

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

<u>Maître d'ouvrage :</u>	 <p>Agence de l'Eau Rhin-Meuse Route de Lessy Rozérieulles B.P.30019 57161 MOULINS-LES-METZ</p>
<u>Prestataires :</u>	<p>groupement Confluens</p>  <p>Fluvial.IS conseil en hydromorphologie</p> <p>dubost ENVIRONNEMENT ET MILIEUX AQUATIQUES</p> <p>Climax Bureau d'études en matière d'Aménagement des Sédiments et de l'Écoulement des Eaux</p>

L'Orne à Hatrize : Rapport de synthèse 2014-17

septembre 2017

Site d'étude	<u>L'Orne de Labry à Hatrize</u>
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)</p>

Table des matières

1	Le secteur d'étude	5
1.1	Contexte géographique	5
1.1.1	Contexte physique.....	6
1.1.2	Contexte écologique	7
1.2	Rappel des travaux de restauration réalisés	9
1.2.1	Principes et objectifs des travaux	9
1.2.2	Nature et importance des travaux réalisés.....	10
1.3	Localisation des stations de suivi	15
1.3.1	Motivation du choix des stations de relevés physiques	17
1.3.2	Localisation des stations Carhyce et ONEMA	18
1.4	Contraintes et atouts préalables au suivi	27
1.4.1	Données disponibles	27
1.4.2	Homogénéité et qualité des données	34
1.4.3	Synthèse des contraintes	36
2	Méthodologies et protocoles employés	37
2.1	Application du protocole CarHyCE Choix de la station (14 fois la largeur à pleins bords) (Mission A1).....	37
2.1.1	Mesures topographiques : Réalisation de 15 transects sur les deux stations... 37	
2.1.2	Autres paramètres évalués	37
2.2	Réalisation de mesures topographiques à l'aide de GPS différentiel ou de théodolite (Mission A2)	39
2.3	Mesures des faciès d'écoulements (mission A3)	44
2.4	Mesures des linéaires stabilisés et du taux d'érosion (mission A4).....	45
2.4.1	Les prises de mesures prévues au cahier des charges : mesure de l'érosion latérale 45	
2.4.2	Mesures de l'érosion des fonds et estimation des processus sédimentaires (transport solide)	46
2.5	Ripisylve (mission A5)	49
2.6	Physico-chimie (Mission D).....	50
2.7	Invertébrés (Mission B2)	50

Une étude Confluens

2.8	Caractérisation du lit majeur (mission B4)	51
2.9	Poissons (données ONEMA)	52
3	Résultats.....	53
3.1	Hydromorphologie	53
3.1.1	Stations Carhyce	53
3.1.2	Topographie et bathymétrie	54
3.1.3	Mesures des faciès d'écoulements	55
3.1.4	Mesures des linéaires stabilisés et du taux d'érosion	57
3.1.5	Enseignements sur la dynamique de l'Orne	59
3.2	Evolution de la ripisylve	62
3.3	Habitats du lit majeur	65
3.3.1	Distribution.....	65
3.3.2	Habitats humides	68
3.3.3	Habitats remarquables.....	69
3.3.4	Conclusion :	70
3.4	Physico-chimie	70
3.4.1	Etat initial avant travaux (finalisation de l'effacement).....	70
3.4.2	Situation après travaux (finalisation de l'effacement).....	73
3.5	Invertébrés.....	80
3.5.1	Etat initial avant travaux (finalisation de l'effacement).....	80
3.5.2	Situation après travaux (finalisation de l'effacement).....	81
3.6	Poissons	85
3.6.1	Etat initial avant travaux (finalisation de l'effacement).....	85
3.6.2	Situation après travaux (finalisation de l'effacement).....	90
4	Discussion.....	98
4.1	Synthèse de l'évolution du contexte physique	98
4.1.1	Quelle date de référence pour l'état initial avant travaux ?.....	98
4.1.2	Suivi du milieu physique après travaux.....	100
4.2	Synthèse de l'évolution du contexte biologique	102
4.2.1	Etat initial avant travaux (finalisation de l'effacement).....	102
4.2.2	Situation après travaux (finalisation de l'effacement).....	103
4.2.3	Le cas particuliers des milieux terrestres et palustres	107

Une étude Confluens

4.3	Bilan	108
4.3.1	Des conditions d'observations de l'évolution avant-après très défavorables.	108
4.3.2	Essai de synthèse des évolutions constatées.....	109
4.3.3	Perspectives	111
5	Bibliographie	114

1 LE SECTEUR D'ÉTUDE

1.1 Contexte géographique

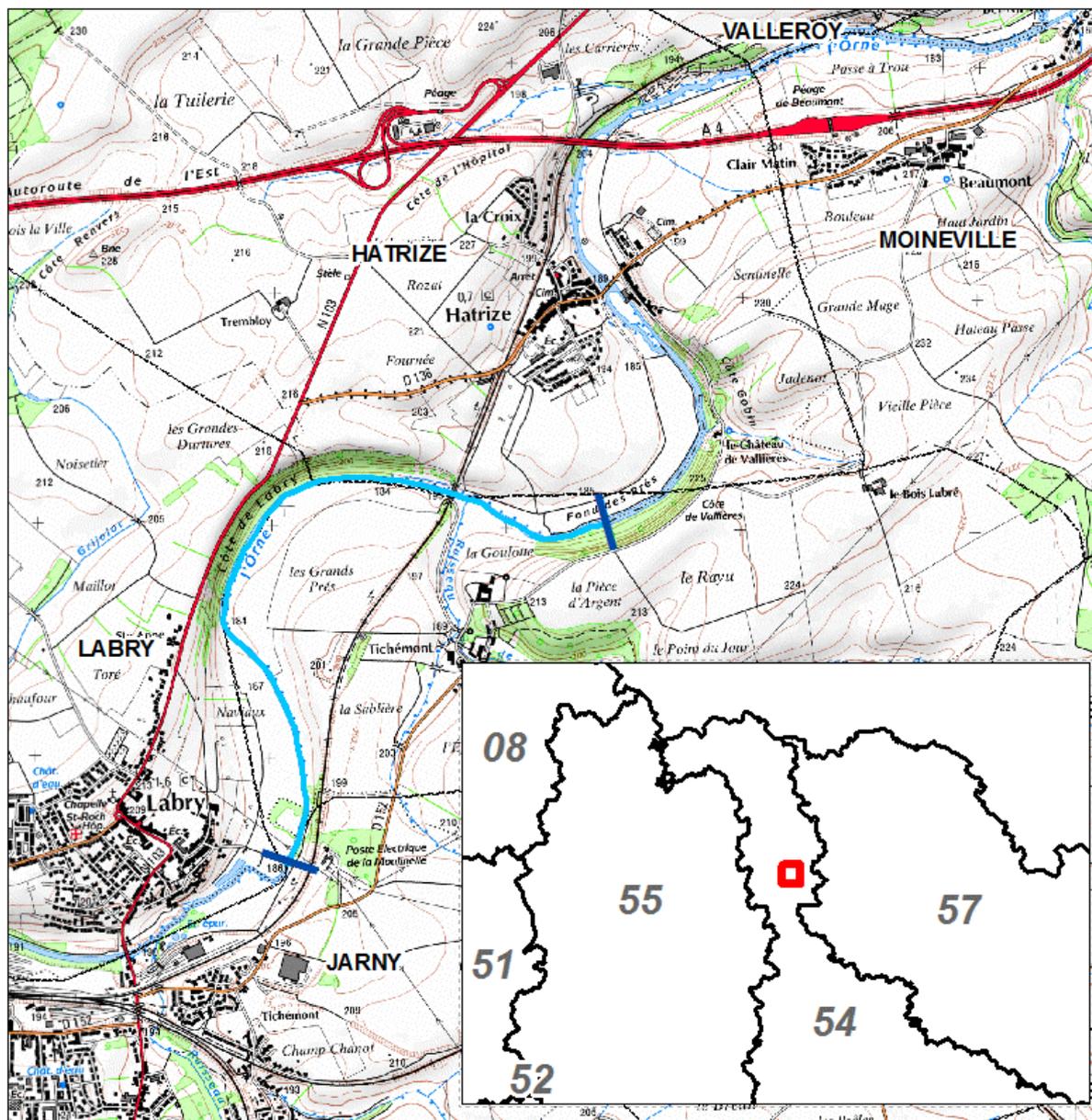


Figure 1 : localisation du linéaire d'étude entre les communes d'Hatrize et de Labry (54)

Une étude Confluens

1.1.1 Contexte physique

✓ Caractéristiques générales

L'Orne naît à Ornes (320 m d'altitude) et développe environ 90 km de linéaire jusqu'à sa confluence avec la Moselle à Richemont (155 m).

A sa confluence avec l'Yron, soit légèrement à l'amont des tronçons étudiés, son bassin versant couvre 820 km² (SINBIO et BRGM, 2007).

Le bassin amont de L'Orne est occupé par des argiles de la Plaine de Woëvre. A l'amont de Jarny, la rivière commence à entailler des marnes, des calcaires, puis franchit les Côtes de Moselle. Les tronçons étudiés sont dominés par les marnes et la caillasse du Bathonien moyen et inférieur. L'Orne y développe des méandres de vallée (Climax, 2015).

Selon la typologie des cours d'eau Rhin-Meuse, l'Orne est classée parmi les rivières de « plateau argilo-limoneux » (amont de Jarny) puis de côte calcaire (à l'aval, sur le secteur d'investigation).

Le bassin versant de l'Orne est principalement rural et s'urbanise progressivement vers l'aval d'Auboué.

L'hydrologie avait été sommairement présentée par le bureau d'étude SINBIO au cours de la phase préparatoire des travaux : l'Orne à Rosselange (aval de la confluence de l'Yron et aval d'Hatrize) atteint pour sa crue biennale une valeur de 159 m³/s, soit une valeur estimée à Hatrize de 110 m³/s (SINBIO, étude préalable, déc. 2008 : 148 m³/s).

Dans le cadre du suivi, nous avons pu établir sur la base du scan25 (© IGN), que la pente moyenne (s) de la rivière entre Labry (186 m) et Beaumont (183 m) est de 0,4 ‰. Sur la base des relevés topographiques réalisés au cours de notre mission A2, la pente (ligne d'eau, fond ou berge) est plus proche de 0,3 ‰. La largeur moyenne à pleins bords (w) (hors zone de remous) est de 20-25 m.

✓ Caractéristiques morpho-dynamiques

La puissance fluviale spécifique de l'Orne pour le débit de récurrence 1-2 ans ($Q_d = 0,75Q_2$) peut donc être estimée à $\omega = \rho_w \cdot g \cdot Q_d \cdot s / w = 12 \text{ W/m}^2$. Elle est donc relativement faible à moyenne.

La dynamique alluviale (estimation du potentiel de mobilité, rapport de campagne 2014, Fluvial.IS) est très modérée et les possibilités de mobilité latérale et de recharge en transport solide de l'Orne sur le secteur sont faibles.

Dans le détail, la pente de l'Orne à l'amont d'Hatrize est beaucoup plus variée :

- de l'aval direct de l'ancien seuil à l'aval du gué de la Goulotte, la pente est quasi-nulle bien qu'aucun seuil résiduel ne soit perceptible ;

Une étude Confluens

- de la passerelle de Labry à l'aval du gué de la Goulotte, la pente de la ligne d'eau de l'Orne à l'étiage est de 0,5 ‰, ce qui représente une pente faible.



Photo 1 : le radier provoqué par le gué de la Goulotte (01-09-2014)

Suite aux observations réalisées, on ne peut pas écrire que la pente quasi-nulle constatée à l'aval de la zone d'étude soit due à un seuil résiduel. Il semble que la cause de ce très faible écoulement soit davantage à rechercher à la fois dans l'influence de l'ouvrage de Moineville et dans la morphométrie du lit et de la vallée.

1.1.2 Contexte écologique

✓ Contexte écologique du lit mineur

L'ensoleillement est en général assez élevé du lit mineur permet le développement de la végétation aquatique. Les héliophytes et les hydrophytes sont présents en bordure mais sans être trop envahissants. Les hydrophytes immergés sont composés de *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton perfoliatus*, *Ceratophyllum demersum*, avec des herbiers de *Nuphar lutea*. Les héliophytes en bordure se composent de *Sparganium*, *Sagittaria* et *Phalaris arundinacea*. Le fond du lit est majoritairement composé de pierres et de granulats grossiers. Il y a des traces de colmatage du fond par des vases. Les faciès d'écoulement montrent des alternances de plats courants et de radiers, avec la présence du faciès de bordures. Les berges sont naturelles et stables. Elles mesurent en moyenne 1,5-2,5 m de hauteur. La pente de la zone littorale est souvent faible (de 5° à 30°). Les abords du cours d'eau sont propres.

Une étude Confluens

✓ Contexte écologique en rives

Dans ce secteur, le lit majeur est occupé par des prairies. Les berges accueillent une ripisylve discontinue. La ripisylve d'un cours d'eau, en fonction de facteurs naturels et humains, peut être appréhendée comme "variable de contrôle" (AMOROS ET PETTS, 1993). Ces facteurs sont :

- le climat (microclimat, macroclimat);
- l'eau (influence de l'amont, fluctuations annuelles, influences anthropiques);
- la géomorphologie (topographie, nature du substrat, largeur de la plaine, rang du cours d'eau);
- l'utilisation de l'espace (agriculture, exploitation forestière, loisirs).

La ripisylve a des effets sur les milieux aquatiques, les milieux terrestres, ainsi que des rétroactions importantes sur la géomorphologie.

Elle joue un rôle important dans les flux de matière et d'énergie au sein de l'hydrosystème. La ripisylve de l'Orne présente très majoritairement des liserés boisés minces, installés sur les berges, dans un contexte agricole.

La conséquence première de l'effacement progressif de l'ouvrage d'Hatrive a été l'abaissement de la ligne d'eau et, par-là, de la nappe associée à la rivière. On peut s'attendre à ce que le sol dans lequel s'ancrent les ligneux de la ripisylve présente donc une durée d'humidité réduite par rapport à la situation antérieure.

Les travaux concomitants de reprofilage ont cherché à limiter cet effet. Un seul reprofilage concerne le tronçon d'étude, à l'aval immédiat du pont SNCF.

D'un autre côté, la dynamique fluviale a été améliorée avec des eaux nettement plus courantes, des processus qui se rapprochent davantage d'une situation naturelle : forces plus importantes des eaux courantes sur les végétaux, meilleure oxygénation de l'eau, augmentation des dépôts de matériaux, caractère accentué des crues...

Ces aspects devraient aussi permettre une amélioration des conditions de vie pour la faune aquatique (macrobenthique et piscicole) en favorisant le retour d'espèces plus rhéophiles qui ont dû régresser, voire disparaître, du fait du remous de l'ancien ouvrage. D'autre part, la diversification du milieu qui en résulte devrait aussi s'accompagner d'une augmentation des richesses spécifiques en lien avec des habitats disponibles plus variés et de meilleure qualité (diminution du colmatage, diversification des écoulements, ...).

La rivière est donc dans une phase d'ajustement à ses nouvelles conditions tant d'un point de vue morfo-dynamique qu'écologique. En effet la végétation riveraine accompagne à la fois ces évolutions et y contribue. Un des risques est de voir une ripisylve perchée et dépérissante.

1.2 Rappel des travaux de restauration réalisés

1.2.1 Principes et objectifs des travaux

Les travaux ont consisté en le dérasement total du seuil de l'ancien moulin d'Hatrize dont l'activité s'était arrêtée en 1988.



Photo 2 : ancien moulin d'Hatrize (in Sinbio, 2008)



Photo 3 : vue vers l'amont de l'ancien ouvrage de décharge (in Sinbio, été 2008)

Cet ouvrage avait été fragilisé par plusieurs brèches dont la dernière (décembre 2008) ne laissait plus subsister qu'une chute résiduelle à l'étiage d'environ 30 cm (SINBIO, 2008).

1.2.2 Nature et importance des travaux réalisés

Les travaux ont été réalisés au printemps 2011 sous maîtrise d'œuvre du bureau d'étude SINBIO par l'entreprise SETHY pour un coût de 442 430,00 TTC (financement à 60% par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse, 30 % par le Conseil Régional de Lorraine et 10 % par le Syndicat des Communes Riveraines de l'Orne).

Outre l'effacement du barrage de retenue, ces travaux ont pris en compte :

- le réaménagement du bief et de l'île formée par le bras d'aménée à l'ancien moulin,
- la création de différents accès à la rivière et la végétatisation des berges,
- travaux de protection du seuil du pont de chemin de fer par l'aménagement d'un seuil de fond à l'aval immédiat du viaduc de voie ferrée,
- la réhabilitation écologique (noue de Labry).



Photo 4 : le site avant l'effacement (document SINBIO)

Une étude Confluents



Photo 5 : le site de l'arasement total réalisé (photo Fluvial.IS 2014) : plus aucune chute d'eau résiduelle n'est observable

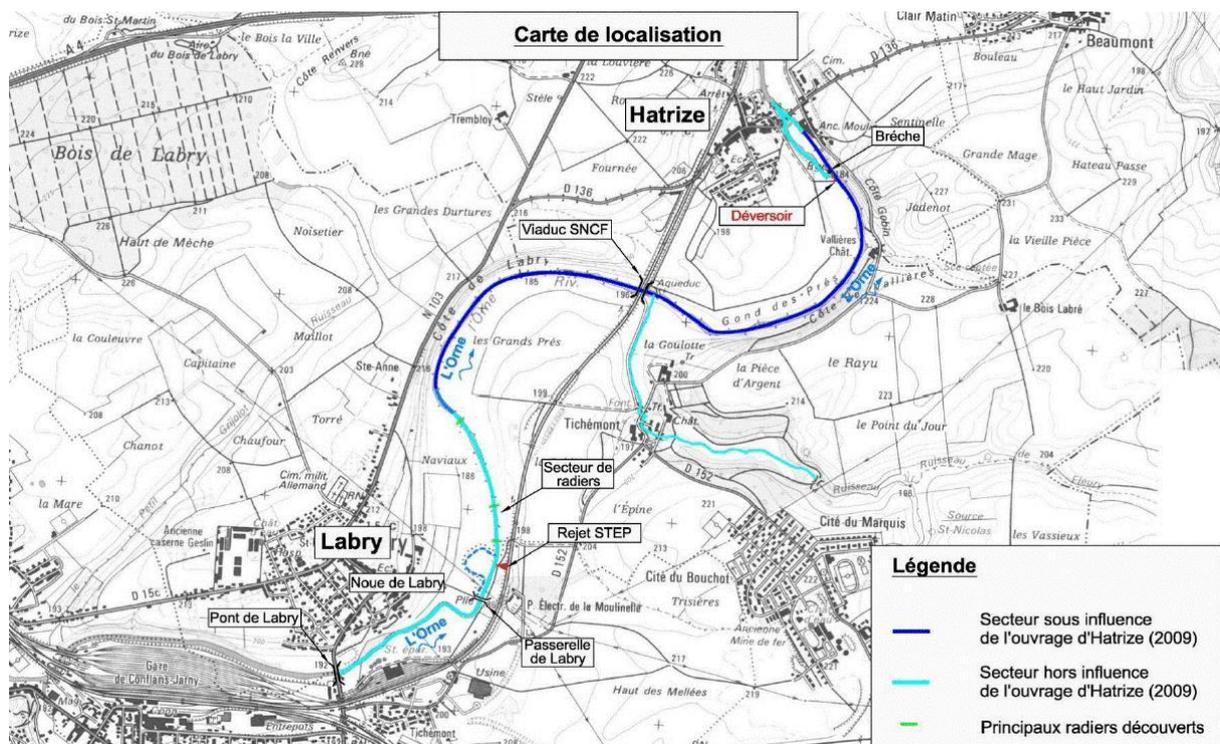


Figure 2 : localisation du secteur sous influence de l'ancien ouvrage (document Sinbio) avant effacement mais après l'approfondissement de la brèche de décembre 2008 (Document Sinbio) : d'après cette carte, l'influence de l'ouvrage remontait alors jusqu'à 1300 m à l'amont du pont de chemin de fer alors qu'auparavant le remous remontait jusqu'au pont de Labry.

Profil en long de l'Orne, état actuel + état après approfondissement de la brèche (10/12/2008)

Qmna 5 et module

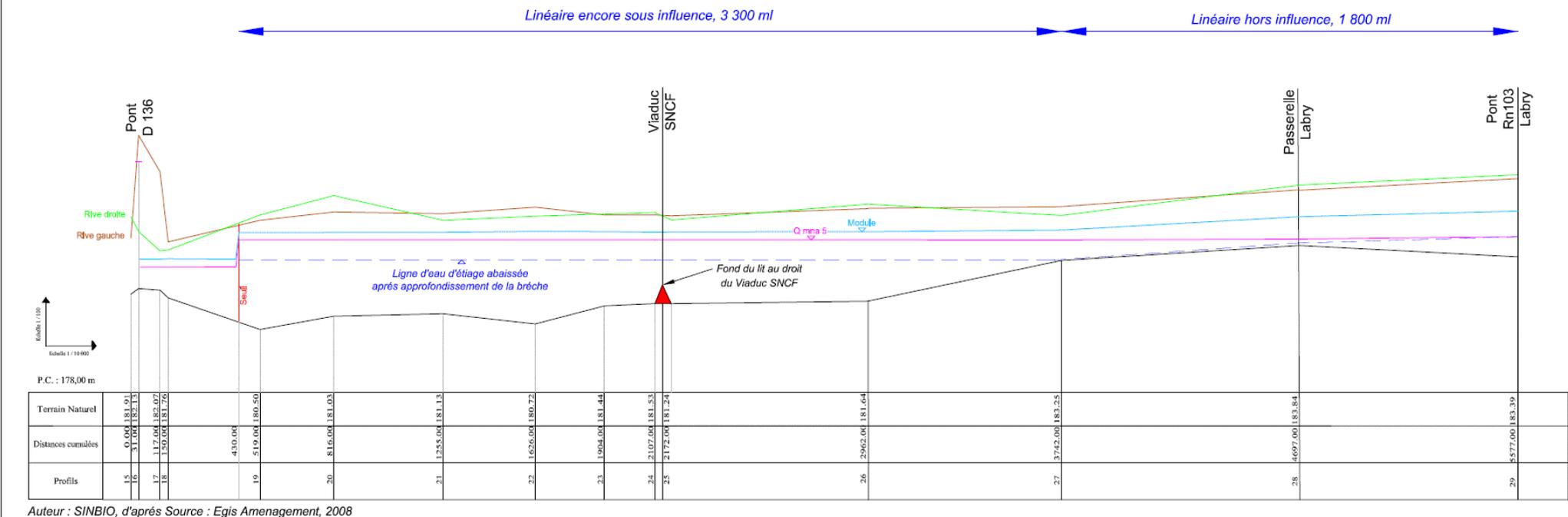


Figure 3 : profil en long indiquant la ligne d'eau d'étiage abaissée après l'approfondissement de la brèche qui laissait subsister une dénivellée de 25 cm au seuil à l'étiage.

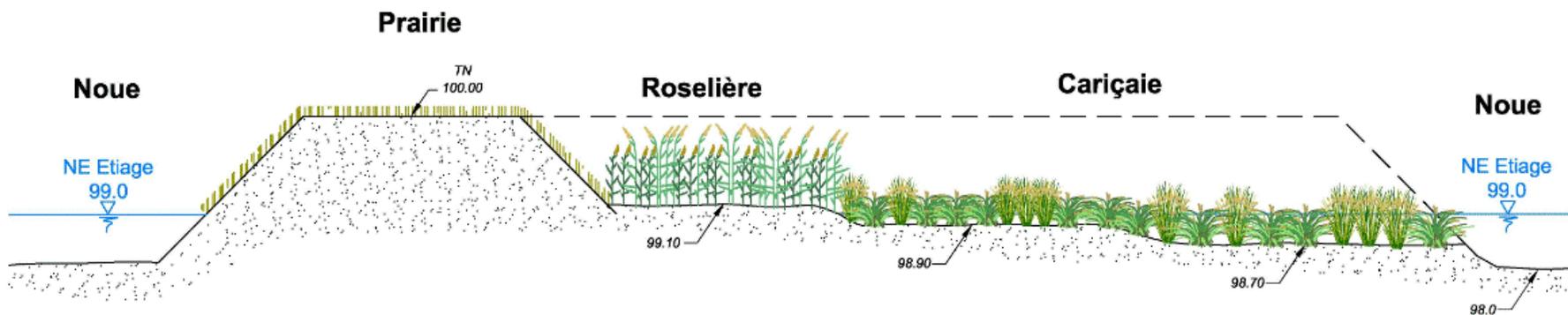


Figure 4 : amélioration de la fonctionnalité de la noue de Labry (coupe Type, SINBIO, 2010)



Photo 6 : confluence de l'annexe dans l'Orne (Climax, 2015)

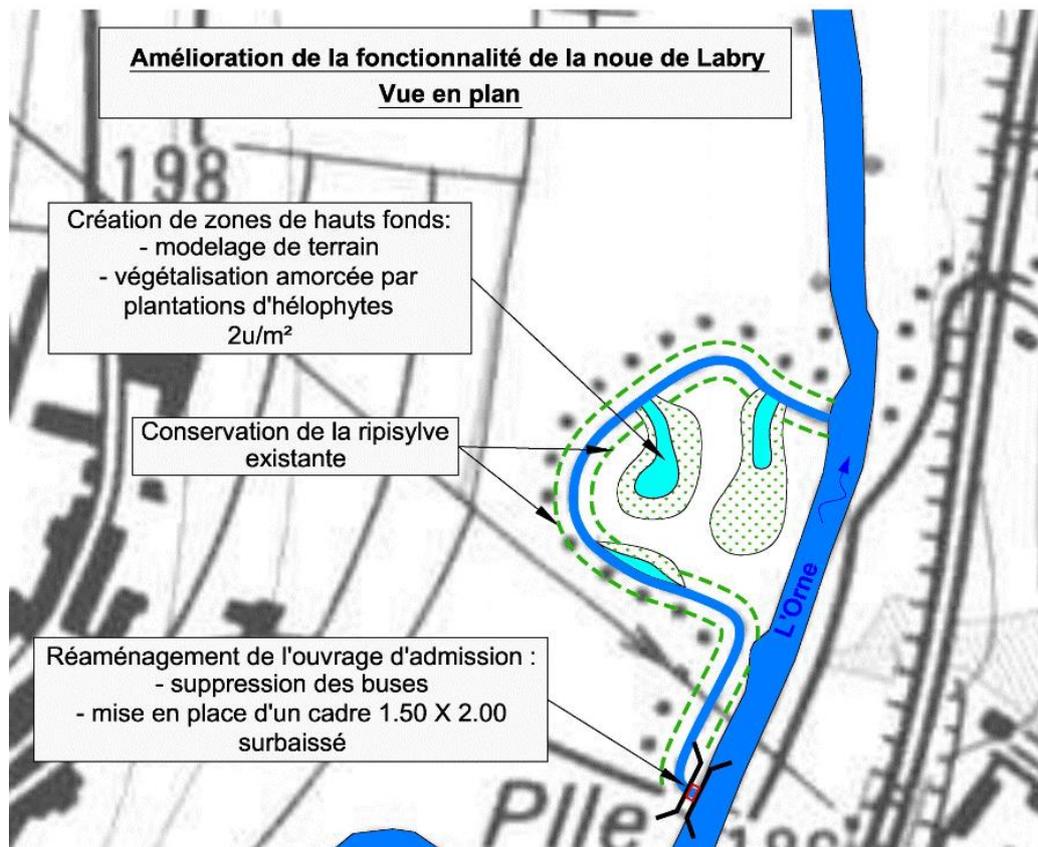


Figure 5 : vue en plan de l'amélioration de la fonctionnalité de la noue de Labry (PROjet SINBIO, 2010)

1.3 Localisation des stations de suivi

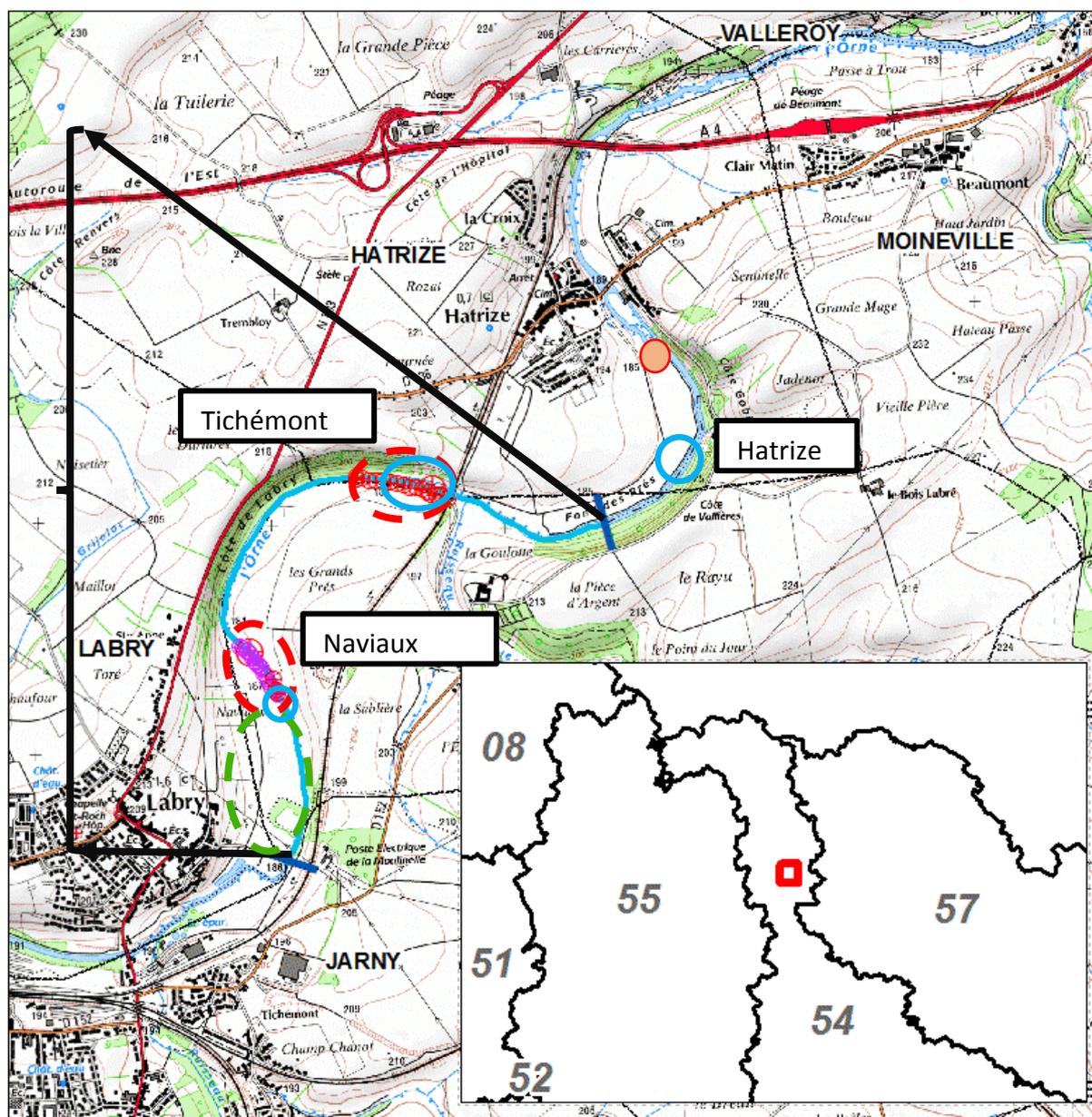


Figure 6 : localisation du linéaire d'étude (topographie, faciès, ripisylve) (accolade) et des 3 stations « Naviaux », « Tichémont » et « Hatrize » qui ont fait l'objet de relevés plus ponctuels : habitats du lit majeur (cercle vert), hydrobiologies et/ou physico-chimie (cercles turquoises) et stations Carhyce (cercles rouges)

Synthétiquement, les relevés examinés sont les suivants :

Une étude Confluens

<i>Nom générique de la station</i>	<i>Enjeu</i>	<i>Levés réalisés</i>	<i>Code station selon relevés</i>	<i>Dates relevés</i>
Naviaux	Suivi d'une zone hors remous de l'ouvrage suite à son abaissement	IBG	Orne 1	2014(ONEMA) 14/09/2015 (Dubost)
		Physico chimie	Orne 1	2014 (AERM) 2015 (DUBOST)
		Carhyce	0286100	18/09/2015 (Fluvial.IS)
		Habitats du lit majeur (+ annexe hydraulique)	/	Juillet 2015 (Climax)
Tichémont	Suivi d'une zone toujours sous l'influence d'un remous (seuil pont SNCF) mais diminué par rapport à la situation initiale	IBG-DCE		2010 (ONEMA)
		Physico chimie		2006-2015 (SIERM)
		Pêche électrique		2009-2010-2011- 2012-2015 (ONEMA)
		Carhyce	0286200	2010 (ONEMA) 11/09/2015 (Fluvial.IS)
Hatrize		Physico-chimie	Orne 2	2014 (AERM) 2015 (DUBOST)

Les stations Tichémont et Orne2 ont été rattachées à la même station Sandre (0286200) qui est une station de surveillance DCE

Une étude Confluens

1.3.1 Motivation du choix des stations de relevés physiques

La station pour les levés linéaires a été délimitée afin de prendre en compte la zone amont de l'ancien remous où les écoulements ont été les plus restaurés. A l'aval de cette station, la pente très faible de l'Orne n'offre pas de contraste évident par rapport à l'état initial (hors l'abaissement de la ligne d'eau).

