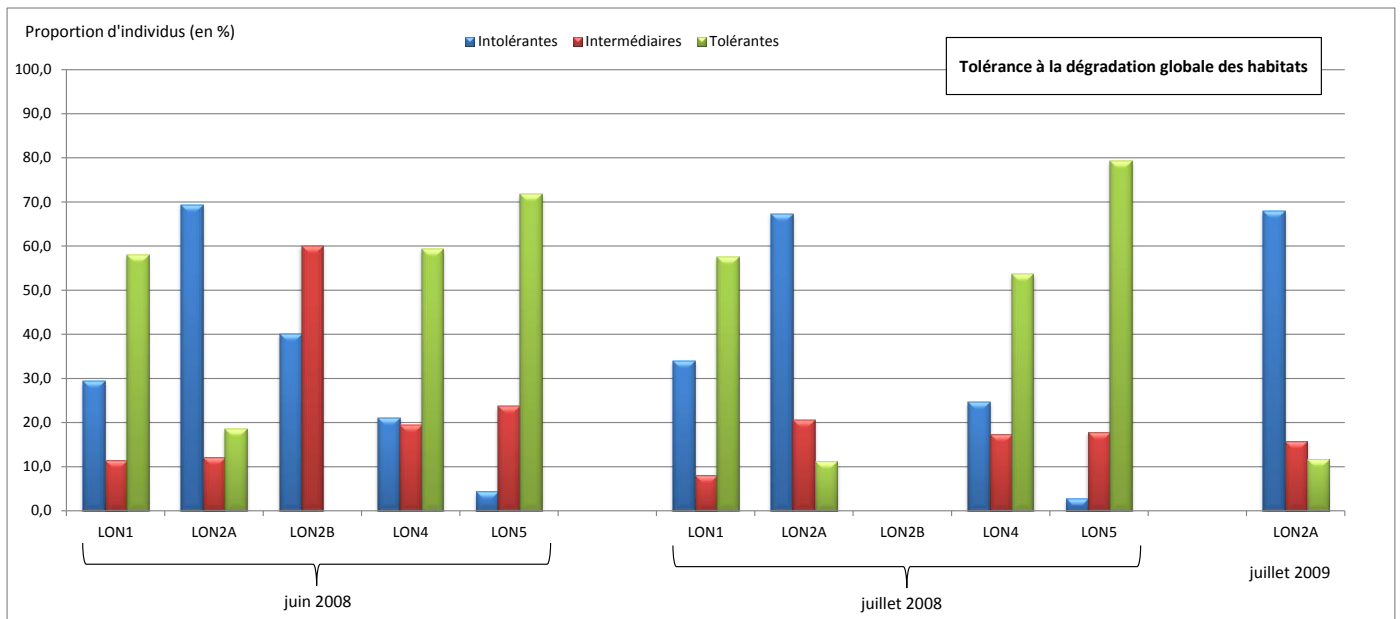
En termes de guildes écologiques, on observe que le Longeau accueille une plus grande proportion d'individus tolérants vis-à-vis de la qualité générale de l'eau (figure ci-dessus) dans sa partie aval (LON 4 et LON 5) par rapport aux secteurs amont (LON 1 et LON 2A). Ce constat est valable à chacune des 3 campagnes disponibles pour l'état initial. A noter aussi que dans l'Annexe 9 avant redynamisation (LON 2B), seules des espèces tolérantes à la qualité générale de l'eau ont été recensées.

En utilisant cette fois le critère du degré de tolérance à de faibles concentrations en oxygène (voir figure), le constat est tout à fait identique : plus grande proportion d'espèces intolérantes aux faibles taux d'oxygène en partie amont (Moulotte et Allamont) par rapport aux stations plus en aval (Brainville et Friaucelle). De même, l'Annexe 9 non redynamisée accueillait uniquement des poissons tolérants de faibles taux d'oxygène.

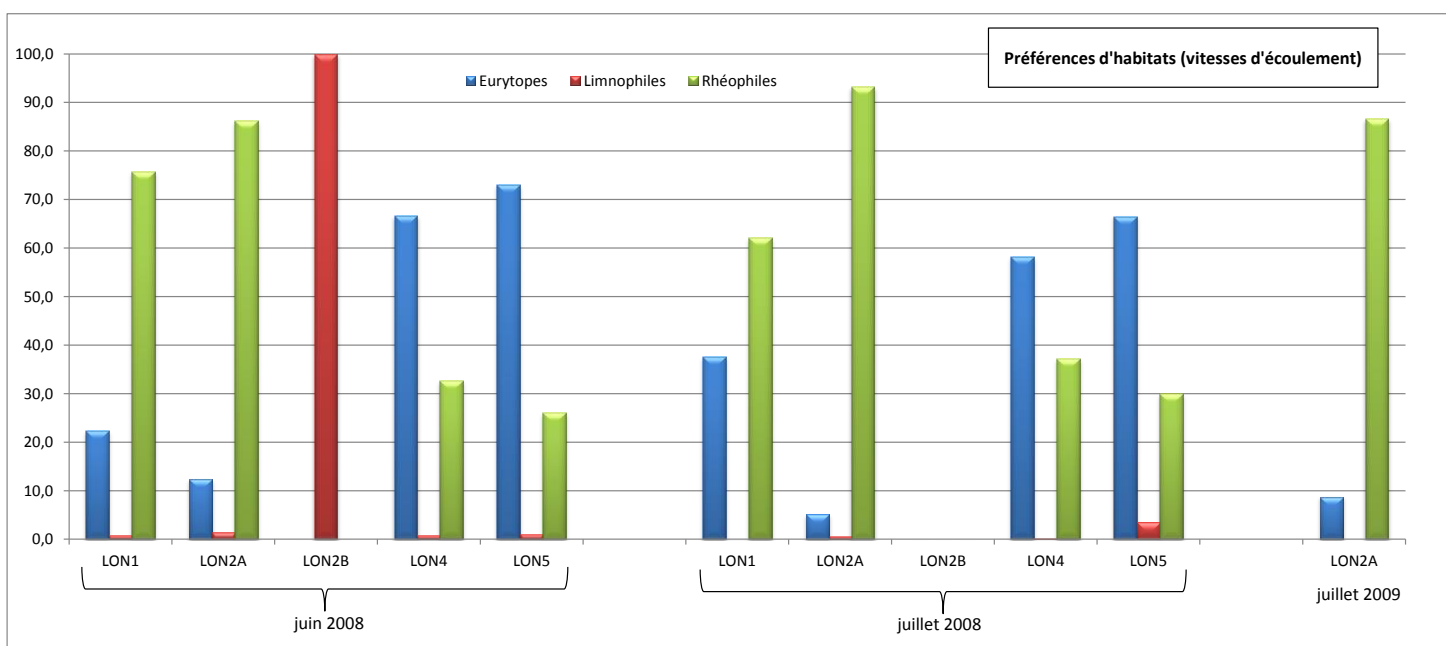


D'autre part, on constate que la proportion d'individus tolérants à la dégradation globale des habitats (figure suivante) est systématiquement bien moins élevée au niveau d'Allamont

(même dans l'Annexe 9 non connectée) qu'aux trois autres stations (Moulotte, Brainville et Friaucville).



Enfin, concernant les préférences d'habitat vis-à-vis des vitesses d'écoulement (figure suivante), on distingue de nouveau les stations amont (LON 1 et LON 2A) des stations aval (LON 4 et LON 5) où les rhéophiles sont bien représentés, des stations aval (LON 4 et LON 5) où les rhéophiles se voient remplacés par des espèces plus lénitophiles. A noter que, de manière tout à fait logique, les seuls poissons recensés dans l'Annexe 9 avant redynamisation (LON 2B) correspondent à des espèces strictement lénitophiles.



La répartition des classes de tailles lors de chaque opération de pêche peut également être étudiée. Pour cela nous retiendrons trois espèces :

- le brochet, qui constitue l'espèce repère du contexte cyprino-esocicole car il est très exigeant d'un point de vue écologique,
- la lote, espèce également exigeante et en régression globale (la présence d'une population de lotes dans le Longeau constitue un réel intérêt du point de vue piscicole),
- le vairon, petite espèce à préférence rhéophile (également considéré comme un bon indicateur de la qualité d'eau) et présentant une bonne capacité de développement dans les milieux qui lui sont propices

Le tableau suivant présente la répartition en classes de tailles (mm) des brochets capturés lors des différentes pêches électriques de l'état initial. En dehors de la station LON 2B (Annexe 9 avant redynamisation), on constate que cette espèce a été observée à chaque fois. En outre, la proportion de jeunes de l'année (globalement jusqu'à environ 20 cm pour les dates de pêches concernées) révèle une bonne reproduction naturelle du brochet. Les stades suivants (1+, 2+) semblent également normalement représentés sur le Longeau.

