

# RAPPORT

---

VERSION : 0 - avril 14

## SYNDICAT INTERCOMMUNAL POUR LES TRAVAUX D'AMENAGEMENTS DU BREUCHIN

ETUDE PREALBLE A LA RESTAURATION DE LA CONTINUTE ECOLOGIQUE DU  
BREUCHIN AU NIVEAU DU BARRAGE D'AMAGE  
**PHASE 1**



#### Historique des révisions

VERSION	DATE	COMMENTAIRES	REDIGE PAR :	VERIFIE PAR :
0	04/2014	Création de document	StB	StB

#### Contact

*Naldeo*  
*Agence de Besançon*  
4 chemin de l'Ermitage  
FR-25000 BESANCON  
Tél. 03.81.52.38.38  
Fax 03.81.41.09.96

*Stéphanie BRUNIGER*  
*Chargée d'affaires*

## TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES .....	3
1 CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE .....	5
2 PRESENTATION DU BREUCHIN ET DE SON BASSIN VERSANT .....	5
2.1 Hydrographie .....	5
2.2 Contexte géologique .....	5
2.3 Contexte hydrogéologique.....	6
3 PRESENTATION DU MOULIN ET CARTES ANCIENNES .....	7
3.1 Présentation du Moulin.....	7
3.1.1 Historique du Moulin .....	7
3.1.2 Rencontre de l'ancien propriétaire- Hauteur de chute.....	7
3.2 Cartes anciennes .....	8
4 CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DU BREUCHIN .....	9
4.1 Ouvrages hydrauliques .....	9
4.2 Profils en long .....	10
4.3 Profil en travers.....	12
4.4 Dynamique fluviale.....	13
4.5 Le Rudivet .....	13
4.6 Les canaux dans la prairie.....	14
5 DESCRIPTION DU LIT MINEUR ET DES HABITATS AQUATIQUES .....	15
5.1 Méthodologie .....	15
5.2 Secteur amont (n°1): Moulin Rouge (150 m).....	15
5.3 Secteur amont du seuil du Moulin d'Amage (800) (n°2) .....	16
5.4 Secteur aval du seuil du Moulin d'Amage (800 m) (n°3).....	17
6 DESCRIPTION DE LA POPULATION PISICOCLE .....	19
7 DESCRIPTION DES MILIEUX NATURELS .....	20
7.1 Patrimoine naturel.....	20
7.1.1 Réseau Natura 2000 .....	20
7.1.2 Zones Naturelles Ecologiques Faunistiques et Floristiques .....	22
7.1.3 Zones Humides .....	23
8 ETUDE HYDROLOGIQUE.....	28
8.1.1 Objet .....	28
8.1.2 Stations hydrométriques sur le Breuchin .....	28
8.1.3 Débits moyens et de basses eaux du Breuchin.....	28
8.1.4 Débits de crue du Breuchin .....	29
8.1.5 Estimation des débits du Rudivet .....	31
9 LEVERS TOPOGRAPHIQUES .....	36
10 ETUDE HYDRAULIQUE.....	37
10.1 Objet.....	37

10.2	Logiciel utilisé .....	37
10.3	Limites du modèle.....	37
10.4	Paramètres de calculs.....	37
10.4.1	Débits de projet .....	37
10.4.2	Coefficient de rugosité .....	38
10.4.3	Cote aval .....	38
10.4.4	Ossature du modèle.....	39
10.4.5	Etude de la situation actuelle.....	41

#### ANNEXES :

Annexe n°1 : Cartes anciennes- Plan du Moulin

Annexe n°2 : Morphologie du Breuchin- Cahier des photographies

Annexe n°3 : Résultats des calculs hydrauliques en situation actuelle (lignes d'eau et débits)

Annexe n°4 : Résultats des calculs hydrauliques-Incidences de la suppression du seuil (lignes d'eau et débits)

Annexe n°5 : Profils en travers et niveaux d'eau décennal

Annexe n°6 : Habitats aquatiques- Cahier des photographies

#### FIGURE

Figure : Carte du bassin versant du Rudivet

#### PLANS HORS TEXTE

Morphologie du Breuchin

Reconnaissance de terrain

## 1 CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE

---

Le seuil du moulin d'Amage a une incidence forte sur le milieu naturel. Il est très difficilement franchissable pour les poissons, et entraîne un plan d'eau sur environ 700 m (colmatage des fonds, faciès lentique...). Il ne possède plus d'usage lié à l'énergie, mais permet l'alimentation d'un canal utilisé pour l'abreuvement du bétail. En outre, la commune d'Amage, propriétaire du moulin, souhaite valoriser le site au titre de la préservation du patrimoine.

