Syndicat mixte pour l'aménagement et la gestion des eaux de l'Aa (SmageAa)
1559 rue Bernard Chochoy
62380 ESQUERDES

Maîtrise d'œuvre des travaux de rétablissement de la continuité écologique du moulin de Mombreux à Lumbres

Projet (PRO) – V1

A15-2 – Novembre 2015

Maître d'œuvre :

EURL AQUATEC
122 impasse des sapins – 62890 AUDREHEM
Tel : 06-14-15-52-39
www.eurl-aquatec.fr

VALETUDES
6 rue Ste Catherine - 59300 VALENCIENNES
Tel : 03-27-29-56-98
www.valetudes.fr

Sommaire

I- CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA MISSION 5

II- DESCRIPTION DU SITE A L'ETAT ACTUEL 5

II.1 – LOCALISATION DU SITE 5
II.2 – CONTEXTE HISTORIQUE ET PROPRIETE DES OUVRAGES 7
II.3 – CARACTERISTIQUES DES OUVRAGES 8
II.4 – DONNEES HYDROLOGIQUES 10
II.5 – PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS INONDATION (PPRI) 11
II.6 – LEVES TOPOGRAPHIQUES 12
II.7 – EVALUATION DE LA FRANCHISSABILITE PISCICOLE 13
II.7.1 – Généralités 13
II.7.2 – Situation des migrateurs sur le Bléquin 14
II.7.3 – Evaluation de la franchissabilité du complexe hydraulique 15

III- MODELISATION HYDRAULIQUE DU SITE 17

IV- DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS 20

IV.1 – TRAVAUX PREPARATOIRES 20
IV.1.1 – Etude d'exécution 20
IV.1.2 – Visite contradictoire d'un huissier 20
IV.1.3 – Accès au site 20
IV.1.4 – Batardage et pompage 21
IV.1.5 – Pêches électriques de sauvetage 22
IV.1.6 – Travaux forestiers 22
IV.2 – TRAVAUX SUR LE SEUIL DU MOULIN 23
IV.3 –TRAVAUX SUR LE BRAS DE CONTOURNEMENT 24
IV.3.1 –Démolition 24
IV.3.2 – Terrassement 24
IV.3.3 – Description du bras de contournement 24
IV.3.4 – Aménagement du fond de lit et des berges du bras de contournement 25
IV.3.5 – Aménagement d'une passerelle assurant le franchissement des engins de 20T 27
IV.3.6 – Traitement de la renouée du Japon 28
IV.3.7 – Protection des berges en génie végétal 28
IV.4 –TRAVAUX SUR LE BLEQUIN 30
IV.4.1 – Abreuvoir au fil de l'eau 30
IV.4.2 – Clôture en barbelé 30

V- DETAIL QUANTITATIF ESTIMATIF (DQE) 31

VI- PLANNING PREVISIONNEL DES TRAVAUX 31

VII- PLANS DE L'ETAT ACTUEL ET DE L'ETAT FUTUR 31

Table des illustrations

Figures :

Figure 1 : Localisation du bassin versant et du site d'étude 5
Figure 2 : Localisation du site sur la carte IGN 25 000..... 6
Figure 3 : Zoom sur la localisation du site 6
Figure 4 : Extrait du cadastre Napoléonien de 1820 à 1830..... 7
Figure 5 : Vue du moulin de Mombreux au début du XXème siècle 7
Figure 6 : Localisation des ouvrages et des deux bras 8
Figure 7 : Vue vers l'amont du seuil du moulin 9
Figure 8 : Vue vers l'aval du seuil du moulin..... 9
Figure 9 : Vue de la prise d'eau d'eau du bras de décharge (OH 1)..... 9
Figure 10 : Vue de la vanne contrôlant le débit transitant dans le bras de décharge (OH 2)..... 9
Figure 11 : Vue de l'ouvrage 3 (OH 3)..... 9
Figure 12 : Vue de l'ouvrage de franchissement du bras de décharge (OH 4) 9
Figure 13 : Evolution des débits mensuels (en m3/s) au niveau du moulin de Mombreux 10
Figure 14 : Vue du seuil du moulin - le 19-02-15 11
Figure 15 : Vue du seuil du moulin - le 05-08-15 11
Figure 16 : Vue de la prise d'eau du bras de décharge - le 19-02-15 11
Figure 17 : Vue de la prise d'eau du bras de décharge - le 05-08-15 11
Figure 18 : Extrait du zonage réglementaire du PPRI de la vallée de le Bléquin approuvé le 07/12/2009 12
Figure 19 : Limites amont et aval des levés topographiques de la zone d'étude..... 12
Figure 20 : Calendrier des périodes de migration et de dévalaison (source : Agence de l'Eau Seine-Normandie) 13
Figure 21 : Evolution des débits mensuels (en m3/s) au niveau du moulin de Mombreux 13
Figure 22 : Vue du seuil du moulin le 05-08-15 15
Figure 23 : Vue de l'OH2 le 17-08-15 15
Figure 24 : Vue de l'OH3 le 15-04-15 16
Figure 25 : Vue de l'OH4 le 05-08-15 16
Figure 26 : Vue d'un petit seuil en enrochements similaire à celui qui sera réalisé en entrée hydraulique du bras de contournement 17
Figure 27 : Evolution des débits mensuels (en m3/s) au niveau du moulin de Mombreux et répartition des débits dans les deux bras 18
Figure 28 : Proposition de l'accès au chantier 20
Figure 29 : Vue de l'accès au chantier..... 21
Figure 30 : Vue de l'accès au chantier..... 21
Figure 31 : Localisation des batardeaux lors des travaux à réaliser sur le seuil du moulin..... 21
Figure 32 : Vue de l'amont du canal usinier..... 22
Figure 33 : Vue de l'intérieur de la roue..... 22
Figure 34 : Vue d'une pêche électrique de sauvetage dans une fosse..... 22
Figure 35 : Vue du seuil le 05-08-15..... 23
Figure 36 : Vue du seuil le 05-08-15..... 23
Figure 37 : Vue des maçonneries dégradées en rive gauche 23
Figure 38 : Vue de la végétation incrustée dans les maçonneries de l'ouvrage 23
Figure 39 : Plan de masse - Etat actuel 25
Figure 40 : Plan de masse - Etat futur 25
Figure 41 : Illustration d'un nouveau tracé de cours d'eau juste après les travaux 25
Figure 42 : Illustration d'un nouveau tracé de cours d'eau 1 an après les travaux 25
Figure 43 : Vue d'une recharge granulométrique avec dépôt grossier de façon à créer des profils en travers irréguliers 26
Figure 44 : Illustration de pied de berge de gros enrochements 26
Figure 45 : Vue du franchissement actuel 27
Figure 46 : Vue du franchissement actuel 27
Figure 47 : Vue d'une passerelle bois/métal assurant le franchissement des gros engins 27
Figure 48 : Vue du type de garde-corps recherché (bois avec câbles) 27
Figure 49 : Présence de la renouée du Japon en rive droite en aval de l'OH3 (surface estimée à 30 m²) 28
Figure 50 : Illustration d'un concassage/criblage de terres colonisées par les renouées asiatiques 28

Figure 51 : Ensemencement sur géotextile tissé en coco 29
Figure 52 : Vue d'un abreuvoir au fil de l'eau 30
Figure 53: Linéaire de clôture à mettre en place en rive gauche du Bléquin 30

Tableaux :

Tableau 1 : Débits classés au niveau du moulin de Mombreux 10
Tableau 2 : Débits caractéristiques au niveau du moulin de Mombreux..... 10
Tableau 3 : Evaluation de la franchissabilité de l'anguille 16
Tableau 4 : Vitesse moyenne des écoulements dans le bras de contournement..... 18
Tableau 5 : Tableau de synthèse de la modélisation hydraulique 19
Tableau 6 : Composition granulométrique..... 25
Tableau 7 : Mélange grainier type berge..... 29

I- CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA MISSION

Le Syndicat mixte pour l'aménagement et la gestion des eaux de l'Aa (SmageAa), agissant en qualité de maître d'ouvrage, souhaite restaurer la continuité écologique sur l'Aa et ses affluents.

Le Bléquin au niveau du moulin de Mombreux (code ROE33036) est concerné par l'Arrêté du 20 décembre 2012, établissant la liste des cours d'eau mentionnée au 2° du I de l'article L. 214-17 du code de l'environnement pour le bassin Artois-Picardie.

L'article L. 214-17 du code de l'environnement stipule que tout ouvrage doit être géré, entretenu et équipé selon les règles définies par l'autorité administrative en concertation avec le propriétaire ou, à défaut, l'exploitant pour assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs dans un délai de cinq ans après la publication de la liste en annexe.

Les espèces ciblées, en l'état des connaissances en avril 2012, sont les suivantes :

- Anguille (*Anguilla anguilla*)
- Saumon Atlantique (*Salmo salar*)
- Truite de mer (*Salmo trutta trutta*)
- Lamproie de rivière (*Lampetra fluviatilis*)
- Lamproie marine (*Petromyzon marinus*)
- Lamproie de Planer (*Lampetra planeri*)
- Truite commune (*Salmo trutta fario*)
- Chabot (*Cottus gobio*)

II- DESCRIPTION DU SITE A L'ETAT ACTUEL

II.1 – Localisation du site

Le site est situé dans la commune de Lumbres, au bord du Bléquin (affluent de l'Aa).