BROCHETS Classe de taille (mm)	LON1 juin-08	LON2A juin-08	LON2B juin-08	LON4 juin-08	LON5 juin-08	LON1 juil-08	LON2A juil-08	LON2B juil-08	LON4 juil-08	LON5 juil-08	LON2A juil-09
10											
20											
30											
40											
50		1									
60	5	1		1	3						
70	1										
80				1	2				1		
90						1	1		2		
100						3			3		
110				2		2			1	2	1
120						1					
130											
140							1				
150									1		
160											
170											
180									2		
190											
200				1							
210					2						
220					1				1		
230									1		
240				2	1						
250											
260											1
270		1									1
280	1				1				1		
290	1				1		2				
300						1	1			1	
310						1					
320											
330	1										
340											
350											
360											
370											
380											
390									2		1
400		1									
410											
420										1	
430											
440											
450				1							
460	2										
470									1		
480											
490											
500											
510						1					
520											
530					1						
540											1

Concernant la lote (voir tableau page suivante), le constat est plus nuancé. Toujours aucune lote n'a été capturée à la station LON 2B, mais pour les autres stations on observe une tendance à une meilleure reproduction (bonne présence de juvéniles de moins de 10 cm environ) au niveau des stations LON 4 et LON 5 (partie aval du Longeau) tandis que les adultes (jusqu'à une quarantaine de cm) apparaissent mieux représentés aux stations LON 1 et LON 2A.

Pour les vairons, le tableau ci-dessous nous informe sur la présence de juvéniles (20-30 mm) aussi bien que d'individus plus grands (jusqu'à 6-7 cm) aux stations où cette espèce apparaît bien implantée, c'est-à-dire en partie amont du Longeau (LON 1 et LON 2). Plus en aval (LON 4 et LON 5) et dans l'Annexe 9 non reconnectée (LON 2B), les vairons sont absents (ou quasiment) des résultats des pêches électriques de l'état initial.

LOTES	LON1	LON2A	LON2B	LON4	LON5	LON1	LON2A	LON2B	LON4	LON5	LON2A
Classe de taille (mm)	juin-08	juin-08	juin-08	juin-08	juin-08	juil-08	juil-08	juil-08	juil-08	juil-08	juil-09
10											
20											
30											
40											
50				2	2					1	
60	1			6	4				1		
70				6					8	1	1
80	1			2	1				12	6	
90							1		6	2	
100									4	5	
110											
120										1	
130											
140											
150											
160									1	1	2
170											2
180											5
190									2		2
200											1
210										1	1
220							1		1		
230									3		2
240	1						1				
250				2			1				1
260							1				
270	1	1					1		1		
280		2				1					
290	1										
300		1				1	1				3
310		2					1				2
320											
330							1				
340							2				
350											
360									1		
370											
380											

390				1		1					
400	1										
410							1		1		

VAIRONS	LON1	LON2A	LON2B	LON4	LON5	LON1	LON2A	LON2B	LON4	LON5	LON2A
Classe de taille (mm)	juin-08	juin-08	juin-08	juin-08	juin-08	juil-08	juil-08	juil-08	juil-08	juil-08	juil-09
10							3				
20		2									
30	16	65		1			59				7
40	34	80		2		51	95				8
50	3	8				58	102				4
60	1						103				2

Enfin, les notes indicielles de l'IPR sont présentées dans les tableaux suivants (l'IPR n'étant pas calculable sur une annexe hydraulique comme la station LON 2B avant travaux, celle-ci n'est pas intégrée dans les tableaux suivants). Ces tableaux indiquent la note indicielle IPR obtenue ainsi que les classes de qualité IPR et d'état écologique correspondantes. Les résultats IPR s'avèrent variables selon les stations et les dates d'inventaires. On rappellera, toutefois, que plus que les autres indices biologiques employés, l'IPR souffre de différents biais liés à sa conception qui le rendent souvent peu fiable pour traduire la qualité écologique d'un cours d'eau. En conséquence de ces notes indicielles variables, la classe de qualité associée se retrouve très hétérogène aussi en fonction des stations et des campagnes. Pour aller plus dans les détails, il peut être précisé au sujet des résultats IPR que :

- Pour la station LON 5 lors de la campagne de juin 2008, la note IPR est principalement dégradée (classe d'état écologique médiocre) du fait des valeurs de DII (à hauteur d'un score de 8,48) et du Nombre d'Espèces Lithophiles (NEL – score de 5,59). Concernant la DII, l'indice considère que la situation observée ne présente pas assez d'individus d'espèces invertivores (par exemple, goujon, spirin, chabot ...) par rapport à la typologie théorique. Il en va de même avec le Nombre d'Espèces Lithophiles (NEL) puisque selon l'IPR il « manquerait » au peuplement deux espèces parmi la guildes concernée (par exemple, lamproie de Planer, vairon, spirin ...).
- Pour les quatre cas où l'indice IPR traduit un état écologique moyen (LON 4 en juin 2008 et LON 1 / LON 4 / LON 5 en juillet 2008), la métrique DIO présente systématiquement un score significatif (quasiment toujours le plus participatif à la note IPR finale, sinon en 2^{nde} position). C'est donc la présence d'un trop grand nombre d'individus appartenant à des espèces omnivores (vandoises, chevaines, tanches, brèmes, gardons, rotengles ...) par rapport au peuplement typologique théorique qui est sanctionnée dans ces cas-là.
- Dans les quatre derniers cas, la note indicielle IPR permet d'atteindre la classe de bon état écologique et la métrique la plus participative est systématiquement le Nombre

Total d'Espèces (NTE). Ce dernier serait toujours supérieur à ce qui est théoriquement attendu selon l'indice mais il s'agit d'un biais qui intervient classiquement avec l'outil IPR.

Campagne juin 2008

	LON 1	LON 2A	LON 4	LON 5
Indice IPR	13,5	12,4	17,4	25,2
Classe de qualité IPR	Bonne	Bonne	Médiocre	Mauvais
Classe qualité « bon état » DCE	Bon	Bon	Moyen	Médiocre

Campagne juillet 2008

	LON 1	LON 2A	LON 4	LON 5
Indice IPR	18,8	13,9	22,2	20,1
Classe de qualité IPR	Médiocre	Bonne	Médiocre	Médiocre
Classe qualité « bon état » DCE	Moyen	Bon	Moyen	Moyen

Campagne juillet 2009

	LON 2A
Indice IPR	11,9
Classe de qualité IPR	Bonne
Classe qualité « bon état » DCE	Bon

3.3.2 Situation après travaux

Pour le suivi post-travaux, les poissons ont été étudiés au niveau de six stations différentes :

- LON 1 en 2012 et 2014 / données ONEMA
- LON 2B en 2014 / données ONEMA
- LON 3 en 2012 et 2014 / données ONEMA
- LON 4 en 2014 / données ONEMA
- LON 5 en 2014 / données ONEMA
- LON 6A en 2014 / données ONEMA

Cette fois, une seule méthode d'échantillonnage a mise en œuvre (pêche complète (à pied) avec 2 passages successifs).

Les résultats des différentes campagnes de pêche électrique sont synthétisés dans les tableaux suivants : comme précédemment, ils présentent la méthode d'échantillonnage employée, la richesse spécifique (écrevisses incluses), les éventuelles espèces d'écrevisses présentes et la densité totale.

Campagne juillet 2012

	LON 1	LON 3
Méthode	Pêche complète 2 passages	Pêche complète 2 passages
Richesse spécifique	14	13
Dont écrevisses	-	-
Densité totale Nb ind./100 m²	65,3	420,9

Campagne juillet 2014

	LON 1	LON 2B	LON 3	LON 4	LON 5	LON 6A
Méthode	Pêche complète 2 passages	Pêche complète 2 passages	Pêche complète 2 passages	Pêche complète 2 passages	Pêche complète 2 passages	Pêche complète 2 passages
Richesse spécifique	16	15	14	13	15	14
Dont écrevisses	-	<i>Pacifastacus leniusculus</i>	<i>Orconectes limosus</i>	<i>Pacifastacus leniusculus</i>	<i>Orconectes limosus</i>	<i>Orconectes limosus</i>
Densité totale Nb ind./100 m²	91,3	705,2	934,9	330,1	35,3	120,9

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).