La présente étude a pour objet d'étudier et comparer des scénarios d'aménagement qui ont pour objectif le rétablissement de la continuité écologique, ainsi que la suppression de l'effet plan d'eau, tout en maintenant une alimentation en eau du moulin. Différents scénarii sont proposés pour permettre l'atteinte de ces objectifs ainsi que le maintien des usages en place, et la possibilité de valoriser le site.

Cette étude est décomposée en trois phases :

- Phase 1 : état des lieux,
- Phase 2 : étude de faisabilité des 4 scénarii d'aménagement ;
- Phase 3 : étude comparative des scénarii.

Le présent document est le rapport de phase 1.

## 2 PRESENTATION DU BREUCHIN ET DE SON BASSIN VERSANT

---

*(Source : Etude globale de la dynamique alluviale des rivières du bassin versant de la Lanterne-2007)*

### 2.1 Hydrographie

Le Breuchin possède une longueur de 43 km. Il prend sa source au pied des Vosges sur le plateau des Lille Etangs, au lieu-dit « les Cents sous » à une altitude de 730 mètres. Ses principaux affluents sont respectivement le Tampa, le Beuletin, le ruisseau de la Croslière, et le Raddon qui s'y jette sur la commune de Breuchotte.

Sur l'ensemble de son linéaire, le Breuchin a une pente moyenne de 10,8% qui lui confère une dynamique naturelle marquée. De l'aval de la commune de Faucogney-et-la-Mer jusqu'à sa confluence avec la Lanterne, sa pente moyenne n'est plus que de 3,8 %.

Le Breuchin conflue avec la Lanterne sur les communes de Breuche et d'Ormoiche.