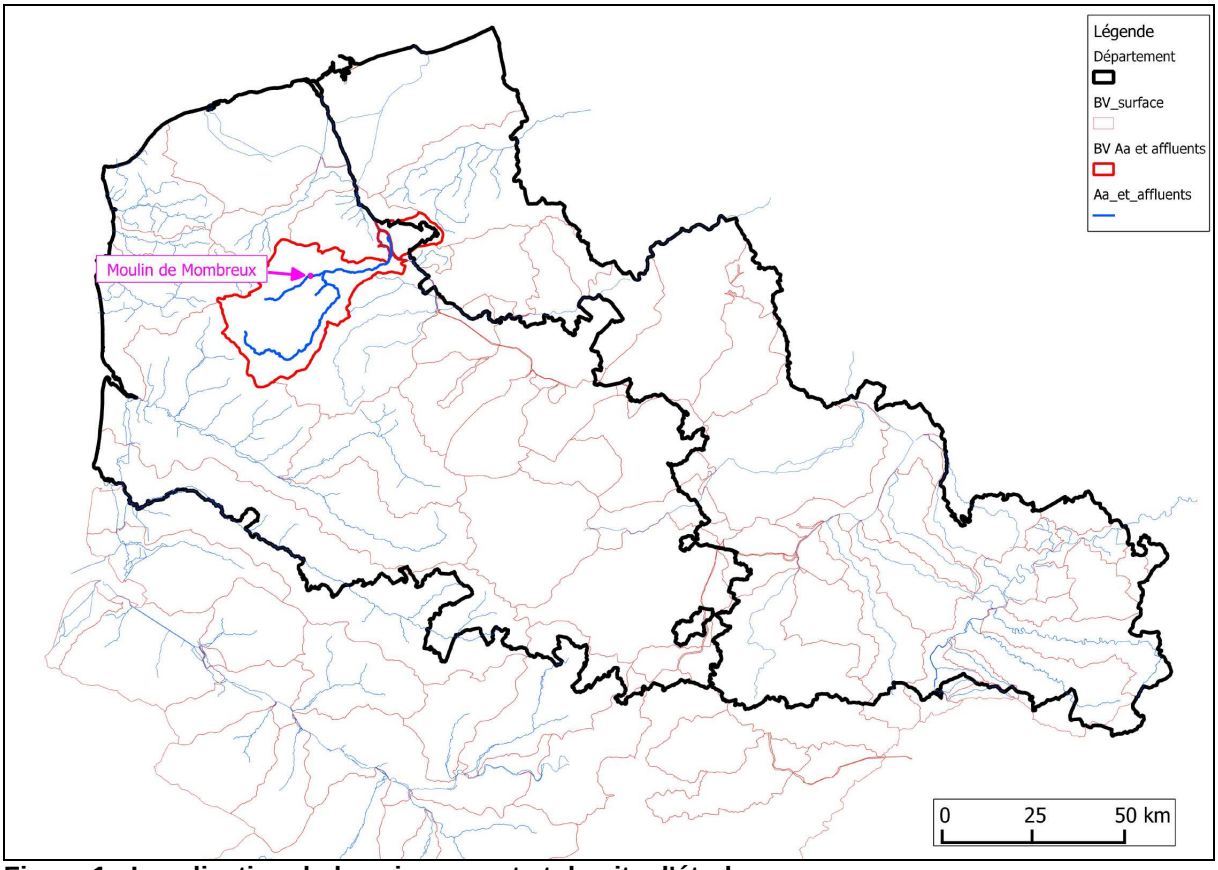


Figure 1 : Localisation du bassin versant et du site d'étude

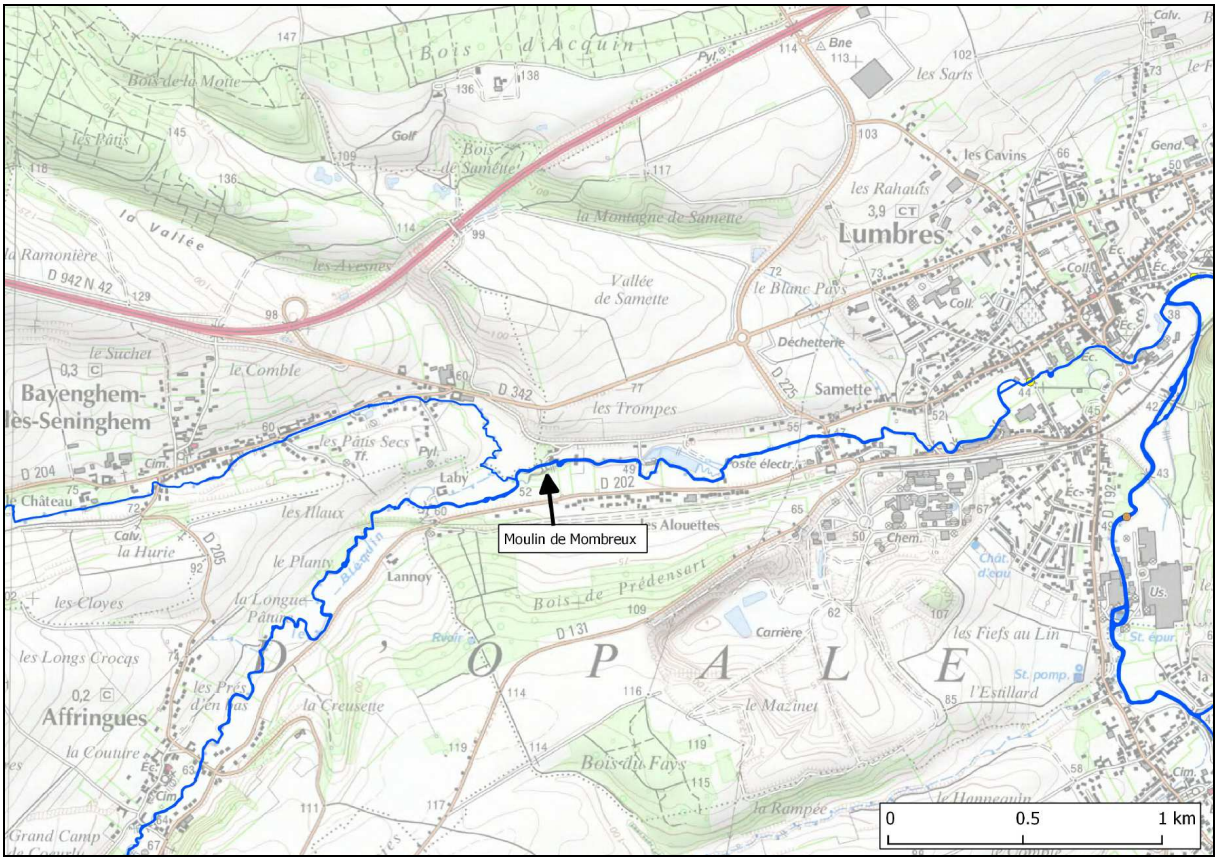


Figure 2 : Localisation du site sur la carte IGN 25 000

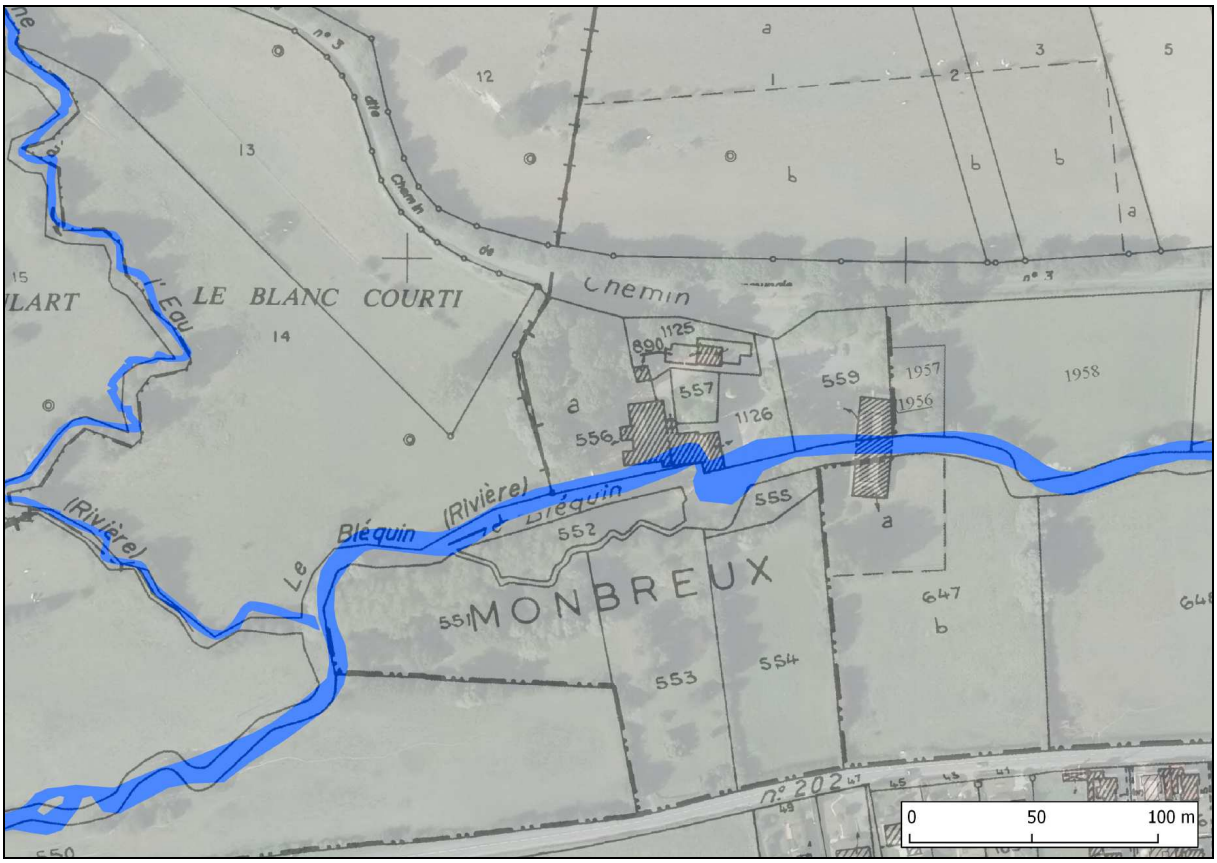


Figure 3 : Zoom sur la localisation du site

II.2 – Contexte historique et propriété des ouvrages

La présence du moulin de Mombreux est attestée dans des documents du XIIIe siècle. Au début du XIXe siècle, le moulin fonctionne avec trois paires de meules et on y fabrique de la farine et de l'huile. L'activité est arrêtée en 1955. Après avoir servi d'entrepôt de matériaux de construction, le moulin est finalement reconverti en hôtel-restaurant en 1971. Aujourd'hui le mécanisme et la roue verticale en bois, qui a été restaurée, subsistent.

Figure 4 : Extrait du cadastre Napoléonien de 1820 à 1830

Figure 5 : Vue du moulin de Mombreux au début du XXème siècle

Actuellement, le moulin de Mombreux est la propriété de la SCI les berges du Bléquin. Le moulin est utilisé à des fins commerciales avec un restaurant installé dans le bâtiment principal et un hôtel dans une annexe en aval du site.