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. Cette situation reste équivalente à ce qui avait été observé lors des campagnes de l'état initial.

La densité s'avère particulièrement variable entre les différentes stations et les différentes campagnes (malgré une unique méthode d'échantillonnages). Ces résultats restent donc plutôt difficiles à interpréter en soi, mais indiquent au moins que les densités observées au niveau des méandres redynamisés sont élevées voire très élevées (Annexes 7 et 9). 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).

En termes de guildes écologiques, on observe que le Longeau accueille une plus grande proportion d'individus tolérants vis-à-vis de la qualité générale de l'eau (figure ci-dessous) dans sa partie aval (LON 5 et LON 6A) par rapport aux autres stations (LON 1 à LON 4). Ce constat reste donc cohérent avec les observations faites lors des campagnes d'état initial avant travaux.

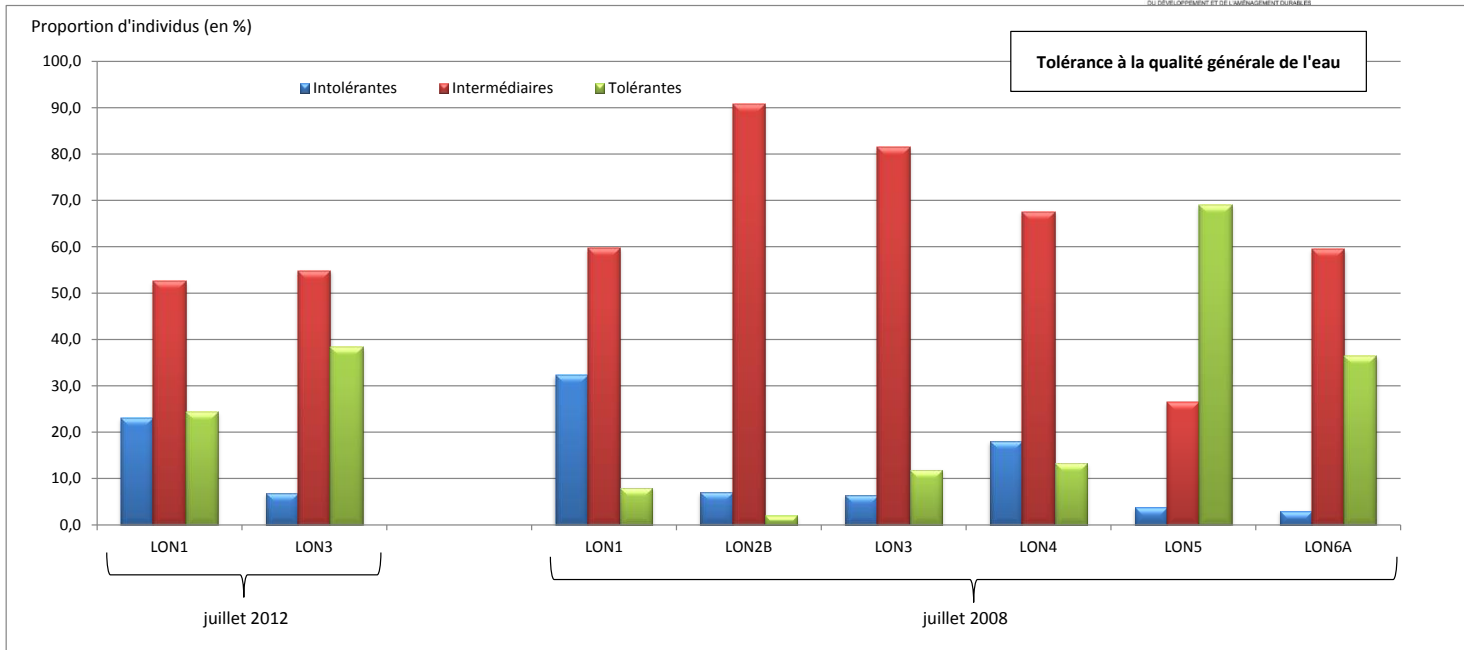


Figure 60 : tolérance à la qualité générale de l'eau (bleu : intolérantes, rouge : intermédiaires, vert : tolérantes)

En utilisant cette fois le critère du degré de tolérance à de faibles concentrations en oxygène (voir figure suivante), le constat est tout à fait identique : plus grande proportion d'espèces intolérantes aux faibles taux d'oxygène en partie amont (Moulotte, Allamont et Brainville) par rapport aux stations plus en aval (Friauville). On note d'ailleurs que dans les Annexes 9 et 7 redynamisés (LON 2B et LON 3), ce constat est également valable.

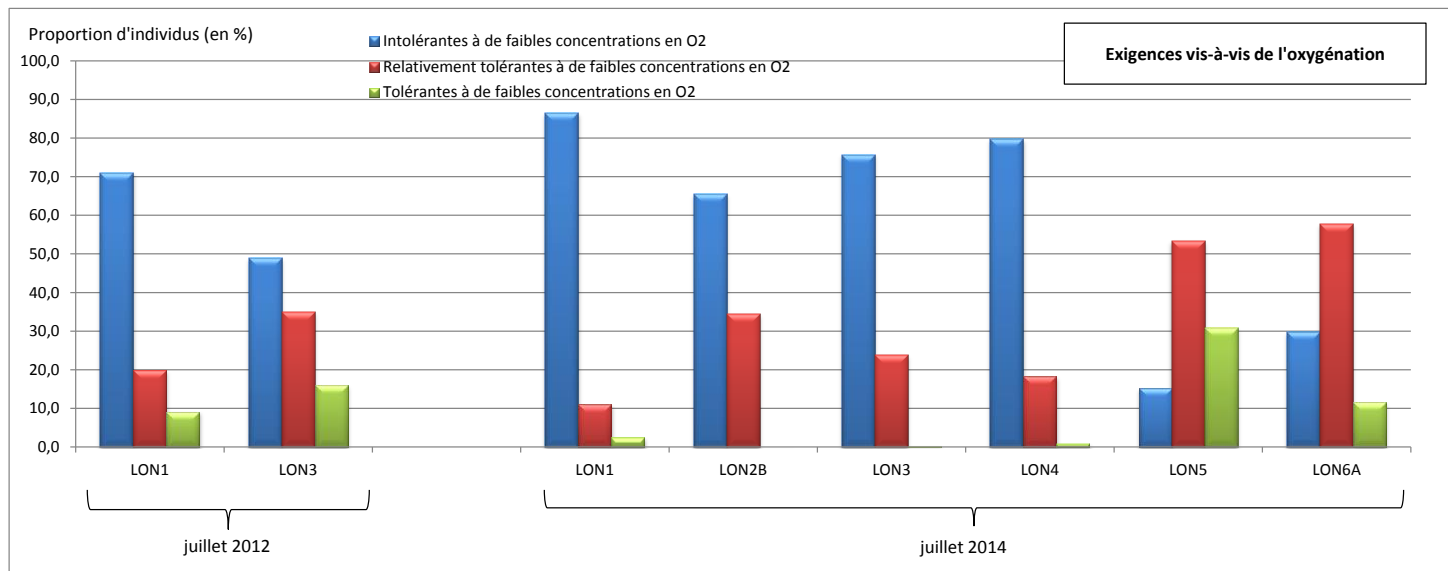


Figure 61 : exigences vis-à-vis de l'oxygénation

Pour les deux traits écologiques qui viennent d'être traités (qualité générale de l'eau et exigence vis-à-vis de l'oxygénation), on constate que la situation après travaux au niveau de la station LON 4 (Brainville) s'est améliorée par rapport aux données de l'état initial : plus d'individus intolérants aux faibles concentrations en oxygène et moins d'individus tolérants à la qualité générale de l'eau. Cela pourrait être à relier à la mise en place d'une station d'épuration à Brainville entre les deux périodes étudiées.