### 2.2 Contexte géologique

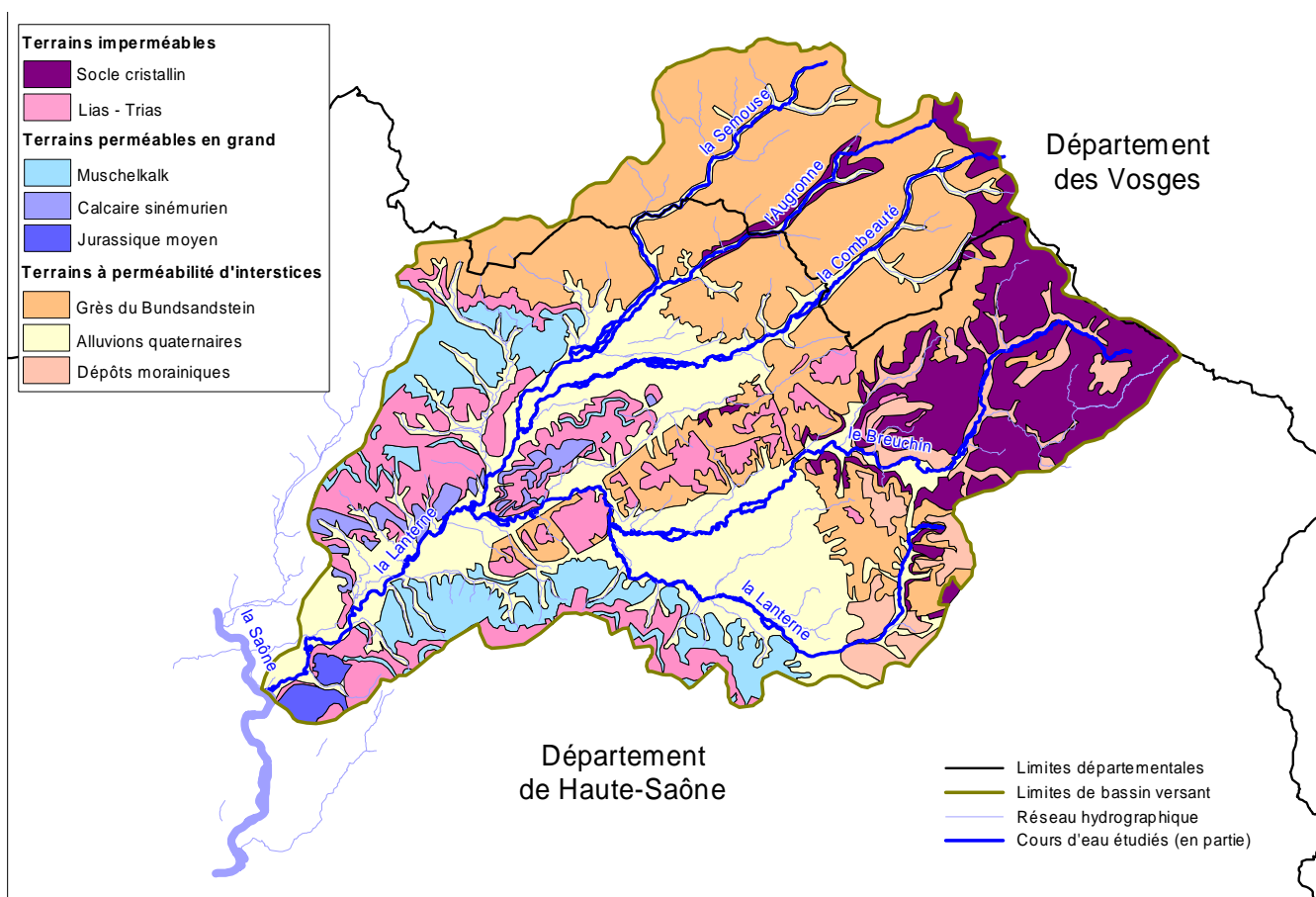
En amont de Faucogney-et-la-Mer, le Breuchin a creusé son lit à même le socle cristallin. Ce n'est qu'en aval de Faucogney-et-la-Mer que le Breuchin repose sur des alluvions récentes recouvrant des dépôts fluvio-glaciaires, encadrés par des terrasses fluviales.

A partir de Froideconche, le Breuchin s'écoule jusqu'à sa confluence au sein de la dépression triasico-liasique marquée par la présence d'alluvions récentes qui recouvrent les alluvions fluvio-glaciaires en contact avec les terrasses anciennes.

## 2.3 Contexte hydrogéologique

Le bassin versant du Breuchin possède différents aquifères :

- le substratum cristallin,
- les grès du Trias inférieur,
- les aquifères des alluvions récentes et anciennes,



Contexte hydrogéologique du bassin versant de la Lanterne

## 3 PRESENTATION DU MOULIN ET CARTES ANCIENNES

### 3.1 Présentation du Moulin

#### 3.1.1 Historique du Moulin

(source : Conseil Régional de Franche Comté- Direction de l'Inventaire du patrimoine)

[http://www.culture.gouv.fr/public/mistral/merimee\\_fr?ACTION=CHERCHER&FIELD\\_98=REF&VALUE\\_98=IA70000113](http://www.culture.gouv.fr/public/mistral/merimee_fr?ACTION=CHERCHER&FIELD_98=REF&VALUE_98=IA70000113)

Le moulin apparaît sur la carte de Cassini (1760). Il est reconstruit en 1860 pour le compte de François-Etienne Grandjean (date et nom inscrits sur le linteau de la porte), qui demande l'année suivante sa réglementation. Il a produit de la farine jusqu'au milieu des années 1930, puis s'est spécialisé dans les céréales secondaires pour le bétail, notamment avec Roger et Hubert Saguin qui reprennent le moulin après la Seconde Guerre mondiale. Le bâtiment d'eau est reconstruit en 1948, et accueille une turbine hydraulique, toujours en place. Ce modeste établissement a cessé toute activité en 1986.