II.3 – Caractéristiques des ouvrages

La figure suivante présente la localisation des ouvrages et des différents bras :

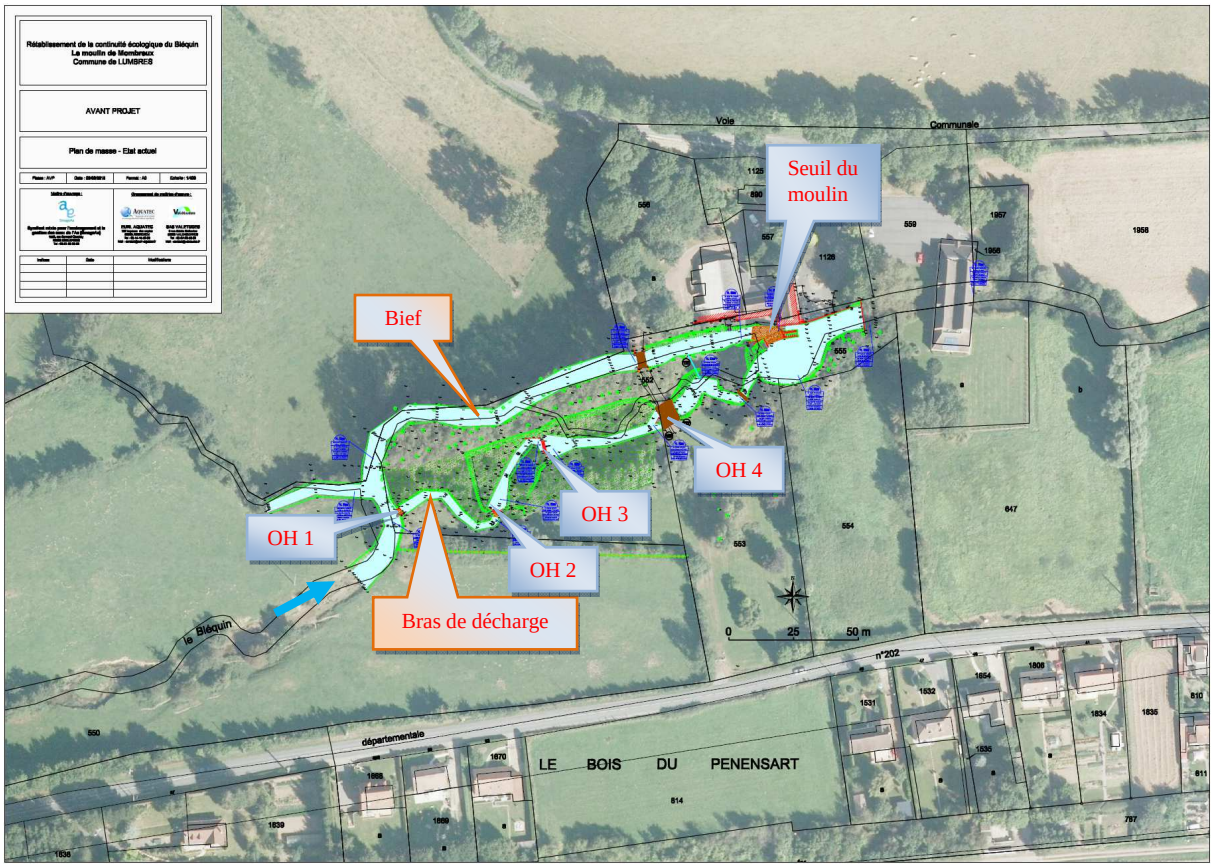


Figure 6 : Localisation des ouvrages et des deux bras

Le seuil du moulin constitue l'ouvrage principal du complexe hydraulique. Le vannage a été démonté. Les maçonneries de l'ouvrage sont dans un état relativement dégradé (végétation, fissures et nombreuses briques manquantes).

Au niveau du bras de décharge, il existe quatre ouvrages hydrauliques dans un état dégradé (cf. figures suivantes).

Figure 7 : Vue vers l'amont du seuil du moulin

Figure 8 : Vue vers l'aval du seuil du moulin

Figure 9 : Vue de la prise d'eau d'eau du bras de décharge (OH 1)

Figure 10 : Vue de la vanne contrôlant le débit transitant dans le bras de décharge (OH 2)

Figure 11 : Vue de l'ouvrage 3 (OH 3)

Figure 12 : Vue de l'ouvrage de franchissement du bras de décharge (OH 4)

II.4 – Données hydrologiques

Le régime hydrologique du Bléquin se caractérise par des débits de crue importants au regard de son débit moyen interannuel.

Ces valeurs ont été calculées à partir des données fournies par la station hydrométrique de Lumbres, située à 2,4 km environ en aval du moulin de Mombreux.

Les caractéristiques hydrologiques du Bléquin au niveau du moulin de Mombreux sont présentées ci-dessous :

Tableau 1 : Débits classés au niveau du moulin de Mombreux

Fréquence de non dépassement	0,99	0,98	0,95	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Jour de non dépassement	361	358	347	329	292	256	219	183	146	110	73	37	18	7	4
Débit (en m3/s)	3,68	3,07	2,44	1,94	1,43	1,22	1,07	0,93	0,78	0,67	0,57	0,48	0,43	0,38	0,36

Tableau 2 : Débits caractéristiques au niveau du moulin de Mombreux

Débits caractéristiques		Q (en m3/s)
Débits de module et de basses eaux	VCN3	0,41
	QMNA5	0,43
	Module	1,11
Débits de crue	Crue biennale (Q2)	7,7
	Crue cinquennale (Q5)	13,0
	Crue décennale (Q10)	16,0
	Crue Vicennale (Q20)	19,0

Les variations inter-mensuelles de débit sont importantes (de 0,55 m^3/s à 1,81 m^3/s).

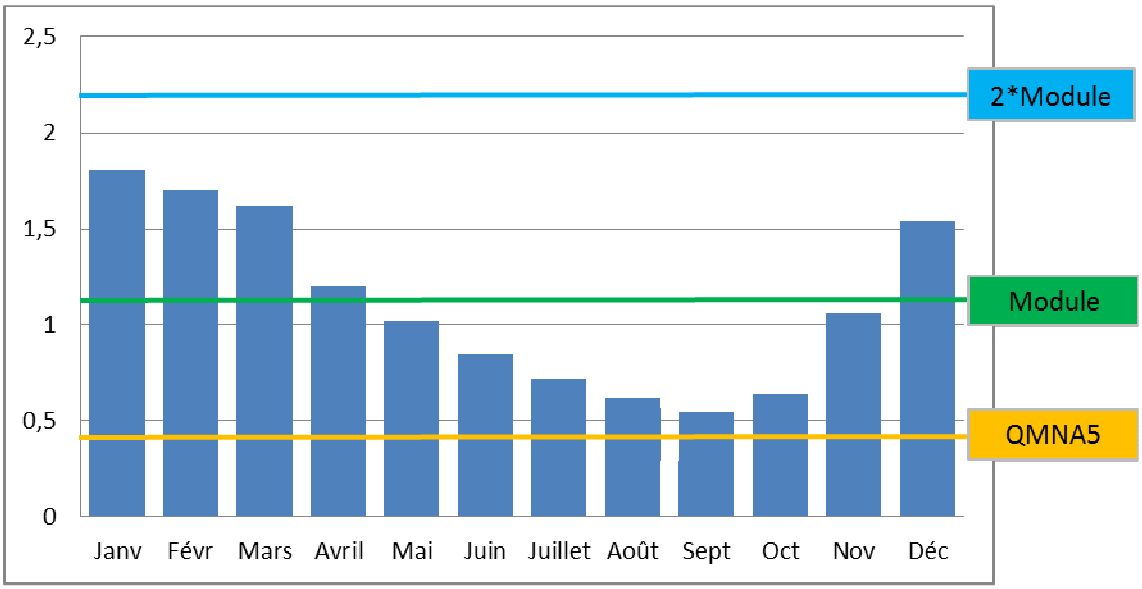


Figure 13 : Evolution des débits mensuels (en m3/s) au niveau du moulin de Mombreux

Actuellement, la grande majorité du débit (≈ 90%) transite par le bief. Trois campagnes de mesures de débit ont été réalisées, le tableau suivant résume la répartition des débits.

Date de la campagne de mesure	*Débit total (m^3/s)*	*Débit transitant par le bief (m^3/s)*	*Débit transitant par le bras de décharge (m^3/s)*
16/03/2015	1,68 (≈ 1,5 * module)	1,5 (= 89%)	0,18 (= 11%)
17/04/2015	1,28 (≈ module)	1,17 (= 91%)	0,11 (= 9%)
05/08/2015	0,43 (= QMNA5)	0,4 (= 93%)	0,03 (= 7%)

Les photographies suivantes permettent de comparer deux situations hydrologiques observées.

Figure 14 : Vue du seuil du moulin - le 19-02-15

Figure 15 : Vue du seuil du moulin - le 05-08-15

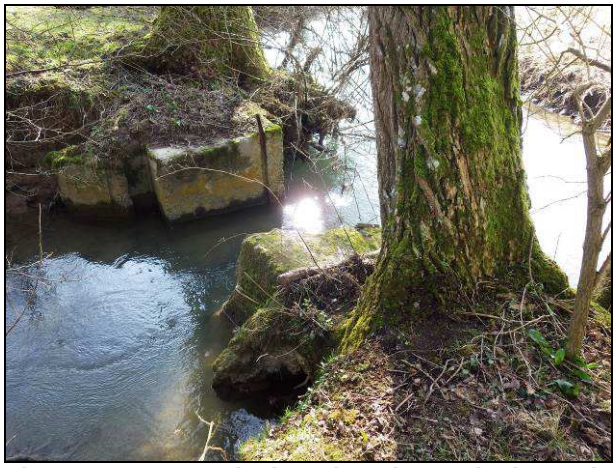
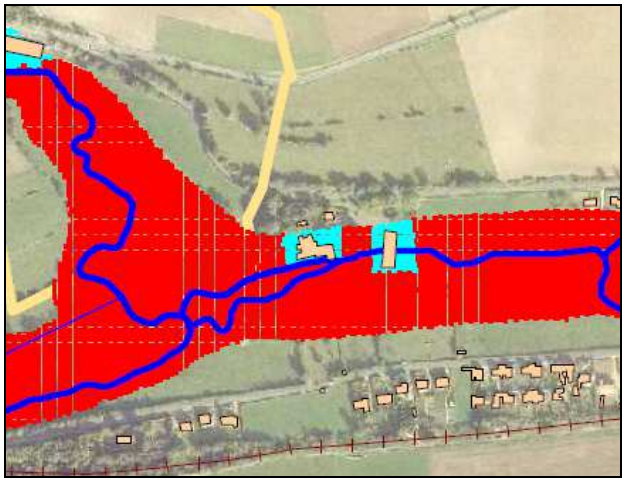


Figure 16 : Vue de la prise d'eau du bras de décharge - le 19-02-15

Figure 17 : Vue de la prise d'eau du bras de décharge - le 05-08-15

II.5 – Plan de Prévention des Risques Naturels Inondation (PPRI)

Le zonage réglementaire du Plan de Prévention des Risques Naturels Inondation (PPRI) est présenté dans la figure suivante. Le bras de contournement sera situé en zone rouge correspondant à une zone naturelle d'expansion des crues à préserver de toute urbanisation.



Zone bleu clair : zone urbanisée faiblement exposée au risque d' inondation

Zone bleu foncé : zone urbanisée moyennement exposée au risque d' inondation

Zone rouge : zone urbanisée fortement exposée au risque d' inondation et/ou zone naturelle d' expansion des crues à préserver de toute urbanisation

Figure 18 : Extrait du zonage réglementaire du PPRI de la vallée de le Bléquin approuvé le 07/12/2009

II.6 – Levés topographiques

Les premiers relevés topographiques ont été réalisés en 2009 par le cabinet Ingéo. Ceux-ci ont été complétés par des relevés bathymétriques réalisés fin Mai 2015 par la société Géobathy.