D'autre part, on constate que la proportion d'individus tolérants à la dégradation globale des habitats (figure suivante), en 2014, est aussi plus élevée en partie aval du Longeau (LON 5 et LON 6A) qu'aux autres stations (LON 1 à LON 4). De manière tout à fait logique, le constat est exactement inverse avec les espèces individus intolérants à la dégradation globale des habitats. Cela révèle que les habitats des méandres redynamisés 7 et 9 (LON 3 et LON 2B) ne sont pas pénalisant pour la faune piscicole (les habitats naturels s'y sont donc a priori bien recréés). Toutefois, d'après les résultats de juillet 2012, cette situation n'a pas été immédiate puisque au niveau de LON 3 la proportion d'individus intolérants aux dégradations d'habitats était bien élevée.

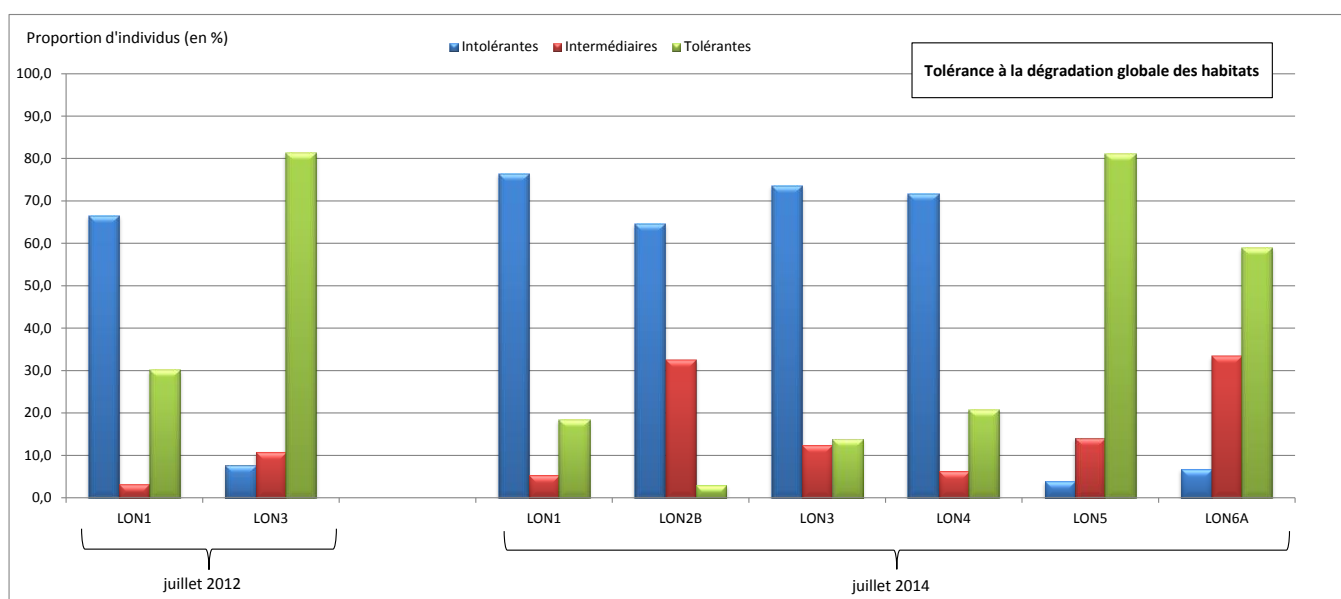


Figure 62 : tolérance à la dégradation globale des habitats

Enfin, concernant les préférences d'habitat vis-à-vis des vitesses d'écoulement (figure suivante), on distingue de nouveau les stations amont (LON 1 à LON 4) des stations aval (LON 4 et LON 5) où les rhéophiles sont bien représentés, des stations aval (LON 5 et LON 6) où les rhéophiles se voient remplacés par des espèces plus lénitophiles. Cette situation était globalement similaire lors de l'état initial avant travaux et confirme encore que les Annexes 7 et 9 redynamisées apportent des conditions satisfaisantes à la vie aquatique, en cohérence avec les potentialités du Longeau.

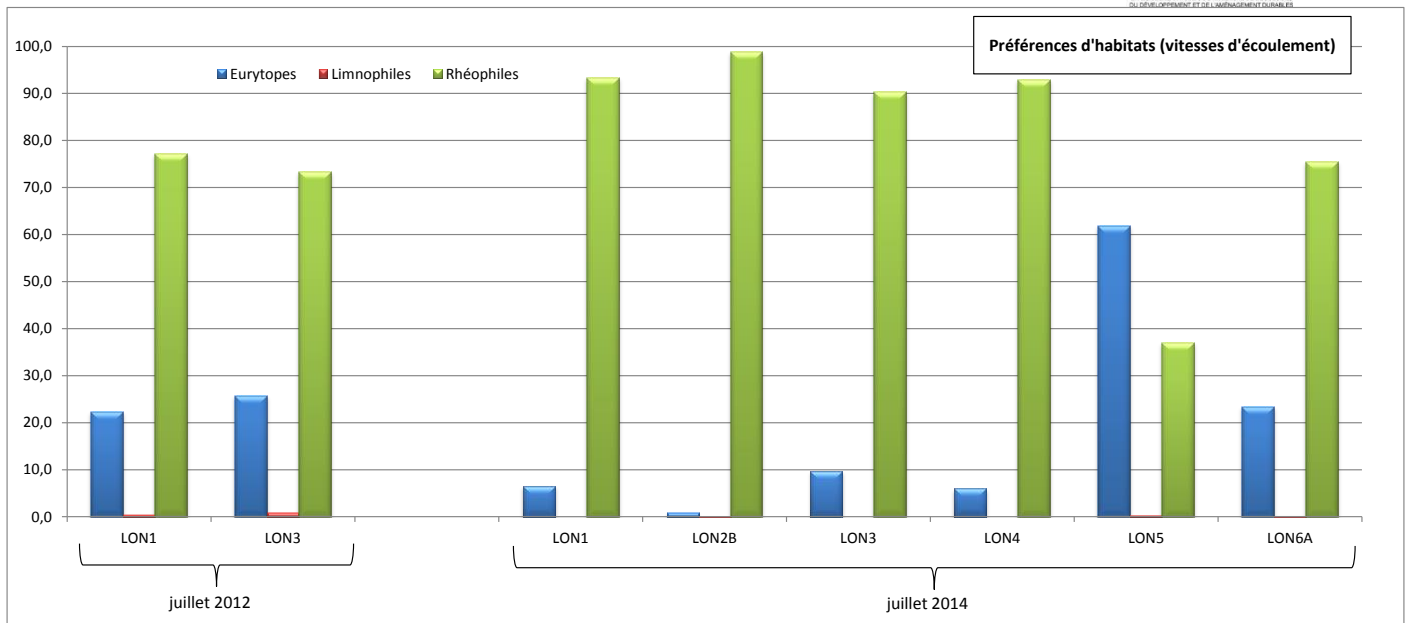


Figure 63 : préférences d'habitats (vitesses d'écoulement)

La répartition des classes de tailles lors de chaque opération de pêche reste étudiée au travers des trois mêmes espèces :

- le brochet,
- la lote,
- le vairon.

Le tableau suivant présente la répartition en classes de tailles (mm) des brochetons capturés lors des différentes pêches électriques réalisés suite aux travaux. En 2012, les deux stations échantillonnées (LON 1 et LON 3) accueillent plusieurs brochetons de l'année (moins de 20 cm), traduisant une bonne reproduction naturelle de l'espèce dans ces secteurs (donc aussi au niveau de l'Annexe 7 redynamisée). En revanche, en 2014, en dehors de LON 2B (Annexe 9 redynamisée) et LON 5 (Friaucelle), aucun brocheton de l'année n'a été capturé. La reproduction du brochet en 2014 semble donc ne pas avoir été bonne cette année-là. Toutefois, là aussi les résultats permettent de voir que les travaux d'ouverture de méandres s'avèrent compatibles avec la reproduction du brochet.