Il s'agissait donc de pouvoir caractériser au mieux :

- les effets sur la topographie/bathymétrie et sur les milieux (mission A2) ;
- les effets sur la modification des faciès d'écoulement (mission A3) ;
- les effets de l'accélération sur les phénomènes d'érosion de berge (mission A4) ;
- les effets de l'abaissement de la ligne d'eau sur la végétation du lit majeur et plus particulièrement de la ripisylve (mission A5) ;
- les effets sur les macroinvertébrés (Mission B2) ;
- les effets sur la physico-chimie (mission D).



Photo 7: la limite amont de la zone de suivi : la passerelle de Labry



Photo 8 : la limite aval de la zone de suivi linéaire : l'Orne au droit du Fond des Prés (à proximité de la station physico-chimique « Hatrize »)

Pour les relevés des formes, deux stations Carhyce (14 X la largeur à pleins bords) ont été disposées sur la moitié amont et sur la moitié aval de la zone d'étude afin d'être les plus représentatives possible. Le protocole Carhyce demande que chacune de ces stations débute sur un radier en limite aval, ce qui a pu être réalisé à partir de la cartographie issue de la mission A3.

1.3.2 Localisation des stations Carhyce et ONEMA

✓ Stations Carhyce

Deux opérations ont été commandées en 2015 :

Opération 1 :

Nom station : **Orne à Tichémont**

date relevé terrain : 11/09/2015

Coordonnées amont (RGF93 Lambert 93) : X = 911097 ; Y = 6902329

Coordonnées aval (RGF93 Lambert 93) : X = 911494 ; Y = 6902259

Nom Point : QSUP - Relevés hydromorphologiques de l'ORNE à GIRAUMONT (TICHÉMONT)

Code SANDRE Point : 02086200-001

ID AERM : 32236le

Nom Station : L'ORNE À HATRIZE

N° National Station : 02086200

Date de saisie de données sur carhyce.eaufrance.fr : 22/23 décembre 2015

Opération 2 :

Nom station : **Orne à Naviaux**

Une étude Confluents

date relevé terrain : 18/09/2015

Coordonnées amont (RGF93 Lambert 93) : X = 910769 ; Y = 6901405

Coordonnées aval (RGF93 Lambert 93) : X = 910608 ; Y = 6901616

Nom Point : QSUP - Relevés hydromorphologiques de l'ORNE à LABRY (2)

Code SANDRE Point : 02086100-004

ID AERM : 32237

Nom Station : L'ORNE À LABRY

N° National Station : 02086100

Date de saisie de données sur carhyce.eaufrance.fr : 22/23 décembre 2015

✓ « points de prélèvements »:

station amont (02086100)

ID AERM	Type de point	Nom	Mise en service	Fermeture
30347	Mesures hydromorphologiques	QSUP - Relevés hydromorphologiques de l'ORNE à GIRAUMONT	01/01/2011	31/12/2015
30349	Mesures hydromorphologiques	QSUP - Relevés hydromorphologiques de l'ORNE à LABRY	01/01/2010	31/12/2010
30415	Mesures hydro-piscicoles	QSUP - Diagnoses piscicoles dans l'ORNE à GIRAUMONT	01/01/2011	31/12/2015
32299	Mesures hydrobio Invertébrés	QSUP - Relevés d'invertébrés dans l'ORNE à LABRY	01/01/2014	31/12/2015
32300	Mesures phys-chim-µbio-µp QSUP	QSUP - Mesures phy-chi-mbio (3) dans l'ORNE à LABRY	01/01/2014	31/12/2015

Station aval (02086200)

ID AERM	Type de point	Nom	Mise en service	Fermeture
9518	Mesures hydrobio Invertébrés	QSUP - Relevés d'invertébrés dans l'ORNE à HATRIZE	01/01/1991	31/12/1991
9739	Mesures hydrobio Diatomées	QSUP - Relevés de diatomées dans l'ORNE à HATRIZE (2)	01/01/1998	31/12/2006
15757	Mesures Qualité SEQ-EAU QSUP	QSUP - Ind. et cl. Macropoll. SEQ-EAU de l'ORNE à HATRIZE	01/01/1992	
16162	Mesures Qualité SEQ-EAU QSUP	QSUP - Ind. et cl. Micropoll. SEQ-EAU de l'ORNE à HATRIZE	01/01/1991	
16307	Mesures Qualité SEQ-EAU QSUP	QSUP - Ind. et cl. Microbio. SEQ-EAU de l'ORNE à HATRIZE	01/01/2000	31/12/2006
22518	Mesures hydrobio Diatomées	QSUP - Relevés de diatomées dans l'ORNE à HATRIZE (1)	01/01/1997	31/12/1997
22519	Mesures hydrobio Diatomées	QSUP - Relevés de diatomées dans l'ORNE à HATRIZE (3)	01/01/1999	31/12/2001
25693	Mesures phys-chim-µbio-µp QSUP	QSUP - Mesures phy-chi-mbio (3) dans l'ORNE à HATRIZE	01/01/1991	

Une étude Confluents

25694	Mesures phys-chim-µbio-µp QSUP	QSUP - Mesures phy-chi-mbio (7) dans l'ORNE à HATRIZE	01/01/2005	31/12/2006
25695	Mesures phys-chim-µbio-µp QSUP	QSUP - Mesures phy-chi-mbio (6) dans l'ORNE à HATRIZE	01/01/1997	
28556	Mesures hydro-piscicoles	QSUP - Diagnoses piscicoles dans l'ORNE à HATRIZE	01/01/2009	
32236	Mesures hydromorphologiques	QSUP - Relevés hydromorphologiques de l'ORNE à GIRAUMONT (TICHÉMONT)	01/01/2015	31/12/2015
32298	Mesures phys-chim-µbio-µp QSUP	QSUP - Mesures phy-chi-mbio (3) dans l'ORNE à HATRIZE (FOND DES PRÉS)	01/01/2014	31/12/2015

✓ Habitats du lit majeur

L'Orne a été étudiée sur un tronçon à l'aval immédiat de Jarny (rive droite) et Labry (rive gauche), sur moins d'1 km. La mission consistait à cartographier les habitats du lit majeur (mission B4), en rive gauche de la rivière, sur la zone où l'effet de la baisse de la ligne d'eau semble la plus importante (amont de la zone réduite de l'ancien remous) et en rive gauche (présence d'une ancienne annexe restaurée lors des travaux de 2011).

Ce tronçon se situe peu à l'aval de la confluence de plusieurs affluents importants : l'Yron, le Longeau et le Grijolot.

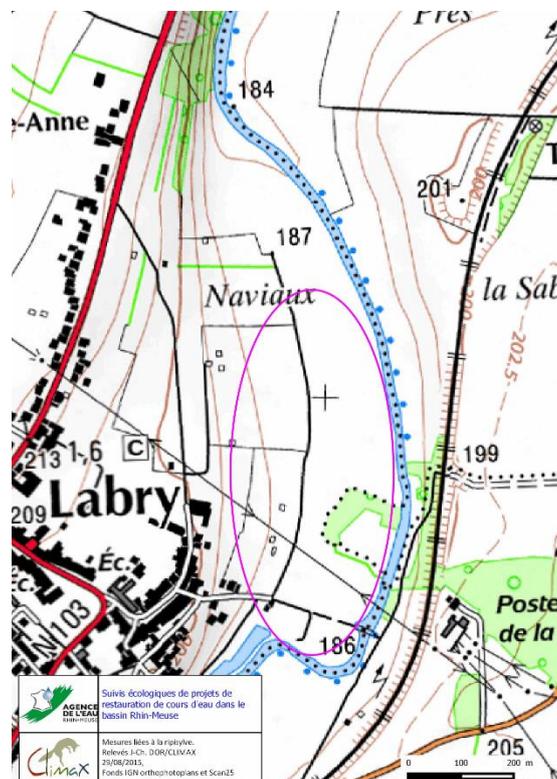


Figure 7 : aire d'étude de la mission B4 : le lit majeur en rive gauche à l'aval de Labry jusqu'à "Naviaux"

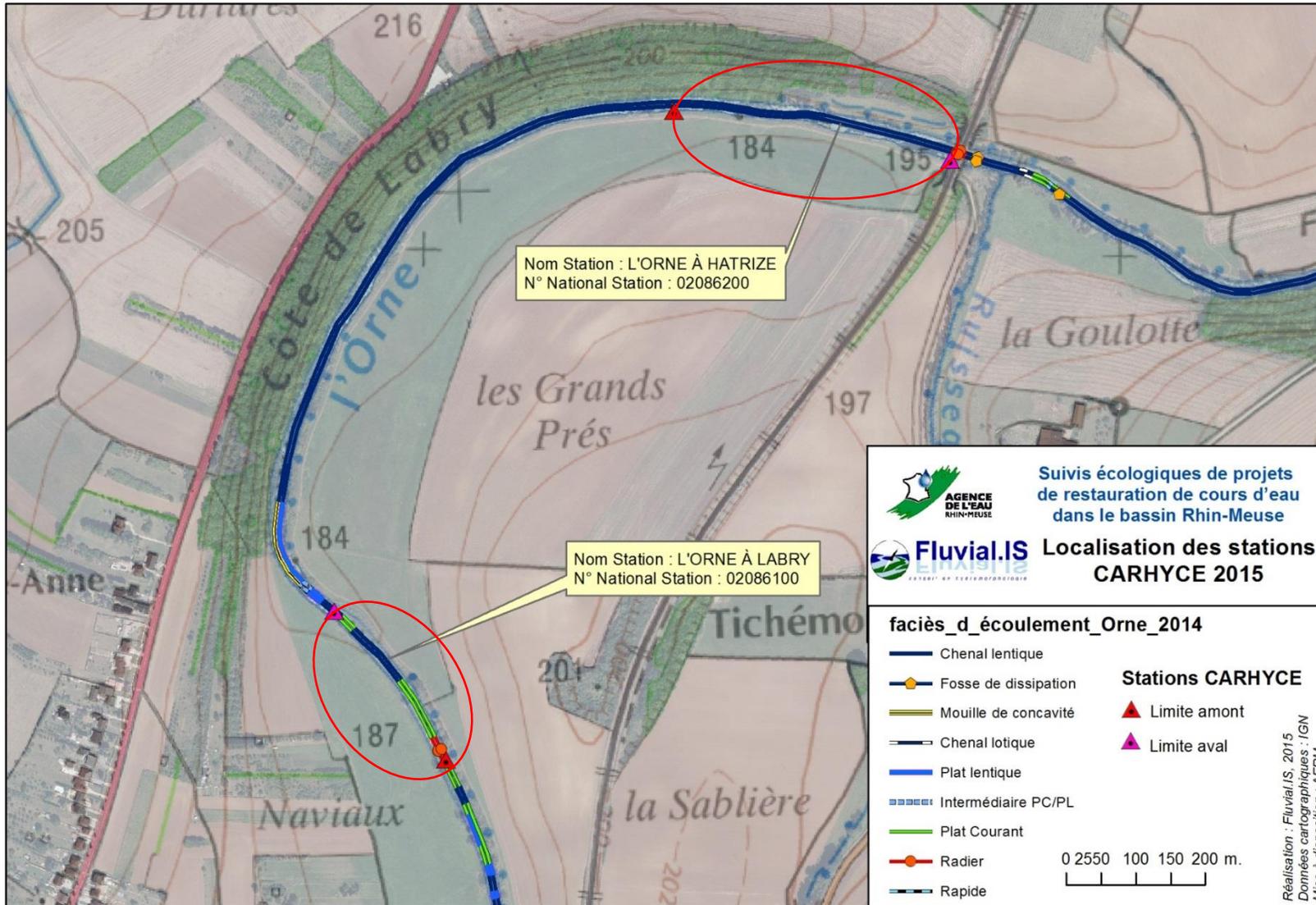


Figure 8 : localisation des deux stations Carhyce

✓ Stations hydrobiologiques

Pour caractériser l'évolution de la qualité écologique de l'Orne entre les périodes « avant » et « après » les travaux engagés en 2010, différentes données biologiques sont disponibles. Certaines correspondent à des suivis historiques DIREN-DREAL à la station de contrôle de Hatrize-Tichémont (qualité physico-chimique). Celles-ci sont utiles en tant qu'éléments de contexte pour aider à la caractérisation de l'état initial de l'Orne.

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 / IBGA) réalisés par l'ONEMA. 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 Hatrize-Tichémont (qualité physico-chimique). Elles sont complétées par des relevés spécifiques en vue de déterminer l'évolution de la qualité écologique de l'Orne 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 sur ces mêmes compartiments biologiques et/ou sur d'autres compartiments complémentaires.

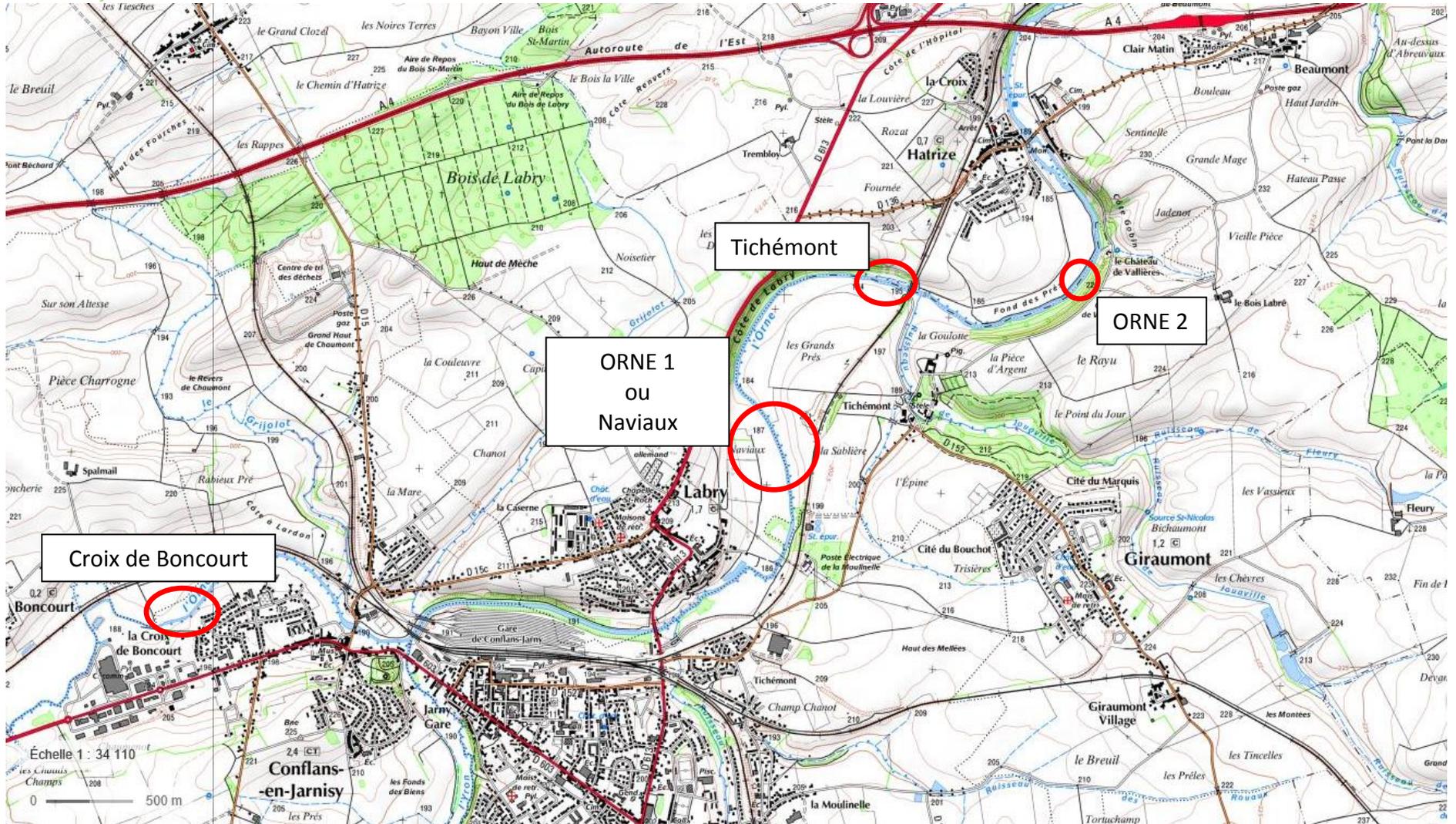


Figure 9 : Répartition des stations étudiées sur le gradient longitudinal de l'Orne

✓ Station « Croix de Boncourt » (Conflans-en-Jarnisy – témoin amont de l'influence de l'ouvrage)

Cette station, localisée sur la commune de Conflans-en-Jarnisy, est positionnée sur un secteur qui n'était pas sous l'influence du remous de l'ouvrage hydraulique. Elle sert donc de station « témoin » pour évaluer les effets de l'effacement progressif de l'ouvrage sur le tronçon situé plus en aval. Toutefois, elle se situe en amont de la confluence avec l'Yron, ce qui ne permettra pas une comparaison optimale en termes de situation typologique.

Le seul compartiment biologique qui a fait l'objet de relevés spécifiques avant et après travaux à cette station correspond aux poissons : pêches électriques réalisées en 2010 et 2011 par l'ONEMA.

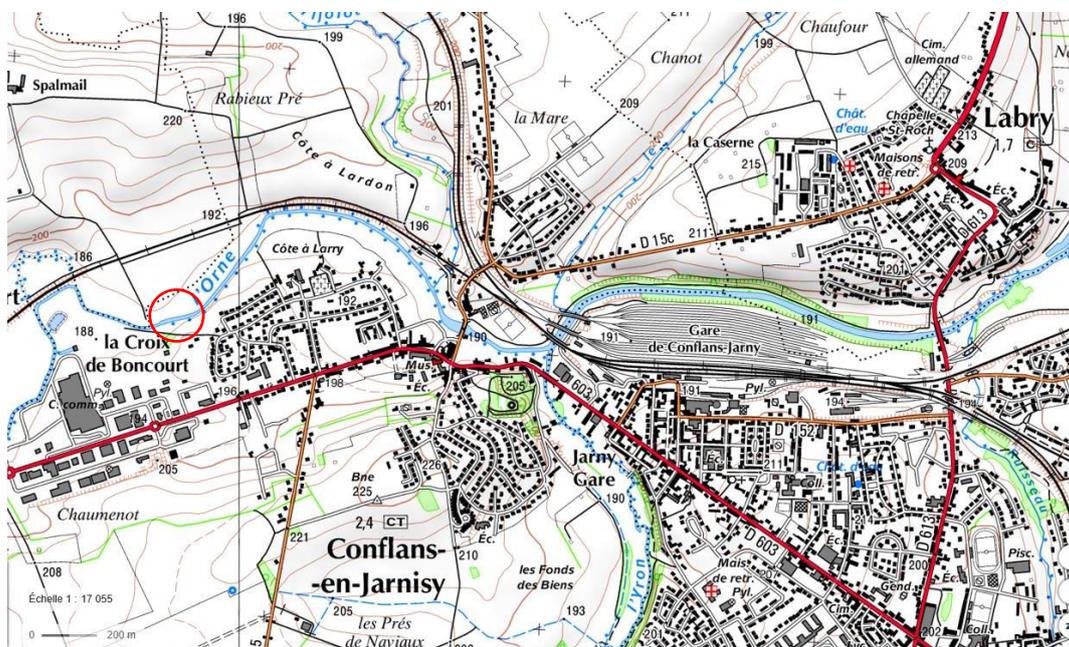


Figure 10 : localisation de la station témoin amont

✓ Station « ORNE 1 » ou « Naviaux » (Labry – tronçon libéré du remous de l'ouvrage)

La station correspond au secteur amont de l'ancien remous où les écoulements ont été les plus restaurés. Cette localisation permet d'utiliser cette station comme point de référence pour évaluer l'évolution de l'état écologique de l'Orne suite à l'effacement progressive de l'ouvrage.

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 2014 et 2015 par l'AERM/DUBOST Environnement

Une étude Confluents

- Les invertébrés macrobenthiques – IBG-DCE réalisés en 2010 par l'ONEMA et en 2014 puis en 2015 par l'AERM/DUBOST Environnement
- Les poissons – pêches électriques réalisées en 2011, 2012 et 2015 par l'ONEMA

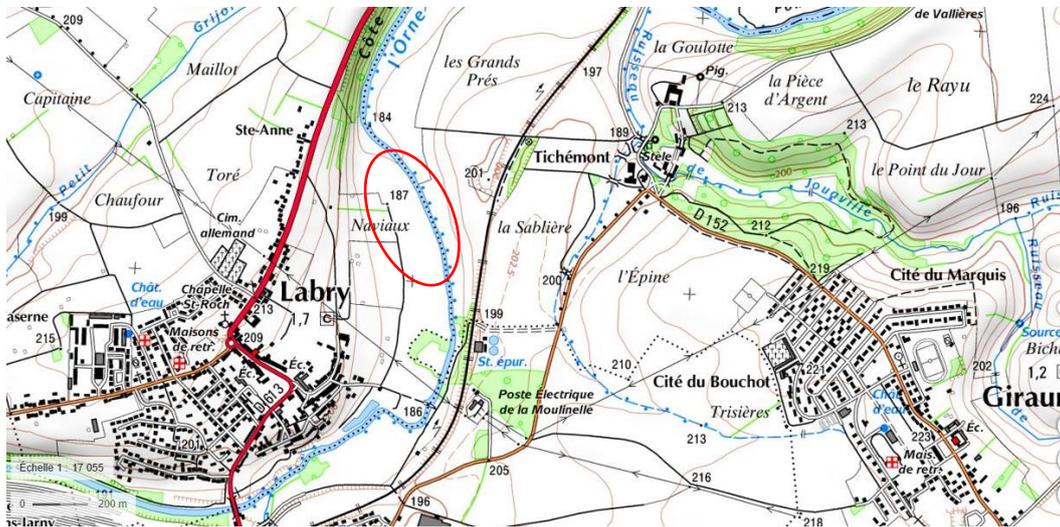


Figure 11 : localisation de la station hydrobiologique centrale

Cette station correspond à la dénomination « Naviaux » (ou « Giraumont ») pour les données issues de l'ONEMA ou à l'appellation « ORNE 1 » pour les données AERM/DUBOST Environnement.

Elle correspond à la station Carhyce relevée parallèlement (code 0286100).

✓ Station « Tichémont » (Hatrize – tronçon libéré du remous de l'ouvrage)

Cette station se localise au sein de l'ancien remous, quelques centaines de mètres en amont de l'influence du remous résiduel. Toutefois, elle se situe aussi sous l'influence directe du remous du seuil au niveau de la voie ferrée. De ce fait, les résultats à cette station seront délicats à interpréter.

Les compartiments biologiques qui ont fait l'objet de relevés spécifiques 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)
- Les invertébrés macrobenthiques – IBG-DCE réalisé en 2010 par l'ONEMA
- Les poissons – pêches électriques réalisées en 2009, 2010, 2011, 2012 et en 2015 par l'ONEMA

Une étude Confluents

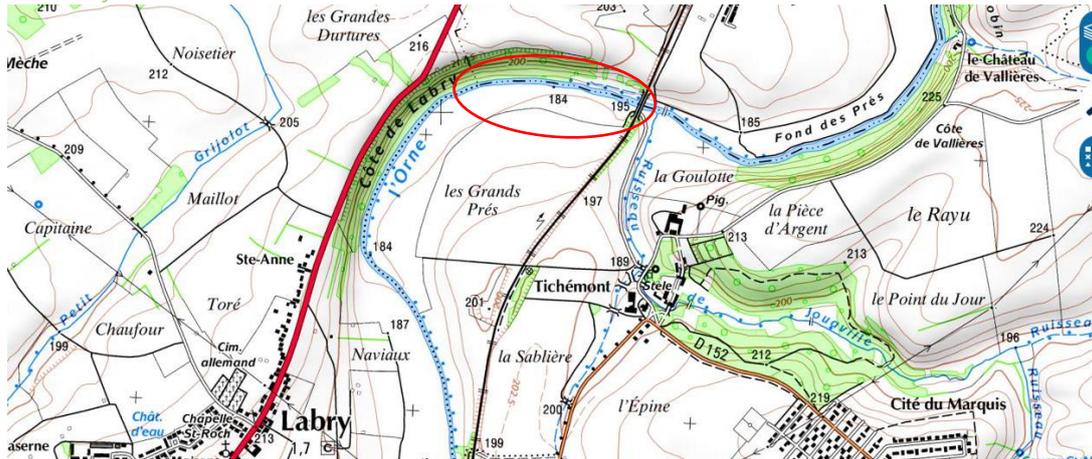


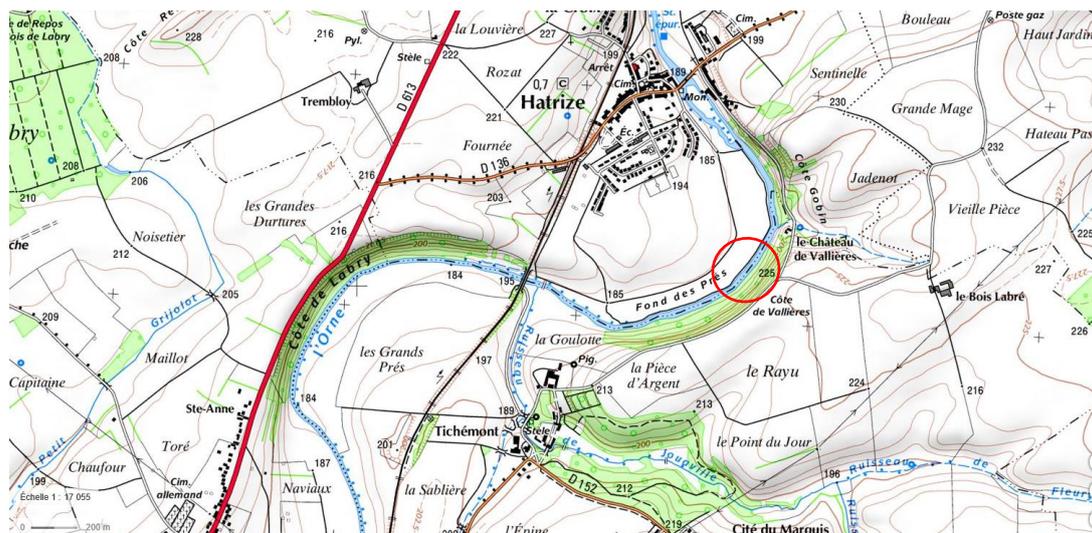
Figure 12 : localisation de la station hydrobiologique Tichémont

Elle correspond à la station Carhyce relevée parallèlement (code 0286200).

✓ Station « ORNE 2 » (Hatrizé – tronçon sous influence du remous résiduel de l’ouvrage)

La station correspond au secteur amont de l’ancien remous d’Hatrizé mais qui reste sous influence probable du remous de l’ouvrage de Moineville (voir partie § 1.1.1). Cette localisation permet d’utiliser cette station comme point de comparaison pour évaluer l’état écologique de l’Orne au cours du temps par rapport à l’effacement progressif de l’ouvrage.

Le seul compartiment biologique qui a fait l’objet de relevés spécifiques après travaux à cette station correspond à la physico-chimie : relevés réalisés en 2014 et 2015 par l’AERM/DUBOST Environnement.



Pour rappel, les stations Tichémont et Orne 2 ont été rattachées à la même station Sandre (02086200 – station de surveillance DCE).

1.4 Contraintes et atouts préalables au suivi

1.4.1 Données disponibles

✓ Données physiques :

- *Hydrologie*

L'Orne dispose de cinq stations hydrologiques dont deux à une vingtaine de km à l'aval de la zone d'étude (BV environ 1200 km²) ce qui permet de disposer de données hydrologiques depuis 1967 (stations de Rosselange et de Boncourt), et une plus récente à Jarny (depuis 2005).

L'Orne a pu bénéficier d'une étude hydrologique (Est-Ingénierie, 2006). Le bureau d'étude SINBIO qui a repris les sources d'Est-Ingénierie pour son diagnostic préparatoire aux travaux, avait caractérisé les crues significatives au moyen de la formule de Myers (coef. de 0,93) :

Situation hydrologique	Hatrive m3/s	Moineville m3/s	Homécourt m3/s
Superficie du bassin versant	902 km ²	912 km ²	1129 km ²
Crue biennale Q2ans		148	150
Crue quinquennale Q5ans		210	213
Crue décennale Q10ans		250	254
Crue centennale Q100ans		400	404

Figure 13: débits caractéristiques de l'Orne à Hatrive calculés à partir des données statistiques de Rosselange (SINBIO, 2008)

Le catalogue des débits d'étiage pour l'Orne donne les valeurs suivantes :

Situation hydrologique	Hatrive m3/s	Moineville m3/s	Homécourt m3/s
Superficie du bassin versant	902 km ²	912 km ²	1129 km ²
Etiage quinquennal QMNA5	0.23	0.23	0.39
Etiage biennal QMNA2	0.57	0.57	0.92
Module	12	12	12

Source : Mission déléguée de bassin Rhin-Meuse, 2006.

Ces données, bien qu'issues de traitement statistiques plutôt que de mesure nous ont permis de connaître le cadre hydrologique de façon satisfaisante pour estimer le contexte morpho-dynamique de la rivière sur le site d'étude.

Une étude Confluens

Pour le suivi des conditions de débit, lors des relevés de terrain, nous pouvons par contre bénéficier de données relativement précises du site « vigicrue » à la station de Jarny-Labry, située à l'amont direct de la zone d'étude (hauteurs et débits).

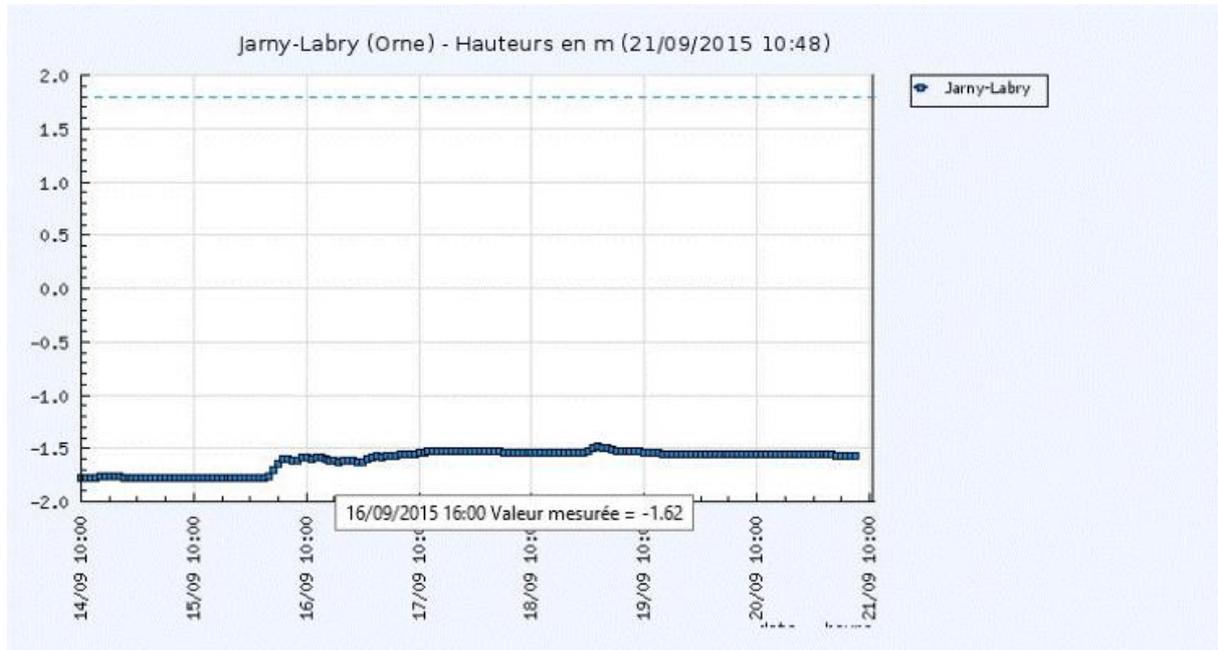


Figure 14 : données de hauteurs d'eau relevées à Jarny-Labry du 14 au 21 septembre 2015 (Vigicrue)

L'Orne à Rosselange

Code station : A8431010
Bassin versant : 1226 km²

Producteur : DREAL Lorraine
E-mail : donneeshydrometriques-diren-lorraine@developpement-durable.gouv.fr

Description	Données hydrologiques
<p>Département : Moselle (57) Commune : Rosselange Cours d'eau : L' Orne Mise en service : 16/12/1967 12:00 Mise hors service : Type : station à une échelle Statut : station avec signification hydrologique Régime influencé : pas ou faiblement Altitude : 164 m Bassin-versant topographique : 1226 km²</p>	<p>Finalité : Hydrométrie générale Année hydrologique : Septembre - Août Loi utilisée pour le module : Gauss Année d'étiage : Janvier - Décembre Loi utilisée pour les étiages : Galton Loi utilisée pour les crues : Gumbel Qualité globale des mesures : en basses eaux : bonne en moyennes eaux : bonne en hautes eaux : bonne</p>

Localisation

Coordonnées : Lambert II Étendu

X (m)	Y (m)	Tronçon Hydro	pKm	Du	Au
872037	2479633	A8431010		16/12/1967 12:00	

L'Orne à Boncourt

Code station : A8071010
Bassin versant : 412 km²

Producteur : DREAL Lorraine
E-mail : donneeshydrometriques-diren-lorraine@developpement-durable.gouv.fr

Description	Données hydrologiques
<p>Département : Meurthe-et-Moselle (54) Commune : Boncourt Cours d'eau : L' Orne Mise en service : 01/10/1967 12:00 Mise hors service : Type : station à une échelle Statut : station avec signification hydrologique Régime influencé : pas ou faiblement Altitude : 185 m Bassin-versant topographique : 412 km²</p>	<p>Finalité : Hydrométrie générale Année hydrologique : Septembre - Août Loi utilisée pour le module : Gauss Année d'étiage : Janvier - Décembre Loi utilisée pour les étiages : Galton Loi utilisée pour les crues : Gumbel Qualité globale des mesures : en basses eaux : bonne en moyennes eaux : bonne en hautes eaux : bonne</p>

Altitude du zéro de l'échelle

Z. ech. (m)	Nivellement	Du	Au
185.00	NGF 1884	01/10/1967 12:00	

Localisation

Commentaires : à partir du 23/03/2007 les horaires sont en TU

Coordonnées : Lambert II Étendu

Figure 15 : synthèse des deux stations hydrologiques de l'Orne (Banque Hydro)

- **Topographie - bathymétrie**

En ce qui concerne les données topographiques et bathymétriques, un relevé sommaire (cf. Figure 3) du profil en long était disponible en version pdf, et ce de niveau peu précis excepté sur la zone la plus proche de l'ouvrage effacé (SINBIO, 2010).