La zone étudiée s'étend sur un linéaire de 500 mètres. 35 profils en travers ont été réalisés et environ 1700 points ont été levés dans les lits mineur et majeur pour caractériser cette zone d'étude.

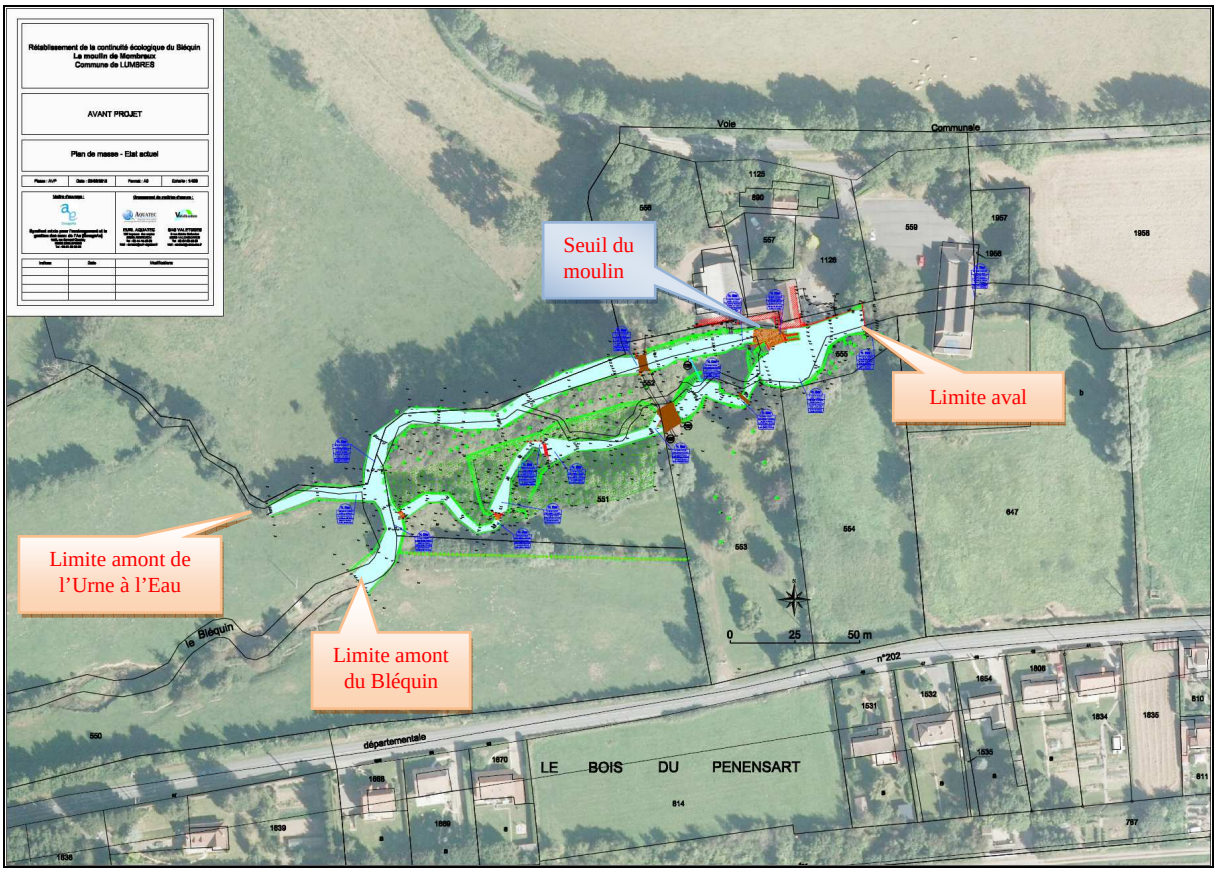


Figure 19 : Limites amont et aval des levés topographiques de la zone d'étude

Les pentes hydrauliques sont présentées sur les profils en long (cf. annexes).

II.7 – Evaluation de la franchissabilité piscicole

II.7.1 – Généralités

Les poissons de nos cours d'eau sont continuellement en mouvement pour des raisons liées à l'exécution de leurs fonctions vitales : se nourrir, se reproduire et se protéger contre les prédateurs et les conditions défavorables du milieu.
Les poissons utilisent trois principaux types d'habitat : l'habitat d'alimentation ou d'activité, l'habitat de repos ou de refuge et l'habitat de reproduction. Suivant la nature de la fonction, ces mouvements écologiques s'expriment à des échelles de temps variables (jour, semaines, cycle annuel), sur des distances variables (de quelques centaines de mètres à plusieurs centaines de kilomètres) et dans des sens variables (longitudinalement, latéralement et verticalement).
On appelle migration les mouvements d'une certaine amplitude qui s'inscrivent de manière régulière et prévisible dans le cycle de vie d'une espèce ou d'une population et qui impliquent un aller-retour entre deux types de milieux.
Deux types de migrations sont principalement impactés par la présence d'ouvrages sur les cours d'eau : la montaison et la dévalaison.

Le calendrier des périodes de migration de montaison et de dévalaison est présenté ci-dessous :

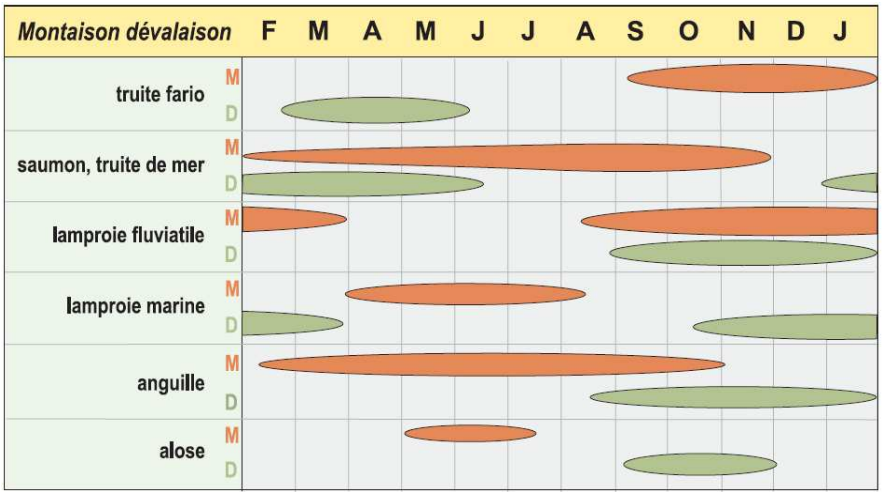


Figure 20 : Calendrier des périodes de migration et de dévalaison (source : Agence de l'Eau Seine-Normandie)

Les migrations de poissons ont donc lieu toute l'année. Il est intéressant de superposer ce calendrier avec l'évolution des débits mensuels au niveau du moulin de Mombreux.

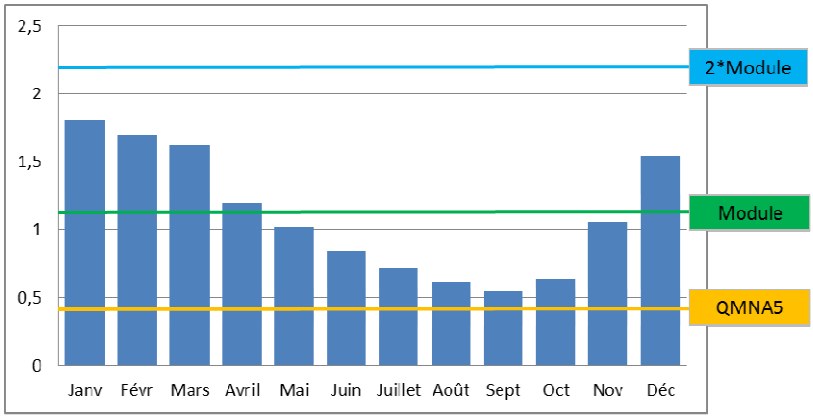


Figure 21 : Evolution des débits mensuels (en m3/s) au niveau du moulin de Mombreux

✓ **Migration de dévalaison**

La dévalaison est une migration d'amont en aval. On distingue :

- les migrations d'adultes après la reproduction, avec un retour vers les zones aval (truite fario…)
- les migrations de juvéniles pour grossir en mer (saumon…) ou pour se disperser (truite fario…)
- les migrations vers la mer pour se reproduire (anguille adulte).

Elle concerne donc la majorité des espèces et toutes les tailles de poissons.

✓ **Migration de montaison**

La montaison est la plus connue des migrations. Elle se produit d'aval en amont. Elle concerne le plus souvent des besoins de reproduction, avec l'accès aux zones de frayères situées en amont des bassins. Les individus concernés sont donc plutôt de taille adulte, en capacité de se reproduire. Le cas de l'anguille est atypique puisqu'elle remonte les cours d'eau pour trouver des zones favorables de grossissement. Chaque espèce migre généralement durant une période bien distincte dans l'année. Ainsi, compte tenu des différentes espèces présentes dans le Bléquin, on observe des migrations de montaison la majorité de l'année.

Le franchissement des seuils est possible à condition que :

- le poisson ne rencontre pas des vitesses d'écoulement excédant ses capacités de nage ou son endurance ;
- les épaisseurs de lame d'eau sur les ouvrages soient suffisantes pour permettre la nage ;
- pour les espèces capables de saut, la hauteur et la distance à franchir n'excèdent pas les capacités de saut et l'endurance des migrateurs ;
- la configuration physique de l'obstacle n'empêche pas le passage du poisson (profondeur suffisante au pied de l'obstacle, absence de rupture de pente, rugosité des parois facilitant la progression des espèces capables de reptation).

Les capacités de nage et de saut des migrateurs dépendent fortement d'une part de la taille des migrateurs (plus la taille est grande, meilleures sont les capacités de nage et de saut), d'autre part de la température de l'eau (les faibles températures réduisent fortement les vitesses de nage et les hauteurs de saut).

Il est à signaler que, sur un obstacle infranchissable, les tentatives de franchissement par saut peuvent conduire rapidement à des blessures et à un risque important de mortalité. Les blocages temporaires peuvent être également à l'origine de mortalité par prédation (cas des civelles et anguillettes).

II.7.2 – Situation des migrateurs sur le Bléquin

Des populations de truites de mer, de saumons atlantique et de lamproies fluviatiles sont implantées sur la partie aval de l'Aa, à partir de Blendecques.

L'anguille est présente sur la quasi-totalité du linéaire de l'Aa et de ses affluents.