BROCHETS	LON1	LON3	LON1	LON2B	LON3	LON4	LON5	LON6A
Classe de taille (mm)	juil-12	juil-12	juil-14	juil-14	juil-14	juil-14	juil-14	juil-14
10								
20								
30								
40								
50		1						
60								
70								
80	1							
90	1	1						
100	1	1						
110		1						
120		4		2				
130							2	
140		1		1				
150				3				
160		1						
170				1				
180								
190								
200								
210								
220								
230								
240	1							
250								
260	1							
270								
280							1	
290								
300			1					
310					1		1	
320								
330								
340	2							
350							1	
360							1	
370								
380	1							
390								
400			1					
410								
420				1				
430								
440							1	
450								
460		1						
470			1					
480								
490								
500								
510								
520								
530			1					
540							1	
550								
560								

570								
580						1		
590								
600								
610								
620								
630								
640								
650								
660			1					
670								
680								
690							1	

Concernant la lote (voir tableau page suivante), le constat est moins bon. En dehors d'un individu de 8-9 cm capturé en juillet 2012 au niveau de l'Annexe 7 redynamisée (LON 3), aucun jeune de l'année n'a été observé. D'ailleurs, cette année-là quasiment aucune lote n'a été pêchée aux deux stations échantillonnées. En 2014, toujours aucun jeune de l'année n'a été capturé aux 6 stations échantillonnées (mauvaise année pour la reproduction de cette espèce ?) mais des individus plus âgés ont bien été recensés à toutes les stations.

LOTES	LON1	LON3	LON1	LON2B	LON3	LON4	LON5	LON6A
Classe de taille (mm)	juil-12	juil-12	juil-14	juil-14	juil-14	juil-14	juil-14	juil-14
10								
20								
30								
40								
50								
60								
70								
80		1						
90								
100								
110								
120								
130								
140								
150								
160					1			
170								
180					1	2		
190						1	1	
200					1	1	1	
210						1		1
220							1	1
230					1			
240								1
250								
260								
270			1					
280			1					
290								
300			1		1			

310			1	1				
320								
330								
340						1		
350								
360								
370								
380				1				
390								
400								
410								
420			1					
430								
440								
450	1							

Pour les vairons, le tableau ci-dessous nous informe sur la présence de juvéniles (20-30 mm) aussi bien que d'individus plus grands (jusqu'à 6-7 cm) aux stations où cette espèce apparaît bien implantée, c'est-à-dire en partie amont du Longeau (LON 1 à LON 4). Plus en aval (LON 5 et LON 6A), les vairons restent très peu représentés, comme dans les résultats des pêches électriques de l'état initial. Là-aussi, on note une différence significative entre 2012 et 2014 au niveau de l'Annexe 7 redynamisée (LON 3) : la population de vairons semble ne pas avoir retrouvée immédiatement des conditions favorables à sa réimplantation. En revanche, les très forts effectifs de poissons (dont des juvéniles) relevés en 2014 suggèrent une phase très active de recolonisation à ce moment-là.

VAIRONS Classe de taille (mm)	LON1	LON3	LON1	LON2B	LON3	LON4	LON5	LON6A
	juil-12	juil-12	juil-14	juil-14	juil-14	juil-14	juil-14	juil-14
10								
20	1		7	1	259	184	1	
30	24		17	26	330	35		4
40	83	4	121	8	282	89		4
50	62	5	92	29	282	171		4
60	1	1	27	27	56	69		2
70		1	1	17		7		
80			1	1				

Pour terminer, les notes indicielles de l'IPR s'avèrent de nouveau variables selon les stations et les dates d'inventaires. Pour rappel, l'IPR présente différents biais liés à sa conception qui le rendent souvent peu fiable pour traduire la qualité écologique d'un cours d'eau. En conséquence de ces notes indicielles variables, la classe de qualité associée se retrouve très hétérogène aussi en fonction des stations et des campagnes. Pour aller plus dans les détails, il peut être précisé au sujet des résultats IPR que :

- Pour la station LON 3, lors de la campagne de juillet 2012, la note IPR est principalement dégradée (classe d'état écologique médiocre) du fait des valeurs de Densité d'Individus Omnivores (DIO - à hauteur d'un score de 8,98), de Densité Totale d'Individus (DTI - score de 7,31) et de la Densité d'Individus Tolérants (DIT - score de

6,55). Concernant la DIO, l'indice considère que la situation observée présente trop d'individus d'espèces omnivores (par exemple, vandoise, chevaine, gardon, ablette ...) par rapport à la typologie théorique. Il en va de même avec le nombre total d'individus (NEL) et le nombre d'individus tolérants (chevaine, gardon, ablette, loche franche ...).

- A cette même station, pour la campagne de juillet 2014, pour une note IPR équivalente (classe d'état écologique médiocre), ce sont toujours les trois mêmes métriques qui pénalisent la note indicielle globale : DTI (score de 10,28), DIO (score de 7,24) et DIT (score de 5,71), en relation avec des densités observées plus élevées que les valeurs théoriques pour le niveau typologique considéré.
- A la station LON 1, en juillet 2012 (état écologique moyen) comme en juillet 2014 (bon état écologique), c'est le Nombre Total d'Espèces (NTE – score de 5,86 en 2012 et 9,47 en 2014) qui est toujours le plus participatif à la note IPR globale. Ce dernier serait supérieur à ce qui est théoriquement attendu selon l'indice mais il s'agit d'un biais qui intervient classiquement avec l'outil IPR.
- Pour la station LON 2B, la DTI (score de 6,99) représente la métrique la plus participative, suivie par la Densité d'Individus Tolérants (DTI – score de 5,12). La classe d'état écologique moyen attribuée à cette station est donc principalement liée, selon l'indice, au nombre total d'individus capturés ainsi qu'à celui d'individus considérés comme tolérants (chevaine, ablette, loche franche, ...), nettement plus élevés que les valeurs théoriquement attendues.
- La situation est quasiment identique pour la station LON 4, avec un score de DTI prépondérant (6,57) mais la seconde métrique participative est, cette fois, la DIO (score de 6,08). L'indice considère donc ici que le nombre d'individus global est trop élevé et qu'il en est de même pour le nombre d'individus omnivores (vandoise, chevaine, ablette ...).
- Pour la station LON 5, la note IPR (associée à la classe d'état écologique moyen) est principalement influencée par la métrique Densité d'Individus Invertivores (DII – score de 4,95) : le nombre d'individus invertivores (goujon, spiralin, chabot ...) est considéré comme insuffisant par rapport à ce qui serait théoriquement attendu.
- Enfin, pour la station LON 6, c'est la DIO (score de 5,68) qui participe le plus à la note indicielle globale (classe d'état écologique moyen) en traduisant la présence d'un trop grand nombre d'individus d'espèces considérées comme omnivores (vandoise, chevaine, gardon, ablette ...)

Campagne juillet 2012

	LON 1	LON 3
Indice IPR	16,6	29,5
Classe de qualité IPR	Médiocre	Mauvaise
Classe qualité « bon état » DCE	Moyen	Médiocre

Campagne juillet 2014

	LON 1	LON 2B	LON 3	LON 4	LON 5	LON 6A
Indice IPR	19,9	22,0	27,9	21,0	18,6	17,0
Classe de qualité IPR	Bonne	Médiocre	Mauvaise	Médiocre	Médiocre	Médiocre
Classe qualité « bon état » DCE	Bon	Moyen	Médiocre	Moyen	Moyen	Moyen

4. DISCUSSION

4.1 Synthèse de l'évolution du contexte physique

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), 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, levés 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.

(Une des craintes des concepteurs du projet était l'incision du lit ; à cet objet des seuils de fond avait été prévus dans un premier temps mais finalement non mis en œuvre).

4.1.1 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 sont les suivantes :

avant travaux	longueur de vallée (m)	long. Lit avant travaux (m)	long. Lit après travaux (m)	alt. amont (m NGF)	alt. Aval (m NGF)
annexes 123	460	544	782	189.49	189.1
annexe 4	167	169	169	190.75	190.57
annexe6	278	280	604	192.2	191.439
annexe 6b	284	290	780	192.72	192.3
annexe 7	534	535	1074	194.55	193.7
"annexe 8"	1030	1033	1033	197.23	195.9
annexe 9	903	910	1896	199.7	197.55

L'allongement du lit a eu pour effet de diminuer fortement les valeurs de pente de la rivière :