Il s'agit de données topographiques issues de l'étude hydraulique d'Est-Ingénierie de 2006 (5 profils en travers entre le pont de la voie ferrée en amont d'Hatrize et le pont de la RN103 à Labry et 1 profil en travers au droit de la passerelle piétonne de Labry).

Nous n'avons pas pu consulter les valeurs brutes de ces profils.

Une étude Confluens

- **Hydromorphologie**

Le diagnostic SINBIO avant travaux mentionne que « l'Orne présente un faciès d'écoulement stagnant, identique à un plan d'eau sur la zone d'influence du moulin depuis le déversoir(...) jusqu'à la passerelle basse au droit de Labry ».

Il s'agit d'une description textuelle, appuyée par quelques photographies mais sans estimation précise ou évaluation qualitative.

Sur cette zone d'influence hydraulique, le bureau d'étude mentionnait que les fonds sont fortement recouverts par des limons et des argiles, parfois sur plus d'un mètre d'épaisseur (entre Hatrize et le pont de chemin de fer). Entre la passerelle de Labry et le pont de chemin de fer, les fonds caillouteux sont colmatés.

Les berges sont décrites comme hautes et stables, le profil s'encaissant toujours d'avantage à mesure qu'on s'éloigne de la limite amont et qu'on se rapproche de l'ouvrage d'Hatrize.

Sur ces berges, la ripisylve est de bon état lorsqu'elle existe, mais le plus souvent perchée. Lorsque les arbres et arbustes sont absents, se développent des héliophytes.



33. Hatrize : retenue d'eau en amont des ouvrages



34. Hatrize : colmatage par les fines.



35. Hatrize : L'Orne depuis la passerelle de Labry



36. Hatrize : secteur du pont de Labry

Photo 9 : quelques clichés de l'Orne à l'amont d'Hatrize avant suppression de l'ouvrage d'Hatrize (Photos SINBIO, 2008)

Une étude Confluens

- *Données ONEMA*

Sur le secteur d'étude, plusieurs relevés avaient été effectués avant travaux (mais après abaissement de la ligne d'eau originelle suite aux brèches dans l'ouvrage) :

- un relevé des faciès (octobre 2010, V. Burgun, B. Kerneau, cf. carte page suivante) : ce relevé met en évidence, comme les documents SINBIO, que l'essentiel de l'amélioration des écoulements avait pu être obtenu avec l'ouverture accidentelle des brèches dans l'ouvrage. Le chenal lentique, subsistant à l'amont du seuil du pont de Chemin de Fer, impacte la partie centrale de la zone d'étude sur plus d'un kilomètre alors qu'entre le seuil résiduel d'Hatrize (chute résiduelle d'une trentaine de cm) et le radier à l'aval direct du pont de chemin de fer ne présente qu'un seul type de faciès (chenal lentique).
- un levé Carhyce à Labry (code 0286100) en septembre 2011 mais partiel, débit estimé : 0,5 m³/s :
 - 3 profils réalisés : faciès dominant : plat courant ;
 - analyse granulométrique : (Radier) : D₁₆ : 8.16 mm, D₅₀ : 16mm , D₈₄ : 22 mm ;
 - géométrie du lit : tirant d'eau à pleins bords : 1,89 m , Lpb : 21,3m, lit mouillé : 9,05 m, pente : 7 ‰ (erreur de renseignement : 0,7‰ en réalité).

- *Données habitats*

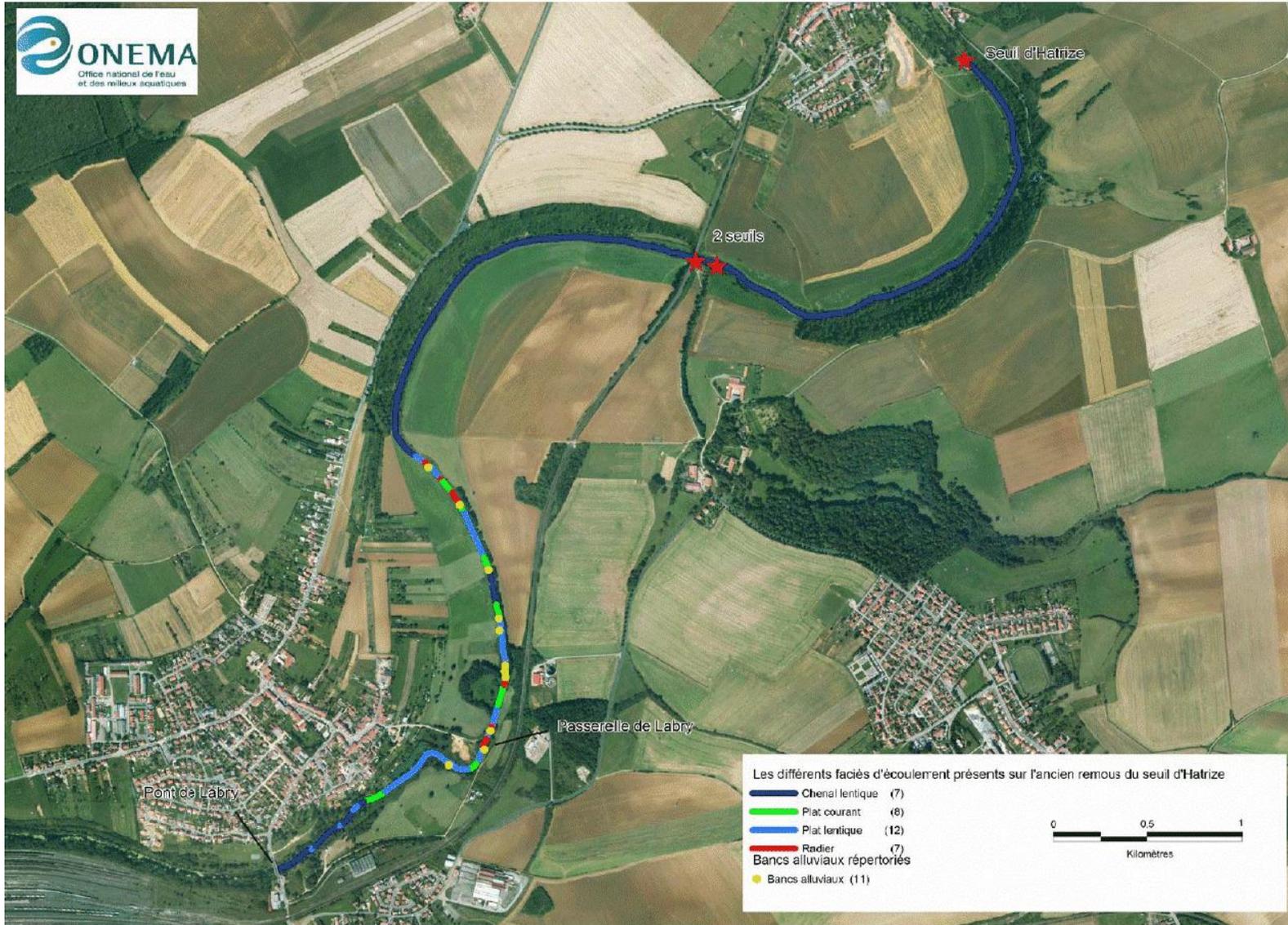
La présentation des cours d'eau et les travaux réalisés sont tirés de la bibliographie fournie par le maître d'ouvrage (voir bibliographie en fin de rapport).

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.



Une étude Confluens

Figure 16 : relevé de faciès réalisé en octobre 2010, avant effacement total de l'ouvrage (Burgun, Kerneau, 2010)

1.4.2 Homogénéité et qualité des données

Concernant les données biologiques, les contraintes rencontrées sont les suivantes :

- Absence de données d'état initial réel avant formation des brèches
- Station de référence située dans l'ancien remous qui reste sous l'influence d'un remous hydraulique (seuil au niveau de la voie ferrée) même après travaux sur l'ouvrage d'Hatrize
- Station de référence située en amont de l'ancien remous qui se situe aussi en amont de la confluence de l'Yron (comparaison non optimale d'un point de vue typologique)
- Données d'état initial sur les invertébrés peu fiables (listes faunistiques douteuses et mauvais calculs d'indices)
- Absence de données biologiques (en dehors des analyses physico-chimique) dans le remous résiduel de l'ouvrage

✓ Données préalables à l'intervention

La contrainte majeure du site de l'Orne à l'amont de l'ancien moulin d'Hatrize est l'absence d'état des lieux avant l'abaissement de la ligne d'eau.

Celle-ci a été réalisée en plusieurs étapes (aggravation progressive de la brèche, puis effacement total de la chute résiduelle) ce qui complique les comparaisons de l'état actuel avec un état précédent.

Les données sont partielles ou bien seulement qualitatives.

✓ Contraintes rencontrées lors des interventions

Plusieurs types de difficultés ont été identifiés :

- Difficultés liées à la faible mobilité de l'Orne : les évolutions de l'Orne et son adaptation sont très lentes (probablement de l'ordre de quelques cm par an). De plus, la numérisation des talus de berges en érosion à partir des photographies aériennes par exemple n'est pas toujours possible. Les levés au GPS du fait du couvert forestier ne sont pas toujours possible sans théodolite. Les marquages de repères sur site (racinaires, mise en place de baguettes de bois dans la berge, prise de clichés, etc.) a eu pour objectif de pallier à ce problème.
- Difficultés liées aux conditions hydrologiques : pour l'estimation du transport solide il a fallu concevoir des pièges à sédiments adaptés à la rivière (faible tirant d'eau, cohésion des fonds, etc.), suffisamment rustiques et peu coûteux pour pouvoir être multipliés.

Une étude Confluens

Malheureusement, la fréquentation du site est sans doute responsable de la disparition de ce matériel.

- Difficultés d'identification des limites à repérer : les atterrissements et les banquettes latérales émergées ont des surfaces très variables en fonction des niveaux d'eau. Les hauteurs d'eau aux échelles ont donc été archivées lors des relevés sur site afin de pouvoir faciliter la comparaison lors des prochaines campagnes de suivi. Des photographies géoréférencées doivent permettre de compléter la description des formes faite au GPS (numérisation des limites et levés de points topographiques).

Du point de vue des habitats, Peu de difficultés ont été rencontrées durant la mission. La période de réalisation aurait pu être optimisée si elle s'était déroulée durant une période plus active de la végétation (par exemple en fin de printemps au lieu de fin d'été). Néanmoins, les interventions ont eu lieu début septembre 2014. Elles ont permis de bien caractériser les boisements alluviaux de l'Orne.

Les principales difficultés de ce type de missions relèvent de l'interprétation des résultats :

- L'examen de la végétation permet d'identifier des évolutions mais du fait de l'abaissement en plusieurs étapes d'importances inconnues de la ligne d'eau (entre 1988 et 2008), il est impossible de dater les changements les plus significatifs pour expliquer les modifications à travers les plantes supérieures.
- D'autre part, les végétaux présentent une certaine capacité à se maintenir dans une station même si celle-ci ne leur est plus très favorable.

1.4.3 Synthèse des contraintes

Les contraintes rencontrées ont été les suivantes :

- Absence de données d'état initial réel avant formation des brèches (pas de données bathymétriques, peu de données topographiques, pas de données hydromorphologiques ni biologiques) ;
- données hydromorphologiques (Carhyce) après formation de la brèche et avant l'effacement très limitées (3 profils en travers seulement) ;
- Stations de référence hydrobiologiques situées pour l'une dans l'ancien remous qui reste sous l'influence d'un remous hydraulique (seuil au niveau de la voie ferrée) même après travaux sur l'ouvrage d'Hatrize et pour l'autre en amont de l'ancien remous qui se situe aussi en amont de la confluence de l'Yron (comparaison non optimale d'un point de vue typologique) ;
- Données d'état initial sur les invertébrés peu fiables (listes faunistiques douteuses et mauvais calculs d'indices) ;
- Absence de données biologiques (en dehors des analyses physico-chimique) dans le remous résiduel de l'ouvrage.

2 METHODOLOGIES ET PROTOCOLES EMPLOYES

Les missions commandées sur le site de la restauration de l'Orne à l'amont d'Hatriz (hors réunions et synthèse) ont été les suivantes :

- mission A1 : application du protocole Carhyce (2 stations)
- mission A2 : réalisation de mesures topographiques (3 km)
- mission A3 : mesures des faciès d'écoulement (3km)
- mission A4 : mesures des linéaires stabilisés et du taux d'érosion (3km)
- Mission A5 : mesures liées à la ripisylve (3 km)
- mission B2 : échantillonnages des macroinvertébrés (1 station)
- mission B4 : caractérisation biologique du lit majeur (5 ha)
- mission D : mesures de paramètres de physico-chimie (2 stations)

Trois bureaux d'étude ont été sollicités : Fluvial.IS (missions A1 à A4), Climax (Missions A5 et B4) et Dubost-Environnement et milieux aquatiques (Missions B2 et D)

2.1 ***Application du protocole CarHyCE Choix de la station (14 fois la largeur à pleins bords) (Mission A1)***

2.1.1 **Mesures topographiques : Réalisation de 15 transects sur les deux stations**

Outre la station de Labry où seul un levé partiel (3 transects, granulométrie et débit) avait été réalisé en 2010 (ONEMA), deux stations complètes ont donc été réalisées en septembre 2015 (Fluvial.IS).

Les deux stations ont respecté le protocole fixé et on fait l'objet pour chacun des 30 transects de levés topographiques complémentaires prenant en compte les ruptures de pente significatives de la pente des berges et des fonds.

Ces relevés ont été réalisés au niveau laser.

2.1.2 **Autres paramètres évalués**

Les autres paramètres évalués sont :

- la ripisylve (composition, diversité),
- la nature des berges,

Une étude Confluents

- la géométrie hydraulique de la station (largeurs moyennes, pente, etc.),
- les faciès d'écoulement (cf. fig Figure 17),
- la granulométrie des substrats,
- le colmatage des substrats,
- les débits du jour.

Nous renvoyons le lecteur au protocole Carhyce pour examiner plus dans le détail les méthodologies de relevés.

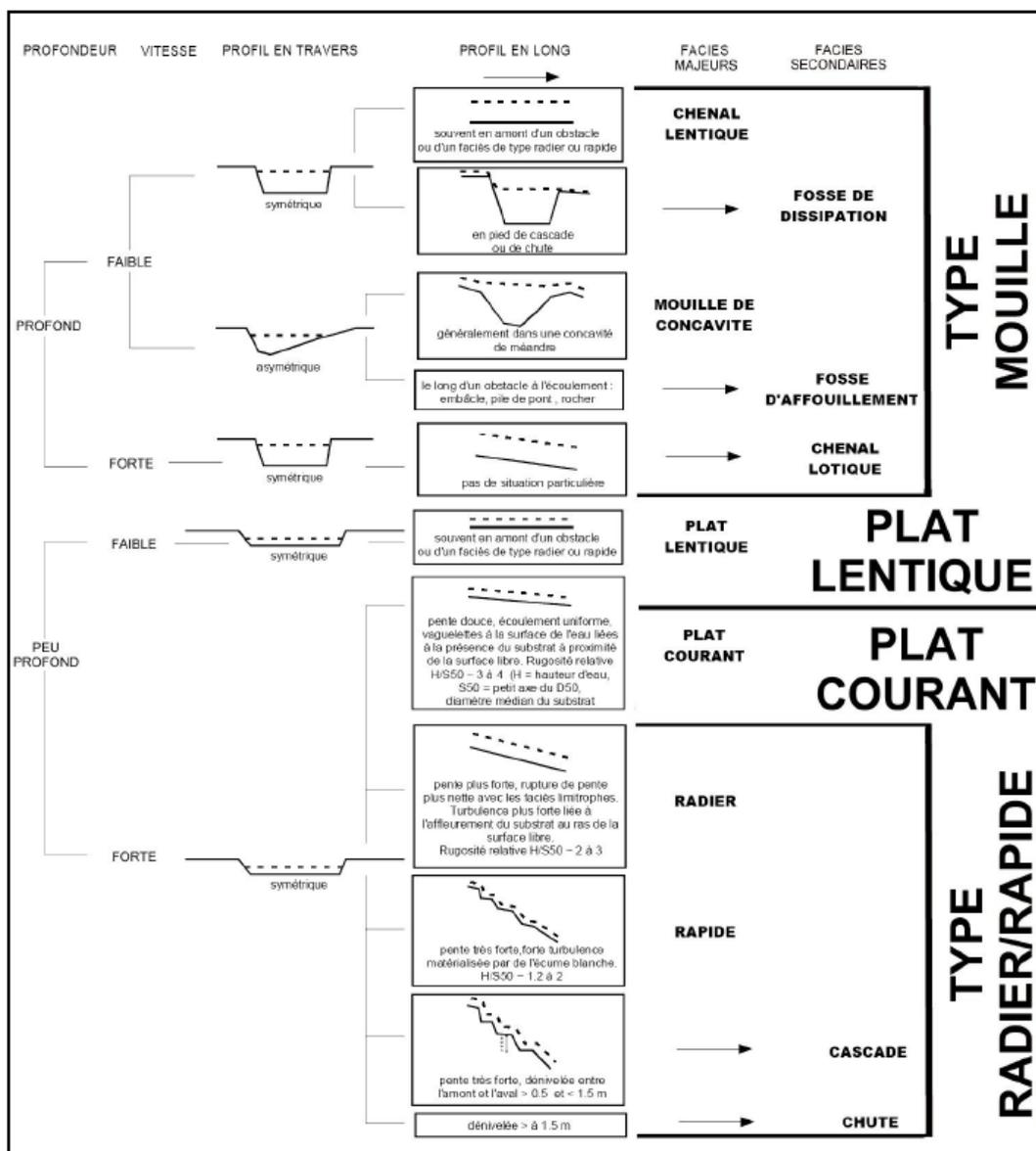


Figure 17 : clé de détermination simplifiée des faciès d'écoulement (d'après Malavoi et Souchon modifiée, 2002)

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

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).

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.

Toutes ces données ont été recalées en m NGF.

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).

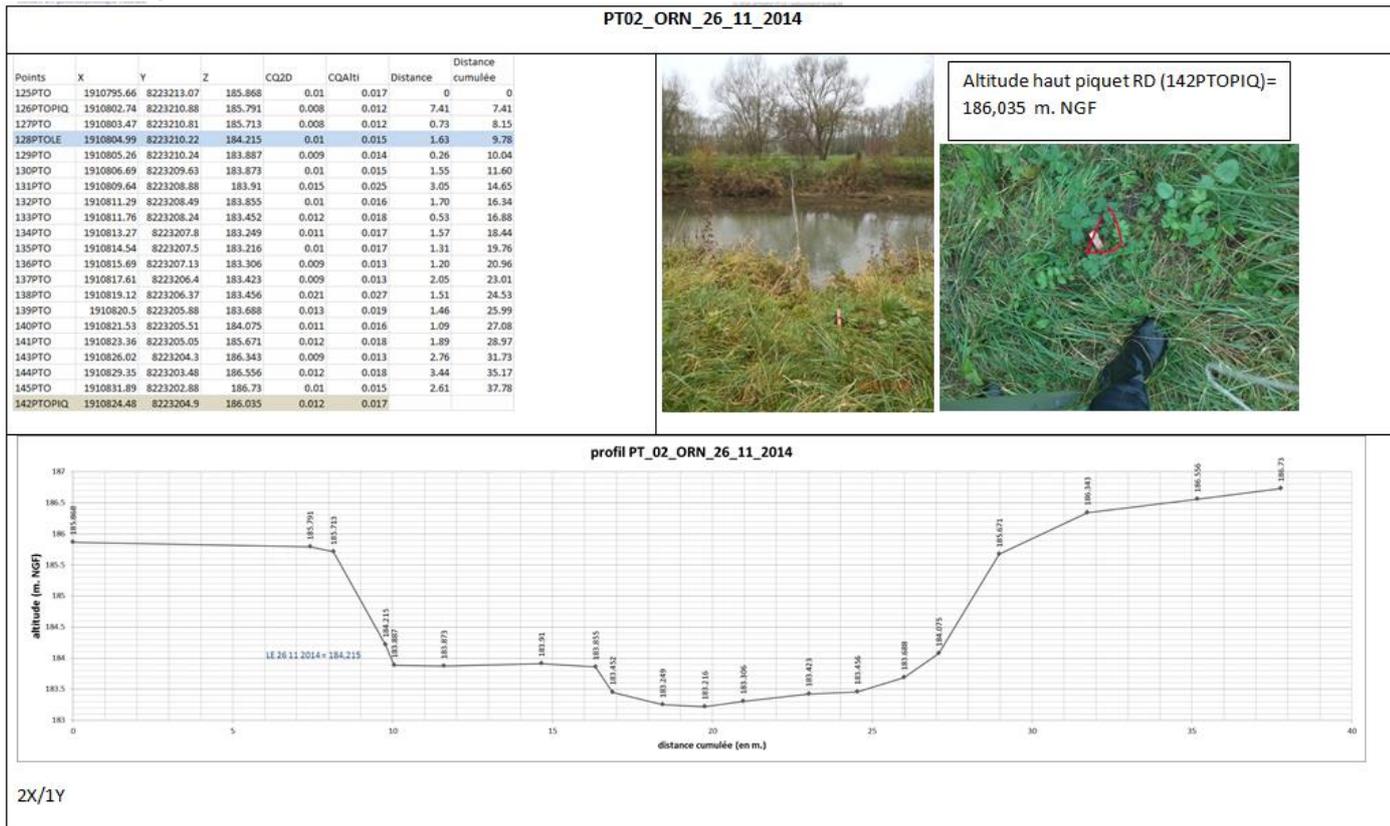
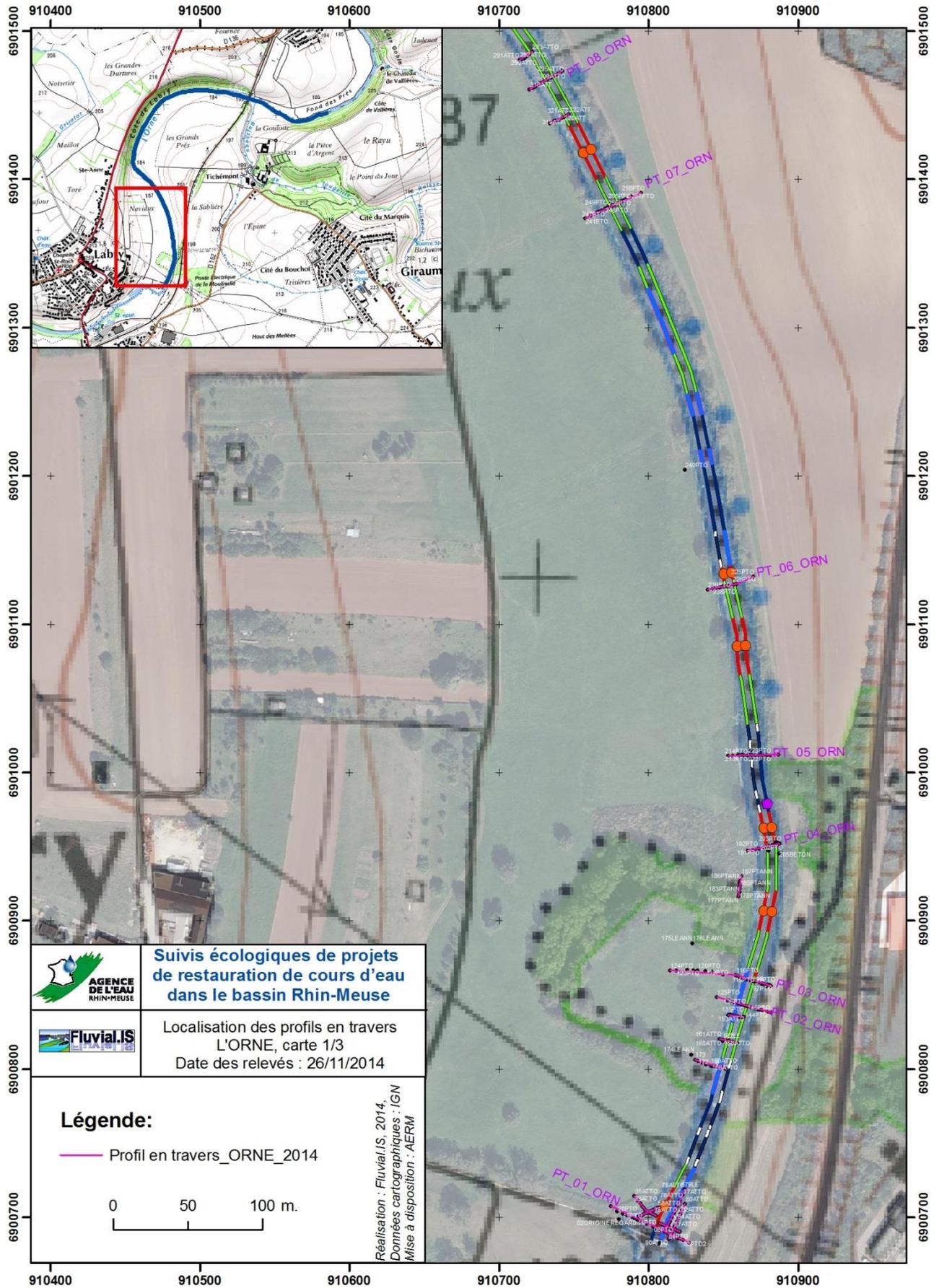
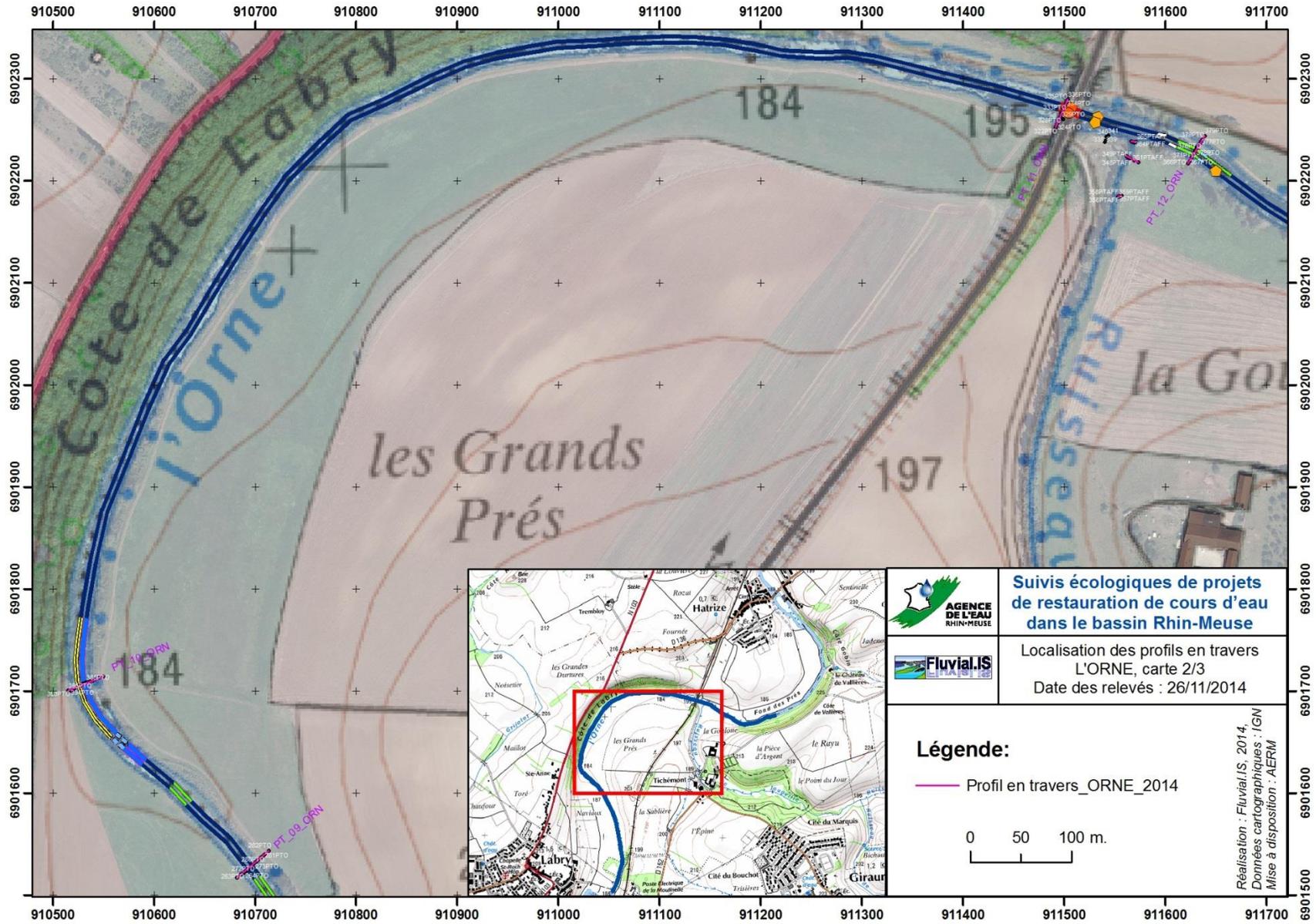


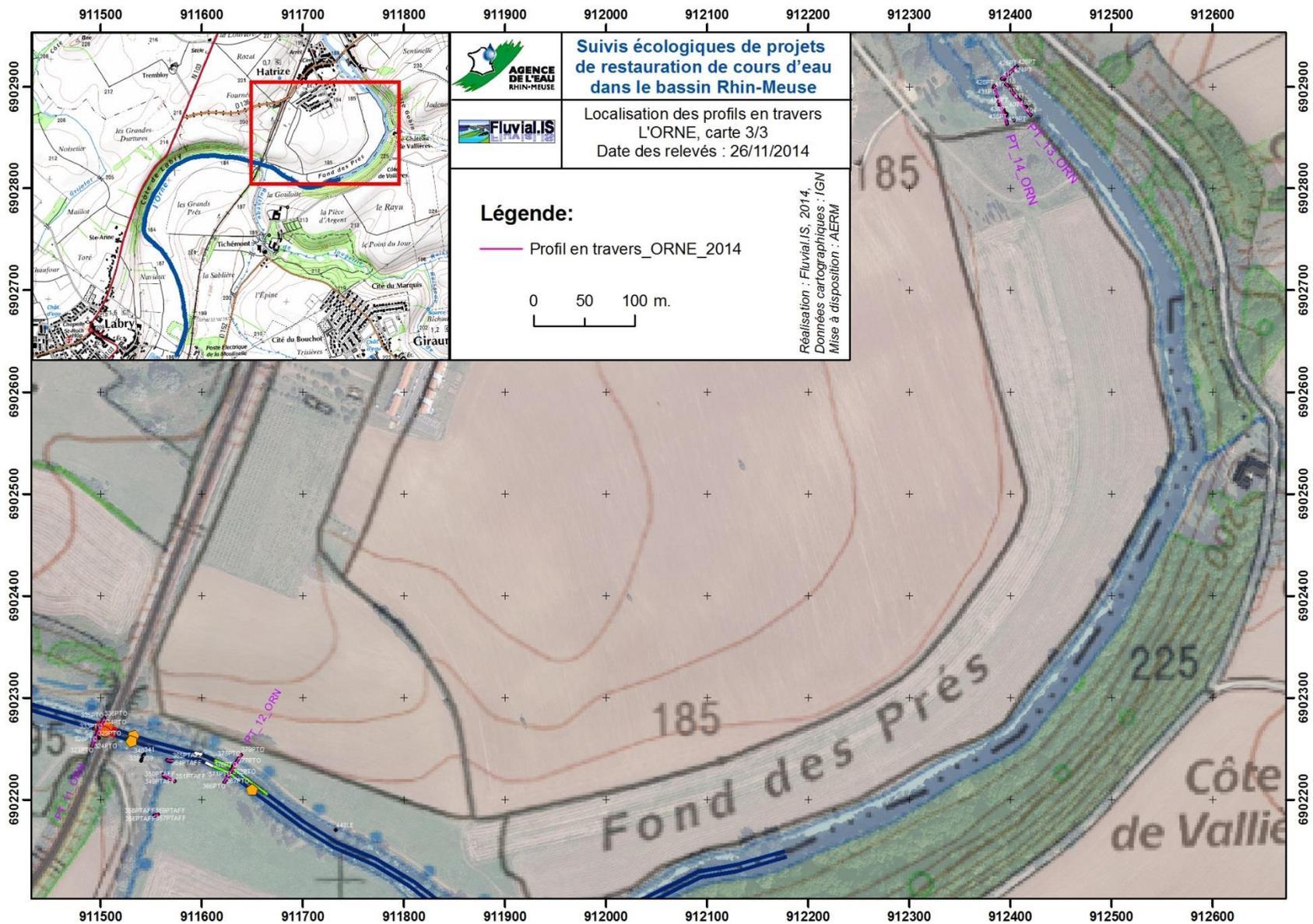
Figure 18 le profil en travers nr 02 et les données levées et de localisation (Fluvial.IS, 2017)

- ➔ 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.