Le moulin se compose de deux tournants à blé et d'une ribbe (moulin à huile ou meules à fibre textile) en 1860. Présence de deux roues hydrauliques et deux paires de meule au début du 20<sup>e</sup> siècle. A la fin de l'exploitation, l'établissement utilise une mélangeuse, un broyeur Westhein (Seloncourt, 25), un moteur électrique d'appoint et une turbine hydraulique. Cette dernière, de marque Jean Duchêne (Fresse-sur-Moselle, 88), a été fabriquée en 1945 ; elle est encore en place.

Trois personnes étaient employées en temps normal.

#### 3.1.2 Rencontre de l'ancien propriétaire- Hauteur de chute

M Saguin nous a fait visiter le moulin. Il nous a indiqué que la puissance de l'installation était comprise entre **20 à 25 chevaux**. Le débit d'équipement était d'environ **1 200 à 1 500 l/s** (nb : module = 4,41 m<sup>3</sup>/s à la Proiselière).

Nb : La chute sur la ligne d'eau d'étiage est de 1,10 m au droit du seuil. La chute exploitable au droit du moulin est d'environ 1,50 m. En effet, le parement aval du seuil est prolongé par un radier possédant également une pente, ce qui augmente le dénivelé de la ligne d'eau amont-aval au droit du canal.



Turbine et régulateur des vannes.

## 3.2 Cartes anciennes

Le cadastre Napoléon (1826) est présenté à l'annexe n°3. Les seuils présents sur le secteur d'étude sont antérieurs à l'établissement du cadastre Napoléon. Ainsi, d'amont vers l'aval, on note la présence :

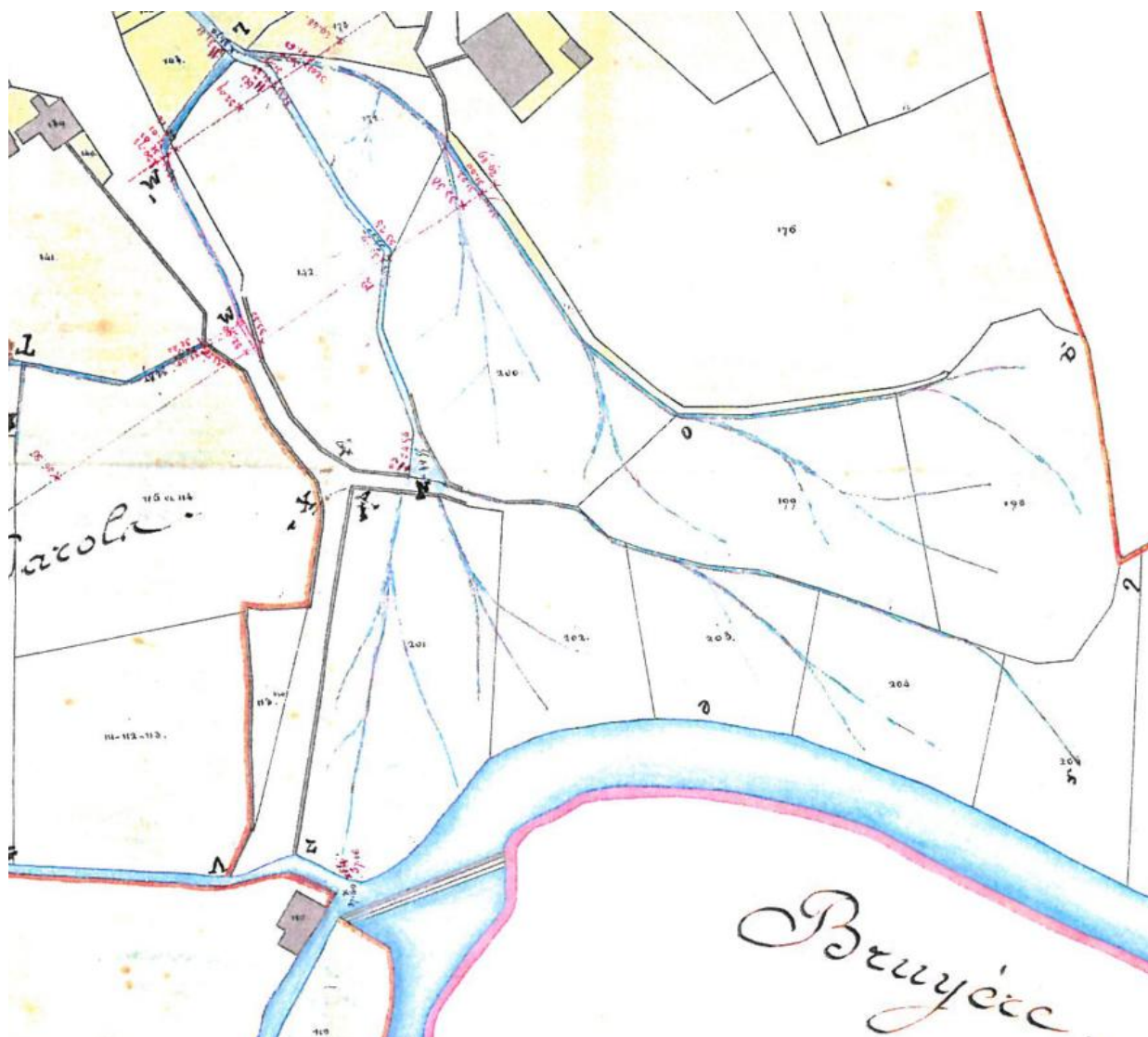
- du seuil du Moulin Rouge,
- du seuil du Moulin d'Amage (ou Moulin Saguin),
- du seuil d'irrigation de La Bouloye,
- du seuil d'irrigation au lieu-dit « Prés des Lottes »