Les populations de poissons migrateurs sont en faibles effectifs car la continuité écologique est rompue par la présence de multiples ouvrages hydrauliques difficilement franchissables.

II.7.3 – Evaluation de la franchissabilité du complexe hydraulique

✓ **Cas des salmonidés et des lamproies fluviatiles**

Au niveau du seuil du moulin :

Le dénivelé à franchir évolue de 1.32 m à 1.36 m entre le QMNA5 et le 1,5*module.

Au niveau de la chute, le dénivelé est « composé » de chutes quasi verticales.

Au niveau des ouvrages du bras de décharge :

Les ouvrages OH2, OH3 et OH4 forment des chutes, plus ou moins composées, d'une hauteur totale de 40 à 60 cm selon les débits (cf. profil en long).

Ces chutes relativement importantes sont accompagnées de zones d'accélération du courant sur plusieurs mètres, où les vitesses d'écoulement sont importantes et où les hauteurs d'eau sont pour certains débits très faibles (< 5 cm).

En étiage, il n'y a plus d'écoulement de surface au niveau de l'OH4. Le débit transite par les renards hydrauliques. Les radiers en béton en aval de l'OH2 et de l'OH4 ne permettent pas aux poissons de sauter dans de bonnes conditions.

On observe aussi un manque de débit dans ce bras (< 10% du débit total) qui rend difficile le franchissement des obstacles. La faible alimentation de ce bras lui confère aussi une faible attractivité.

Conclusion :
A la montaison, le bras de décharge ainsi que le seuil du moulin sont jugés difficilement franchissables pour les salmonidés et les lamproies fluviatiles.

A la dévalaison, le seuil du moulin peut provoquer des blessures, voire des mortalités, aux poissons dévalant en raison de son profil en escalier. Les poissons peuvent en effet se fracasser sur le béton des marches.

Le bras de décharge pose moins de problème aux poissons dévalant.

Figure 22 : Vue du seuil du moulin le 05-08-15

Figure 23 : Vue de l'OH2 le 17-08-15

Figure 24 : Vue de l'OH3 le 15-04-15

Figure 25 : Vue de l'OH4 le 05-08-15

✓ **<u>Cas des anguilles</u>**

La franchissabilité des ouvrages par l'anguille a été évaluée à partir de la grille de Steinbach.

Selon cette grille, la franchissabilité de l'anguille est jugée :

- sans difficulté apparente, mais avec retard pour les ouvrages du bras de décharge
- difficile pour le seuil du moulin

Tableau 3 : Evaluation de la franchissabilité de l'anguille

Critère	Contribution/réduction d'impact	Bras de décharge			Bief
		OH 2	OH 3	OH 4	Seuil du moulin
Hauteur de chute	≤ 0,5 m	+1	+1	+1	+1
	≤ 1 m	+2	+2	+2	+2
	≤ 2 m	+3	+3	+3	+3
	> 2 m	+4	+4	+4	+4
Profil	Partie verticale ≥ 5V/1H et/ou rupture de pente très marquée	+1	+1	+1	+1
	Partie très pentue 5V/1H à 3V/2H et/ou rupture de pente marquée	+0,5	+0,5	+0,5	+0,5
	Face aval inclinée 2V/3H à 1V/5H	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
	Face aval en pente très douce ≤ 1V/5H	-1	-1	-1	-1
Rugosité	Matériaux étanche et lisse	+1	+1	+1	+1
	Parement aval très rugueux (enroché, végétalisé ou dépareillé)	-1	-1	-1	-1
	Parement aval rugueux (jointoiement creux, mousses)	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Effet berge	Pendage latéral favorable	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Diversité	Existence d'une voie beaucoup plus facile	-1	-1	-1	-1
	Existence d'une voie plus facile	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
	<u>Total :</u>	**1,5**	**1,5**	**2**	**3,5**

III- MODELISATION HYDRAULIQUE DU SITE

A l'état futur, le débit transitant dans le bras de contournement sera contrôlé par un seuil en enrochements. Ce seuil sera réalisé sur une longueur de 20 m avec des enrochements de 10 à 70 kg. Cette section de contrôle présentera un profil légèrement incurvé (de 10 cm), de façon à offrir aux poissons une plus grande plage de vitesses d'écoulement et de hauteurs d'eau (cf. profil en travers n°1).

La réalisation d'un seuil de partition sur le Bléquin en aval de la prise d'eau du bras de contournement ne sera pas nécessaire, étant donné l'existence du seuil du moulin qui joue déjà le rôle de section de contrôle.

Figure 26 : Vue d'un petit seuil en enrochements similaire à celui qui sera réalisé en entrée hydraulique du bras de contournement

Les aménagements permettront de faire transiter un débit important dans le bras de contournement :

- 0,27 m^3/s (soit 63% du débit total de le Bléquin) au QMNA5 (Q total = 0,43 m^3/s)
- 0,67 m^3/s (soit 60% du débit total de le Bléquin) au Module (Q total = 1,11 m^3/s)
- 1,32 m^3/s (soit 59% du débit total de le Bléquin) au double du module (Q total = 2,22 m^3/s)

L'attractivité du bras de contournement sera très bonne, étant donné la proportion importante du débit du Bléquin transitant par le bras et la position de l'entrée piscicole du dispositif. Il est important de noter que les courants dans la fosse seront modifiés par rapport à la situation actuelle. En effet, la modification de la répartition des débits entre les deux bras permettra de réduire fortement les courants de convection qui pourraient masquer l'entrée piscicole du bras de contournement. De plus, la sortie hydraulique du bras sera aménagée de façon à rendre encore plus lisible l'entrée piscicole.

Le seuil du moulin sera alimenté toute l'année (cf. figure suivante).

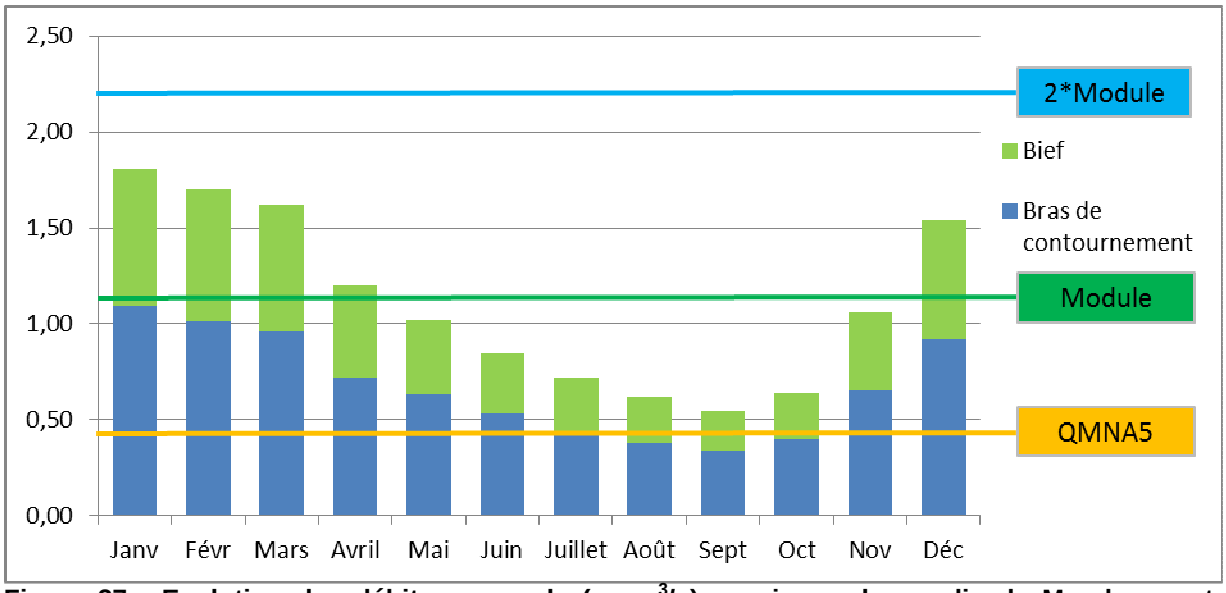


Figure 27 : Evolution des débits mensuels (en m^3/s) au niveau du moulin de Mombreux et répartition des débits dans les deux bras

Les vitesses moyennes des écoulements dans le bras de contournement pour les différents débits caractéristiques sont tout à fait adaptées aux capacités de franchissement des espèces piscicoles. Elles sont présentées ci-dessous :

Tableau 4 : Vitesse moyenne des écoulements dans le bras de contournement

Débits caractéristiques	*Débit dans le bras de contournement (m^3/s)*	*Vitesse moyenne des écoulements (m/s)*
QMNA5	0,27	0,51
Module	0,67	0,71
*2*Module*	1,32	0,90

Les aménagements permettront de diminuer le niveau d'eau du bief jusqu'à 25 cm selon les débits (cf. tableau suivant).

Au QMNA5 (=étiage), les niveaux d'eau resteront identiques par rapport à la situation actuelle.
Il est à noter que les niveaux d'eau relevés en amont du seuil le 05/08/15 (Q= QMNA5) étaient influencés par l'encombrement au niveau du seuil du moulin. Le tableau suivant présente les niveaux d'eau recalculés au QMNA5 sans encombrement au niveau des jambages.

Au niveau de la confluence Bléquin-Urne à l'eau, la ligne d'eau baissera de 11 cm au module (=débit moyen) et de 15 cm au double du module.

Les aménagements permettront de diminuer la ligne d'eau dans le bief en période de crue. Pour une crue de fréquence 2 ans, les aménagements permettront de baisser de 23 cm la ligne d'eau dans le bief. La baisse sera de 25 cm pour une crue de fréquence 3 ans du type 13/01/15.

En aval des aménagements au niveau de la fosse de dissipation, les niveaux d'eau resteront inchangés.

Tableau 5 : Tableau de synthèse de la modélisation hydraulique

Débits caractéristiques	Débits total (m3/s)	Niveau d'eau (m NGF)									Répartition des débits - Etat futur			
		Confluence Bléquin - Urne à l'eau			Amont seuil du moulin			Fosse de dissipation			Débits en m3/s		% de débits	
		Etat actuel	Etat futur	Différence	Etat actuel	Etat futur	Différence	Etat actuel	Etat futur	Différence	Bras de contournement	Bief	Bras de contournement	Bief
QMNA5	0,43	50,42	50,42	0,00	50,39	50,39	0,00	49,14	49,14	0,00	0,27	0,16	0,63	0,37
Module	1,11	50,63	50,52	-0,11	50,52	50,48	-0,04	49,26	49,26	0,00	0,67	0,44	0,60	0,40
2*Module	2,22	50,82	50,67	-0,15	50,68	50,59	-0,09	49,29	49,29	0,00	1,32	0,90	0,59	0,41
Crue 2 ans	7,70	51,29	51,06	-0,23	51,13	50,90	-0,23	49,83	49,83	0,00	4,50	3,20	0,58	0,42
Crue du 13/01/15	9,00	51,39	51,14	-0,25	51,20	50,96	-0,24	49,91	49,91	0,00	5,40	3,60	0,60	0,40

IV- DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS

La réunion de comité de pilotage du 15/04/15 a permis de définir les principales caractéristiques des aménagements (cf. compte rendu de réunion n°1). Le comité a choisi la création d'un bras de contournement, avec une prise d'eau à situer juste en aval de la confluence Bléquin-Urne à l'eau et avec un débit transitant dans le bras de 60% du débit total du Bléquin.