Une étude Confluents







2.3 Mesures des faciès d'écoulements (mission A3)

Afin de délimiter précisément les types de faciès d'écoulement observés, nous avons pris un maximum de photographies géoréférencées. Ainsi, chaque changement dans les faciès d'écoulement était noté et renseigné d'une photographie. Ceci nous a permis de digitaliser les faciès sur SIG (ArcGIS 9.3). Etant donnée la largeur modeste du cours d'eau et pour permettre une représentation la plus fidèle possible des observations de terrain, le cours d'eau a été divisé en deux au niveau de son axe (axe du lit au miroir). Le faciès dominant ($\geq 50\%$ de recouvrement) est alors représenté sous un figuré ligne.

Axe du lit au			
Plat lentique (60%)	Plat courant (40%)	Plat courant (90%)	Morte 10%
Faciès renseigné RG = Plat lentique		Faciès renseigné RD = plat courant	

Figure 19 : exemple de détermination du faciès dominant, vue en plan.

→ 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).

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

Il a été réalisé un relevé :

- des linéaires stabilisés par des protections anthropiques : sur le site de l'Orne, on n'a relevé qu'une protection de berge, ancienne, en rive gauche en bordure de la parcelle nr 37 à Hatrize. Il a été constaté que cette protection de berge est stable.
- des taux d'érosion sur les berges non protégées : plusieurs talus de berges susceptibles de montrer un recul de berge ont été identifiés (cf. carte de localisation).

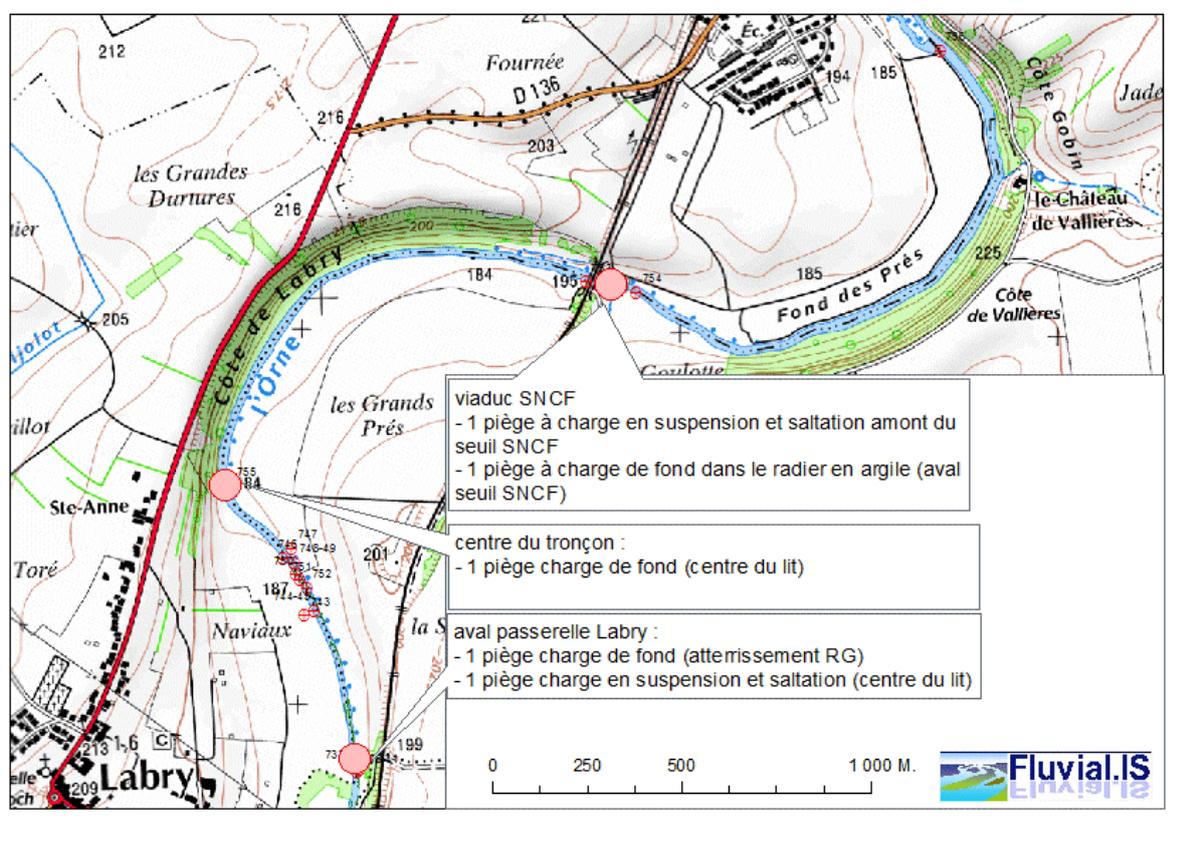


Figure 20 : localisation des pièges à sédiments disposés fin novembre 2014 (fond de carte SCAN25 © IGN)

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

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



- 2) la mise en place de marqueurs marqués afin de suivre l'efficacité des événements hydrologiques (baguettes enfoncées dans le talus, marquages de racinaires, etc.)



- 3) 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 : sur l'Orne, 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

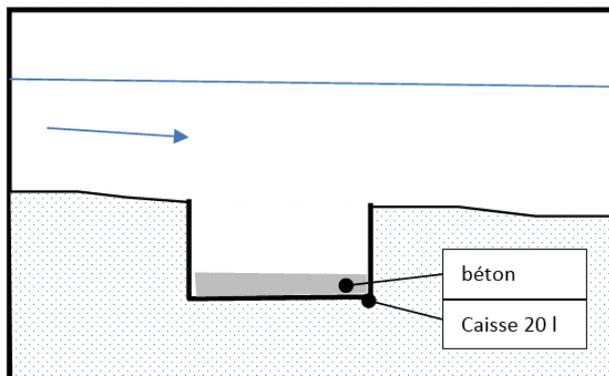
Une étude Confluens

le secteur de l'Orne à l'amont d'Hatrive peuvent être composés à la fois de sédiments en provenance de l'amont ou de sédiments issus des berges.

- Blocage de sédiments ou progression des sédiments au travers du site d'étude ? Suite à la suppression du remous hydraulique de l'ancien moulin d'Hatrive, il peut être intéressant d'essayer de mesurer les possibilités de progression du transport solide dans le tronçon.

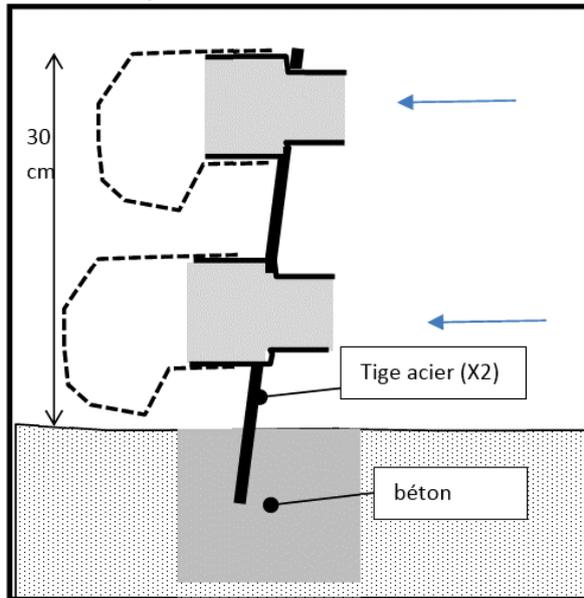
Deux types de « pièges à sédiments » ont été conçus :

- 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.



- 2) Piège pour le transport par saltation et suspension : il s'agit de deux cylindres (diam. 10 cm) obturés à l'aval par un géotextile placés respectivement à 10 et 30 cm du fond et lestés par une base de béton. Ce piège à sédiments s'inspire d'une expérience menée sur l'Essonne (SIARCE, Fluvial.IS 2012) et du dispositif de Helley (conçu lui pour la charge de fond).

Une étude Confluens



On a donc choisi de placer plusieurs pièges à sédiments :

En tête du tronçon (objectif : estimer l'apport en sédiment depuis l'amont) :

- 1 piège pour le transport par charriage sur atterrissement RG ;
- 1 piège pour le transport par saltation et suspension au centre du lit.

Au centre du tronçon (vérifier le transport de fond dans la zone restaurée) :

- 1 piège pour le transport par charriage sur fonds.

Au niveau du viaduc SNCF et du seuil (vérifier le transport solide dans cette zone de remous hydraulique et la capacité de franchissement du seuil) :

- 1 piège pour le transport par charriage sur fonds (radier argileux) ;
- 1 piège pour le transport par saltation et suspension au centre du lit (amont du seuil SNCF).

Les pièges à sédiments ont été placés à la fin du mois de novembre 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-Labry de -1,5 m, fig. ci-dessous).

Malheureusement cette expérience n'a pas été concluante puisqu'aucun des pièges à sédiments n'a pu être retrouvé sur l'Ornain.

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 au besoin par un parcours des deux rives.

METHODES	
Observateur	Jean-Charles DOR (CLIMAX)
Dates	1er septembre 2014
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, situation hydrologique moyenne

L'observateur a consigné, sur fond cartographique, 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.)...

Les principaux éléments (densité, épaisseur, stratification et composition) ont permis d'établir une première sectorisation en tronçons de ripisylve homogène.

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. Plusieurs schémas (coupes), traduisant des situations typiques, ont été réalisés in situ (cf. rapport de campagne Climax).

Enfin, chaque tronçon a fait l'objet d'un reportage photographique.

2.6 **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 « Tichémont » / 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 (« ORNE 1 » et « ORNE 2 ») pour l'AERM, il s'agit de données ponctuelles (une seule date de prélèvement). 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 2 mêmes stations que les relevés physico-chimiques ponctuels de 2014 et 2015 (AERM), sur une période de près de deux ans (du 1^{er} septembre 2014 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 :

- ORNE 1 : durant les mois de juin et juillet 2015 l'étiage sévère a conduit à un très fort abaissement de la lame d'eau et la sonde de température s'est donc temporairement retrouvée en surface (voire complètement hors d'eau).
- ORNE 2 : la sonde a été sortie de l'eau à plusieurs périodes entre mars 2016 et juin 2016 (retrouvée entortillée avec du fil de pêche lors de la dernière relève).

2.7 **Invertébrés (Mission B2)**

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

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

- ONEMA : Naviaux – Tichémont (2010) – à noter que ces analyses ont été effectuées par un stagiaire et que les résultats de la liste faunistique ne semblent pas fiables (taxons douteux, calculs indiciaires faux ...)
- DUBOST Environnement/AERM : ORNE 1 – ORNE 2 (2014 et 2015)

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

Une étude Confluens

- « Indice Biologique Global Adapté aux grands cours d'eau » : nombre de prélèvements unitaires non précisé / identification taxonomique au genre / calcul de la note « équivalent-IBGN » sans précision du nombre de prélèvements utilisés (Tichémont en 2010)
- « 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)

2.8 **Caractérisation du lit majeur (mission B4)**

L'exercice consiste à cartographier sur fond photographique tous les habitats dans l'enveloppe indiquée par le maître d'ouvrage. L'échelle qui a été utilisée est d'environ 1/3.000^{ème}.

Un bordereau est utilisé pour décrire le ou les habitats de chaque polygone délimité sur le fond cartographique.

Les aspects importants de la cartographie sont :

- le découpage cohérent en unités de végétation sur le terrain;
- la bonne identification de l'habitat sur terrain, puis lors de l'analyse;
- l'évaluation qualitative des habitats et au sein des polygones.

Le découpage sur site est réalisé en tenant compte des facteurs écologiques à l'oeuvre, ici principalement le degré d'hydromorphie et le régime annuel de l'eau dans le sol.

L'identification des habitats tire parti de la pratique et la bibliographie spécialisée disponible. Cette dernière est mentionnée en fin de rapport.

L'évaluation de chaque habitat dans un polygone s'appuie sur l'expression floristique en référence à un état idéal. La recherche d'altérations constitue une information complémentaire venant infirmer ou confirmer cette première évaluation.

L'ensemble des informations est intégré dans la couche SIG qui comporte 31 champs qui sont donnés plus loin.

Les principaux champs sont ceux relatifs à :

- l'identification de l'habitat (syntaxon phytosociologique) ;
- l'évaluation de la qualité des habitats ;
- la qualification des atteintes observées sur le terrain ;
- le caractère humide ou non des habitats;
- les remarques (mention des espèces présentes, précision sur les atteintes).

L'analyse s'appuie d'une part sur la connaissance des habitats (bibliographie) ; d'autre part sur l'outil SIG. Le SIG permet notamment de confectionner des cartes et de faire des bilans en termes de superficie, de parts relatives. Ces éléments servent à l'analyse globale de chaque portion de lit majeur étudiée.

L'évaluation s'appuie également sur les niveaux d'intérêt des habitats (Annexe 1 de la directive N2000) et la qualité des habitats évaluée sur le terrain.

2.9 Poissons (données ONEMA)

La faune piscicole a été suivie par un seul organisme opérateur (ONEMA), selon un calendrier d'échantillonnage variable entre les stations mais selon le même protocole d'échantillonnage.

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

- 2009 (juillet) : Tichémont
- 2010 (juillet) : Croix de Boncourt - Tichémont
- 2011 (juillet) : Croix de Boncourt - Naviaux - Tichémont
- 2012 (juillet) : Naviaux - Tichémont
- 2015 (juillet) : Naviaux - Tichémont

En ce qui concerne le protocole d'échantillonnage, toutes les pêches ont été effectuées selon le protocole de pêche stratifiée « par points » (à pied pour « Croix de Boncourt » et « Naviaux » ou en bateau pour « Tichémont ») sur 100 points élémentaires.

3 RESULTATS

3.1 Hydromorphologie

3.1.1 Stations Carhyce

Un relevé CARHYCE avait donc été réalisé par l'ONEMA en 2010 sur la station de l'ORNE à LABRY (N° National Station : 02086100). Seuls 3 transects avaient été dessinés.

La comparaison peut être faite entre les deux campagnes de relevés :

	Relevés ONEMA, 2010	Relevés Fluvial.IS, 2015
Largeur pleins bords évaluée(m)	21.3	19.8
Largeur mouillée évaluée (m)	9.05	10.8
Longueur station réelle (m)	294	277
Pente (‰)	7 (erreur de saisie ?)	0,6
Moyenne de la largeur à pleins bords (m)	23.77	23.84
Moyenne de la largeur mouillée des transects (m)	9.08	11.5
Granulométrie du radier		
D16 (mm)	8,16	10,16
D50 (mm)	16	18
D84 (mm)	22	25,84
Ratio D84/D16	2,7	2,54

La différence du nombre de transects (3 en 2010 et 15 en 2015) réalisés peut expliquer les variations dans la moyenne de largeur à pleins bords et largeurs mouillée estimées entre les deux campagnes.

La différence entre la granulométrie observée entre les deux campagnes (15 à 20%) ne signifie pas forcément une évolution de la granulométrie des radiers entre 2010 et 2015. Il existe effectivement un biais opérateur important du fait de la méthode utilisée (Wolman adapté), ainsi que la position spatiale de l'échantillon sur le radier.

La précaution prise de relever également et parallèlement aux mesures Carhyce qui doivent respecter une distance interpoint constante, des variations intermédiaires de la topographie a permis de constater que les différences, pour ce type de cours d'eau de formes assez peu contrastées, ne sont pas significatives.

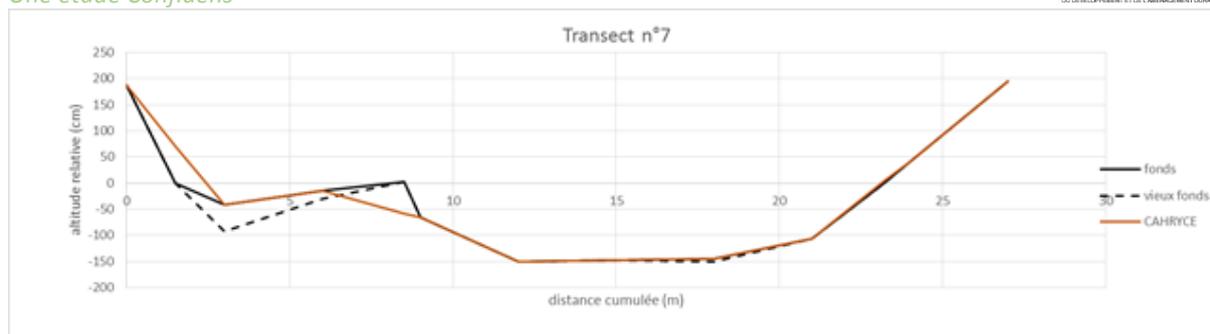


Figure 21 : exemple de levés selon le protocole Carhyce (orange) et selon un protocole classique (avec lever des vieux fonds) : la différence de section mouillée est inférieure à 10 % en général)

3.1.2 Topographie et bathymétrie

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
ORNE	4280	14 soit un profil tous les 300 m. en moyenne
Profils suivis atterrissement		10
Autres profils		5 (1 profil de l'entrée de l'annexe rive gauche, connectée à l'aval, 3 profils pour caractériser affluent RD au niveau du viaduc, 1 profil à l'entrée du bras d'aménée à l'ancien moulin d'Hatrizé)
Total		29 profils

Les relevés topographiques ont permis de géoréférencer également de nombreux points, qui permettront de suivre l'évolution en plan, en travers et en long du cours d'eau lors de missions ultérieures.

Ils permettent également de relativiser l'importance de l'effacement total de l'ouvrage d'Hatrizé : si la chute résiduelle du seuil en 2010 était bien de cet ordre de grandeur, compte

Une étude Confluens

tenu de la ligne d'eau actuelle à Hatrize, l'influence hydraulique de l'ouvrage pouvait effectivement remonter légèrement au-delà des seuils de la Goulotte (notamment le seuil de la ligne de chemin de fer). Cela confirme donc les relevés de faciès de 2010 (Kerveau) qui font état d'un seul faciès lentique d'Hatrize jusqu'à l'amont du pont SNCF (voir § suivant).

Mais une partie de l'effet est masquée par l'exondement de ce dernier qui fait persister un écoulement lentique sur 1200 m.

Et, à l'aval, l'influence de l'ouvrage de Moineville vient réduire l'intérêt de l'effacement de celui d'Hatrize sur 900 m environ.

3.1.3 Mesures des faciès d'écoulements

Les cartographies de faciès sont présentées en annexe du rapport de campagne. Elles ont permis de visualiser :

- les variations de faciès d'écoulement dans le tiers amont de l'ancienne retenue. La diversité de ces faciès est la conséquence directe de l'apparition de bancs alluviaux et autre rupture de pente dans le profil en long, suite à la suppression de l'ouvrage d'Hatrize. Cette observation avait déjà été faite quelques mois après les travaux de suppression du seuil (source, V. Burgun, ONEMA, 2010). L'engraissement de certains atterrissements, banquettes, sera suivi.

- La majorité du linéaire (67%) est néanmoins dominée par un faciès de type chenal lentique :

- dans la partie centrale : influence du seuil résiduel sous le viaduc SNCF,
- dans la partie aval : limite de l'influence de l'ouvrage de Moineville et/ou surcalibrage historique du lit à l'amont d'Hatrize.

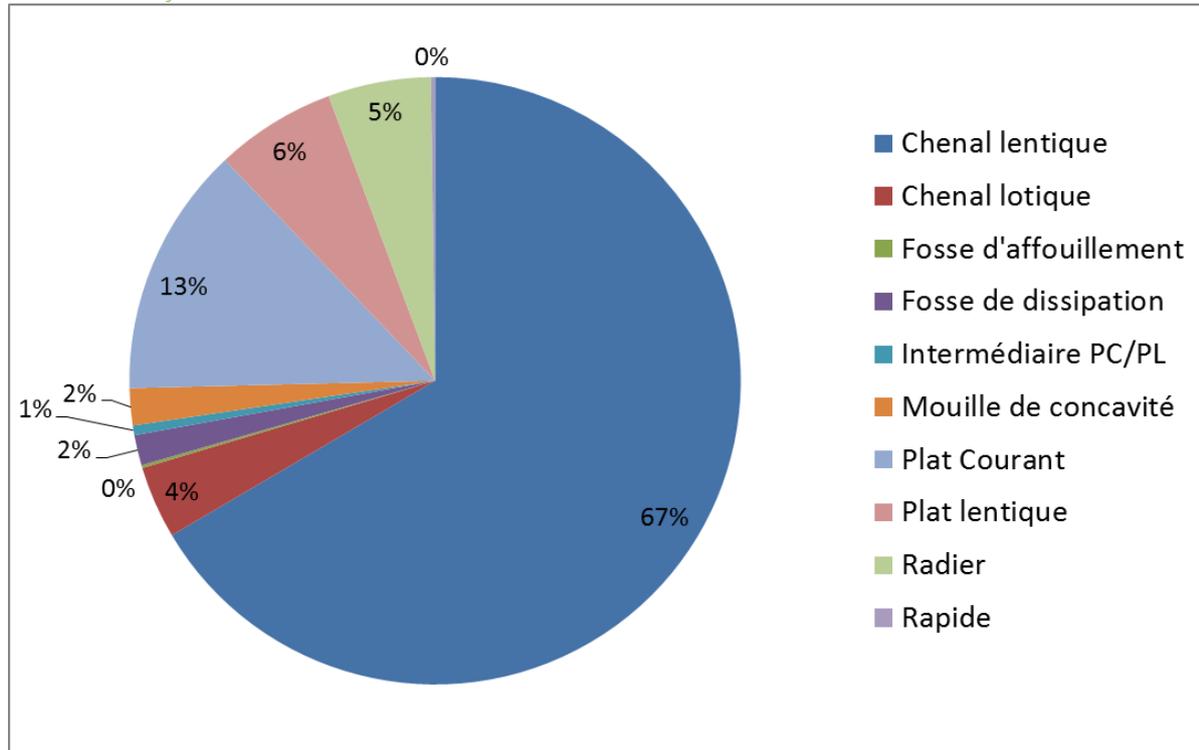


Figure 22 : Fréquences de répartition des faciès sur l'Orne en amont du seuil d'Hatriz détruit.

Tableau 1 : Mesure des faciès d'écoulement : synthèse.

Type de faciès	Moyenne des profondeurs moyennes	Somme des longueurs	Nombre de faciès par type	longueur moyenne du faciès par type	% de recouvrement du faciès (à l'échelle du cours d'eau)
Chenal lentique	1.1	4316.6	24	179.9	67%
Chenal lotique	1.0	249.8	11	22.7	4%
Fosse d'affouillement	0.9	9.9	1	9.9	0%
Fosse de dissipation	1.3	104.9	5	21.0	2%
Intermédiaire PC/PL	0.5	33.3	2	16.7	1%
Mouille de concavité	1.0	127.7	1	127.7	2%
Plat Courant	0.5	865.4	26	33.3	13%
Plat lentique	0.4	415.0	15	27.7	6%
Radier	0.3	353.0	14	25.2	5%
Rapide	0.3	14.3	2	7.2	0%
Total	0.7	6490.0	101.0		100%

Une étude Confluens

3.1.4 Mesures des linéaires stabilisés et du taux d'érosion

Ces sites sont localisés sur les cartes des pages suivantes.

Les relevés effectués après le passage des crues d'un hiver n'a pas permis de constater d'évolution sur les différents sites d'érosion pressentis. Les piquets mis en place pour estimer les reculs de berge n'ont pas révélé de recul significatif, ni en rive gauche ni en rive droite.



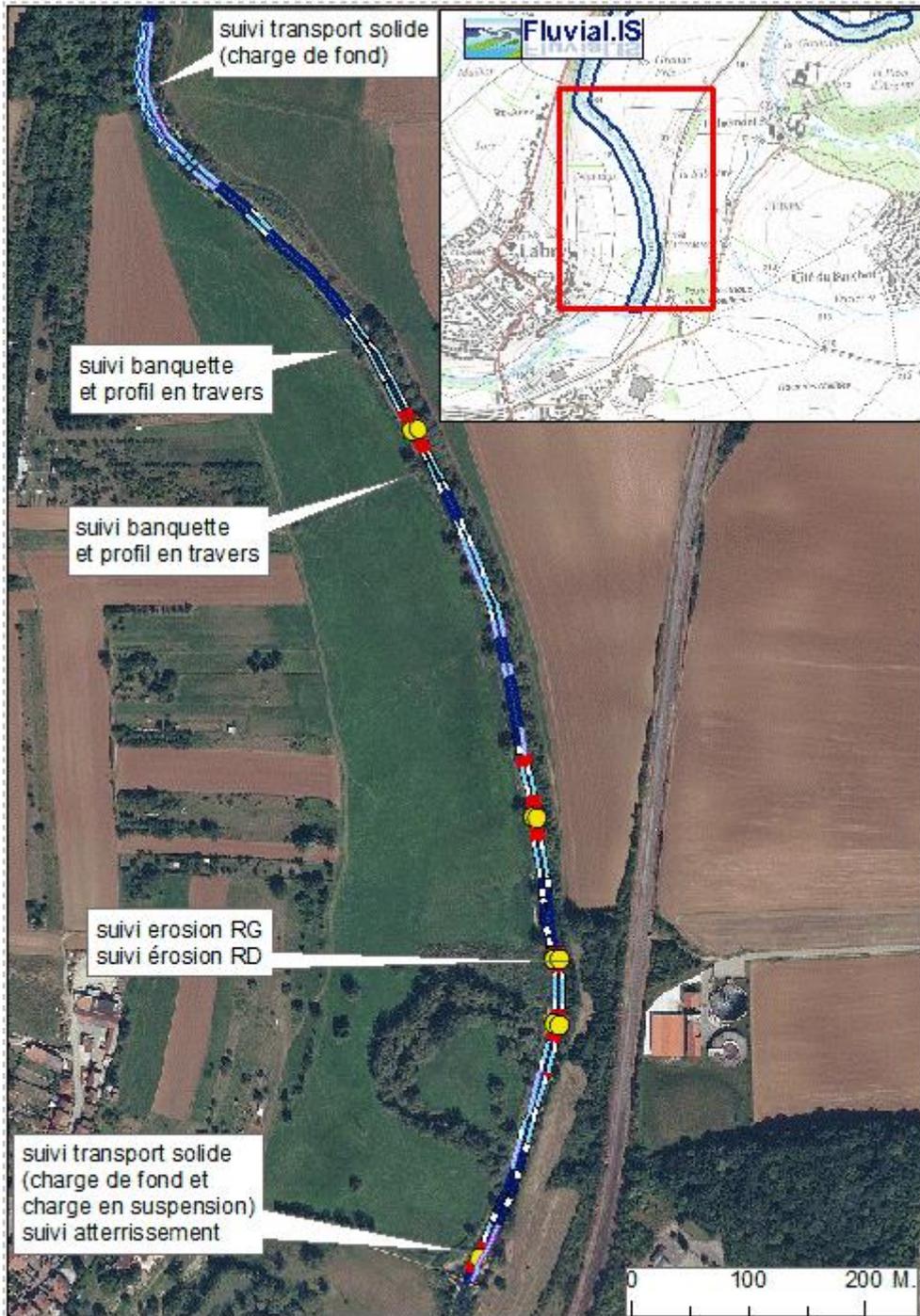


Figure 23 : localisation des sites de suivi des linéaires stabilisés et encoches d'érosion

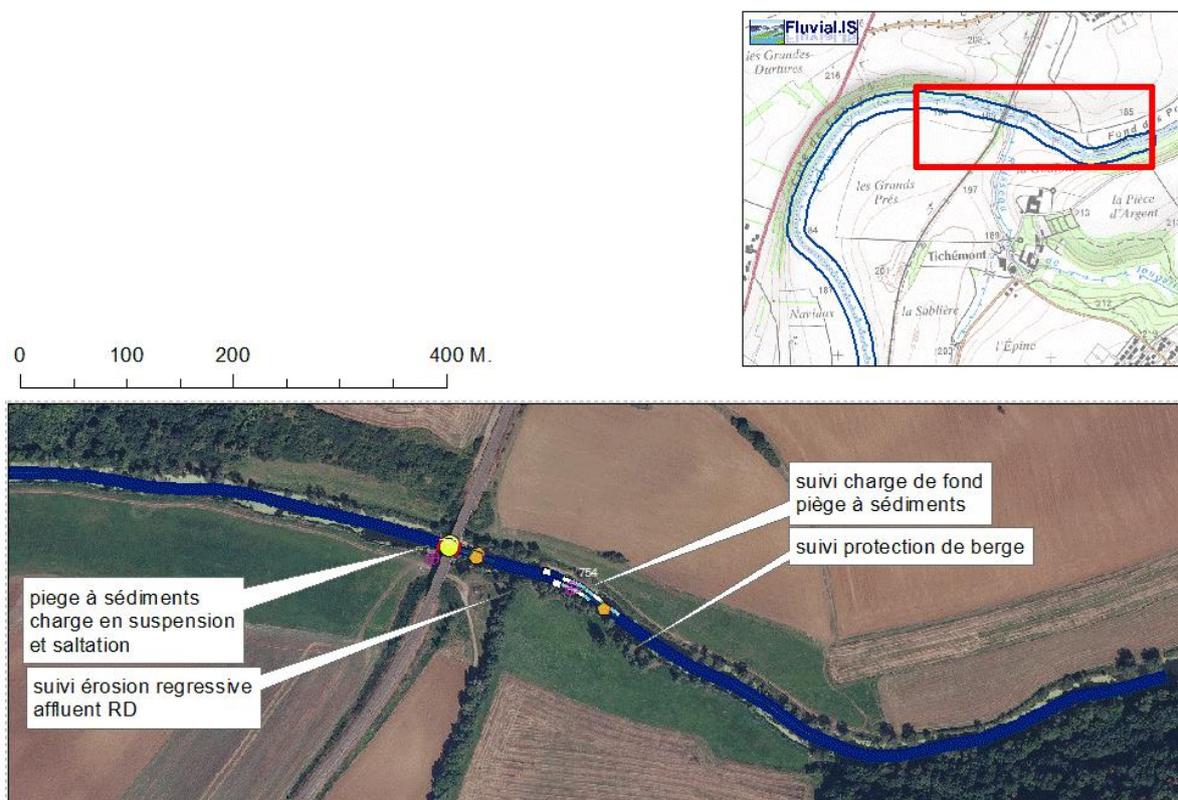


Figure 24 : localisation des sites retenus pour le suivi des encoches d'érosion et linéaires stabilisés (aval du secteur d'étude)

En annexe du rapport de campagne des fiches ont précisé la localisation, l'évolution et le fonctionnement de ces sites qui pourront au fur et à mesure des missions ultérieures être alimentées et comparées.

Malheureusement les pièges à sédiment ont tous disparus lors du passage après l'hiver 2015-2016, sans doute du fait de vandalisme pour partie (caisses fixées dans les fonds retirées) ou de la violence des courants (pièges verticaux).

3.1.5 Enseignements sur la dynamique de l'Orne

Avec un débit de crue biennale d'environ $150 \text{ m}^3/\text{s}$ à Rosselange, le débit à Jarny peut être estimé pour le même évènement à $115 \text{ m}^3/\text{s}$ à Jarny (soit un peu en deçà de ce qu'avait estimé SINBIO en 2010).

Sur cette base le débit dominant pour la morphologie de l'Orne serait d'environ $80 \text{ m}^3/\text{s}$, soit une valeur de puissance fluviale spécifique (spécifique ($\omega = \rho_w \cdot g \cdot Q \cdot s / w^3$)) d'environ $12 \text{ W}/\text{m}^2$. Cela classe donc l'Orne parmi les cours d'eau a priori peu mobiles.

¹ $\rho_w \cdot g \cdot Q \cdot s / w^3$ avec ρ_w la masse volumique de l'eau, g l'attraction due à la gravité, Q le débit de référence, s la pente du cours d'eau et w la largeur du cours d'eau à pleins bords

Une étude Confluens

Mais pour préciser cette approche, on peut analyser le rôle que peuvent jouer des facteurs dynamisant ou au contraire apaisant la dynamique du cours d'eau. 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.

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 : elle est modifiée principalement par la pente de la rivière, les débits significatifs, le gabarit du cours d'eau.
- la résistance des berges
- le rôle joué par la végétation.

Si l'on estime la cohésion des berges de l'Orne sur une échelle de 0-10 en considérant que la cohésion maximal est celle de berges rocheuses, on peut l'estimer sur ce site à un indice de 7.

La végétation actuelle en berges, entretenue, voir 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 entretenue	ripisylve non continue mais entretenue	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 25 : 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 = $(2.124 \ln \omega - 0.494) / ((V + C_b) * 0.5)$.

Avec un indice de 0,9 (calculé sur la base d'une pente en crue non impactée par un ouvrage transversal), l'Orne se classe parmi les cours d'eau les moins mobiles du Grand Est de la France. Même en considérant une végétation moins soigneusement entretenue avec des embâcles susceptibles de déstabiliser des talus de berge, cet indice théorique resterait largement dans les classes de cours d'eau les moins mobiles.

En ce qui concerne le comportement morpho-sédimentaire celui-ci est fortement lié à la mobilité latérale.