Le tracé du Breuchin n'a pratiquement pas bougé depuis l'établissement de ce cadastre. La présence des seuils explique en grande partie cette constance du tracé en plan.

Les différents canaux encore présents aujourd'hui dans la prairie d'Amage sont visibles sur le cadastre Napoléon. Ils ne sont pas tous encore en eau.

On peut observer que le cours du Rudivet, affluent du Breuchin qui traverse Amage, n'est pas tracé sur le cadastre Napoléon sur les derniers 700 m.

En fait, le Rudivet était autrefois divisé en plusieurs bras pour l'irrigation. Cette diffluence est visible sur le cadastre transmis par la commune (Cf. cadastre à l'annexe n°3- Cadastre appartenant au document du règlement d'eau établi le 28 septembre 1840). Un extrait de ce cadastre est présenté ci-après.



## 4 CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DU BREUCHIN

La reconnaissance générale du Breuchin a été réalisée de l'aval du seuil de La Proiselère-et-L'Angle jusqu'au pont de Breuchotte, soit sur un linéaire de 3,3 km. La reconnaissance a été plus détaillée sur le tronçon entre le Moulin Rouge et l'aval du seuil situé au lieu-dit « Prés-des-Lottes » (seuil situé environ 260 m en amont du hameau « La Bouloye »), soit sur un linéaire de 1,75 km.

Cette reconnaissance a donné lieu à une cartographie « Morphologie du Breuchin », plan hors texte annexé à ce rapport, ainsi qu'à un atlas photographique (Cf. annexe n°2).

### 4.1 Ouvrages hydrauliques

D'amont en aval, on rencontre les ouvrages hydrauliques suivants :