IV.1 – Travaux préparatoires

IV.1.1 – Etude d'exécution

La (ou les) entreprise(s) qui sera(ont) retenue(s) pour réaliser les travaux établira(ont) un dossier technique avec plans, qui sera à valider par le maître d'œuvre.

IV.1.2 – Visite contradictoire d'un huissier

Un rapport d'état des lieux sera à faire réaliser par un huissier. Ce rapport sera agrémenté de nombreuses photos.

Ce constat permettra de dresser un état des lieux afin :

- d'éviter toute contestation ultérieure sur l'état des lieux avant et après les travaux
- d'attirer l'attention des parties sur les aléas possibles en cours de chantier
- d'avertir les voisins des nuisances éventuelles

IV.1.3 – Accès au site

L'accès au site se fera par la départementale D202. Une visite préalable à la remise des offres est indispensable.

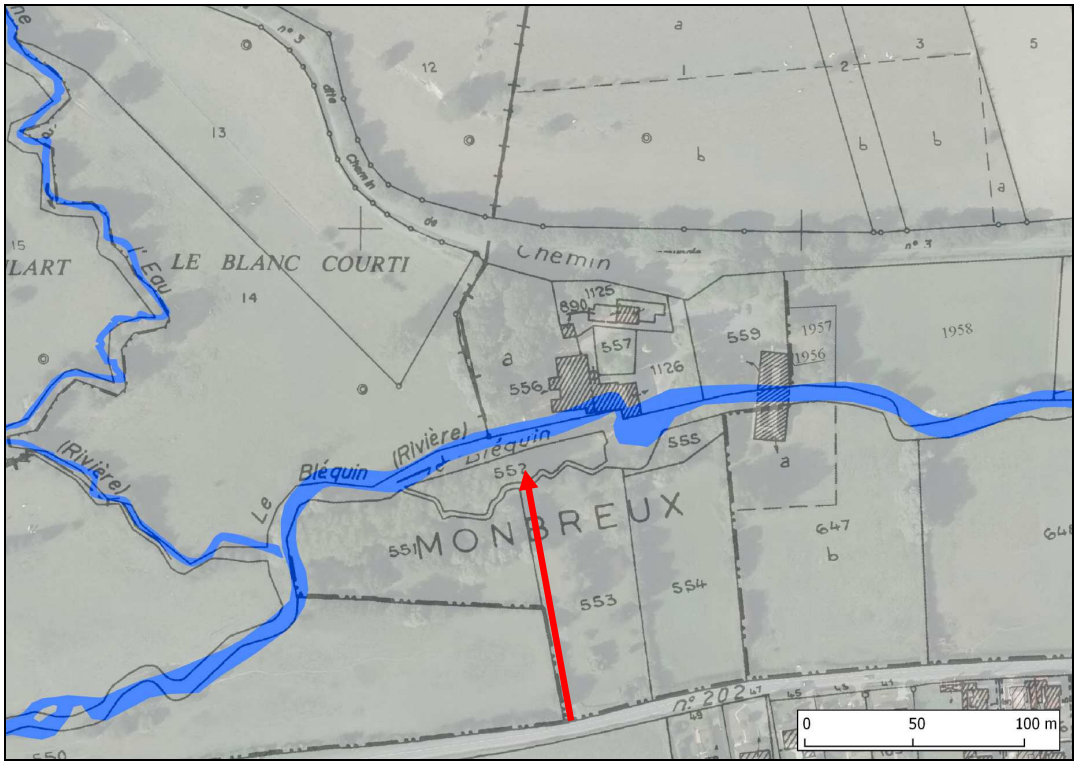


Figure 28 : Proposition de l'accès au chantier

Figure 29 : Vue de l'accès au chantier

Figure 30 : Vue de l'accès au chantier

IV.1.4 – Batardage et pompage

Les travaux au niveau du bras de contournement seront réalisés à sec, en batardant la sortie hydraulique du bras au niveau de la fosse. Le creusement de l'entrée hydraulique du bras sera réalisé en fin de travaux.

Les travaux concernant l'aménagement du seuil nécessiteront plus de moyens pour travailler sans eau. En effet, il est prévu de mettre en place un cordon de big bag sur le seuil pour dévier la totalité des écoulements vers le canal usinier. Un cordon de big bag sera aussi à poser sur l'atterrissement juste en aval de la fosse. Un système de pompage sera à installer dans la fosse pour baisser le niveau d'eau.

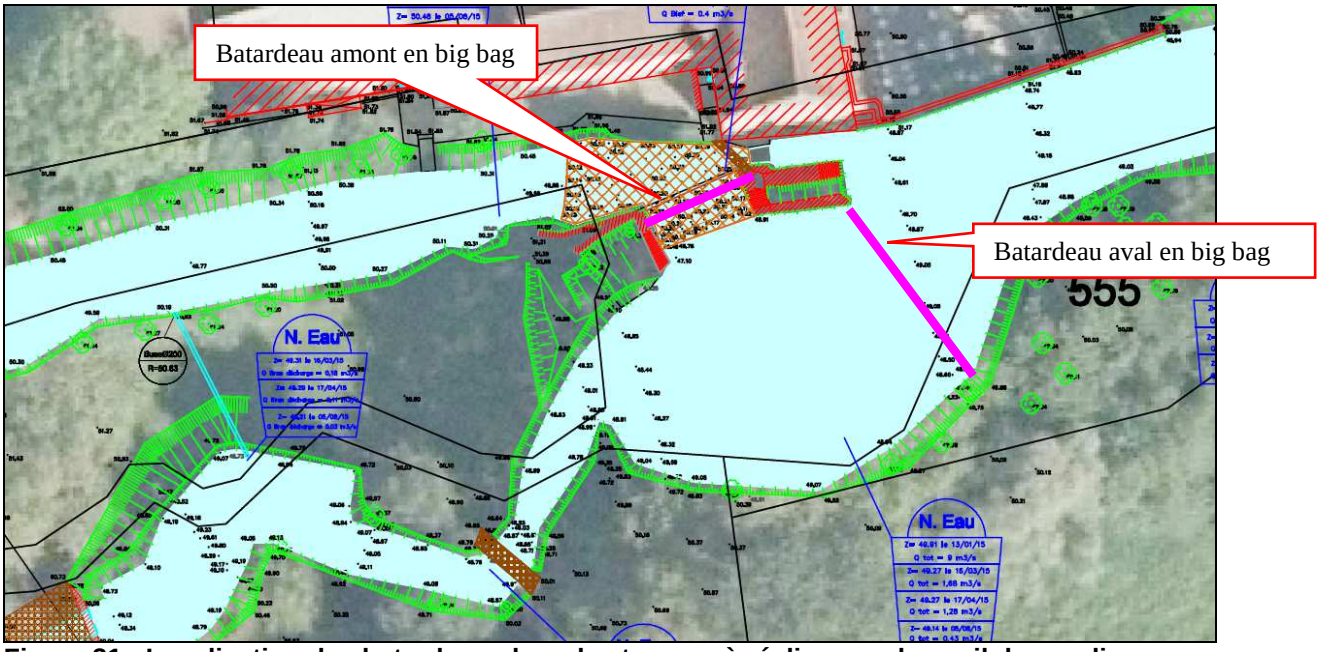


Figure 31 : Localisation des batardeaux lors des travaux à réaliser sur le seuil du moulin

Figure 32 : Vue de l'amont du canal usinier

Figure 33 : Vue de l'intérieur de la roue

IV.1.5 – Pêches électriques de sauvetage

Deux pêches électriques de sauvetage seront nécessaires. Au début des travaux, les poissons situés au niveau du bras de décharge seront déplacés vers l'amont. Dans un second temps, une autre pêche électrique de sauvetage sera nécessaire pour déplacer les poissons situés au niveau de la fosse de dissipation.

Figure 34 : Vue d'une pêche électrique de sauvetage dans une fosse

IV.1.6 – Travaux forestiers

La végétation existante sera conservée dans la mesure du possible. Il sera toutefois nécessaire d'effectuer des opérations de débroussaillage, d'élagage, d'abattage et de dessouchage au niveau du nouveau tracé.

Si des arbres doivent être abattus, le bois sera débité en morceaux de 2 mètres et laissé au propriétaire. Les souches seront récupérées pour créer des habitats piscicoles dans le bras de contournement. Les branches seront valorisées par l'entreprise de travaux.

IV.2 – Travaux sur le seuil du moulin

Le profil du seuil sera à reprendre de façon à assurer la dévalaison des poissons sans risquer de les blesser. La création de banquettes permettra aussi de conserver une chute d'eau avec un jet puissant au centre du seuil contribuant à l'esthétique du site.

La reprise du seuil sera faite en béton avec une finition balayée, de façon à ce que les mousses s'incrustent plus rapidement dans le béton.

La poutrelle et le câble seront démontés. La base des anciens jambages sera recépée au ras du radier afin qu'ils ne retiennent plus la végétation aquatique.

La végétation se développant sur les maçonneries sera totalement retirée. Les joints seront purgés et regarnis. Les briques manquantes seront remplacées, particulièrement au niveau du bajoyer gauche.

Figure 35 : Vue du seuil le 05-08-15

Figure 36 : Vue du seuil le 05-08-15

Figure 37 : Vue des maçonneries dégradées en rive gauche

Figure 38 : Vue de la végétation incrustée dans les maçonneries de l'ouvrage

IV.3 –Travaux sur le bras de contournement

IV.3.1 –Démolition

L'ensemble des ouvrages hydrauliques (OH1 à OH4 ainsi que la passerelle piétonne en aval) situés au niveau du bras de décharge seront démolis.

Le béton des ouvrages sera concassé sur place et mis en place sous les enrochements de la prise d'eau. Les autres matériaux (palplanches, palfeuilles, fers, buses…) seront triés et évacués du site.

IV.3.2 – Terrassement

Le terrassement général de la zone est estimé à 600 m^3 de déblais et 600 m^3 de remblais.

Le terrassement comprendra :
- le décaissement du nouveau tracé
- le remblaiement du bras de décharge
- le déplacement de la granulométrie grossière provenant du tracé actuel et du tracé futur
- le déplacement et le stockage de la terre végétale qui sera utilisée pour napper le remblai du bras de décharge.