Classes	Indice	Type de dynamique morpho-sédimentaire
Transport solide faible	0-0.5	Absence d'encoches d'érosion et d'atterrissements
	0.5-2	léger comblement des annexes, quelques atterrissements mais végétalisés
Transport solide limité	2à3	Présence d'encoches d'érosion, les atterrissements sont rares et végétalisés. Les annexes hydrauliques se comblent lentement.
	3à4	Présence d'encoches d'érosion, présence ponctuelle d'atterrissements non végétalisés.
Transport Solide modéré	4à5	Les atterrissements et les encoches d'érosion sont présents mais non dominants
	5à6	Les traces de transport solide (atterrissements non végétalisés, encoches d'érosion) sont fréquentes avec un rythme d'une tous les 10- 5 fois la largeur du lit.
Transport solide fort	6à7	Nombreux atterrissements, radiers, mouilles, annexes hydrauliques à différents stades de comblement. Alternances mouille/radier avec un rythme de 5-3 fois la largeur du lit.
	7à8	Les atterrissements sont nombreux et alternent avec des mouilles et des radiers avec un rythme élevé (2-3 fois la largeur du lit).
Transport solide très important	8à9	Les encoches d'érosion représentent environ 30-40 % du linéaire de berge. Les atterrissements sont suffisamment importants pour parfois diviser les écoulements à l'étiage.
	>9 (-10)	Les atterrissements sont importants ainsi que les encoches d'érosion qui représentent environ 50 % du linéaire de berge. Les atterrissements divisent souvent les écoulements à l'étiage (tresse)

Figure 26 : relation entre l'indice de mobilité théorique et le type de dynamique morpho-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).

Les variations de profil en travers se limitent à quelques radiers qui ne peuvent pas réellement être assimilés à des atterrissements produits par un transit sédimentaire très faible. Les banquettes latérales (végétalisées) résultent davantage d'un certain affaissement des berges à la suite du retrait de la ligne d'eau moyenne. Elles sont en cours de végétalisation arbustive après avoir été colonisées par les héliophytes.

Le réajustement du gabarit du cours d'eau est donc bien le facteur qui est susceptible de faire évoluer encore légèrement ces conditions. Sur la station de « Tichémont » les valeurs de largeur du lit mineur sont plus proches de 25 m avec des tirants d'eau souvent entre 3 et 3,5 m à pleins bords. Il s'agit probablement des profils les plus conformes au gabarit de l'Orne avant que l'ouvrage d'Hatrize ne soit effacé.

Sur l'Orne à « Naviaux » (Labry), les profils en travers montrent déjà un ajustement de la largeur du lit entre 20 et 25 m, ce qui confirme la valeur théorique de largeur du lit mineur (23 m) que nous aurions pu calculer sur la base d'un débit biennal de 105 m³/s. Le resserrement progressif du lit, son encaissement moindre pourrait permettre à terme une certaine diversification (très) progressive du lit.

3.2 Evolution de la ripisylve

La ripisylve a été évaluée en rive gauche (7 tronçons) et en rive droite (15 tronçons). Le résultat cumulé est illustré à la figure suivante. Une carte localise les tronçons avec leurs évaluations.

COMPOSITION FLORISTIQUE	<p><u>Arbres</u> : Frêne commun (<i>Fraxinus excelsior</i>), Peuplier de culture (<i>Populus sp.</i>), Chêne pédonculé (<i>Quercus robur</i>), Saule blanc (<i>Salix alba</i>), Saule fragile (<i>Salix fragilis</i>), Tremble (<i>Populus tremula</i>).</p> <p><u>Arbustes</u> : Aubépine monogyne (<i>Crataegus monogyna</i>), Cornouiller sanguin (<i>Cornus sanguinea</i>), Prunellier (<i>Prunus spinosa</i>), Saule cendré (<i>Salix cinerea</i>), Sureau noir (<i>Sambucus nigra</i>), Viorne obier (<i>Viburnum opulus</i>)</p>
STRUCTURES, EPAISSEUR	Majoritairement à deux strates mais assez mince sauf localement Tronçons sans ligneux.
DENSITE	Variable : très lacunaire à dense
BOIS MORT	Potentiel, à partir d'arbres dépérissant
AUTRE	Dépérissement d'arbres, localement sévère
PLANTES INVASIVES	Rare : Balsamine de l'Himalaya (<i>Impatiens glandulifera</i>)
QUALITE, ECART AU POTENTIEL	Qualité : Moyenne avec des dépérissements Assez écarté de son potentiel

La qualité de la ripisylve est assez moyenne avec une part dominante en état assez moyen. Les tronçons sans ligneux totalisent plus de 500 m, soit 10% du linéaire total.

Les parties en bon état relèvent majoritairement de la rive droite du secteur sous la Côte de Labry. Sur ce secteur présente une particularité : l'alimentation en eau des boisements rivulaires provient aussi du pied du versant où naissent de petits sourcins. Ces sourcins précipitent du CaCO₃ et sont colonisés par une végétation originale (*Equisetum telmateia*).

Ailleurs, la végétation riveraine présente des faciès variés : des peuplements dominés par le Saule fragile (*Salix fragilis*) à des peuplements peu alluviaux dominés par le Tremble (*Populus tremula*). Quelques plantations de peupliers ont également été réalisées.

Une étude Confluens

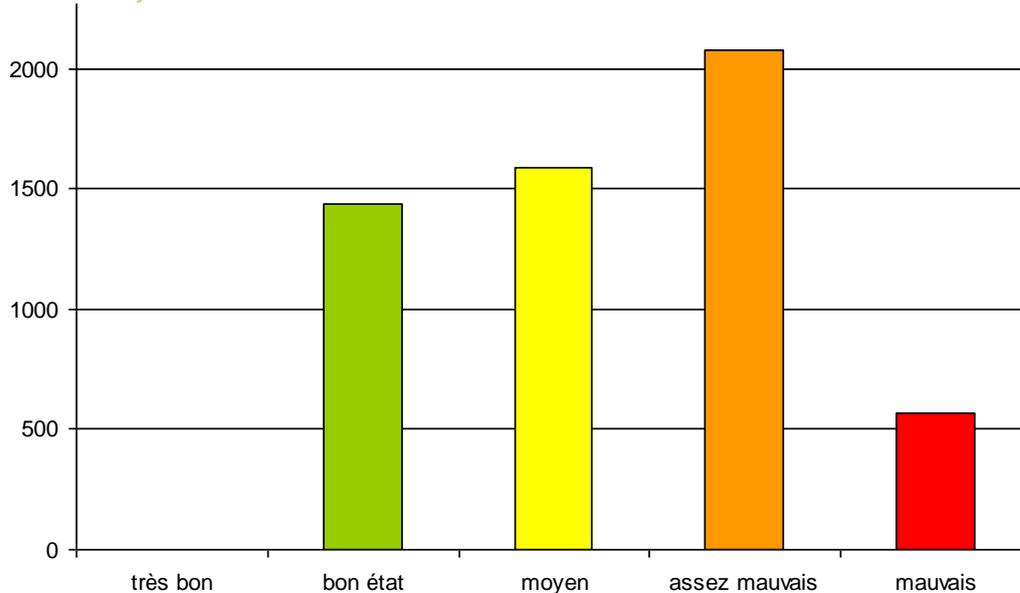


Figure 27 : état de la ripisylve de l'Orne

Des dépérissements ont été observés dans la ripisylve (cf. cartes suivantes). Ils touchent presque exclusivement le Saule fragile (*Salix fragilis*). Un seul Frêne a été noté dont le dépérissement de la cime relève peut être de la Chalarose (maladie du Frêne). L'extension du dépérissement des frênes de la ripisylve est probable. Certains Saules fragiles sont seulement secs en cime, d'autres sont totalement desséchés et morts.

La partie amont en rive droite présente les dépérissements les plus sévères. Dans ce secteur, un peuplement de *Salix fragilis* est très atteint. La végétation des berges comporte encore quelques peuplements des eaux lentes mais elle tend à régresser : Groupement à *Sparganium erectum* (*Sparganietum erecti*), Typhaie (*Typhetum latifoliae*), Phragmitaie (*Phragmitetum australis*). Le Nénuphar jaune (*Nuphar lutea*) est devenu rare.

La phalaridaie (*Phalaridetum arundinaceae*), plus adaptée aux modifications de niveau d'eau devrait remplacer peu à peu ces peuplements et devenir dominante sur les berges.

L'abaissement de la ligne d'eau moyenne de l'Orne a donc eu des conséquences directes sur les ligneux en place. Des dépérissements s'observent presque jusqu'à la passerelle de Labry à l'amont, particulièrement pour les essences les plus hygrophiles (*Salix fragilis*). La ripisylve au pied de la Côte de Labry, qui présente la meilleure qualité bénéficie d'apports d'eau collinaires qui limitent les effets négatifs de l'aménagement. Ce secteur original (suintements carbonatés) devrait évoluer favorablement.

Ailleurs, excepté un secteur assez sévèrement touché (rive droite, à l'amont), les peuplements assez jeunes, parfois très lacunaires et certains dominés par des ligneux à large amplitude, semblent peu influencés. Des essences alluviales devraient peu à peu investir l'intérieur de berge mais le maintien du frêne, espèce structurante de la ripisylve naturelle est compromis par la chalarose. Des reprofilages de berges permettraient une accélération de la dynamique.

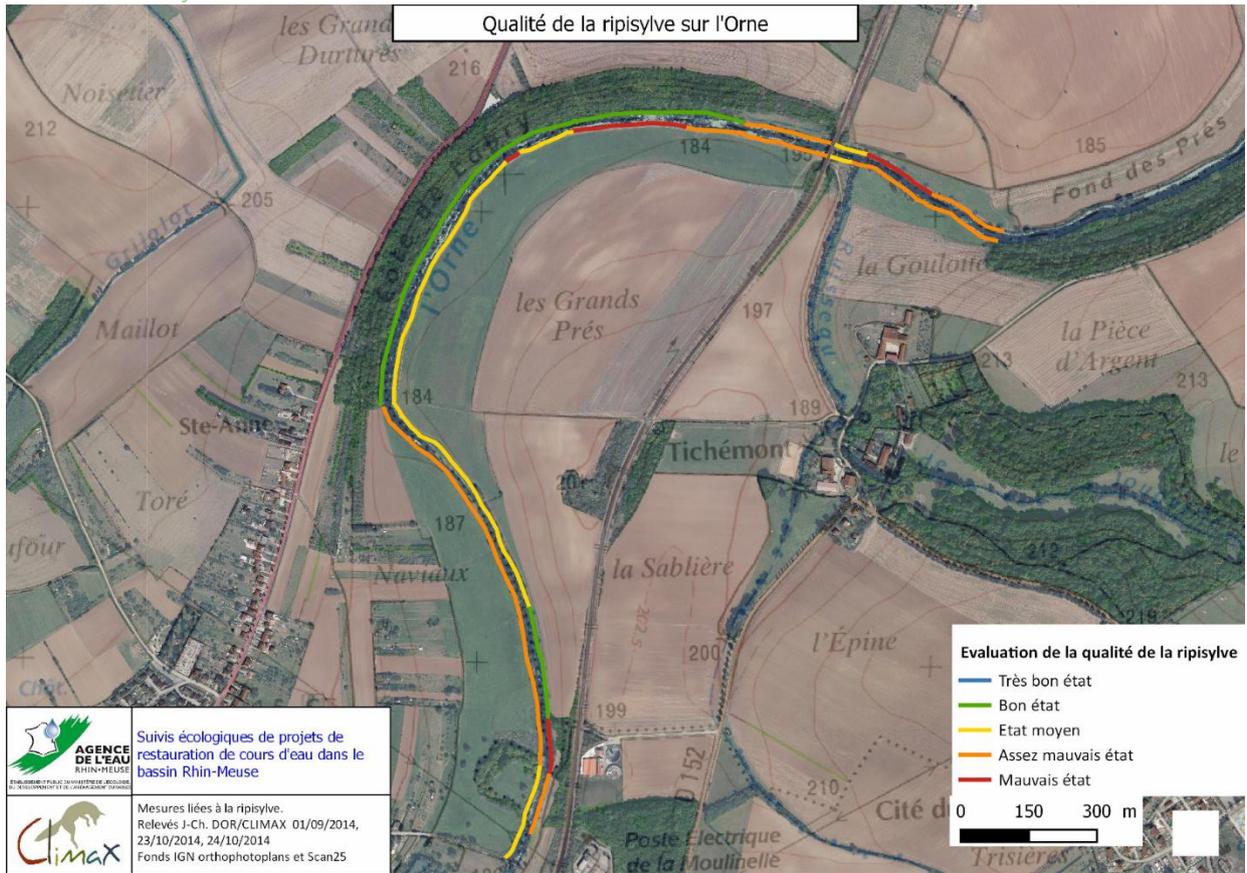


Figure 28 : qualité de la ripisylve de l'Orne (Climax, 2015)

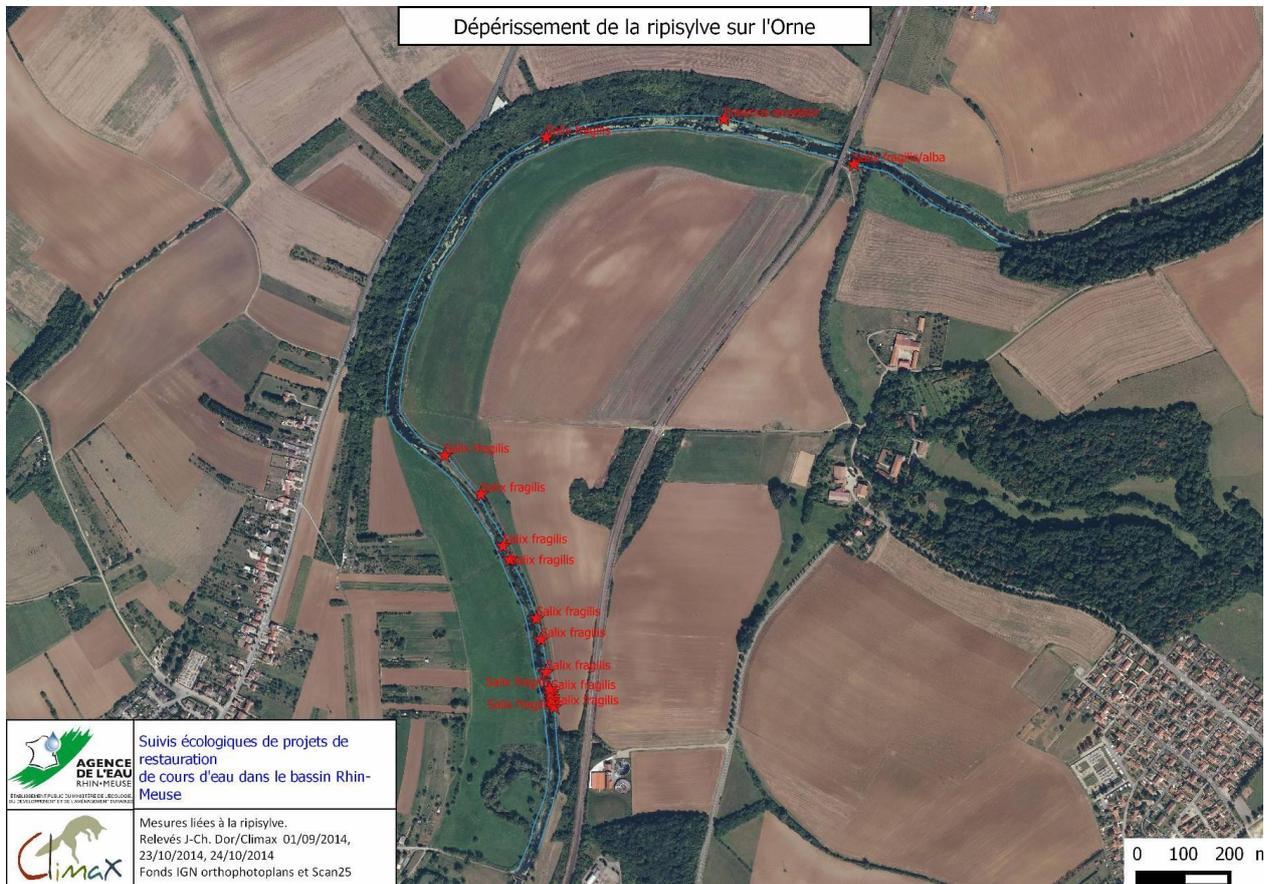


Figure 29 : Dépérissement dans la ripisylve de l'Orne (Climax, 2015)

3.3 Habitats du lit majeur

3.3.1 Distribution

21 habitats élémentaires ont été distingués lors de la cartographie (tableau suivant). Les habitats humides (H) et aquatiques (A) sont dominants dans ce lit majeur. De rares habitats non humides correspondent à la marge en rive gauche du lit majeur (prés, vergers, bosquets).

Les groupements d'herbacées sur sols humides sont particulièrement diversifiés, alors que les boisements correspondent presque uniquement à la saulaie fragile (*Chaerophyllo hirsuti* - *Salicetum fragilis*).

Intitulé (syntaxon) (1)	Code Corine (2)	Type (3)	Code N2000 (4)
<i>Lemnion minoris</i> Bolos et Masclans 1955	22.411	A	3150
<i>Myriophyllo verticillati</i> - <i>Nupharetum lutei</i> W.Koch 1926	22.4311	A	
<i>Frangulo alni</i> - <i>Populetum tremulae</i> Felzines in Royer et al. 2006	31.8	h	
<i>Carpino betuli</i> - <i>Prunio spinosae</i> H.E. Weber 1974	31.81	h	
Communauté a <i>Rubus</i> spp.	31.831	h	
<i>Filipendulo ulmariae</i> - <i>Cirsietum oleracei</i> Chouard 1926 nom. inval.	37.1	H	6430
Groupement a <i>Polygonum amphibium</i> forme terrestre (<i>Oenanthion fistulosae</i>)	37.21	H	
Groupement a <i>Ranunculus repens</i> (<i>Potentillion anserinae</i>)	37.24	H	
<i>Urtico dioicae</i> - <i>Convolvuletum sepium</i> Goers et T.Muell. 1969	37.714	H	6430
<i>Urtico dioicae</i> - <i>Aegopodietum podagrariae</i> Tüxen ex Görs 1968	37.72	h	6430
<i>Colchico autumnalis</i> - <i>Arrhenatherenion elatioris</i> B. Foucault 1989	38.22	h	6510
<i>Centaureo jaceae</i> - <i>Arrhenatherenion elatioris</i> B. Foucault 1989	38.22	N	6510
<i>Chaerophyllo hirsuti</i> - <i>Salicetum fragilis</i> Mueller et Goers 1958	44.13	H	91E0*
<i>Phragmitetum australis</i> (Gams) Schmale 1939	53.11	H	
<i>Leersietum oryzoidis</i> (Eggler) H. Passarge 1957	53.14	H	
<i>Sparganietum erecti</i> Roll 1938	53.143	H	
<i>Glycerietum maximae</i> Hueck 1932	53.15	H	
<i>Phalaridetum arundinaceae</i> Libbert 1931	53.16	H	
<i>Caricetum acutiformis</i> Eggler 1933	53.2122	H	
Verger	83.1	h	
Groupement a <i>Helianthus tuberosus</i> Oberd. 1993 nom. invalid.	87.1	h	

Légende : (1) Dénomination phytosociologique selon la littérature (principalement Ferrez et al. 2011). (2) Code Corine Biotope d'après ENGREF (2000). (3) Caractère aquatique (A), Humide certain (H), potentiellement humide (h) ou non humide (N); (4) code N2000 pour les habitats figurant à l'annexe 1 de la Directive Habitats CEE 92/43/CEE DU CONSEIL du 21 mai 1992.

La répartition en superficie, donnée à la figure suivante, montre que plus des trois quarts de l'espace sont couverts par les prés de fauche mésohygrophiles à mésophiles. Le quart restant comporte surtout des habitats sur sols humides : saulaie fragile, groupements humides d'herbacées (phragmitaie, phalaridaie, cariçaie), mégaphorbaies et ourlets.

Une étude Confluents

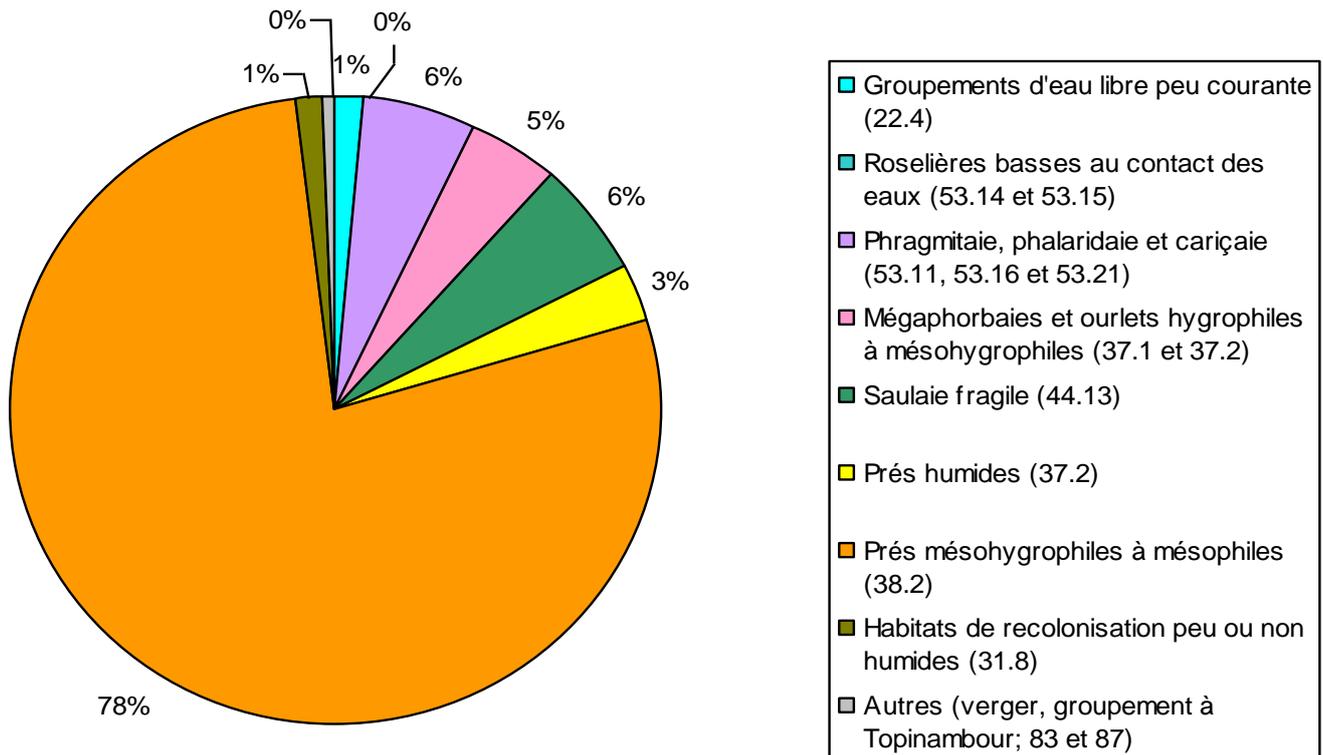


Figure 30 : parts des grands types d'habitats du lit majeur de l'Orne



Photo 10 : Annexe hydraulique créée, pré de fauche et boisements alluviaux épars (J-Ch. DOR/CLIMAX, juillet 2015).

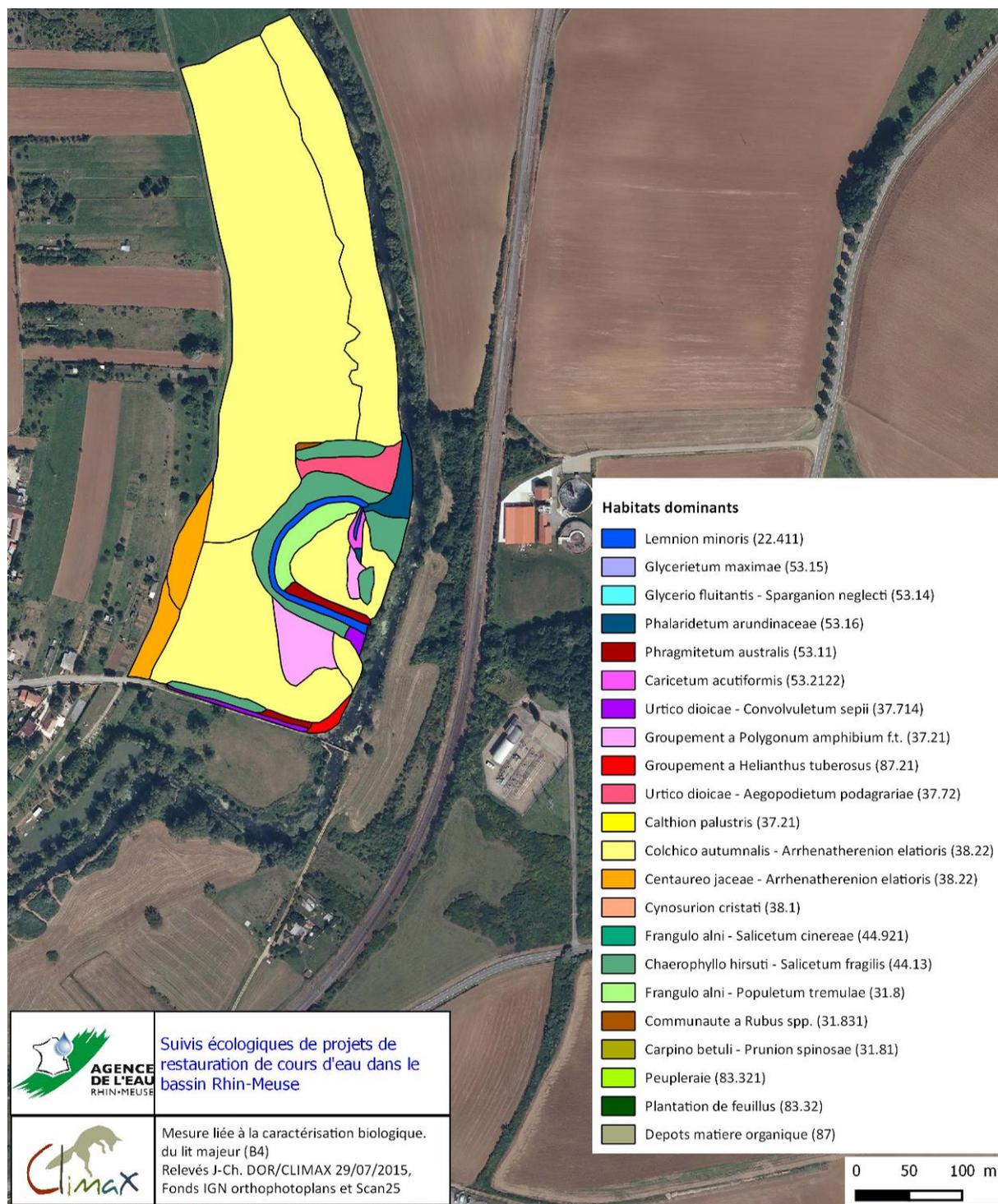


Figure 31 : habitats du lit majeur de l'Orne

Une étude Confluents

3.3.2 Habitats humides

Les habitats franchement humides sont principalement développés autour de l'annexe hydraulique. Les habitats prairiaux dominants sont plus difficiles à discriminer par la végétation (part des plantes hygrophiles proche de celle des mésophiles). Ceux qui ne sont pas humides sont peu étendus et cantonnés à l'amont (rive gauche du lit majeur).

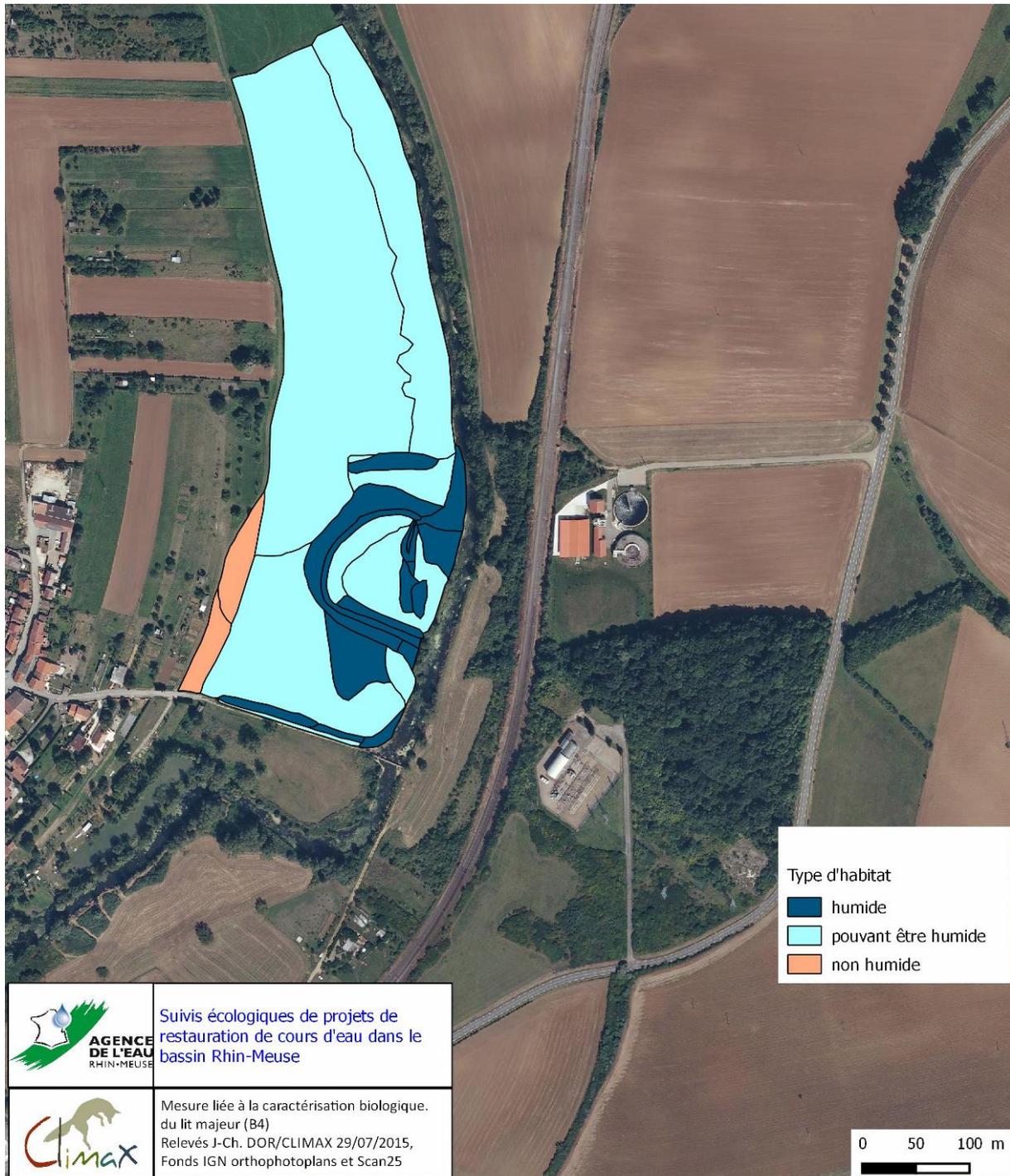


Figure 32 : habitats humides du lit majeur de l'Orne

3.3.3 Habitats remarquables

Certains de ces habitats sont d'intérêt communautaire au sens de la "Directive Habitats" (1992). La carte ci-dessous traduit cet intérêt de chaque habitat, intérêt qui a été intégré dans l'évaluation. Les prés de fauche ont par exemple été assez bien notés. L'habitat le plus remarquable demeure la saulaie fragile, d'intérêt communautaire et prioritaire, le long de l'annexe hydraulique (intérêt "très fort").