- seuil de la Proiselère-et-L'Angle: seuil en enrochement positionné en biais sur le Breuchin, de part et d'autres du pont de la RD139 qui alimente un canal (Cf. photos n°61 et 62) ; il crée un dénivelé d'environ 50 à 60 cm pour le débit moyen ;
- seuil du Moulin Rouge : seuil en enrochement de 65 m de long, positionné en biais sur le lit mineur ; ce seuil est en état de ruine avancée, il ne crée plus qu'un dénivelé d'environ 20 à 30 cm pour le débit moyen, suivi d'un radier (Cf. photos n° 55 à 58); le site a été envahie par la végétation (arbustes, arbres) ;
- seuil du moulin d'Amage : seuil en enrochements positionné en biais sur le Breuchin, au droit d'un méandre ; sa longueur est de 40 m; il crée un dénivelé sur la ligne d'eau d'étiage de 1,07 m (mesure du 21/09/2011) ; il permettait l'alimentation du moulin Saguin (ou moulin d'Amage), ainsi que l'alimentation de canaux d'irrigation (toujours le cas); le moulin était installé au droit de la prise d'eau ; le canal de fuite conflue avec le Breuchin 100 m en aval du moulin ; des vannes sont installées en tête du canal d'irrigation ; il ne semble pas qu'il existait d'autre vanne sur le seuil (pas de vanne de chasse à priori) ; une large brèche s'est créé en rive gauche, rendant le seuil franchissable sous certaines conditions de débits, pour les salmonidés ; ce seuil créé un plan d'eau en amont de 700m, soit jusqu'au seuil du Moulin Rouge (Cf. photos n°48, 52); des blocs du parement aval sont partis par endroits (Cf. photo ci-dessous); l'état général du seuil est moyen à mauvais;



- seuil d'irrigation de La Bouloye : seuil en enrochements en biais sur le Breuchin d'une longueur de 70 m environ, qui alimente un canal d'irrigation encore en eau ; il est en mauvais état, et créé sur sa partie amont un dénivelé d'environ 20 cm pour le débit moyen suivi d'un radier (Cf. photo n°14) ;
- seuil d'irrigation « Prés des Lottes » : seuil en enrochements en biais sur le Breuchin d'une longueur de 20 m environ ; son parement est en pente douce, il crée un dénivelé d'environ 50 cm ; son état est bon à moyen ;
- seuil de Breuchotte : ce seuil, d'une largeur d'environ 40 m, est situé en biais sur le Breuchin ; il comprend deux clapets automatisés ; il crée une chute d'environ 1,1 m sur la ligne d'eau du Breuchin ; il est équipé d'une passe à poissons (passe à bassins) ; il alimente un canal qui permet le fonctionnement d'une micro-centrale ; un atterrissement est présent en aval du seuil ; ce seuil crée un plan d'eau d'environ 350 m ;
- pont de Breuchotte : pont en pierre possédant 5 arches voûtées ; ce pont possède un radier en pierre de taille maintenu par un petit seuil en enrochements ; ce pont crée un petit plan d'eau en amont (Cf. photo n° 2) ; un atterrissement végétalisé est présent en aval en rive gauche.

## 4.2 Profils en long

Un profil en long du Breuchin a été tracé à partir des levés topographiques réalisés dans cette étude (Cf. § 9). Il est proposé ci-après. Ce profil permet d'observer les différentes pentes de vallée sur le tronçon étudié :