IV.3.3 – Description du bras de contournement

Les principales caractéristiques du bras de contournement seront les suivantes :
- Longueur : 184 m
- Pente moyenne du fond de lit : 0,7 %
- Largeur à la base du trapèze : de 3 m à 5 m

La pente hydraulique du bras au module sera de 0,7 %, ce qui correspond à environ 1,5 fois la pente du Bléquin. Elle se rapprochera donc fortement d'un système naturel. Le faciès d'écoulement dominant sera le plat lotique ; ponctuellement d'autres faciès seront représentés comme le radier et la mouille.

Le tracé du bras de contournement sera façonné comme sur le plan de masse, mais il ne sera pas figé, c'est-à-dire que les berges ne seront pas protégées et qu'elles ne présenteront pas toutes des pentes douces. En effet, si l'on souhaite obtenir un bras de contournement présentant une dynamique fluviale de zones d'érosion et d'atterrissement, il ne faut pas protéger les berges.

En revanche, le tracé des extrémités amont et aval du bras sera à figer pour optimiser le fonctionnement du dispositif. L'extrémité amont sera à fixer de façon à contrôler la répartition des débits entre les deux bras. L'extrémité aval sera quant à elle à figer pour obtenir la meilleure attractivité possible du bras de contournement. Le tracé sera fixé, en amont comme en aval, par des pentes de berge douces (au maximum 2H/1V) et par un fond de lit et pied de berge en enrochements.

La prise d'eau du bras de contournement sera située en rive droite du Bléquin, à environ 10 mètres, en aval de la confluence Bléquin-Urne à l'eau. Cela permettra aux poissons remontant par le bras de contournement de pouvoir choisir entre ces deux cours d'eau.

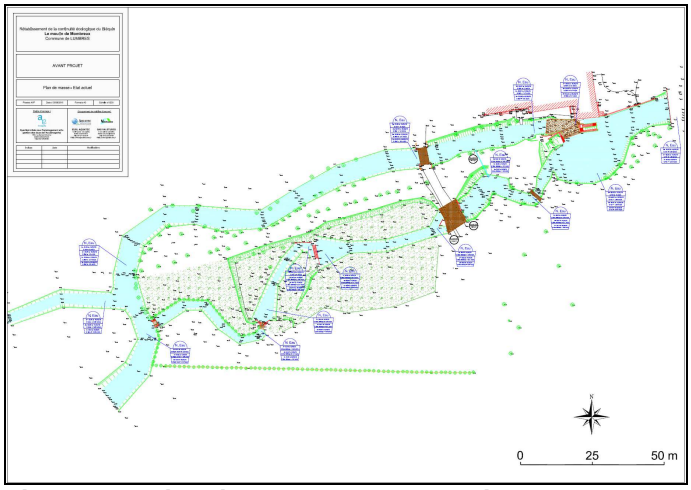


Figure 39 : Plan de masse - Etat actuel

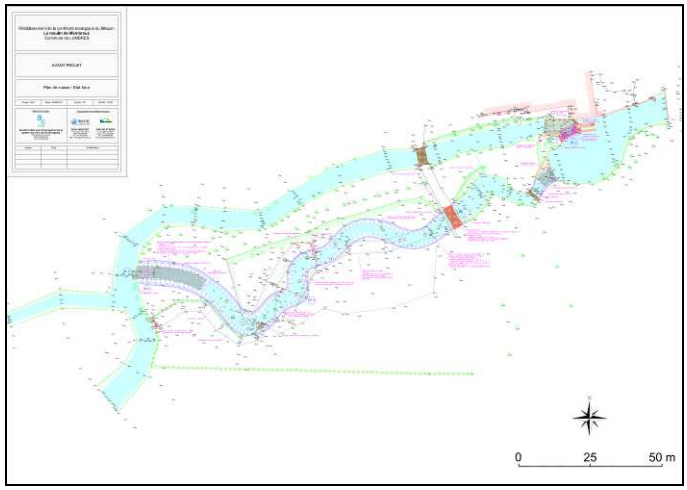


Figure 40 : Plan de masse - Etat futur

Figure 41 : Illustration d'un nouveau tracé de cours d'eau juste après les travaux

Figure 42 : Illustration d'un nouveau tracé de cours d'eau 1 an après les travaux

IV.3.4 – Aménagement du fond de lit et des berges du bras de contournement

✓ **Granulométrie grossière**

Le substrat sur la partie médiane du bras de contournement (=130 ml) sera composé de la façon suivante :

Tableau 6 : Composition granulométrique

Classe granulométrique (en mm)	Ratio de masse (en %)
12/22,5	40
20/40	50
80/120	10

L'épaisseur de ce substrat reconstitué sera de 40 cm, ce qui représente 500 tonnes de matériaux à apporter. Les dépôts de graves seront volontairement non égalisés, comme sur l'illustration suivante, de façon à obtenir des profils en travers irréguliers offrant plus de diversité d'habitats aquatiques. La morphologie de ces dépôts évoluera au grès des crues.

Figure 43 : Vue d'une recharge granulométrique avec dépôt grossier de façon à créer des profils en travers irréguliers

- ✓ **Enrochements**

Les extrémités amont et aval du bras de contournement présenteront un fond de lit et un pied de berge en enrochements.

En pied de berge, des enrochements libres de 200-500 kg seront positionnés, de manière analogue à la figure suivante.

Figure 44 : Illustration de pied de berge de gros enrochements

Au fond du lit, des enrochements libres plus petits de 10-70 kg seront positionnés sur 40 cm d'épaisseur.

Ces enrochements seront positionnés de façon à former une carapace. La pente du seuil de contrôle sera de 1% sur 20 m de longueur et 3,5 m de largeur. La transition granulométrique entre le terrain mis à nu par le terrassement et les enrochements sera assurée par un géotextile synthétique renforcé.

- ✓ **Blocs piscicoles**

Quatre tonnes de blocs piscicoles (entre 50 kg et 200 kg) seront disposés dans le lit mineur sur les 184 mètres de longueur. Ces blocs permettront de diversifier les écoulements et de créer des habitats pour les poissons et les invertébrés benthiques.

- ✓ **Souches**

Dix grosses souches, préalablement extraites lors des travaux forestiers, seront positionnées dans le bras de contournement de façon à créer et diversifier les habitats aquatiques. Ces souches seront solidement fixées en berge et dans le fond du lit à l'aide de pieux et de fils de fer recuits.

IV.3.5 – Aménagement d'une passerelle assurant le franchissement des engins de 20T

Une passerelle assurant le franchissement des engins de 20 tonnes remplacera l'ouvrage actuel.

La passerelle présentera les caractéristiques suivantes :

- Passerelle droite mixte (bois/métal), avec un platelage en bois supporté par des poutrelles métalliques.
- Largeur ≥ 3,2 m
- Longueur totale : 8 m. La distance entre les appuis de part et d'autre du bras de contournement sera d'au moins 3 m.
- Charge à supporter : 20 tonnes
- Côte extrados : 51.05 m NGF
- Côte intrados ≥ 50.60 m NGF
- Garde-corps en bois avec câbles inox
- Si besoin, des enrochements seront mis en place au niveau des culées

Figure 45 : Vue du franchissement actuel

Figure 46 : Vue du franchissement actuel

Figure 47 : Vue d'une passerelle bois/métal assurant le franchissement des gros engins

Figure 48 : Vue du type de garde-corps recherché (bois avec câbles)

IV.3.6 – Traitement de la renouée du Japon

Les renouées seront fauchées et brulées sur place. La terre colonisée par la renouée sera décaissée sur 1,5 m de profondeur. Ces matériaux seront ensuite concassés et criblés sur place à l'aide d'un godet cribleur. Une bâche noire type EPDM recouvrira pour finir la surface traitée pour une durée de 3 ans.

Figure 49 : Présence de la renouée du Japon en rive droite en aval de l'OH3 (surface estimée à 30 m²)

Figure 50 : Illustration d'un concassage/criblage de terres colonisées par les renouées asiatiques

IV.3.7 – Protection des berges en génie végétal

✓ **Géotextile**

Un géotextile biodégradable tissé en coco sera mis en place qu'en amont du bras de contournement sur les deux berges sur toute la longueur du seuil. Il sera efficace 2 à 3 ans avant de se biodégrader. Il permettra :

- d'éviter tout risque d'érosion superficielle des sols avant la parfaite reprise des végétaux implantés,
- de protéger les graines des processus d'emportement par les eaux,
- de favoriser un démarrage optimal de la végétation par le micro-effet de serre qu'il engendre et les capacités de rétention en eau qu'il possède (maintien d'une humidité au sol favorable).

Le treillis coco utilisé présentera une densité ≥ 740 g/m².

✓ **Ensemencement d'herbacées**

L'ensemencement sera réalisé sur la partie supérieure des berges, à partir de la limite avec les enrochements. Il permettra de favoriser au plus tôt l'émergence d'un tapis protecteur contre les effets du ruissellement et aussi de limiter l'installation d'espèces invasives indésirables. Les herbacées permettront de stabiliser la berge, grâce à leur réseau racinaire développé. L'ensemencement sur le plat sera réalisé avec le même mélange grainier utilisé pour les berges.

L'ensemencement sera réalisé à la main (à sec), il se fera en deux temps :

- un premier ensemencement, de façon régulière, sous le géotextile biodégradable, à raison d'environ 10 g/m² (la liste des espèces du mélange grainier est fournie ci-après). Le terrain sera préalablement griffé avant le semis.
- un second ensemencement, après la pose du géotextile, avec 15 à 20 g/m². Un roulage de la surface permettra d'obtenir de meilleures conditions de germination.

Le mélange grainier qui sera élaboré est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Mélange grainier type berge

Nom latin	Nom vernaculaire	%
Graminées		
Agrotis stolonifera	Agrostide stolonifère	2
Alopecurus pratensis	Vulpin des près	6
Arrhenatherum elatius	Avoine élevée	8
Cynosurus cristatus	Crételle des près	8
Dactylis glomerata	Dactyle aggloméré	5
Deschamsia cespitosa	Canche cespiteuse	8
Festuca arundinacea	Fétuque faux-roseau	10
Festuca pratensis	Fétuque des près	10
Festuca rubra	Fétuque rouge	10
Lolium perenne	Ray-grass anglais	4
Phleum pratense	Fléole des près	10
Poa trivialis	Pâturin commun	8
		89
Légumineuses		
Lotus corniculatus	Lotier corniculé	1
Trifolium repens	Trèfle rampant	1
Trifolium pratense	Trèfle des près	1
		3
Autres		
Achillea millefolium	Achillée millefeuille	1
Filipendula ulmaria	Filipendula ulmaria	2
Lythrum salicaria	Salicaire commune	2
Plantago lanceolata	Plantain étroit, plantain lancéolé	2
Valeriana officinalis	Valériane officinale	1
		8
TOTAL		**100 %**

Figure 51 : Ensemencement sur géotextile tissé en coco

IV.4 –Travaux sur le Bléquin

IV.4.1 – Abreuvoir au fil de l'eau

Un abreuvoir au fil de l'eau sera mis en place en rive gauche du Bléquin. La localisation exacte de cet abreuvoir sera à déterminer avec l'exploitant.