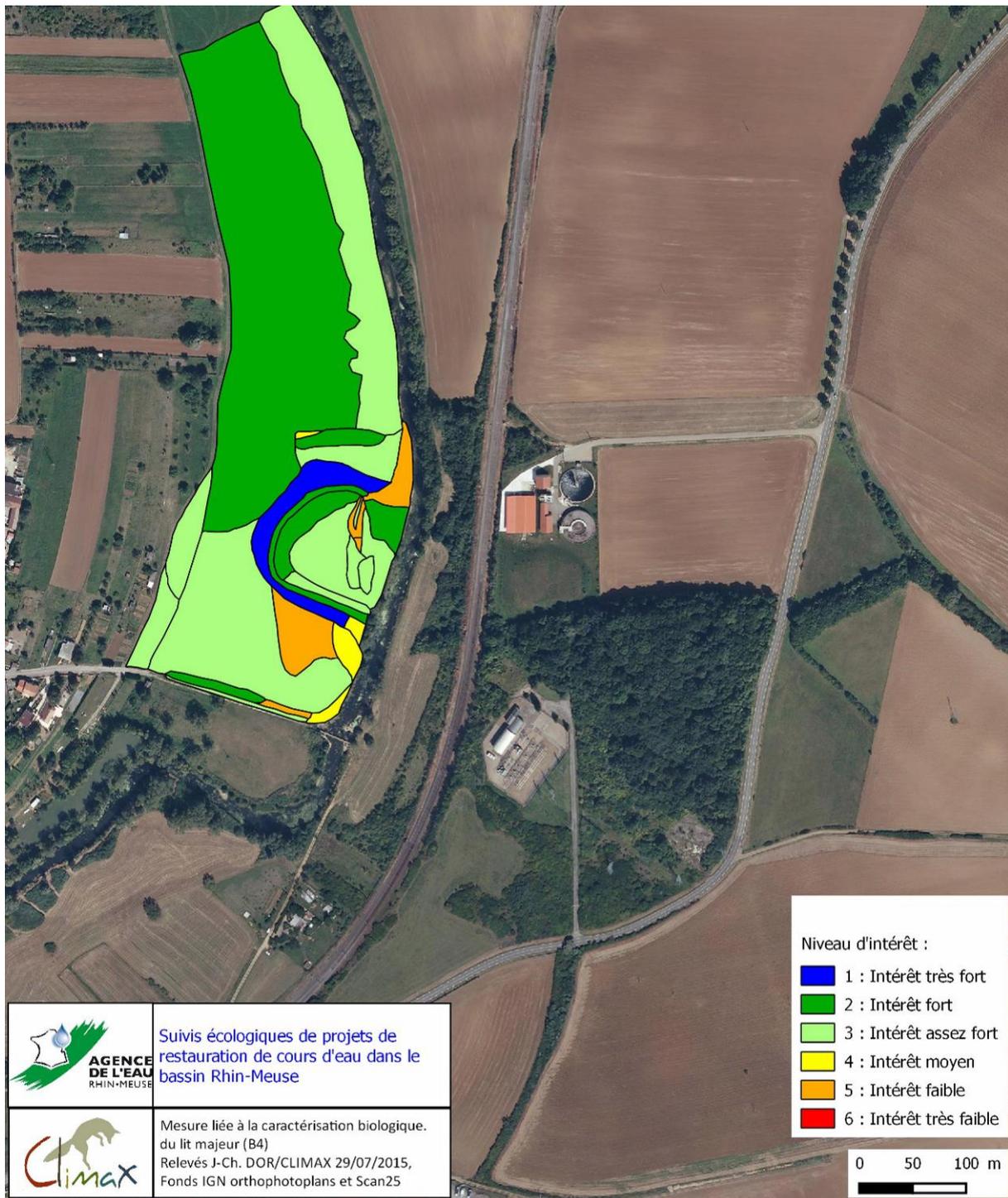


Figure 33 : niveaux d'intérêts biologiques des habitats du lit majeur de l'Orne

3.3.4 Conclusion :

Le lit majeur de l'Orne, assez bien délimité par des versants francs, est dominé par les prairies permanentes. Il s'agit de prés de fauche mésohygrophiles en assez bon état floristique. A l'amont subsiste une assez grande annexe hydraulique qui a fait l'objet de travaux (creusement, reconnexion). Cette annexe comporte des boisements alluviaux à Saules fragile/blanc en assez bon état.

Les effets du projet sont difficiles à percevoir, sinon que des habitats nouveaux sont apparus dans l'annexe creusée.

3.4 Physico-chimie

3.4.1 Etat initial avant travaux (finalisation de l'effacement)

Les données relatives à la qualité physico-chimique de l'Orne relèvent uniquement de ce qui est disponible sur le SIERM au niveau de la station de suivi historique « Tichémont ». 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 de l'Orne avant les travaux d'aménagement de l'ouvrage réalisés (à partir de 2010), seules les années 2006 à 2009 sont considérées dans un premier temps.

Sur cette période, l'Orne à Hatrize 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 (saturation en 2006 et 2009 ou carbone organique en 2006 et 2009 également) associables à la classe d'état écologique moyen (bon état aux autres dates pour ces paramètres).

Concernant les nutriments, le phosphore total relevait de la classe d'état écologique moyen pour les années 2006 et 2009 et les nitrites relevaient de la classe d'état écologique médiocre en 2006 ou moyen en 2009.

Enfin, parmi les différents polluants spécifiques dosés, seuls le chlortoluron (de 2006 à 2009) et le métazachlore (de 2006 à 2008) 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 de l'Orne dans la période récente avant travaux présente globalement un potentiel déficit d'oxygénation ainsi que des taux de carbone organique, de phosphore total, de nitrites, 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

Une étude Confluens

organique et l'oxygénation) et phytosanitaires (concernant le phosphore, les nitrites, le chlortoluron et le métazachlore) peuvent donc être suspectés pour l'Orne dans ce secteur.

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)	23.3	21.9	22.1	19.8	20.1	22.5	19.4	17	19.7	19.1	19.5	Température
pH (min)	7.8	7.9	7.8	7.85	7.85	7.5	7.9	7.9	7.8	7.7	7.8	Acidification
pH (max)	8.24	8.2	8.3	8.25	8.2	8.3	8.1	8.25	8.1	8.1	8.2	
Conductivité (P90, µS/cm)	671	796		738	711	768	713	660	691	670	669	salinité
Chlorures P90 (mg Cl/l)	35							29			29	
Sulfates P90 (mg SO4/l)	61.5							55.6			55.6	
O ₂ dissous (P10, mgO ₂ /l)	6.1	7.6	6.8	6.1	5.3	6.6	5	7.4	5.4	6.65	6.65	Bilan de l'oxygène
Tx Sat, O ₂ (P10, %)	64	84	74	62	57	63	51	75	59	69	69	
DBO5 (P90, mg O ₂ /l)	2.7			2.6	2.6	2.7	3.1	2.2	2.4	1.6	2.2	
Carb, Org, (P90, mg C/l)	7.9			7.6	7.7	7.8	7.5	5.9	5.2	7.1	6.2	
Phosphates (P90, mg PO ₄ ³⁻ /l)				0.24	0.31	0.28	0.19	0.13	0.22	0.24		Nutriments
Phosphore total (P90, mg P/l)	0.31			0.36	0.2	0.18	0.35	0.14	0.21	0.22	0.23	
Ammonium (P90, mg NH ₄ ⁺ /l)	0.54			0.34	0.23	0.12	0.37	0.15	0.18	0.82	0.18	
Nitrites (P90, mg NO ₂ ⁻ /l)	46.3			25.7	28	23	29	34	23.9	20.3	32.4	
Nitrates (P90, mg NO ₃ ⁻ /l)												
Chlortoluron (moy, µg/L)	0.198	0.192	0.33	0.16	0.038	0.056	0.0183	0.0288	0.0315	<0.02	0.0219	Polluants spécifiques
Oxadiazon (moy, µg/L)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02	<0.02	0.0069	<0.005	<0.02	
Thiabendazole (moy, µg/L)	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.005	<0.005	<0.005	<0.02	<0.02	<0.02	
2,4 D (moy, µg/L)	<0.01	0.004	0.00182	0.0109	0.0102	0.0059	0.0052	<0.02	0.034	0.0212	0.0231	
2,4 MCPA (moy, µg/L)	0.134	<0.05	<0.05	<0.05	0.064	0.0074	0.62	<0.02	<0.02	0.059	0.033	
Arsenic dissous (moy, µg/L)									1.14	1.24	1.18	
Chrome dissous (moy, µg/L)									<0.5	<0.5	<0.5	
Cuivre dissous (moy, µg/L)									0.76	0.58	0.68	
Zinc dissous (moy, µg/L)									1.6	2.01	1.77	
Métazachlore (moy, µg/L)	0.032	0.092	0.0217	<0.02	0.05	0.0175	0.0106	0.0215	0.138	0.034	0.063	
Aminotriazole (moy, µg/L)	<0.05	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.02	0.0202	<0.1	
Nicosulfuron (moy, µg/L)	<0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.0154	0.0121	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
AMPA (moy, µg/L)	0.47	0.23	0.165	0.4	0.125	0.34	0.206	0.108	0.293	0.55	0.315	
Glyphosate (moy, µg/L)	0.157	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.0267	0.042	0.039	0.11	0.106	0.087	
Diflufenicanil (moy, µg/L)	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02	<0.02	<0.02	0.0224	0.0264	0.0209	
Tébuconazole (moy, µg/L)	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.005	<0.005	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	

Bentazone (moy, µg/L)	0.1	0.146	<0.05	<0.05	<0.05	0.0082	0.0074	<0.02	0.086	0.114	0.079	Polluants spécifiques non pertinents pour le bassin Rhin-Meuse
Cyprodinil (moy, µg/L)	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.0068	<0.005	
Imidaclopride (moy, µg/L)		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.005	<0.005	<0.005	0.0206	<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)												
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)										0.04	0.04	
Métaldéhyde (moy, µg/L)	<0.1	0.056	<0.05	<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)												
Linuron (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	
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

Une étude Confluens

D'autre part, sur les 40 substances chimiques dosées entre 2006 et 2009 selon les données disponibles sur le SIERM, aucun paramètre n'a été signalé comme relevant de la classe de mauvais état chimique (classe de bon état pour tous les autres relevés).

3.4.2 Situation après travaux (finalisation de l'effacement)

Les données relatives à la qualité physico-chimique de l'Orne après travaux concernent 3 stations :

- ORNE 1 en 2014 et 2015 / données AERM - DUBOST Environnement
- Tichémont de 2011 à 2015 / données SIERM
- ORNE 2 en 2014 et 2015 / données AERM - DUBOST Environnement

Les travaux ayant eu lieu en 2010, la chronique « post-travaux » retenue pour la station SIERM « Tichémont » est la période 2011-2015 (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 de l'Orne dans la période post-travaux ne pose aucun problème particulier et relève de la classe de bon état écologique (voire de très bon état écologique) pour les paramètres de température et d'acidification. Les paramètres de l'oxygénation et des nutriments restent quant à eux dégradés (classe d'état écologique moyen) du fait des valeurs récurrentes de la saturation (et du taux d'oxygène dans une moindre mesure), du carbone organique, du phosphore et des nitrites. Il en va de même pour les polluants spécifiques, du fait des valeurs d'arsenic dissous (non dosé en état initial), de métazachlore et de diflufénicanil (valeurs non exploitables pour la chronique de l'état initial). Ce constat révèle donc une situation de qualité d'eau qui ne semble pas avoir évolué entre la période « avant travaux » (et même depuis le début du processus de l'effacement progressif de l'ouvrage par les brèches constatées en 2008) et celle « après travaux ».

Concernant les 4 autres relevés de données physico-chimiques effectués en 2014 (2 stations) et 2015 (2 stations), la synthèse des résultats est présentée dans le tableau suivant.

Ils indiquent que l'Orne, aux deux stations et aux deux campagnes (septembre 2014 et 2015), se classe, pour la quasi-totalité des paramètres étudiés, en classe d'état écologique bon à très bon. Seul le carbone organique aux deux stations en septembre 2015 correspond

à la classe d'état écologique moyen (en cohérence avec les résultats de la station SIERM de Tichémont).

	L'orne à Hatrizze 01/09/2014		L'orne à Hatrizze 14/09/2015	
	ORNE 1	ORNE 2	ORNE 1	ORNE 2
Heure de prélèvement	17h30	16h50	11h00	10h30
pH (unités pH)	8,3	8,2	7,8	8,3
Matières en suspension (mg/l)	4	8	< 2	3
DBO5 (mgO2/l)	1,2	1,2	1,8	1,7
DCO (mgO2/l)	16	16	21	18
COD (mg C/l)	6,1	6,2	8,3	8,3
Nitrates (mg NO ₃ /l)	9	14,8	1,2	0,6
Nitrites (mg NO ₂ /l)	0,05	0,09	0,05	0,01
Azote Kjeldahl (mg N/l)	0,7	1,1	0,8	0,6
Azote total (mg N/l)	2,75	4,47	1,09	0,74
Orthophosphates (mg PO ₄ /l)	0,241	0,262	0,322	0,254
Phosphore total (mg P/l)	0,05	0,06	0,15	0,12
Turbidité (NFU)	2,2	3,6	1,6	1,5
Oxygène dissous (mgO2/l)	10,16	7,90	8,08	10,04
Saturation en oxygène (%)	110,3	84,1	86,4	107,2
Température de l'eau (°C)	17,8	17,7	17,1	17,0
Conductivité (µS/cm)	543	562	478	504
Intensité lumineuse (Lux)	41000	19000	35 000	8 850

Sur ces 2 stations, des enregistrements de température en continu ont également été effectués, toutes les heures, du 01/09/2014 au 28/06/2016 (certaines données peuvent être non validées du fait de périodes où la sonde s'est retrouvée hors d'eau : juin-juillet 2015 pour ORNE 1 et différentes périodes de mars à juin 2016 pour ORNE 2). Ces données sont illustrées par 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 2 stations.
- Quand les températures ne dépassent globalement pas une dizaine de degrés (entre fin octobre 2014 et début avril 2015 puis entre début décembre 2015 et avril 2016), les variations nycthémérales sont peu (ou pas) marquées. Dans cette période, il n'y a quasiment pas de différence entre les températures relevées en ORNE 1 ou ORNE 2.
- A partir du moment où les températures se rapprochent d'environ 15°C, ou qu'elles dépassent cette valeur, les variations entre le jour et la nuit sur une même station sont de plus en plus marquées à mesure que la température moyenne augmente. La différence de température entre les deux stations devient alors plus importante elle aussi (d'autant plus, toujours, que les températures moyennes augmentent) mais reste toujours, au maximum, de l'ordre de 1,5°C. Les températures s'avèrent, en effet, plus stables à la station ORNE 2 (plus profonde) qu'à ORNE 1 (lame d'eau réduite plus

Une étude Confluens

soumise à l'influence de la température de l'air). De ce fait, la température descend plus dans la nuit en ORNE 1 qu'en ORNE 2 (écarts positifs sur le graphique) et, inversement, atteint des valeurs plus élevées en ORNE 1 qu'en ORNE 2 dans l'après-midi (écarts négatifs sur le graphique).

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.

Une étude Confluens

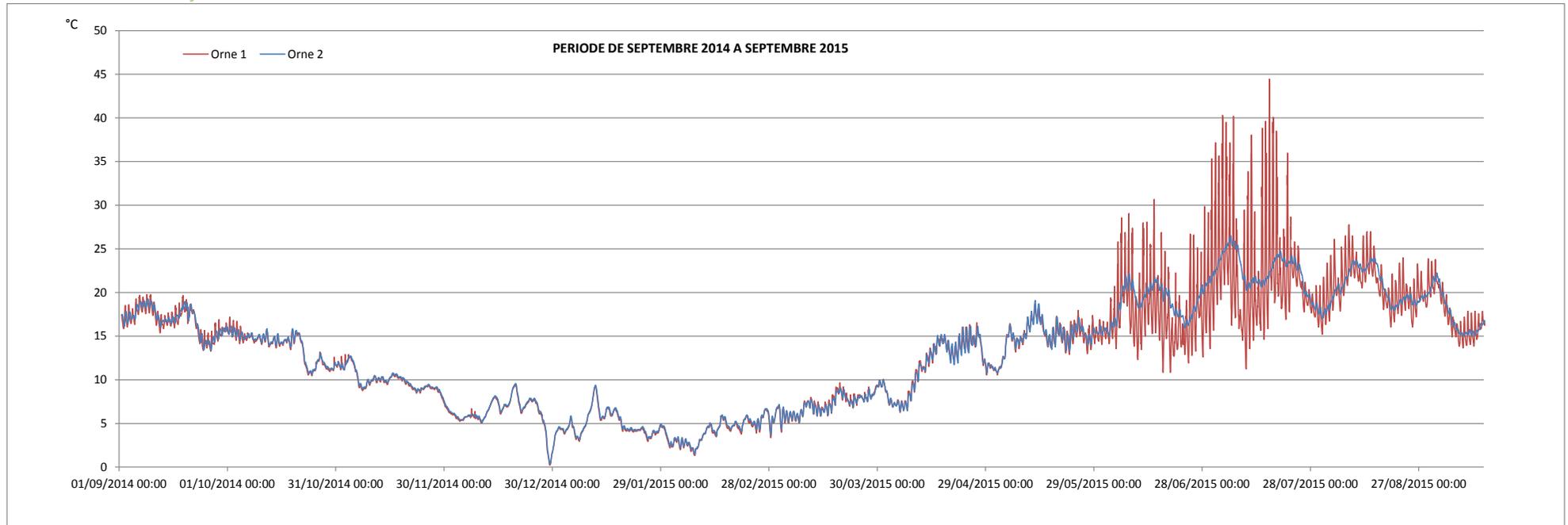


Figure 34 : Evolution horaire de la température de l'eau aux stations ORNE 1 et ORNE 2 entre le 01/09/2014 et le 14/09/2015

Une étude Confluens

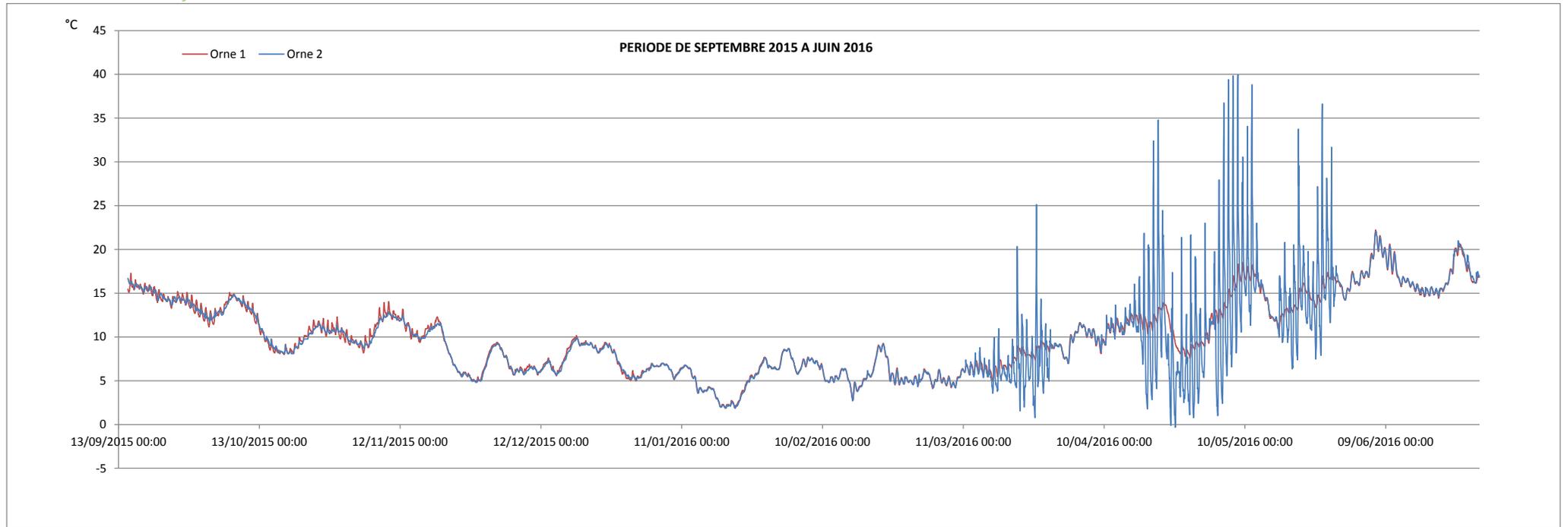


Figure 35 : Evolution horaire de la température de l'eau aux stations ORNE 1 et ORNE 2 entre le 15/09/2015 et le 28/06/2016

Une étude Confluens

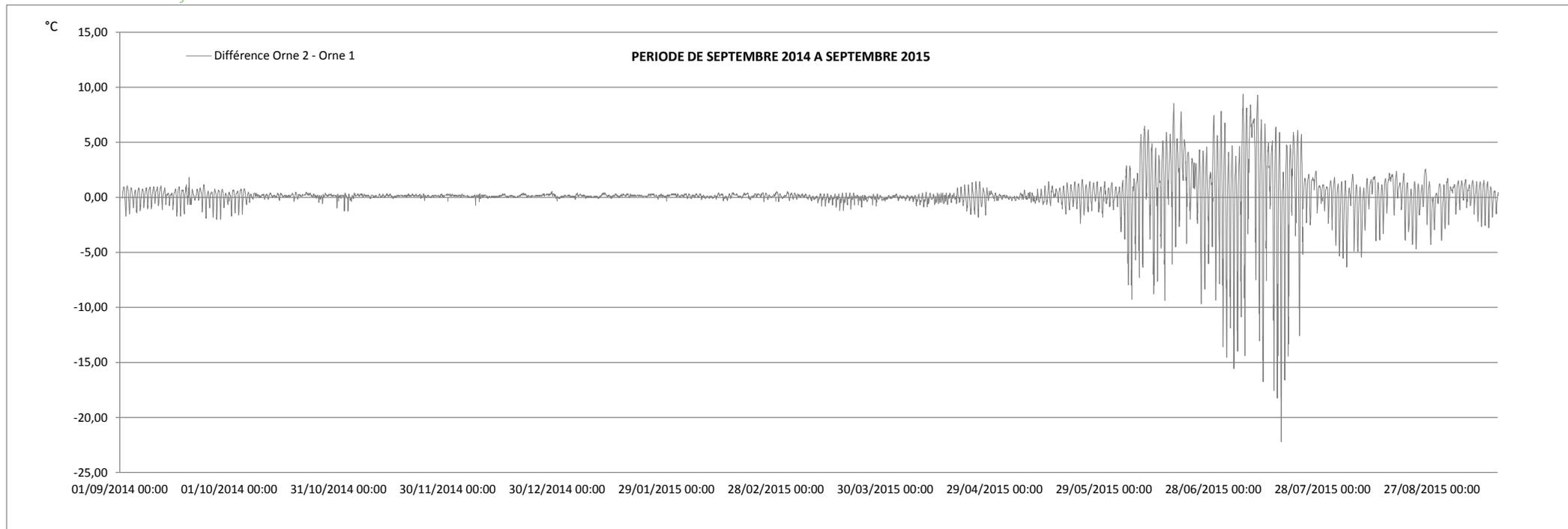


Figure 36 : Evolution des écarts horaire de la température de l'eau entre les stations ORNE 1 et ORNE 2 entre le 01/09/2014 et le 14/09/2015

Une étude Confluens

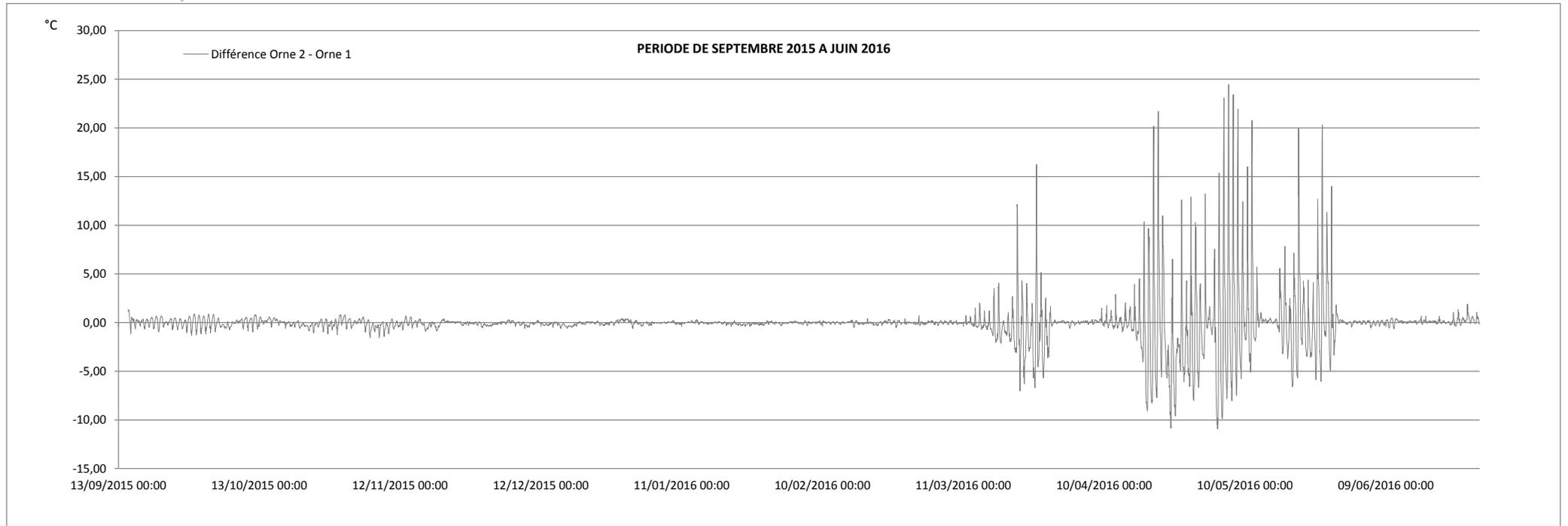


Figure 37 : Evolution des écarts horaire de la température de l'eau entre les stations ORNE 1 et ORNE 2 entre le 15/09/2015 et le 28/06/2016

3.5 Invertébrés

3.5.1 Etat initial avant travaux (finalisation de l'effacement)

Les macro-invertébrés ont été étudiés en 2008 au niveau de deux stations différentes : Naviaux (IBG-DCE) et Tichémont (IBGA) - données ONEMA

Pour cette unique campagne, le tableau suivant précise pour chaque prélèvement (IBG-DCE ou IBGA) la richesse (en nombre de familles) relatives aux groupes de larves d'insectes les plus exigeants (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). Toutefois, les données disponibles (rapport de stage « Kerneau, 2010) ne permettent pas de savoir à combien de prélèvements unitaires correspondent les listes faunistiques établies.

On constate ainsi que le nombre de familles de PTE est environ le double à la station « Naviaux » (12) par rapport à la station « Tichémont » (5). Cela suggère donc qu'avant travaux la station située la plus en amont dans l'influence du remous était déjà plus propice à la macrofaune benthique que la station de Tichémont. Pour rappel, il s'agit d'une situation où le remous était déjà en cours de régression depuis un certain temps du fait des brèches survenues naturellement dans l'ouvrage. On peut donc supposer que par le passé les PTE étaient probablement moins bien représentés à cette station.

	Naviaux 2010	Tichémont 2010
Richesse taxonomique	34	31
PTE (familles)*	12	5

* 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)

Le détail des listes faunistiques par bocal (B1/B2/B3) n'étant pas disponible, il n'est pas possible d'exploiter ces résultats par l'outil diagnostic et ainsi d'évaluer les probabilités de pressions.

Enfin, les notes indicielles de cette campagne sont synthétisées dans le tableau suivant : il présente la richesse taxonomique (à la famille pour le calcul de l'équivalent-IBGN), la classe

Une étude Confluens

de richesse associée, le Groupe Indicateur (GI) retenu et le taxon correspondant, la note indicienne IBGN-équivalent obtenue, la valeur d'EQR par rapport à la typologie G10 (grand cours d'eau des côtes calcaires est) retenue pour l'Orne ainsi que la classe d'état écologique correspondante.

En cohérence avec les observations précédentes, la note IBGN est associée au bon état écologique pour la station de Naviaux mais à l'état écologique moyen pour Tichémont. La conclusion quant à une meilleure qualité hydrobiologique à la station la plus amont (dès l'état initial et certainement grâce aux brèches déjà formées précédemment) est donc appuyée par ces résultats indicieux.

	Naviaux 2010	Tichémont 2010
Richesse taxonomique	34	31
Classe de richesse	10	9
GI Retenu	5	3
Taxon indicateur	<i>Hydroptilidae</i>	<i>Ephemerellidae</i>
Note IBGN	14/20	11/20
EQR	0,81	0,63
Classe de qualité	Bon état	Etat moyen

3.5.2 Situation après travaux (finalisation de l'effacement)

Après travaux, les macro-invertébrés ont été étudiés au niveau d'une seule station mais à deux campagnes (2014 et 2015) : « ORNE 1 » (équivalent de « Naviaux ») - données AERM/DUBOST Environnement (IBG-DCE).

De la même manière que précédemment, le tableau suivant précise pour chaque prélèvement IBG-DCE la richesse (en nombre de familles) relatives aux groupes de larves d'insectes les plus exigeants (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

Une étude Confluens

familles de PTE diminue sensiblement entre la campagne de 2014 et celle de 2015, en passant de 9 à 6. Cela constitue d'ailleurs une diminution progressive dans le temps par rapport aux résultats de 2010 à la même station (« Naviaux »). En 2015, on ne retrouve plus que la moitié (6) de la richesse en PTE observée en 2010 (12). Il est donc possible que ce secteur de l'Orne soit influencé par une (ou plusieurs) pression « annexe » qui s'accroîtrait dans le temps. . D'autre part, l'année 2015 ayant été une année sèche, il est également possible que cela ait influencé négativement la macrofaune benthique (d'autant plus que le peuplement de l'Orne n'apparaît pas très « robuste »), et notamment les groupes les plus sensibles que sont les PTE : par exemple en diminuant les écoulements, limitant la lame d'eau, favorisant le réchauffement ou augmentant les concentrations des paramètres physicochimiques (les nitrites sortent par exemple en « orange » à la station Tichémont pour l'année 2015).

En prenant en compte le bocal B3, on constate que l'écart par rapport aux 8 premiers prélèvements (B1+B2) est quasi-nul aux deux campagnes (+ 0 à 1 famille).

	ORNE 1 2014	ORNE 1 2015
Richesse taxonomique	36	30
PTE (familles)*	9	6
PTE (familles)** avec B3	9	7

* 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-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 deux campagnes de prélèvements IBG-DCE. A chacune des campagnes, les peuplements macrobenthiques observés révèlent toujours globalement un net degré de probabilité (presque systématiquement supérieur à 70%) de problèmes liés :

- aux matières azotées
- aux composés phosphorés
- aux pesticides

Une étude Confluens

- à la ripisylve
- et au risque de colmatage

Dans une moindre mesure (probabilités comprises entre 60% et 70%), on note aussi des problèmes potentiellement liés :

- aux nitrates
- à l'acidification
- et aux voies de communication

C'est donc une multitude de pressions potentielles qui s'exercent sur l'Orne d'après l'analyse fonctionnelle du peuplement macrobenthique. En revanche, on ne note aucune différence significative entre les deux campagnes de 2014 et 2015. En outre, la comparaison avec la situation de l'état initial n'est pas possible étant donné que ces probabilités de pression n'ont pas pu être calculées précédemment.

	ORNE 1 2014	ORNE 1 2015
Matières organiques	51%	50%
Matières azotées	73%	72%
Nitrates	69%	64%
Composés phosphorés	78%	72%
Acidification	61%	61%
Pesticides	80%	79%
Voies de communication	62%	57%
Ripisylve	74%	76%
Urbanisation	56%	58%
Risque de colmatage	68%	71%
Instabilité hydrologique	52%	52%

*Les cases en jaune représentent les probabilités de 60% ou plus
Les cases en orange représentent les probabilités de 70% ou plus
Les cases en rouge représentent les probabilités de 80% ou plus*

Enfin, les résultats indiciaires des deux campagnes sont synthétisés dans le tableau suivant : il présente 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 indiciaire IBGN-équivalent obtenue, la valeur d'EQR par rapport à la typologie G10 (grand cours d'eau des côtes calcaires est) retenue pour l'Orne ainsi que la classe d'état écologique correspondante.

En 2014, la note IBGN est associée au très bon état écologique. En revanche, avec 4 points de moins en 2015, la note indiciaire traduit ensuite un état écologique moyen (régression de deux classes de qualité). Cette différence se situe surtout au niveau du Groupe Indicateur

Une étude Confluens

(rang de polluo-sensibilité moins élevé de 3 points) qui pourrait refléter une certaine dégradation de la qualité d'eau entre les deux campagnes. Toutefois, la composition du peuplement macro-benthique relevée en 2014 n'était pas très robuste, puisque sans les trichoptères *Glossosomatidae* (GI=7), la note IBGN aurait alors été de 13/20 (GI=4). Les habitats disponibles, eux, n'ont pas changé entre les deux stations et restent plutôt favorables à l'accueil d'une faune diversifiée (substrats et vitesses de courant assez variés). La classe de variété est d'ailleurs très comparable entre 2014 et 2015.

	Orne 1 2014	Orne 1 2015
Richesse taxonomique	36	30
Classe de richesse	10	9
GI Retenu	7	4
Taxon indicateur	<i>Glossosomatidae</i>	<i>Leptoceridae</i>
Note IBGN	16/20	12/20
EQR	0,94	0,69
Classe de qualité	Très bon état	Etat moyen

Par rapport aux données d'état initial de 2010, on constate que cette variété taxonomique reste effectivement cohérente au cours du temps et entre les stations mais que c'est bien le niveau de groupe indicateur retenu qui influence fortement la variabilité des notes indicielles. D'autant plus, que les groupes indicateurs les plus élevés pouvant être retenus ne sont pas représentés de manière hautement significative. Cela témoigne d'une situation où la composition du peuplement macrobenthique n'est pas complètement équilibrée : les groupes les plus polluo-sensibles (Plécoptères/Trichoptères/Ephéméroptères) n'arrivent pas à s'installer de manière pérenne, soit du fait d'une qualité d'eau pénalisante, soit en lien avec d'autres pressions d'ordre morphodynamiques (ces groupes étant également les plus sensibles aux conditions physiques du milieu).

Aucune comparaison concrète ne peut être effectuée pour la situation du peuplement macrobenthique avant apparition des brèches et début du processus d'effacement progressif de l'ouvrage étant donné l'absence d'autres données antérieures sur le secteur.

3.6 Poissons

3.6.1 Etat initial avant travaux (finalisation de l'effacement)

Avant travaux (mais après brèches), les poissons ont été étudiés au niveau de deux stations différentes :

- « Croix de Boncourt » en 2010 / données ONEMA
- « Tichémont » en 2009 puis 2010 / données ONEMA

Les résultats de ces 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.

On constate que la partie « amont » de l'Orne « hors remous hydraulique » (station « Croix-de-Boncourt ») abrite globalement une densité piscicole bien supérieure à celle de la station influencée par le seuil SNCF (« Tichémont ») : en 2010, ce rapport est de 10 fois plus. En revanche, en termes de richesse spécifique, le nombre d'espèces rencontrées est très comparable (16 ou 18 selon la station et la campagne).

Des écrevisses exotiques (écrevisse américaine – *Orconectes limosus*) sont présentes dans l'Orne. 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.