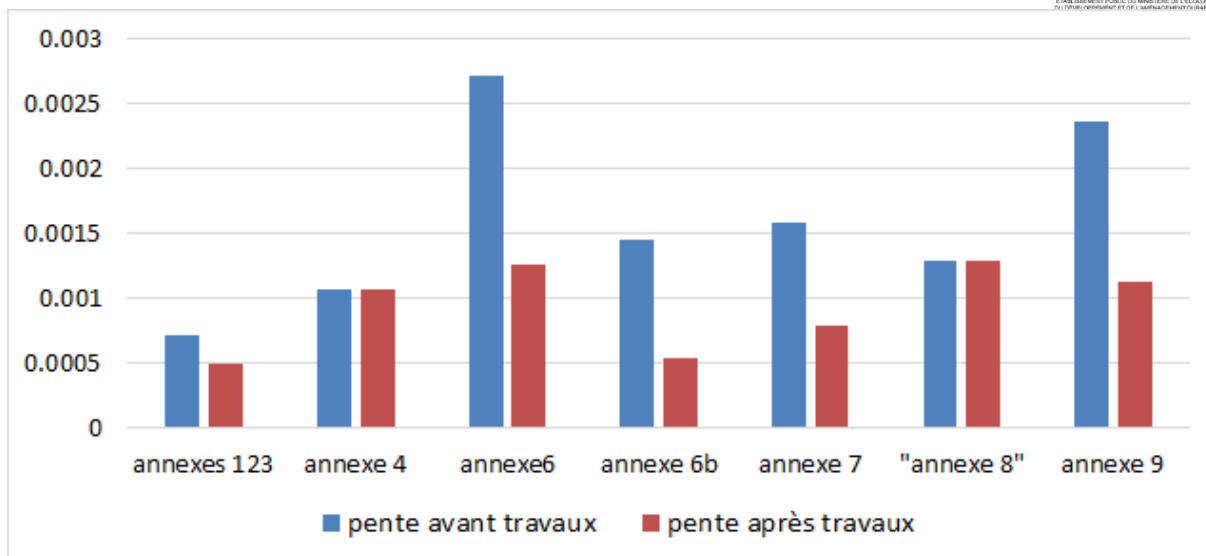


Figure 64 : évolution des valeurs de pente pour les linéaires étudiés (2014-2015) avant et après travaux (en m/m) (annexes 4 et 8 non restaurées)

On constate donc que les conséquences des dérivations dans les anciens lits ont été très variables selon les linéaires étudiés ; les pentes ont été diminuées respectivement dans les proportions suivantes :

annexes 123	30%
annexe 4	0%
annexe 6	54%
annexe 6b	63%
annexe 7	50%
"annexe 8"	0%
annexe 9	52%

La reconnexion à l'annexe 6 b est donc celle qui a provoqué la plus forte réduction de pente.

4.1.2 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/m²).

En associant le débit dominant (Q_d) à $0,75Q_2$, il est possible de l'estimer à l'amont des différentes annexes dans ses valeurs moyennes à partir des données livrées par l'étude hydrologique (IP Webel GmbH, 2016). Néanmoins, des chenaux de crue ayant été préservés (SINBIO, AdT, 2008), les débits réels qui traversent les annexes remises en eau sont inférieurs d'environ 50%. 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. Nous avons supposé que des chenaux de crue avaient été préservés en amont de toutes les annexes restaurées (donc pas au droit des annexes 4 et 8).

On peut donc estimer les débits dans les différents linéaires étudiés aux valeurs suivantes (en m³/s) :

	Q _d avant travaux	Q _d après travaux
annexes 123	24	14
annexe 4	23	23
annexe6	23	14
annexe 6b	23	14
annexe 7	15	9
"annexe 8"	13	13
annexe 9	13	8

Faute de disposer des données topographiques avant travaux, nous avons estimé les largeurs avant travaux à partir des photographies aériennes, des stations Carhyce. Nous n'avons pas pu trouver de données suffisamment précises à partir de l'APD (SINBIO, ADT, 2008).

Les largeurs actuelles sont des largeurs moyennes, estimées sur la base des relevés topographiques réalisés (Fluvial.IS, 2014-15).

	Largeur avant travaux (m)	Largeur après travaux (m)
annexes 123	9.5	9
annexe 4	8.5	8.5
annexe6	8.5	7
annexe 6b	8.5	9
annexe 7	8.5	7
"annexe 8"	8.7	8.7
annexe 9	8.3	9

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/m² (avec une valeur exceptionnelle de 70 W/m² sur l'annexe 6), les valeurs de puissance fluviale résiduelles dans les annexes restaurées ont été diminuées de plus de moitié (avec prise en compte du délestage d'une partie des débits par les travaux sur les chenaux de crues).

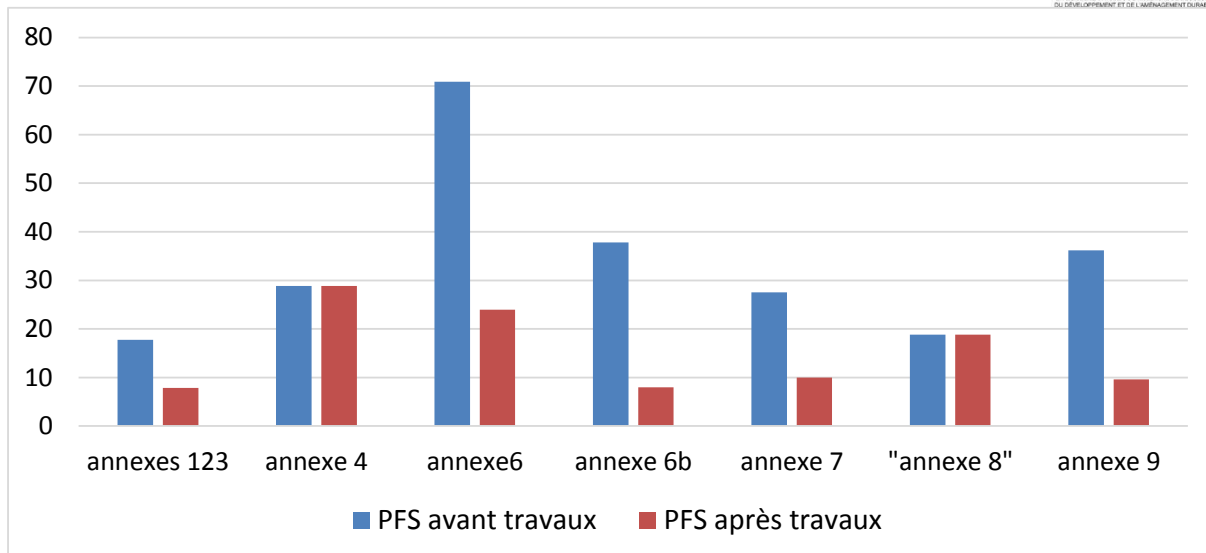


Figure 65 : évolution des valeurs de puissance fluviale spécifique sur les linéaires étudiés (en W/m^2)

4.1.3 Conséquences morpho-sédimentaires

Pour préciser cette approche, on peut analyser le rôle que peuvent jouer sur la dynamique du cours d'eau des facteurs dynamisants ou au contraire apaisants. D'une annexe à l'autre ils peuvent, comme le débit dominant et la pente, être très variables. En réponse à cette énergie exprimée (puissance des écoulements), la résistance du milieu (principalement la cohésion des berges et le rôle de la végétation de berge) peut être plus ou moins capable de renouveler efficacement ses formes et entretenir un style fluvial.

Même si malheureusement on ne dispose pas d'éléments suffisamment précis pour l'état avant travaux, il est possible de réaliser une comparaison entre les annexes restaurées (1,2,3,6,6b,7 et 9) et les linéaires non restaurés.

Pour les cours d'eau alluviaux, Fluvial.IS propose d'évaluer le potentiel de mobilité. Il s'exprime à partir de :

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

Si l'on estime la cohésion des berges du Longeau sur une échelle de 0-10 en considérant que la cohésion maximal est celle de berges rocheuses, à partir de nos prospections de terrain, nous pouvons proposer les valeurs suivantes :

	Indice de cohésion des berges	rôle de la végétation
annexes 1,2, 3	7.5	4
annexe 4	7	3
annexe6	7.5	4
annexe 6b	8	4.5
annexe 7	8	5
"annexe 8"	5.5	3.5
annexe 9	5.5	4.5

La végétation actuelle en berges, entretenue, voire lacunaire peut être estimée au moyen de l'abaque suivant à 5,5 (berges souvent enherbées, plutôt entretenues, absence d'embâcles) :

taille de la rivière	ripisylve continue et entretenu	ripisylve non continue mais entretenu	berges hautes, talus enherbés	berges sans végétations	embâcles ponctuels	nombreux embâcles (sans forêt alluviale)	forêt alluviale avec embâcles nombreux
<5 m	10	8	7	5	3	2	1
5-10 m	9	7.5	6	5	4	2.5	1.5
10-30m	8	7	6	5	4	3	2
>30 m	6	5.8	5.3	5	4.7	4.2	4

Figure 66 : modalités de définition de l'indice du rôle de la végétation de rive et du talus sur la stabilité des berges

Le potentiel de mobilité théorique est donné par la pondération de l'indice de puissance fluviale spécifique par le rôle joué par la végétation et par la cohésion des berges : Potentiel de mobilité = $(2.124 \ln \omega - 0.494) / ((V + C_b) * 0.5)$.