Figure 52 : Vue d'un abreuvoir au fil de l'eau

IV.4.2 – Clôture en barbelé

Une clôture en barbelé (4 fils) sera mise en place en rive droite. La longueur totale sera de 128 m.

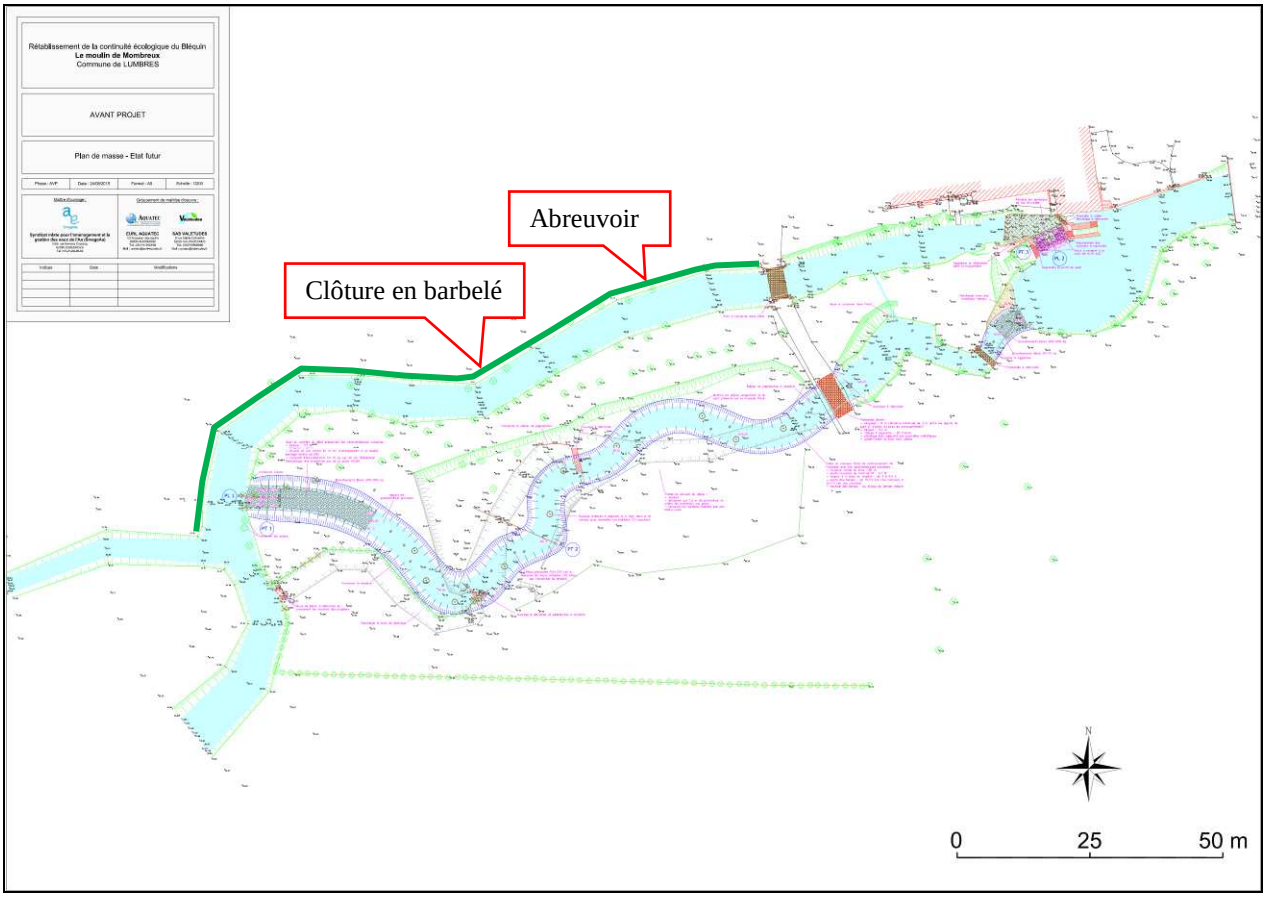


Figure 53: Linéaire de clôture à mettre en place en rive gauche du Bléquin

V- DETAIL QUANTITATIF ESTIMATIF (DQE)

Le Détail Quantitatif Estimatif est présenté sur la page suivante.

VI- PLANNING PREVISIONNEL DES TRAVAUX

Le planning prévisionnel proposé est présenté ci-dessous.

Type de travaux	Période d'intervention
Travaux forestiers + batardage + pêche électrique de sauvetage dans le bras de décharge+ pompage	Juin
Travaux sur le bras de contournement (démolition, terrassement, renouée du Japon, aménagement du fond de lit, granulométrie, souches)	Juillet et août
Passerelle	Septembre
Ensemencement d'herbacées	Septembre
Aménagement du seuil du moulin	Septembre
Clôtures et abreuvoirs	Septembre

VII- PLANS DE L'ETAT ACTUEL ET DE L'ETAT FUTUR

L'ensemble des plans est présenté en annexe du rapport.

N°	Désignation des ouvrages	Unités	Quantité	PU en € H.T.	Prix Total en € H.T.
1	**TRAVAUX PREPARATOIRES**				
1.1	Constat d'huissier avant/après travaux	Forfait	1	1 000	1 000,00
1.2	Installation / repli de chantier et remise en état du site	Forfait	1	10 000	10 000,00
1.3	Dossier d'exécution et dossier de récolement	Forfait	1	3 000	3 000,00
1.4	Fauchage / débrousaillage	m²	1500	0,5	750,00
1.5	Abattage d'arbre (diamètre < 50 cm)	U	10	150	1 500,00
1.6	Abattage d'arbre (diamètre > 50 cm)	U	3	300	900,00
1.7	Dessouchage	U	10	100	1 000,00
1.8	Piquetage et nivellement	Forfait	1	3 000	3 000,00
1.9	Création de batardage amont et aval + opérations de pompage	Forfait	1	3 000	3 000,00
1.10	Pêche électrique de sauvetage au niveau du bras de décharge	Forfait	1	1 000	1 000,00
1.11	Pêche électrique de sauvetage au niveau de la fosse de dissipation de l'ouvrage	Forfait	1	500	500,00
				SOUS TOTAL 1 H.T.	**25 650,00**

2	**TRAVAUX SUR LE SEUIL DU MOULIN**				
2.1	Aménagement du seuil et des bajoyers (retrait végétation, maçonneries, banquettes)	Forfait	1	7 000	7 000,00
				SOUS TOTAL 2 H.T.	**7 000,00**

3	**TRAVAUX SUR LE BRAS DE CONTOURNEMENT**				
	Démolition	**Sous total :**			**3 400,00**
3.1	Dérasement de l'ensemble des ouvrages existants	Forfait	1	3000	3 000,00
3.2	Arrachage des rideaux de palplanches ou palfeuilles	ml	8	50	400,00
	Terrassement	**Sous total :**			**12 000,00**
3.3	Terrassement général de la zone. Comprend : - le décaissement du nouveau tracé - le remblaiement du bras de décharge actuel - le déplacement de la granulométrie grossière provenant du tracé actuel et du tracé futur	m3	600	20	12 000,00
	Aménagement du fond du lit du nouveau tracé	**Sous total :**			**37 380,00**
3.4	Fourniture et mise en œuvre de géotextile renforcé	m²	200	8	1 600,00
3.5	Fourniture et mise en œuvre d'enrochements libres 10-70 Kg	T	100	50	5 000,00
3.6	Fourniture et mise en œuvre d'enrochements libres 200-500 Kg	T	50	50	2 500,00
3.7	Fourniture et mise en œuvre de granulométrie grossière	T	520	50	26 000,00
3.8	Fourniture et mise en œuvre de blocs piscicoles 50-200 Kg	T	4	70	280,00
3.9	Fourniture et mise en œuvre des souches	U	10	100	1 000,00
3.10	Calage et finition de l'aménagement (équipe de 2 manœuvres + pelle)	J	1	1 000	1 000,00
	Traitement de la renouée du Japon	**Sous total :**			**1 510,00**
3.11	Fauchage	m²	30	2	60,00
3.12	Décaissement du terrain sur 1,5 m de profondeur et concassage/criblage des matériaux	m3	50	20	1 000,00
3.13	Fourniture et mise en œuvre d'une bâche noire type	m²	30	15	450,00
	Passerelle 20 T	**Sous total :**			**18 000,00**
3.14	Mission géotechnique G3	Forfait	1	3 000	3 000,00
3.14	Fourniture et mise en œuvre de la passerelle bois / métal	Forfait	1	15 000	15 000,00
	Techniques végétales	**Sous total :**			**3 300,00**
3.15	Fourniture et mise en œuvre du géotextile coco d≥ 740 g/m² avec agrafes de fixation	m²	50	6	300,00
3.16	Fourniture et mise en œuvre d'ensemencement d'herbacées	m²	1 500	1	1 500,00
3.17	Garantie de reprise des ensemencements (2 ans)	Forfait	1	1 500	1 500,00
				SOUS TOTAL 3 H.T.	**75 590,00**

TOTAL TRANCHE FERME	
TOTAL € H.T	**108 240,00**
TVA (20%) €	**21 648,00**
MONTANT TOTAL € T.T.C	**129 888,00**

4	**TRANCHE CONDITIONNELLE 1**				
	Réparation du seuil du moulin en cas d'affouillement	**Sous total :**			**6 900,00**
4.1	Fourniture et mise en œuvre de béton armé avec scellement et ancrage à la maçonnerie existante	m3	5	700	3 500,00
4.3	Fourniture et mise en œuvre d'enrochements libres 200-500 Kg	T	50	50	2 500,00
4.2	Fourniture et mise en œuvre de béton	m3	3	300	900,00

TOTAL € H.T	**6 900,00**
TVA (20%) €	**1 380,00**
MONTANT TOTAL € T.T.C	**8 280,00**

5	**TRANCHE CONDITIONNELLE 2**				
	Mise en place d'une clôture et d'un abreuvoir	**Sous total :**			**2 536,00**
5.1	Fourniture et mise en œuvre d'une clôture en barbelé	ml	128	12	1 536,00
5.2	Fourniture et mise en œuvre d'un abreuvoir au fil de l'eau	U	1	1000	1 000,00

TOTAL € H.T	**2 536,00**
TVA (20%) €	**507,20**
MONTANT TOTAL € T.T.C	**3 043,20**