Campagne juillet 2009

	Tichémont
Méthode	Pêche par points (100 points) en bateau
Richesse spécifique	16
Dont écrevisses	<i>Orconectes limosus</i>
Densité totale Nb ind./100 m²	13,8

Campagne juillet 2010

	Croix-de-Boncourt	Tichémont
Méthode	Pêche par points (100 points) à pied	Pêche par points (100 points) en bateau
Richesse spécifique	16	18
Dont écrevisses	<i>Orconectes limosus</i>	-
Densité totale Nb ind./100 m²	122,8	12,1

En termes de guildes écologiques, on observe que l'Orne accueille une un peu plus grande proportion d'individus tolérants vis-à-vis de la qualité générale de l'eau (figure ci-dessous) dans sa partie sous influence de seuil (Tichémont) par rapport au secteur témoin amont (Croix-de-Boncourt). Toutefois, la confluence de l'Yron qui intervient entre ces deux stations pourrait aussi être une cause de ce constat.

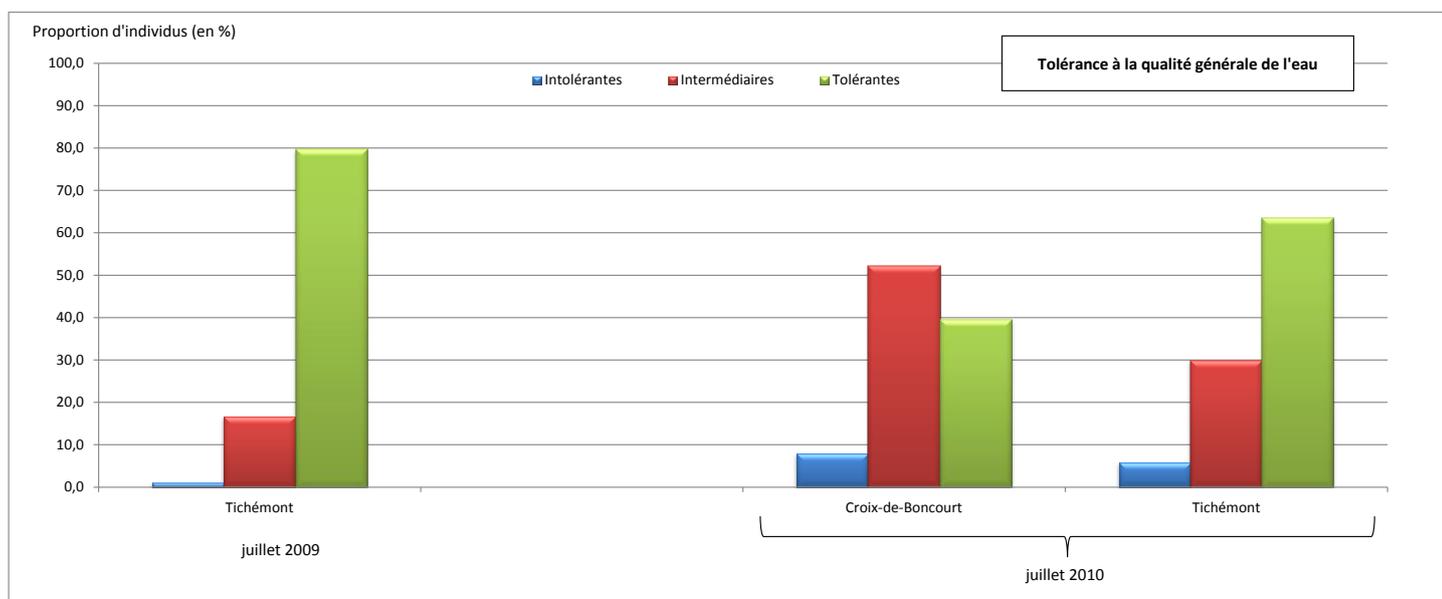


Figure 38 : tolérance à la qualité générale de l'eau

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 (Croix-de-Boncourt) par rapport à la station plus en aval sous l'influence du remous hydraulique (Tichémont).

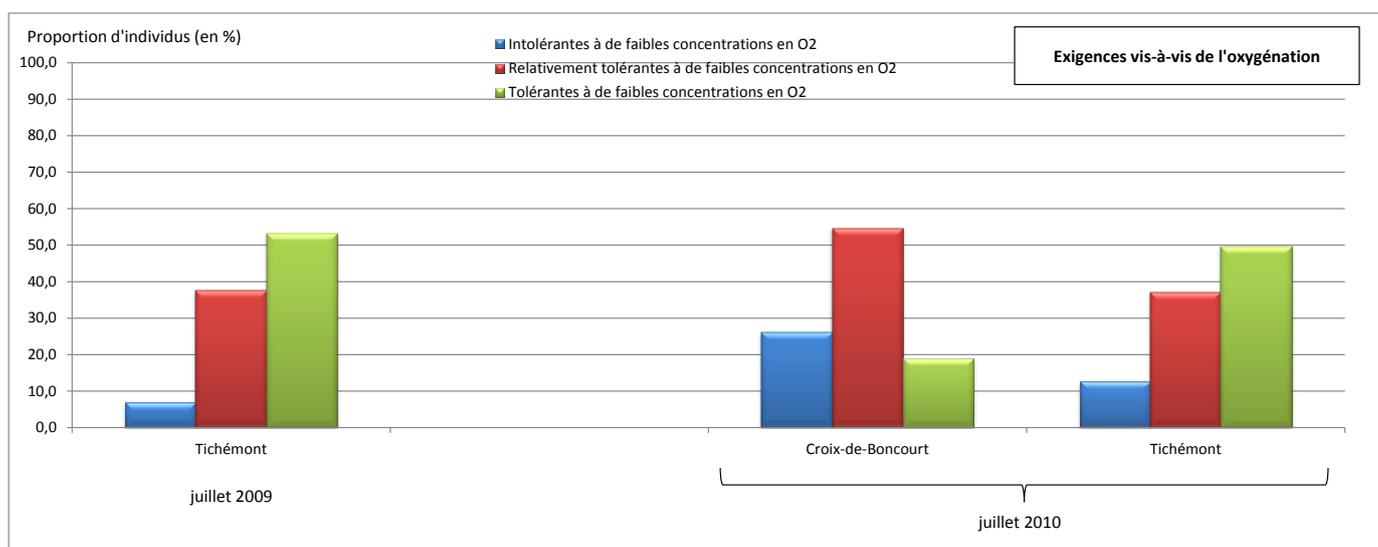


Figure 39 : exigences vis-à-vis de l'oxygénation

Une étude Confluens

D'autre part, on constate que la proportion d'individus tolérants à la dégradation globale des habitats (figure suivante) s'avère elle aussi un peu moins élevée au niveau du site de référence amont (Croix-de-Boncourt) que sur le secteur sous remous hydraulique (Tichémont).

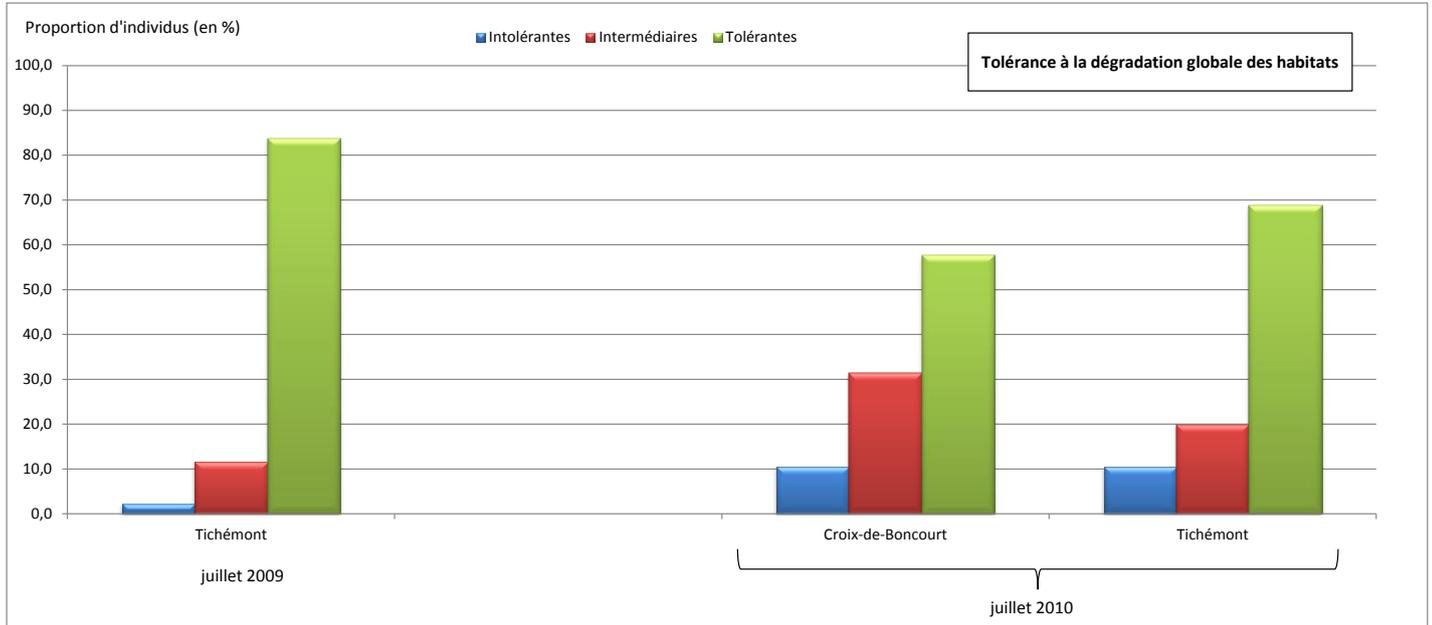


Figure 40 : tolérance à la dégradation globale des habitats

Enfin, concernant les préférences d'habitat vis-à-vis des vitesses d'écoulement (figure suivante), on distingue de nouveau les deux stations avec une majorité d'individus rhéophiles au niveau de la Croix-de-Boncourt, contre une majorité d'individus eurytopes (donc plus limnophiles) au niveau de Tichémont.

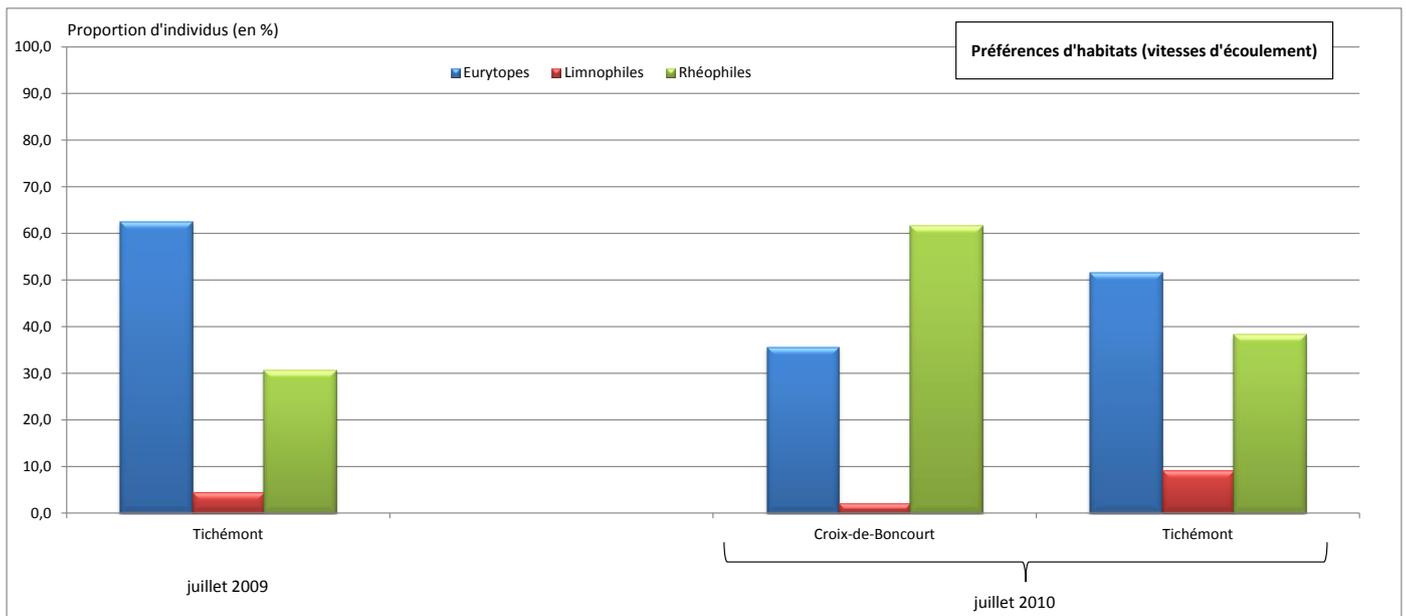


Figure 41 : préférences d'habitats

La répartition des classes de tailles lors de chaque opération de pêche peut également être étudiée. Pour cela nous retiendrons la vandoise car c'est l'espèce qui semble se prêter le mieux à cet exercice pour les raisons suivantes :

- on la retrouve régulièrement sur une bonne partie des stations et des campagnes (état initial et suivi post-travaux)
- elle constitue l'espèce repère alternative au « couple » truite/brochet en contexte piscicole intermédiaire (car c'est un cyprinidé d'eau vive exigeant d'un point de vue écologique),
- elle présente une préférence rhéophile qui permet de bien appréhender l'évolution des conditions de milieu suite à la libération d'une partie du remous hydraulique.

Le tableau suivant présente la répartition en classes de tailles (mm) des vandoises capturées lors des différentes pêches électriques de l'état initial. On constate que cette espèce n'est quasiment pas représentée à la station sous influence du remous en situation d'état initial (Tichémont). En revanche, avec des classes de tailles variées (40 à 160 mm), la population de vandoises identifiée au niveau de la Croix-de-Boncourt (témoin amont) semble bien en place, avec des juvéniles et des adultes de différentes classes d'âge.

VANDOISES Classe de taille (mm)	Tichémont Juillet-09	Croix-de-Boncourt Juillet-10	Tichémont Juillet-10
10			
20			
30			2
40		78	
50		80	
60		14	
70		2	
80		13	
90		130	
100		78	2
110		2	
120			
130			
140			
150			
160		1	

Enfin, les notes indicielles de l'IPR sont présentées 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 légèrement différents entre les deux stations (état écologique médiocre pour Tichémont aux deux campagnes et moyen pour la Croix-de-Boncourt). 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. Pour aller plus dans les détails, il peut être précisé au sujet des résultats IPR que :

- Pour la station Tichémont lors de la campagne de juillet 2009, la note IPR est principalement dégradée (classe d'état écologique médiocre) du fait des valeurs du Nombre d'Espèces Lithophiles (NEL - score de 9,68), du Nombre d'Espèces Rhéophiles (NER – score de 7,54) et de la Densité d'Individus Invertivores (DII – score de 6,87). Concernant le NEL, l'indice considère que la situation observée ne présente pas assez d'espèces lithophiles (par exemple, chabot, vairon, hotu ...) par rapport à la typologie théorique. Il en va de même avec le nombre d'espèces rhéophiles (NER) puisque selon l'IPR il « manquerait » au peuplement au moins deux espèces parmi la guildes concernée (par exemple, vandoise, barbeau fluviatile, chabot ...). Enfin, pour la DII, il manquerait aussi des individus invertivores (par exemple goujon ou chabot).
- Pour cette même station en juillet 2010, les trois métriques les plus pénalisantes restent identiques : NEL (score de 6,32), DII (score de 6,02) et NER (score de 4,45). Les raisons de ces scores restent d'ailleurs strictement identiques.
- Pour la station de la Croix-de-Boncourt en 2010, les deux métriques les plus élevées sont cette fois la Densité d'Individus Omnivores (DIO – score de 5,93) et la Densité Totale d'Individus (DTI – score de 5,5). Pour la DIO, un nombre trop élevé d'individus omnivores (vandoise, chevaine, gardon, ablette ...) est en cause. Et pour la DTI, c'est tout simplement un nombre trop élevé d'individus tout court qui dégrade la métrique selon l'outil IPR.

	Tichémont
Indice IPR	30,9
Classe de qualité IPR	Mauvaise
Classe qualité « bon état » DCE	Médiocre

Campagne juillet 2010

	Croix-de-Boncourt	Tichémont
Indice IPR	21,4	25,5
Classe de qualité IPR	Médiocre	Mauvaise
Classe qualité « bon état » DCE	Moyen	Médiocre

3.6.2 Situation après travaux (finalisation de l'effacement)

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

- « Croix-de-Boncourt » en 2011 / données ONEMA
- « Naviaux » en 2011, 2012 et 2015 / données ONEMA
- « Tichémont » en 2011, 2012 et 2015 / données ONEMA

Les résultats des différentes campagnes de pêche électrique sont synthétisés dans les tableaux suivants : comme précédemment, ils présentent la méthode d'échantillonnage

Une étude Confluens

employée, la richesse spécifique (écrevisses incluses), les éventuelles espèces d'écrevisses présentes et la densité totale.

En termes de richesse spécifique, on constate que tout le secteur de l'Orne abrite globalement la même diversité d'espèces (15 à 18 selon la station et la campagne, avec exceptionnellement 20 pour Tichémont en 2011). Cela reste donc tout à fait conforme avec les données « avant travaux » (16 ou 18 espèces). Les travaux réalisés ne semblent donc pas avoir modifié la richesse spécifique piscicole au sein du cours d'eau. Cela dit, ces travaux ne concernaient plus qu'une chute résiduelle de 30 cm et il n'est pas possible de comparer avec une situation plus ancienne avant le début de l'effacement progressif de l'ouvrage.

Des écrevisses exotiques (écrevisse américaine – *Orconectes limosus* / écrevisse signal – *Pacifastacus leniusculus*) sont présentes dans l'Orne. 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. Là-aussi, cette situation reste équivalente à ce qui avait été observé lors des campagnes de l'état initial (et probablement aussi en situation plus ancienne, avant la formation des brèches dans l'ouvrage).

La densité s'avère 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 de la station de Tichémont (donc sous l'influence d'un remous) présente les densités les moins élevées. En revanche, les densités relevées aux deux stations situées hors remous (Croix-de-Boncourt et Naviaux) apparaissent sensiblement plus élevées. Cela suggère donc que le peuplement piscicole se développe mieux en dehors des zones de remous. Ce constat devrait pouvoir être extrapolé à l'ensemble de la période durant laquelle le remous a progressivement régressé : en parallèle, depuis l'amont du remous historique vers l'amont du remous résiduel, le peuplement piscicole a certainement dû avoir tendance à présenter des densités progressivement plus élevée (de manière générale).

Campagne juillet 2011

	Croix-de-Boncourt	Naviaux	Tichémont
Méthode	Pêche par points (100 points) à pied	Pêche par points (100 points) à pied	Pêche par points (100 points) en bateau
Richesse spécifique	15	16	20
Dont écrevisses	-	<i>Orconectes limosus</i>	-
Densité totale Nb ind./100 m²	88,4	177,7	27,5

Campagne juillet 2012

	Naviaux	Tichémont
Méthode	Pêche par points (100 points) à pied	Pêche par points (100 points) en bateau
Richesse spécifique	16	18
Dont écrevisses	-	<i>Orconectes limosus</i>
Densité totale Nb ind./100 m²	79,8	23,8

Campagne juillet 2015

	Naviaux	Tichémont
Méthode	Pêche par points (100 points) à pied	Pêche par points (100 points) en bateau
Richesse spécifique	16	17
Dont écrevisses	<i>Orconectes limosus</i>	<i>Pacifastacus leniusculus</i>
Densité totale Nb ind./100 m²	67,8	15,0

En termes de guildes écologiques, on observe que l'Orne accueille une plus grande proportion d'individus intolérants vis-à-vis de la qualité générale de l'eau (figure ci-dessous) au niveau de la station témoin amont (Croix-de-Boncourt) qu'aux autres stations (hormis exceptionnellement pour Tichémont en 2012). Ce constat reste donc cohérent avec les observations faites lors des campagnes d'état initial avant travaux et pourrait peut-être avoir un lien avec la confluence de l'Yron entre la station de la Croix-de-Boncourt et les deux autres. Il n'est pas possible de comparer avec une situation plus antérieure avant que les brèches commencent à se former dans l'ouvrage.

Une étude Confluens

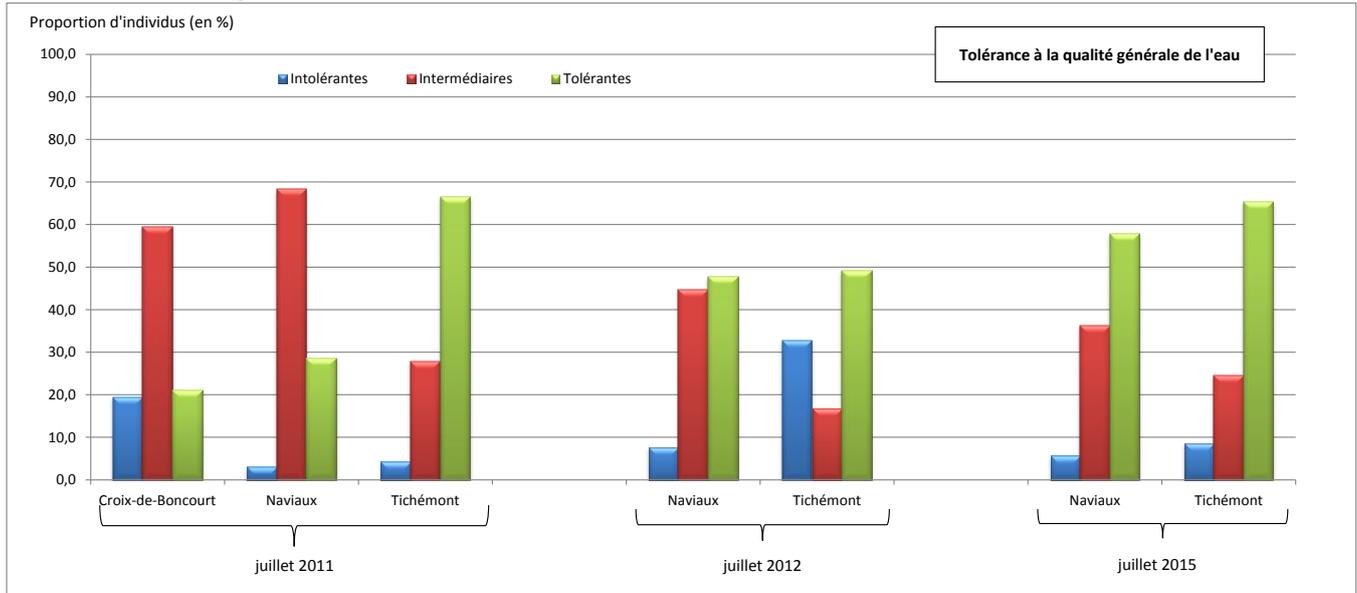


Figure 42 : tolérance à la qualité générale de l'eau

En utilisant cette fois le critère du degré de tolérance à de faibles concentrations en oxygène (voir figure suivante), le constat est un peu différent : proportion d'espèces intolérantes aux faibles taux d'oxygène légèrement plus forte dans les parties libres (Croix-de-Boncourt et Naviaux) par rapport à la station restant influencée par un remous (Tichémont). Ce constat semble donc logique (milieu moins oxygéné en zone de remous) et s'avère cohérent avec les résultats d'état initial. Il n'est pas possible de comparer avec une situation plus antérieure avant que les brèches commencent à se former dans l'ouvrage.

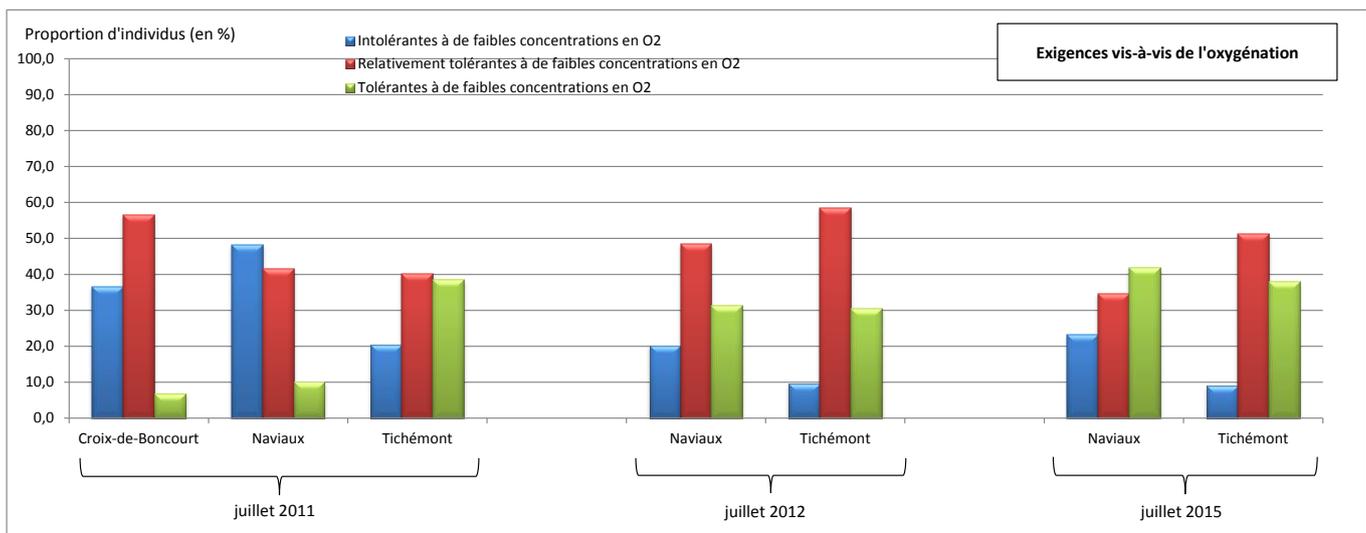


Figure 43 : exigences vis-à-vis de l'oxygénation

D'autre part, on constate que la proportion d'individus tolérants à la dégradation globale des habitats (figure suivante), est toujours la plus importante, quelle que soit la station et la

Une étude Confluens

date. On note, toutefois, que cette situation est beaucoup moins tranchée au niveau de la station témoin amont (Croix-de-Boncourt) qu'aux stations de Naviaux et Tichémont.

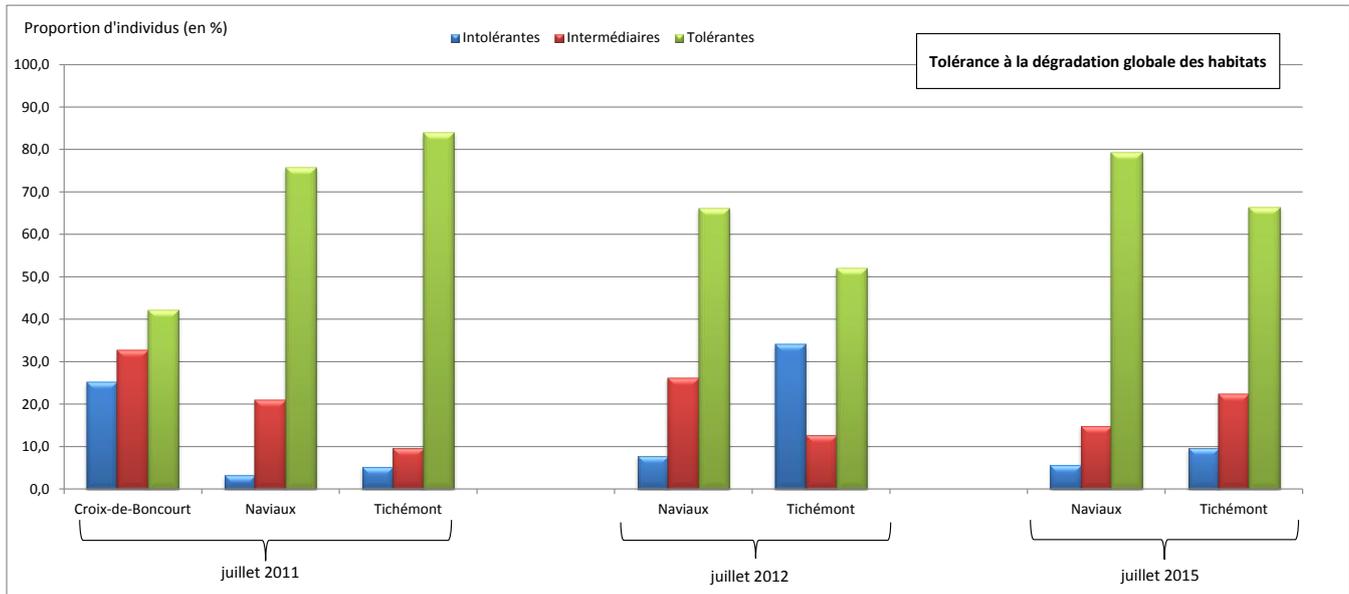


Figure 44 : tolérance à la dégradation globale des habitats

Enfin, concernant les préférences d'habitat vis-à-vis des vitesses d'écoulement (figure suivante), on distingue trois cas :

- Les individus rhéophiles sont nettement les mieux représentés à la Croix-de-Boncourt et à Naviaux (2011 et 2012)
- Les individus plus limnophiles sont nettement les mieux représentés à Tichémont en 2011
- La part des rhéophiles et celles des individus plus limnophiles (eurytopes et limnophiles) est globalement équilibrée à Tichémont en 2012 ainsi qu'aux deux stations (Naviaux et Tichémont) en 2015

Cela semble révéler que suite aux travaux et, certainement, de manière plus générale du fait de la régression progressive du remous hydraulique, le peuplement piscicole du secteur s'est équilibré entre les espèces rhéophiles et celles plus limnophiles alors qu'il apparaissait plus nettement en défaveur des rhéophiles en situation d'état initial (sans doute de manière plus marquée encore et/ou sur un secteur plus grand avant la formation des brèches dans l'ouvrage). Il est intéressant de noter que cette évolution concerne aussi la station de Tichémont, qui est effectivement libérée de l'influence de l'ancien remous du barrage d'Hatrize mais qui reste sous influence d'un autre seuil au niveau du passage de la voie ferrée.

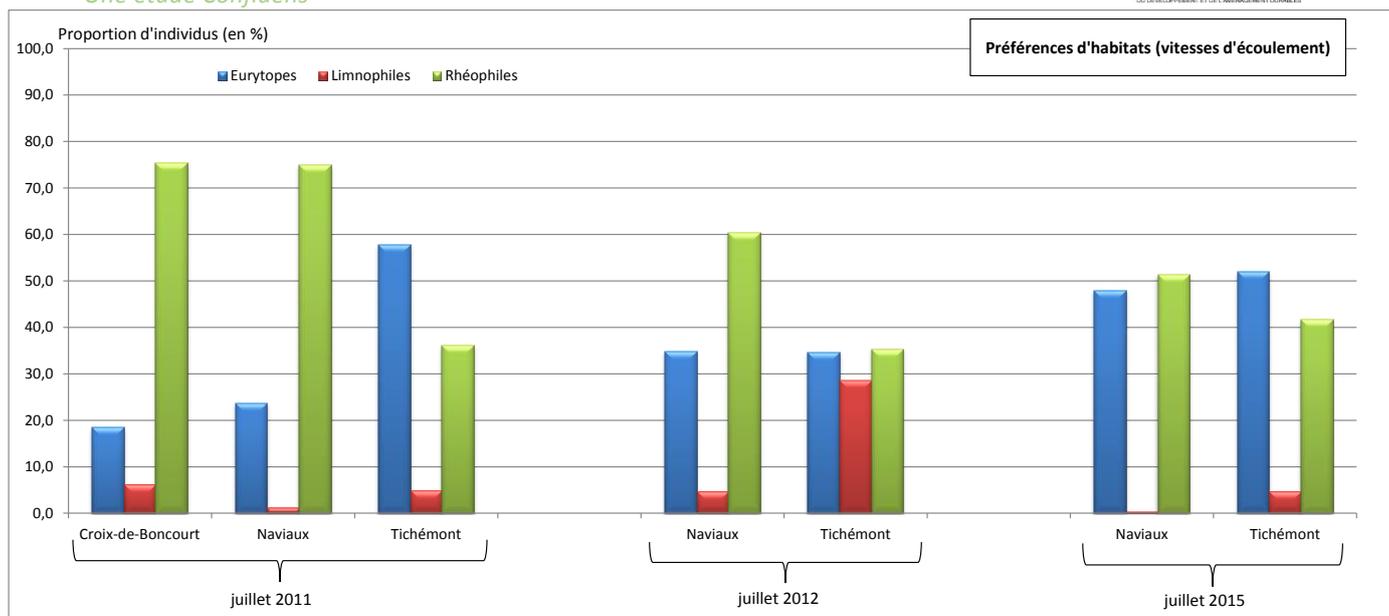


Figure 45 : préférences d'habitats

La répartition des classes de tailles lors de chaque opération de pêche reste étudiée au travers de la vandoise.

Le tableau suivant présente la répartition en classes de tailles (mm) des vandoises capturées lors des différentes pêches électriques réalisées suite aux travaux. En 2011, sur les trois stations échantillonnées, seules la station témoin amont (Croix-de-Boncourt) et la station libérée de tout remous hydraulique (Naviaux) accueillent des vandoises. Avec une large gamme de tailles représentées aux deux stations, les populations de cette espèce semblent très bien y assurer leur cycle biologique. Cela se confirme d'ailleurs en 2012 et 2015 au niveau de Naviaux, alors qu'à aucune des trois campagnes du suivi post-travaux il n'a été capturé de vandoises à la station de Tichémont. Même si cette dernière semble bénéficier de plus d'espèces rhéophiles suite aux travaux (au même titre que Naviaux), le remous résiduel (seuil au niveau de la voie ferrée) auquel elle reste soumise ne permet pas l'implantation d'une population d'espèces rhéophiles plus exigeantes comme l'est la vandoise. Ces résultats indiquent donc qu'au niveau de Naviaux (sans remous résiduel), l'évolution de la situation a bien permis d'améliorer les conditions de vie pour les espèces piscicoles les plus rhéophiles. Ce constat peut vraisemblablement être extrapolé aux années antérieures durant lesquelles la régression progressive du remous est intervenue du fait de l'apparition naturelle de brèches dans l'ouvrage : de manière de plus en plus marquée et/ou sur un secteur de plus en plus long.