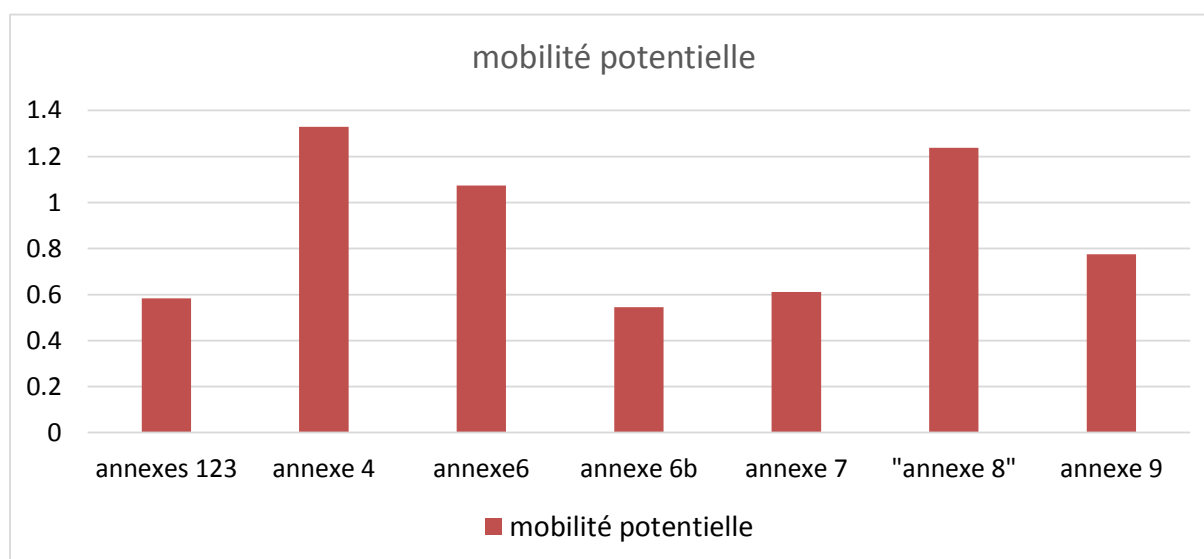


Figure 67 : indices de mobilité potentielle actuels des linéaires étudiés

Compte-tenu des résultats obtenus on peut constater que le Longeau dans les annexes restaurées ne dispose plus que d'un indice faible de mobilité potentielle, plus particulièrement sur les annexes 1,2 3, 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 « annexes » 4 et 8 qui n'ont pas été restaurées dans leur cours historiques conserveraient des potentialités de développement latéral plus intéressantes. La puissance des écoulements, au travers de la pente et de la largeur du cours d'eau joue évidemment un rôle important.

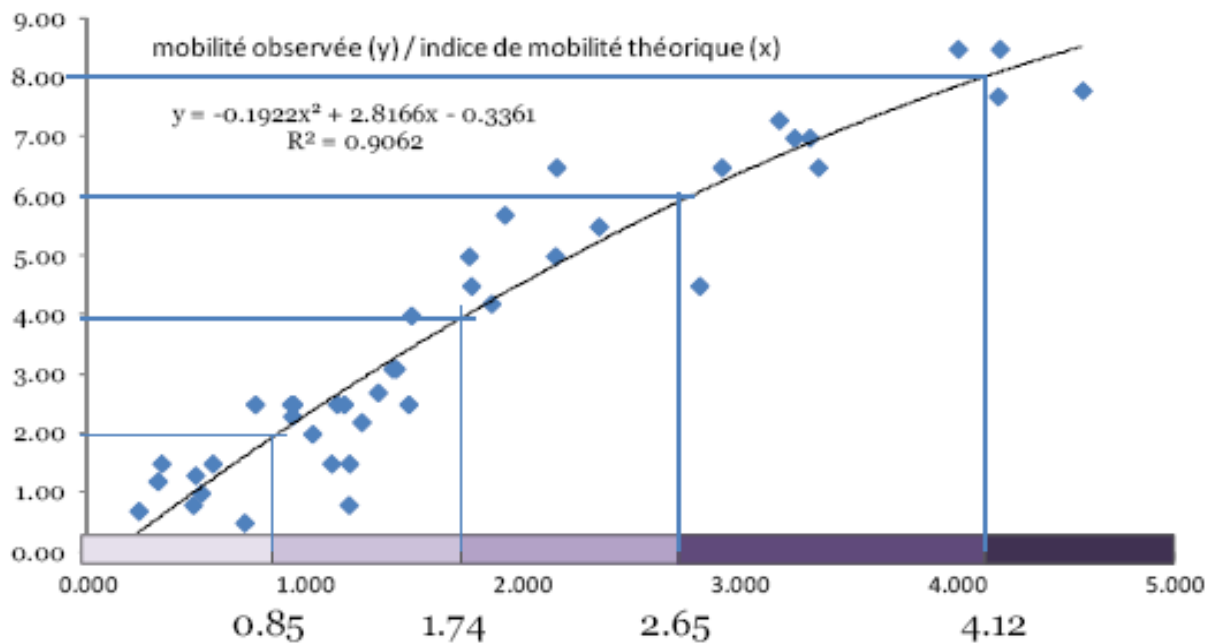


Figure 68 : relation entre l'indice de mobilité théorique et le type de dynamique morfo-sédimentaire : les constats réalisés sur le terrain confirment que l'Orne se classe parmi les cours d'eau très peu mobiles à transport solide faible : celui-ci n'est pas alimenté par des divagations latérales (encoches d'érosion très rares et peu actives, atterrissements très limités).



Photo 23 : vue de l'annexe 6b avec un faciès lentique, des berges enherbées, peu d'occasion d'érosion, une dynamique fortement atténuée



Photo 24 : vue du linéaire non restauré au droit de l'annexe 4: le lit conserve encore quelques diversités d'écoulement, une végétation rivulaire qui joue un rôle de diversification



Photo 25 : 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

L'hypothèse dégagée par ces estimations théoriques basées sur des indicateurs encore incomplets, est celle d'un important affaiblissement de la dynamique semble confirmée par les observations de terrain : homogénéité des faciès d'écoulement, pauvreté du transit sédimentaire, rareté des processus de renouvellement des formes (encoches d'érosion et atterrissements).

Des tests de mesure du transit sédimentaire semblent 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 diversifiées 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. Il est certes naturel que, sur ce type de cours d'eau à faible pente et dynamique peu active, le milieu réagisse lentement. Lorsqu'on restaure une pente naturelle (donc faible) après des opérations de rectification, on restaure la morphologie dans un état de méandration aboutie, donc issue d'un très long processus de modelage (pluri-séculaire). Il est donc essentiel d'accompagner cette restauration de reproduction des formes (fosses d'érosion, radiers, diversité des talus, stock sédimentaire, etc.) que la rivière ne pourra plus générer ou très lentement.

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.

4.2 Synthèse de l'évolution du contexte hydrobiologique

4.2.1 Etat initial avant travaux

Le tableau suivant présente les résultats synthétiques de la caractérisation écologique (suivant les grilles de qualité relatives au bon état écologique et bon état chimique vis-à-vis des objectifs DCE) pour l'ensemble des données « avant travaux » exploitées précédemment (physico-chimie, diatomées, macrophytes aquatiques, macro-invertébrés et poissons). Au-delà de la complexité de ressortir une information clairement lisible à partir de données hétéroclites (stations différentes, années différentes, fréquences différentes ...), on constate aussi que les résultats obtenus traduisent des situations très hétérogènes en termes de classe de qualité écologique. Il convient donc d'orienter au maximum la comparaison des données acquises post-travaux avec ces résultats d'état initial en prenant garde de ne pas confronter des résultats d'indices différents pour lesquels les écarts pourraient provenir de la nature même de ces indices.