VANDOISES	Croix-de-Boncourt	Naviaux	Tichémont	Naviaux	Tichémont	Naviaux	Tichémont
Classe de taille (mm)	Juillet-11	Juillet-11	Juillet-11	Juillet-12	Juillet-12	Juillet-15	Juillet-15
10							
20	4			1		2	
30	11	1		3		3	
40	100	8		1		21	
50	118	35		1		12	
60	20	19		2		3	
70	2	5		1		3	
80	2	6		3		4	
90	14	12		4		11	
100	13	35		1		6	
110	7	14				1	
120	2	4		1		1	
130	5	7		1			
140	5	13				1	
150	3	10		1		1	
160		1				1	
170							
180		1					
190		1					
200		1					
210						1	
220							
230		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 « Croix-de-Boncourt », lors de la campagne de juillet 2011, 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 4,30) et de la Densité Totale d'Individus (DTI – score de 4,13). 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 (DTI).

Une étude Confluents

- A la station « Naviaux », en 2011 comme en 2012 ou 2015, ce sont toujours les 3 mêmes métriques qui ont le plus de poids sur l'indice final (état écologique moyen à bon) : la Densité d'Individus Tolérants (DIT - score de 3,62 à 5,01), la DIO (score de 3,97 à 4,60) et la DTI (score de 2,63 à 8,59). Selon cet outil, on retrouverait à cette station trop d'individus tout court, avec plus précisément trop d'individus tolérants et/ou omnivores.
- A la station « Tichémont », en les métriques qui influencent le plus la note indiciaire IPR (état écologique médiocre à moyen) peuvent être le Nombre d'Espèces Lithophiles (NEL – en 2011, 2012 et 2015), le Nombre d'Espèces Rhéophiles (NER – 2012 et 2015), le Nombre Total d'Espèces (NTE – 2011) ou la Densité d'Individus Invertivores (DII – 2012 et 2015). Globalement, l'indice suggère que le nombre d'espèces rhéophiles et/ou lithophiles n'est pas suffisant par rapport au niveau typologique (alors que le nombre total d'espèces peut au contraire être trop élevé, mais il s'agit alors d'un biais qui intervient classiquement avec l'outil IPR) et qu'il y a aussi un manque d'individus appartenant à des espèces invertivores (comme le goujon ou le chabot par exemple).

Campagne juillet 2011

	Croix-de-Boncourt	Naviaux	Tichémont
Indice IPR	16,7	21,4	24,4
Classe de qualité IPR	Médiocre	Médiocre	Médiocre
Classe qualité « bon état » DCE	Moyen	Moyen	Moyen

Campagne juillet 2012

	Naviaux	Tichémont
Indice IPR	17,1	23,0
Classe de qualité IPR	Médiocre	Médiocre
Classe qualité « bon état » DCE	Moyen	Moyen

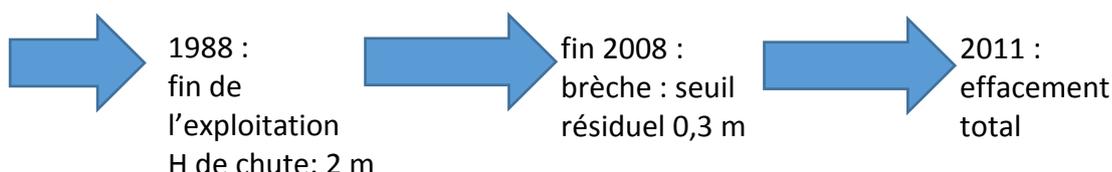
Campagne juillet 2015

	Naviaux	Tichémont
Indice IPR	14,0	26,9
Classe de qualité IPR	Bonne	Mauvaise
Classe qualité « bon état » DCE	Bon	Médiocre

4 DISCUSSION

4.1 Synthèse de l'évolution du contexte physique

4.1.1 Quelle date de référence pour l'état initial avant travaux ?



Une des principales difficultés, tous volets confondus tient à la transformation progressive du site :

- après l'arrêt de l'activité de l'ancienne minoterie en 1988, le site a été désaffecté et abandonné. Les ouvrages ne sont plus manœuvrés.
- 4 brèches sont identifiées par le BE SINBIO en 2008 à la fois sur l'ouvrage et sur le chenal d'amenée au moulin. Toutes ces dégradations ne sont probablement pas survenues en même temps et se sont sans doute élargies progressivement jusqu'à cet état des lieux réalisé de 2008 à 2010.
- On peut donc en conclure que la ligne d'eau s'est abaissée en plusieurs étapes sur une vingtaine d'années entre 1988 et 2008, de 2 m à 0,3 m, hauteur de chute résiduelle au moment des travaux d'effacement en 2011.

Le suivi de l'évolution du site ne peut donc être réalisé que très partiellement depuis :

- un état estimé avant abaissement de la ligne d'eau (hauteur de cette ligne d'eau qui reste à retrouver à partir de document d'archives, afin d'estimer la longueur du remous qui existait en 1988 et les tirants d'eau correspondants ;
- un état estimé en 2008 avec des écoulements déjà en partie restaurés sur le linéaire compris entre la limite amont de l'ancien remous et la limite amont du remous du seuil résiduel à Hatrize;
- un état estimé en 2011 : après effacement total du seuil résiduel de 30 cm environ dont l'effet est réduit, à l'aval par la persistance de l'influence de l'ouvrage de Moineville, et à l'amont par l'apparition du seuil du pont de chemin de fer.

Une étude Confluents

En effet, la pente du cours d'eau à l'aval d'Hatriz est de moins de 0,5 ‰ d'après nos levés topographiques au droit de l'ancien déversoir d'Hatriz (184,24) et selon les informations du Scan 25 à Moineville. Le ROE donne une hauteur de chute à l'étiage de l'ouvrage de Moineville à 1,5 m. En l'absence d'autres investigations (recherches en archives, témoignages, hydrogéologie, topographie, etc.), on peut donc dire que l'influence hydraulique de l'ouvrage de Moineville remonte au-delà d'Hatriz et que c'est donc cet ouvrage qui impacte toujours la partie aval de la zone d'étude (fig. ci-dessous). En influençant toujours les conditions d'écoulement, il atténue le contraste de la situation avant et après travaux.

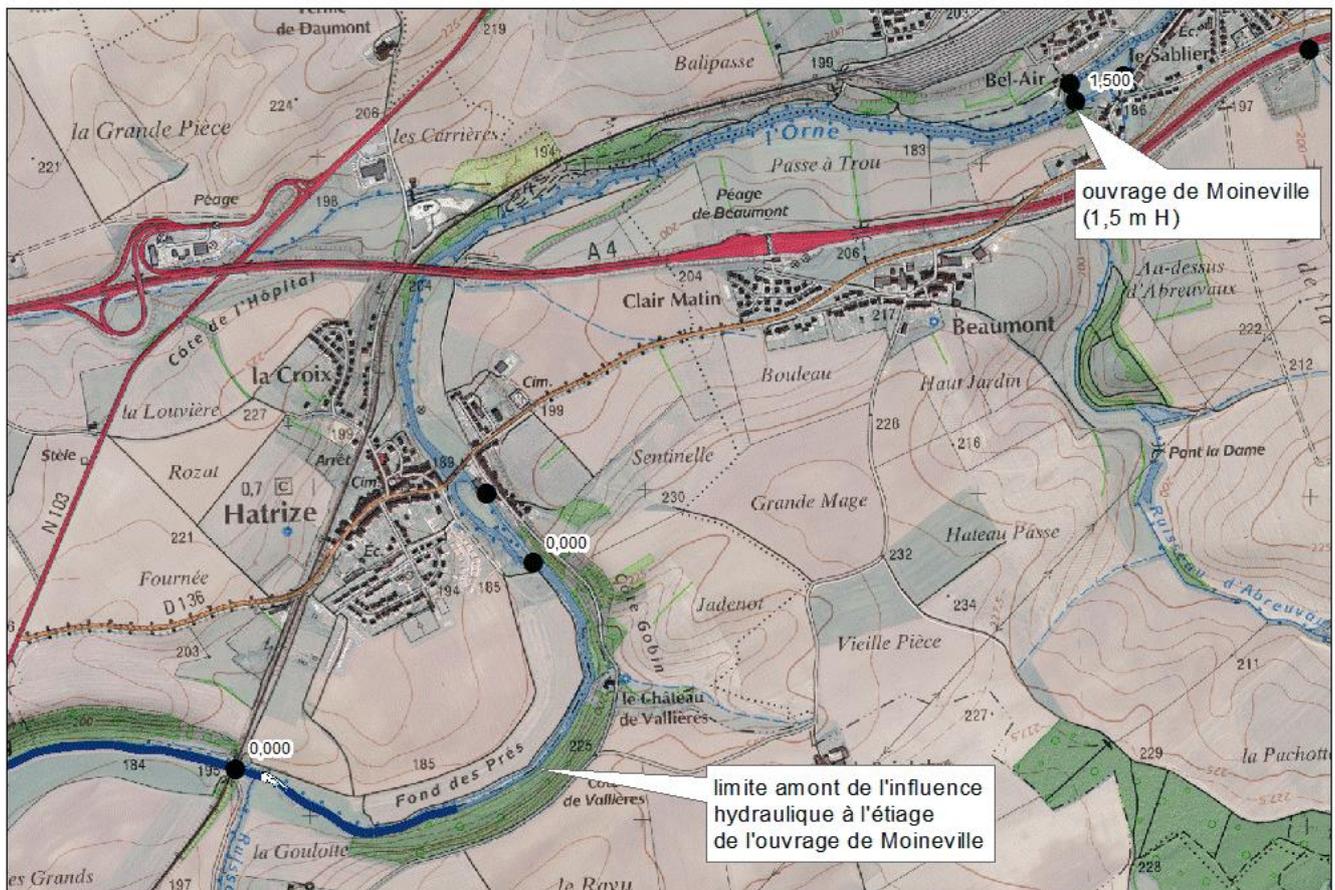


Figure 46 : estimation de l'influence hydraulique de l'ouvrage de Moineville (points noirs : ouvrages référencés ROE)

Au caractère très progressif des évolutions sur l'Orne du fait du type même de rivière, il faut donc ajouter la difficulté à estimer des changements qui ont été réalisés de façon très progressive (sur une vingtaine d'années) et de façon non complète (persistance de remous hydrauliques sur la zone).

Une étude Confluents

4.1.2 Suivi du milieu physique après travaux

Les profils en travers réalisés (mission A2) pourront permettre de vérifier à l'avenir la stabilité du lit.

D'avantage que les relevés des encoches d'érosion (qui restent intéressants pour la localisation des sites susceptibles d'évoluer), les profils en travers du lit répartis sur l'ensemble du linéaire permettront de localiser à la fois la colonisation des banquettes apparues dans le lit sur une partie du linéaire (photos et fig. ci-dessous) par la végétation (ripisylve, recul éventuel des hélophytes ...).



Photo 11 : L'abaissement de la ligne d'eau a libéré des banquettes en rive propice à une colonisation progressive par une végétation adaptée (vue vers l'amont)

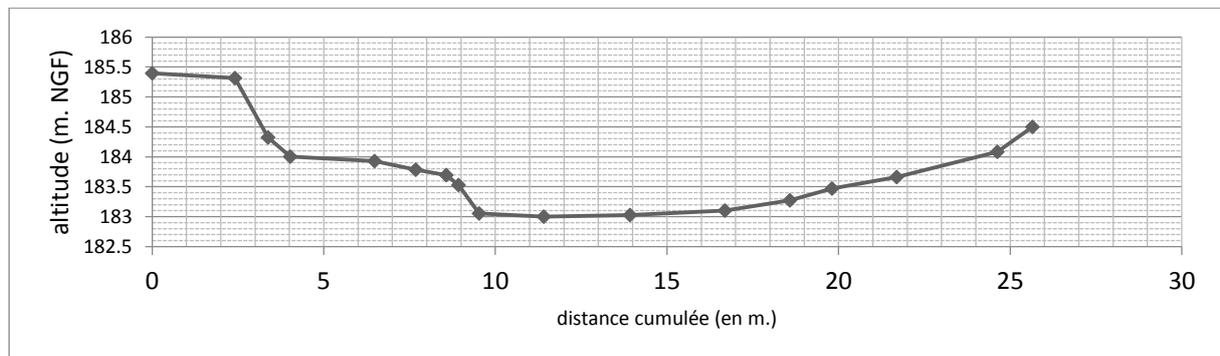
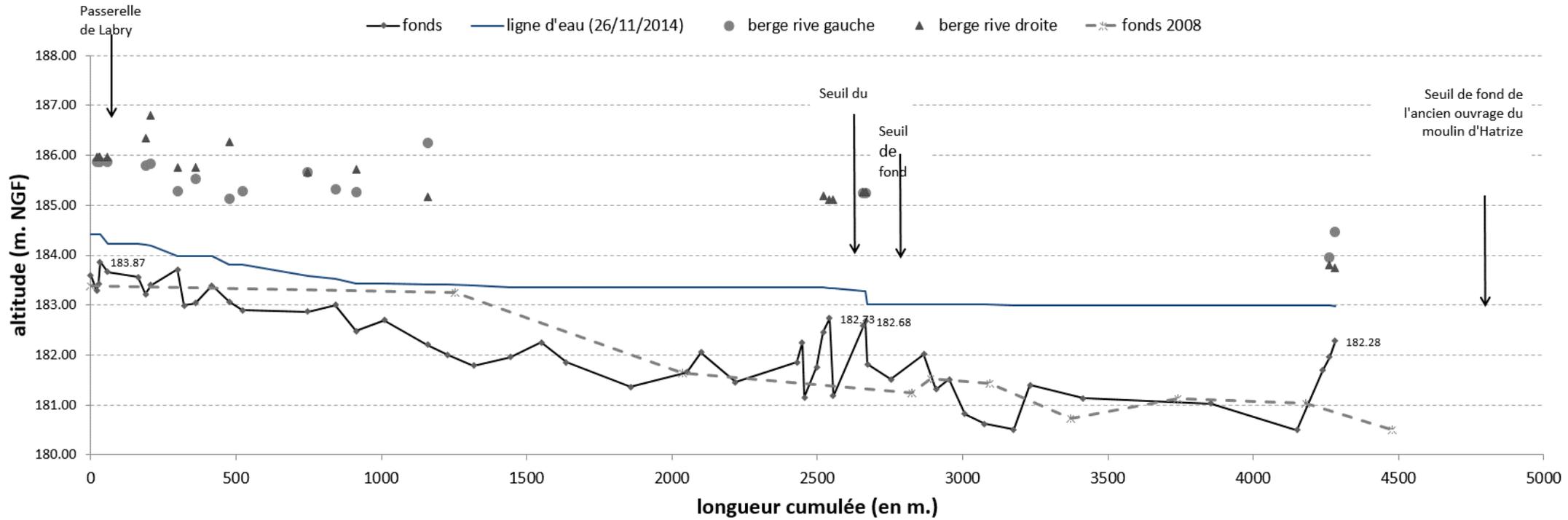


Photo 12 : profil en travers nr 09 : une risberme est dégagée l'étiage et en eaux moyennes en rive droite

Par contre, le rapprochement que nous pouvons réaliser entre le profil réalisé pour EGIS (SINBIO, 2008) et notre profil en long (page suivante), tout en tenant compte du fait que la précision des données du profil 2008 (densité des points) est moindre, semble montrer l'expulsion d'une partie des matériaux du lit, principalement sur la zone amont (amont du remous du seuil du pont SNCF) (fig. suivante).

Profil en long ORNE_26_11_2014



4.2 Synthèse de l'évolution du contexte biologique

4.2.1 Etat initial avant travaux (finalisation de l'effacement)

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, macro-invertébrés et poissons). On constate que les résultats obtenus traduisent des situations 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.

		Physico-chimie		IBGN (équivalent-IBGN)	IPR
		Etat écologique	Etat chimique		
Amont ↓ Aval	Croix-de-Boncourt	2010			
	Naviaux / ORNE 1	2010			
	Tichémont	2006			
		2007			
		2008			
		2009			
		2010			

<u>Classe d'état écologique</u>		<u>Classe d'état chimique</u>	
	Très bon		Bon
	Bon		Mauvais
	Moyen		
	Médiocre		
	Mauvais		

Une étude Confluens

4.2.2 Situation après travaux (finalisation de l'effacement)

Le tableau suivant présente les résultats synthétiques de la caractérisation écologique concernant l'ensemble des données « après travaux » (physico-chimie, macro-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).

Amont		Physico-chimie		IBGN (équivalent-IBGN)	IPR
		Etat écologique	Etat chimique		
	Croix de Boncourt	2011			
↓	Naviaux / ORNE 1	2011			
		2012			
		2014			
		2015			
↓	Tichémont	2011			
		2012			
		2013			
		2014			
		2015			
↓	ORNE 2	2014			
		2015			
Aval					

<u>Classe d'état écologique</u>		<u>Classe d'état chimique</u>	
	Très bon		Bon
	Bon		Mauvais
	Moyen		
	Médiocre		
	Mauvais		

Une étude Confluens

Concernant l'évolution de la qualité physico-chimique par rapport aux situations avant et après travaux (voire plus globalement avant et après effacement progressif de l'ouvrage), le tableau suivant nous permet d'observer :

- un maintien global de la classe d'état écologique (état « moyen » avant et après travaux) ;
- Une dégradation de l'état chimique ;

Physico-chimie			
		Etat écologique	Etat chimique
AVANT TRAVAUX			
Croix-de-Boncourt	2010		
Naviaux / ORNE 1			
Tichémont	2006		
	2007		
	2008		
	2009		
	2010		
ORNE 2			

Physico-chimie			
		Etat écologique	Etat chimique
APRES TRAVAUX			
Croix-de-Boncourt	2011		
Naviaux / ORNE 1	2011		
	2012		
	2014		
	2015		
Tichémont	2011		
	2012		
	2013		
	2014		
	2015		
ORNE 2	2014		
	2015		

Pour l'indice équivalent-IBGN, le tableau suivant nous indique qu'entre la période avant travaux et celle post-travaux, la situation écologique de l'Orne ne semble pas du tout stable : les résultats relèvent une classe de qualité bonne à la station « Naviaux » qui devient même très bonne en 2014 mais moyenne en 2015. Au-delà de les notes IBGN, l'analyse fonctionnelle des peuplements macrobenthiques révèle, en fait, une situation relativement comparable entre la période avant travaux et celle après travaux en termes de richesse faunistique. En revanche, ce sont les groupes les plus sensibles (à la fois à la qualité d'eau et aux conditions physiques) qui ne sont pas toujours retrouvés. Malgré les travaux sur l'ouvrage (et les brèches apparues auparavant), les populations d'invertébrés les plus exigeants ne semblent pas avoir réussi à s'installer de manière très pérenne dans la partie libérée du remous.

**IBGN
(équivalent-IBGN)**

**IBGN
(équivalent-IBGN)**

AVANT TRAVAUX

Croix-de-Boncourt	2010	
-------------------	------	--

Naviaux / ORNE 1		

Tichémont	2006	
	2007	
	2008	
	2009	
	2010	

ORNE 2		
--------	--	--

APRES TRAVAUX

Croix-de-Boncourt	2011	
-------------------	------	--

Naviaux / ORNE 1	2011	
	2012	
	2014	
	2015	

Tichémont	2011	
	2012	
	2013	
	2014	
	2015	

ORNE 2	2014	
	2015	

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 que la classe de qualité associée au calcul de l'IPR tend à s'améliorer sensiblement.

AVANT TRAVAUX

IPR

AVANT TRAVAUX

Croix-de-Boncourt	2010	
-------------------	------	--

Naviaux / ORNE 1	2011	
	2012	
	2014	

Tichémont	2006	
	2007	
	2008	
	2009	
	2010	

ORNE 2	2014	
	2015	

APRES TRAVAUX

IPR

APRES TRAVAUX

Croix-de-Boncourt	2011	
-------------------	------	--

Naviaux / ORNE 1	2011	
	2012	
	2014	
	2015	

Tichémont	2011	
	2012	
	2013	
	2014	
	2015	

ORNE 2	2014	
	2015	

L'analyse fonctionnelle des peuplements piscicoles permet aussi de constater que suite aux travaux, les espèces plus rhéophiles colonisent mieux l'Orne au niveau de l'ancien remous (en prenant comme référence initiale la station de Tichémont), ce qui se rapproche de la station témoin située à la Croix-de-Boncourt. Cela traduit une amélioration sensible qui permet même l'installation d'une population équilibrée de vandoise (espèce à tendance rhéophile exigeante) au niveau de Naviaux (constat qui peut certainement être extrapolé à l'ensemble de la période durant laquelle l'ouvrage a progressivement été effacé). Cela n'est en revanche pas le cas au niveau de Tichémont du fait du positionnement de cette station dans l'emprise d'un autre remous hydraulique (seuil au niveau de la voie ferrée).

4.2.3 Le cas particuliers des milieux terrestres et palustres

L'Orne a fait l'objet de l'effacement d'un seuil important à l'aval du tronçon étudié. Son lit majeur, assez bien délimité par des versants francs est dominé par les prairies permanentes. Il s'agit de prés de fauche mésohygrophiles en assez bon état floristique. A l'amont subsiste une assez grande annexe hydraulique qui a fait l'objet de travaux (creusement, reconnexion). Cette annexe comporte des boisements alluviaux à Saules fragile/blanc en assez bon état.

La superficie totale cartographiée dans le lit majeur est de près de 11 hectares. 21 habitats élémentaires ont été cartographiés lors de la cartographie dégagant que les habitats humides et aquatiques y sont majoritaires. Plus particulièrement, les groupements d'herbacées sur sols humides sont remarquablement diversifiés, alors qu'au contraire, la saulaie fragile (*Chaerophyllo hirsuti* - *Salicetum fragilis*) domine les autres espèces arborées.

Les effets du projet restent difficiles à percevoir, sinon que des habitats nouveaux sont apparus dans l'annexe creusée.

4.3 **Bilan**

4.3.1 **Des conditions d'observations de l'évolution avant-après très défavorables**

Sous réserve d'un travail d'enquête pour collecter davantage d'informations (photographies anciennes, témoignages, données topographiques : levés ayant servis à l'étude EGIS (sous-traitant SINBIO, 2008), informations à tirer de l'ancien droit d'eau, plans de récolement du chantier, etc.), il est quasiment impossible de reconstituer l'état des milieux et des peuplements aquatiques et rivulaires avant 2008 – voir avant les travaux de 2011.

En effet, les données collectées avant 2008 sont quasi inexistantes ou partielles (physico-chimie sur la station de Tichémont, etc.).

Les données collectées en 2010 sont également incomplètes et présentent certains biais.

Cela tient à plusieurs facteurs :

- Diversité des opérateurs,
- lacune de données précises avant abaissement progressif de la ligne d'eau pour tous les compartiments ;
- lacune de données précises avant travaux pour tous les compartiments sauf pour la physico—chimie, l'hydrobiologie (partiels), les faciès et la topographie ;

4.3.2 Essai de synthèse des évolutions constatées

		avant 1988	avant-travaux 2006-2011	après travaux 2014-16	Ten- dance	commentaires
Paramètres physiques	topo - bathymétrie	-	profil en long (2006)	profil en long 2015	+	La comparaison des deux profils semble montrer une évolution principalement dans la partie amont du secteur (approfondissement)
	puissance fluviale spécifique	proche de 0	env. 12 W/m ²	env. 12 W/m ²	+	Alors que la puissance fluviale spécifique était proche de 0 pour les crues annuelles, elle est d'environ 12 W/m ² depuis la ruine de l'ouvrage (seuil à 30 cm, date inconnue). Les travaux n'ont pas significativement changé cette situation
	substrats	"dépôts de vases jusqu'à 1m"	"dépôts de vases jusqu'à 1m"	fonds diversifiés (vase à graviers)	+	seule une évaluation qualitative est disponible en 2008, sans mesure avérée (SINBIO, 2010). On peut supposer que l'envasement était au moins aussi important lorsque le seuil était intact. Aujourd'hui, même dans les zones de remous hydrauliques les zones envasées ne sont pas aussi importantes (Carhyce et profils en travers avec vieux fonds). Dans les zones à écoulements plus rapides, les fonds sont souvent constitués de granulométries grossières (sablo-graveleuses, cailloutis...)
	faciès	plat lentique	2/3 plat lentique	2/3 plat lentique	+ -	Alors que la chute d'Hatrize à 2 m devait provoquer un unique faciès chenal lentique sur tout le linéaire, aujourd'hui celui-ci ne domine plus que sur les 2/3 du linéaire. Les travaux n'ont pas significativement fait évoluer cette situation (influences d'autres seuils)
Physico-chimie	Tichémont	/	dégradation O ² bon état T° et pH	dégradation O ² bon état T° et pH	=	Avant travaux : Tichémont uniquement (2006-2015) : station peut significative car toujours sous l'influence d'un seuil
	Orne 1 - 2		/	dégradation O ² bon état T° et pH	=	nouvelles stations prospectées en 2015
Hydrobiologie	Invertébrés	/	bon état à état moyen	bon état à état moyen	+ -	Malgré une multitude de facteurs explicatifs (notamment groupes pollu-sensibles), on pourrait résumer qu'on observe en général : bon état hors remous (Naviaux), état moyen dans le remous (Tichémont) mais l'équilibre du peuplement semble rester précaire.
	Poissons		variable entre les deux stations	variable entre les trois stations	+ -	La station sous l'influence d'un seuil de fond (Tichémont) présente les densités les plus faibles (Boncourt et Naviaux). La station libérée du remous s'avère plus propice aux espèces à tendance rhéophiles (ex. vandoise) que celle de Tichémont

Une étude Confluens

Ripisylve	/	/	dépérissements constatés vers l'amont	-	Dépérissement de saules, plus particulièrement à l'amont (abaissement de la ligne d'eau). Possibilité de colonisation de banquettes en pied de talus par la phalaridaie au détriment de peuplement caractéristiques des eaux lentes (Sparganium, Thyphaie, Phragmitaie...)
Lit majeur	/	/	habitats spécifiques dans annexe	+ -	lit majeur globalement assez bien diversifié, bonne reconquête de l'annexe restaurée

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

4.3.3 Perspectives

✓ Lacunes constatées de l'état zéro avant travaux à Hatrize

Afin d'améliorer la possibilité de reconstitution de l'état préalable (état 0), et donc de mettre en perspective les évolutions constatées, il aurait été intéressant de préciser au préalable plusieurs éléments :

- enquête historique afin d'essayer de reconstituer plus précisément l'évolution de la ligne d'eau sur la période 1990-2010 ;
- contexte plus général de la zone d'étude : influence de la confluence de l'Yron (hydrobiologie), influence du seuil de Moineville, mobilité potentielle de la rivière, etc. ;
- contexte hydrogéologique : précision du rôle de l'encaissant sur le comportement de la nappe alluviale à la suite de l'abaissement de la ligne d'eau par une étude de contexte (dépérissement d'une partie de la ripisylve).
- vérification de la pertinence des sites de faciès lentique sous influence de seuils de fonds (700 ml à l'amont de l'ouvrage SNCF, 900 ml à l'amont direct d'Hatrize) comme référence avant-travaux.

✓ Enseignements généraux de cette mission pour l'optimisation des états zéro

Ces premières missions de suivis ont permis de confirmer l'importance de la précision des mesures à réaliser avant travaux d'effacement d'ouvrage :

- anticipation de l'impact des travaux d'effacement sur le milieu afin de caler au plus juste l'étendue et la nature des mesures à faire pour l'état zéro :
 - profil en long de la ligne d'eau et des fonds sur toute l'étendue de la zone de retenue hydraulique mais aussi sédimentaire ;
 - contextualisation de la zone d'influence (historique du site, types d'habitats naturels/actuels, contexte hydrogéologique, contexte hydrologique, fonctionnement morphodynamique théorique et actuel, ...) ;
 - profils en travers géolocalisés répartis efficacement avec mention des substrats présent et de l'épaisseur de vase ;
 - bathymétrie ou cartographie des faciès pour un niveau d'eau connu ;
 - expertise du potentiel de réaction morpho-dynamique de la rivière suite à la transformation ou suppression de l'ouvrage.
- réalisation des relevés hydrobiologiques, physico-chimiques, faune et flore terrestre sur les secteurs présumés restaurés selon des conditions reproductibles, avant travaux.

Une étude Confluens

- réalisation d'un reportage photographique géolocalisé aussi dense que possible avant/après effacement ;
- plans de masse de l'ouvrage supprimé ;
- bancarisation des documents de travaux (plans de récolement...) ;

✓ Optimisation de la restauration des milieux

Suite à ces premiers relevés, et fort de la constatation de la plus grande diversité hors de la zone de remous, il pourrait être opportun d'étudier les potentialités qu'offrirait :

- une échancrure voire un effacement total du seuil du pont de chemin de fer (investigations géotechniques nécessaires) ;
- une gestion différente de la ripisylve, avec notamment la diversification de la saulaie très présente ;
- l'amélioration du traitement des rejets concernés (notamment celui qui se trouve à proximité de la station « Naviaux » en rive droite) ;
- la réduction de l'influence de l'ouvrage de Moineville.

Ces interventions devraient au préalable faire l'objet d'investigations adéquates afin de fixer l'état zéro. Elles présenteraient l'avantage, outre la poursuite de la restauration de ce linéaire de l'Orne, d'offrir des informations complémentaires sur le bénéfice de ce type opérations.

✓ Recommandations pour la poursuite du suivi du site de l'Orne à l'amont d'Hatrize

Outre l'intérêt que pourraient représenter les travaux complémentaires de restauration mentionnées ci-dessus, nous préconisons :

- une enquête historique afin de préciser les étapes progressives d'abaissement de la ligne d'eau avant les travaux de 2010 ;
- la réitération à l'horizon 2020 des principales mesures de suivi réalisées en 2015 : hydrobiologie, physico-chimie, relevés faune-flore terrestre, profils en travers, faciès, substrats (l'intégralité des relevés Carhyce ne nous paraît pas nécessaire à renouveler à courte échéance) ;
- comme l'avait proposé SINBIO, état sur les sites de travaux (principalement aval de la zone de la présente mission) : zone de l'ouvrage effacé (seuil de fond), accès, berges retalutées et/ou protégées sur site et à l'amont (mesures d'accompagnement), canal

Une étude Confluens

d'amenée à l'ancien moulin et île centrale, etc. Ce bilan pourrait être réalisé à l'horizon 2020.

Dix ans après les travaux, l'objectif de ce suivi serait un comparatif coûts/bénéfices sur l'ensemble des mesures en dégagant les capacités de résilience de ce type de cours d'eau et l'opportunité de certaines mesures de restauration.

5 BIBLIOGRAPHIE

- AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE - 2011 - Effacement du seuil d'Hatrize sur l'Orne. Actions menées sur le Bassin Rhin-Meuse : retour d'expérience.
- BARDAT et al. – 2002 - Prodrôme de la végétation de France.
- BARNAUD G., FUSTEC E. - 2007 - Conserver les zones humides : pourquoi ? comment ? Quae éditions, Educagri éditions.
- BRAVARD J-P, PETIT F. - 1997 - Les cours d'eau. Dynamique du système fluvial. A. Colin.
- BURGUN V., KERNEAU, B., 2010, Premières réponses morphologiques suite à l'apparition d'une brèche dans le seuil du moulin d'Hatrize (54) sur l'Orne, ONEMA, 9 p.
- ENGREF – 2000 - Typologie « Corine biotopes » des habitats de la France. ENGREF.
- KERNEAU B., 2010, Mise en place d'un protocole de suivi d'aménagement d'ouvrages sur un grand cours d'eau, l'Orne, (54), Mémoire de stage de fin de formation, Université de Rennes 1, ONEMA, 69 p.
- LAMBINON J. et coll. - 1992 - Nouvelle Flore de la Belgique, du Grand Duché de Luxembourg, du nord de la France et des Régions voisines. Editions du Patrimoine du Jardin botanique national de Belgique.
- OBERDORFER E. - PFLANZENSOZIOLOGISCHE EXKURSIONSFLORA. 8. AUFLAGE. ULMER VERLAG.
- PIEGAY H., PAUTOU G., RUFFINONI C. (DIR.) - 2003 - Les forêts riveraines des cours d'eau. IDF.
- ROTHMALER W.- 2011 - Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen : Grundband. Spektrum Verlag. Akademischer Verlag.
- RAMEAU J-C, MANSION D. ET DUME G. -Flore Forestière Française. guide écologique illustré. Tome 2 : Montagnes. IDF.
- SCHUBERT, HILBIG ET KLOTZ– 2001 - « Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Deutschlands », Spektrum Verlag, Gustav Fischer.
- SINBIO - 2010 - Mission de maîtrise d'oeuvre; Programme d'aménagement du seuil d'Hatrize sur l'Orne en Meurthe-et-Moselle.
- SINBIO, EGIS, 2008, Etude d'aménagement des ouvrages hydrauliques d'Hatrize, Moineville et Homécourt, diagnostic global et propositions d'aménagement, rapport final 90 p.
- SINBIO et BRGM - 2007 - SAGE Bassin ferrifère lorrain. Etat des lieux. Conseil Régional de Lorraine, AERM.