En outre, comme indiqué précédemment, au-delà des indicateurs synthétiques, l'analyse des peuplements et de leur composition/structure (taxons, traits écologiques,...) est beaucoup indispensable pour les besoins de suivis écologiques.

Physico-chimie		IBD	IBMR	IBGN (équivalent-IBGN)	IPR
Etat chimique	Etat écologique				

LON 1	2008						juin	juil
LON 2A	2008						juin	juil
	2009							
	2011				juin	sept		
LON 2B	2008							
LON 4	2008						juin	juil
LON 5	1997							
	1998							
	1999							
	2000							
	2001							
	2002							
	2003							
	2004							
	2005							
	2006							
	2007							
	2008							juin
2009								
2010								
LON 6B	2011						juin	

Amont

Aval

Classe d'état chimique

	Bon
	Mauvais

Classe d'état écologique

	Très bon
	Bon
	Moyen
	Médiocre
	Mauvais

4.2.2 Situation après travaux

Le tableau suivant présente les résultats synthétiques de la caractérisation écologique concernant l'ensemble des données « après travaux » (physico-chimie, macro-invertébrés et poissons). Le premier constat qui peut être fait porte sur l'absence de résultats concernant les diatomées et macrophytes aquatiques après les travaux d'aménagements. Pour les autres compartiments biologiques (physico-chimie, invertébrés et poissons), les classes de qualité écologique obtenues restent plutôt variables entre les différents indices. Pour cette raison, la comparaison entre les situations avant et après travaux sera plutôt effectuée indice par indice (voir tableaux suivants).

Concernant l'évolution de la qualité physico-chimique par rapport aux situations avant et après travaux, le tableau suivant nous permet d'observer :

- 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

		Physico-chimie		IBD	IBMR	IBGN (équivalent-IBGN)	IPR
		Etat chimique	Etat écologique				
LON 1	2012						
	2014						
	2015						
LON 2B	2014						
	2015						
LON 3	2012						
	2014						
	2015						
LON 4	2014						
	2015						
LON 5	2013						
	2014						
	2015						
LON 6A	2014						
	2015						

Amont

Aval

Classe d'état chimique

	Bon
	Mauvais

Classe d'état écologique

	Très bon
	Bon
	Moyen
	Médiocre
	Mauvais

Physico-chimie	
Etat écologique	Etat chimique

AVANT TRAVAUX			
---------------	--	--	--

LON 1	2008		

LON 2A	2008		
	2009		
	2011		

LON 2B	2008		
--------	------	--	--

LON 3			
-------	--	--	--

LON 4	2008		
-------	------	--	--

LON 5	1997		
	1998		
	1999		
	2000		
	2001		
	2002		
	2003		
	2004		
	2005		
	2006		
	2007		
2008			
2009			
2010			

LON 6A			
--------	--	--	--

LON 6B	2011		
--------	------	--	--

Physico-chimie	
Etat écologique	Etat chimique

APRES TRAVAUX			
---------------	--	--	--

LON 1	2012		
	2014		
	2015		

LON 2A			
--------	--	--	--

LON 2B	2014		
	2015		

LON 3	2012		
	2014		
	2015		

LON 4	2014		
	2015		

LON 5	2013		
	2014		
	2015		

LON 6A	2014		
	2015		

LON 6B			
--------	--	--	--

Pour l'indice IBGN (ou équivalent-IBGN), le tableau suivant nous indique qu'entre la période avant travaux et celle post-travaux, la situation écologique du Longeau ne semble pas avoir significativement changé : tous les résultats relèvent d'une classe de qualité bonne à très bonne.

Au-delà de les notes IBGN, l'analyse fonctionnelle des peuplements macrobenthiques révèle aussi 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.

IBGN (équivalent-IBGN)			IBGN (équivalent-IBGN)		
AVANT TRAVAUX			APRES TRAVAUX		
LON 1	2008		LON 1	2012	
				2014	
				2015	
LON 2A	2008		LON 2A		
	2009				
	2011				
LON 2B	2008		LON 2B	2014	
				2015	
LON 3			LON 3	2012	
				2014	
				2015	
LON 4	2008		LON 4	2014	
				2015	
LON 5	1997		LON 5	2013	
	1998				
	1999			2014	
	2000				
	2001		2015		
	2002				
	2003				
	2004				
	2005				
	2006				
	2007				
2008					
2009					
2010					
LON 6A			LON 6A	2014	
				2015	
LON 6B	2011		LON 6B		

Enfin, pour le troisième indice disposant de résultats avant et après travaux, l'IPR, le tableau suivant reste à prendre avec un certain recul étant donné les différentes limites propres à l'interprétation de cet indice. Toutefois, le constat global qui peut être fait est qu'à station identique, la classe de qualité associée au calcul de l'IPR reste équivalente.

AVANT TRAVAUX

IPR			
AVANT TRAVAUX			
LON 1	2008	juin	juil
LON 2A	2008	juin	juil
	2009		
	2011		
LON 2B	2008		
LON 3			
LON 4	2008	juin	juil
LON 5	1997		
	1998		
	1999		
	2000		
	2001		
	2002		
	2003		
	2004		
	2005		
	2006		
	2007		
2008	juin	juil	
2009			
2010			
LON 6A			
LON 6B	2011		

APRES TRAVAUX

IPR		
APRES TRAVAUX		
LON 1	2012	
	2014	
	2015	
LON 2A		
LON 2B	2014	
	2015	
LON 3	2012	
	2014	
	2015	
LON 4	2014	
	2015	
LON 5	2013	
	2014	
	2015	
LON 6A	2014	
	2015	
LON 6B		

Classe d'état écologique



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.

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

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) à accueillir des plantes remarquables après les travaux, c'est un fait réjouissant montrant la capacité de recolonisation des populations.

De manière générale, 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 § 4.3.2 morpho-dynamique), les formations rivulaires devront elles-mêmes se reconstituer et trouver leur équilibre.

4.3 **Bilan**

4.3.1 **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, étant donné que les ligneux sont assez facilement identifiables la majorité de l'année.

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). Pour la seconde campagne (2015) cela a pu être optimisé. Mais, 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, pour le moment, une certaine capacité à se maintenir dans une station même si celle-ci ne leur est plus très favorable.

4.3.2 **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 ; ceux-ci devraient pouvoir être vérifiés sur des 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. Même si l'objectif n'est 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 plus suffisante pour réactiver des formes qui étaient

l'aboutissement d'un très long processus (celui qui avait mis en place les méandres restaurés 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).

4.3.3 Hydrobiologie

Concernant les différents compartiments hydrobiologiques (physico-chimie, diatomées, macrophytes aquatiques, macro-invertébrés et poissons), l'hétérogénéité des données disponibles (stations différentes, années différentes, fréquences différentes, méthodologies différentes, ...) entraîne une certaine complexité pour ressortir une information clairement lisible, notamment en termes de classes de qualité. Toutefois, l'approche fonctionnelle des peuplements (en particulier macrobenthiques et piscicoles) permet quand même de constater que les travaux d'aménagement des annexes semblent avoir permis une recolonisation par les poissons et la macrofaune benthique cohérente vis-à-vis des potentialités du Longeau. Ce constat ne s'avère toutefois pas valable pour la faune piscicole au niveau de l'annexe à Friaucelle, comme en traversée urbaine de ce village : peu d'espèces rhéophiles, peu de reproduction du brochet,

Ces enseignements se limitent ainsi pour le moment à une analyse des effets immédiats des travaux (phase chantier). L'acquisition de données biologiques sur une chronique plus longue (10 ans minimum avec 3 campagnes post-travaux ?) doit permettre de dresser un bilan plus fonctionnel de l'évolution du milieu et des (re)colonisations biologiques associées, en particulier afin d'évaluer dans la durée les plus ou moins-values écologiques liées au projet.

4.3.4 Essai de synthèse des évolutions constatées

	avant-travaux <2010-2011	après travaux 2014-16	Ten- dance	commentaires	
paramètres 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 quasi- systématique	+	Avant travaux : Friaucelle 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).	

		bon état pour les autres paramètres			
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 Friaucelle).
Ripsisylve	/	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)

4.3.5 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, afin de bien identifier des espèces indicatrices du fonctionnement alluvial / non alluvial,
 - 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 26 : le ruisseau des Forges (Meuse), abandonné depuis un siècle après la ruine d'un ouvrage : 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 à 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 levés 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 :

- 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.

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 Renaturation 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.