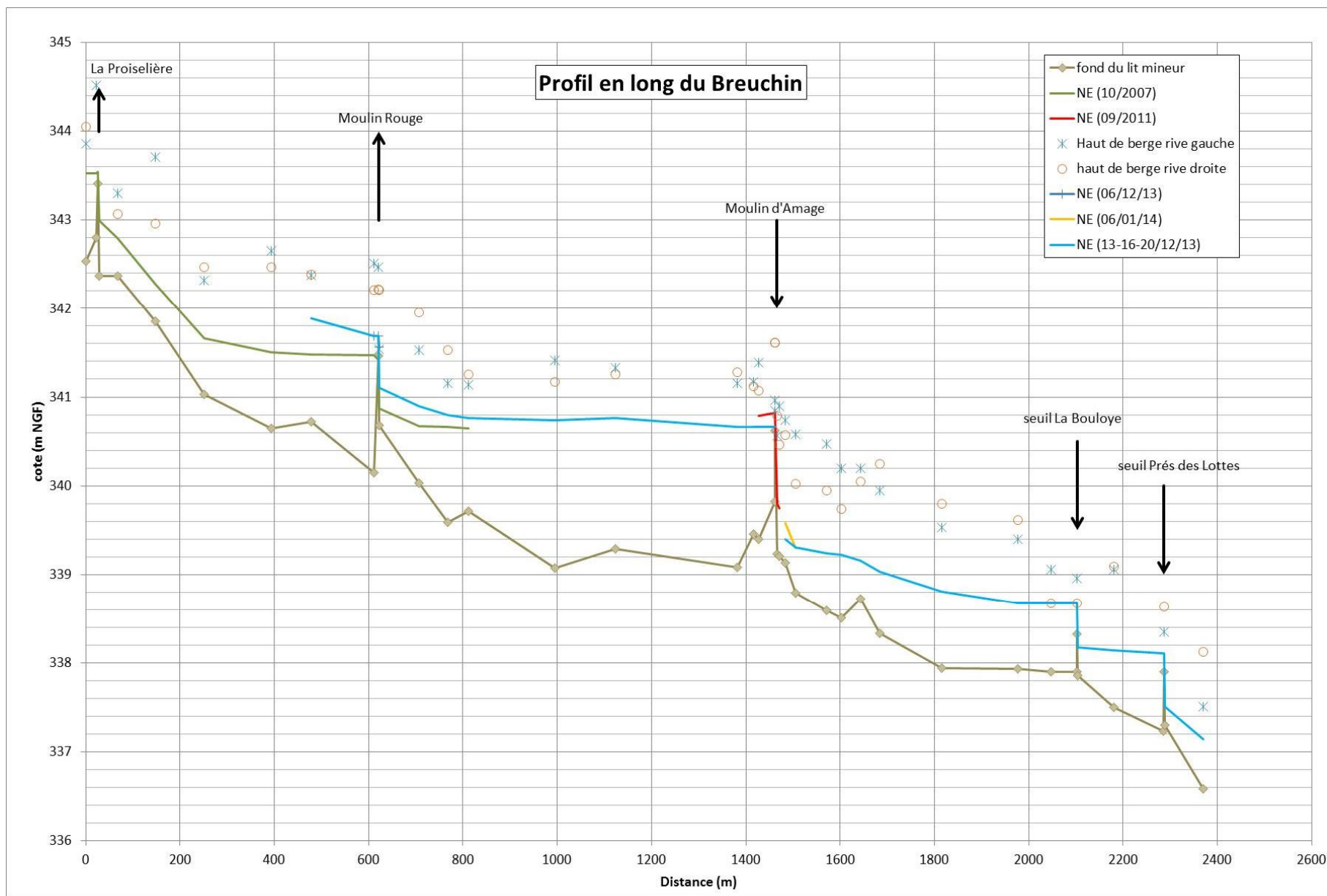
- du seuil de la Proiselière au moulin Rouge : 3,8 ‰ ;
- du seuil du moulin Rouge au moulin d'Amage : 1 ‰ ;
- du moulin d'Amage à l'aval du seuil du « Pré des Lottes » : 3,5 ‰.

Le moulin d'Amage a été implanté sur un tronçon moins pentu, ce qui permettait d'avoir une plus grande réserve d'eau.

On peut également observer sur ce profil en long le plan d'eau créé par le seuil du moulin d'Amage (environ 700 m) ; le seuil du moulin Rouge crée un petit plan d'eau en amont (inférieur à 200 m) ; les seuils de la Bouloye et du « Pré des Lottes » ne crée quasiment pas de plan d'eau.

On note en amont immédiat du seuil du moulin d'Amage **un exhaussement du fond du lit, mais qui reste finalement assez ponctuel** (inférieur à 100 m). Ce profil en long permet d'observer que le seuil ne bloque pas de manière forte le transport solide ; la brèche en rive gauche peut contribuer au passage des sédiments ; un atterrissement est présent en aval du seuil. Cependant, cet atterrissement est aussi le résultat de l'érosion de la berge rive gauche en aval du seuil (brèche).

Le dépôt de vase en amont du seuil du moulin d'Amage a été reporté sur la cartographie « Reconnaissance de terrain ». **Les dépôts sont présents seulement sur les bords**, l'épaisseur peut atteindre environ 0.8 m. Le fond du lit est constitué de galets créant un pavage. Des sables sont présents en amont immédiat du seuil.



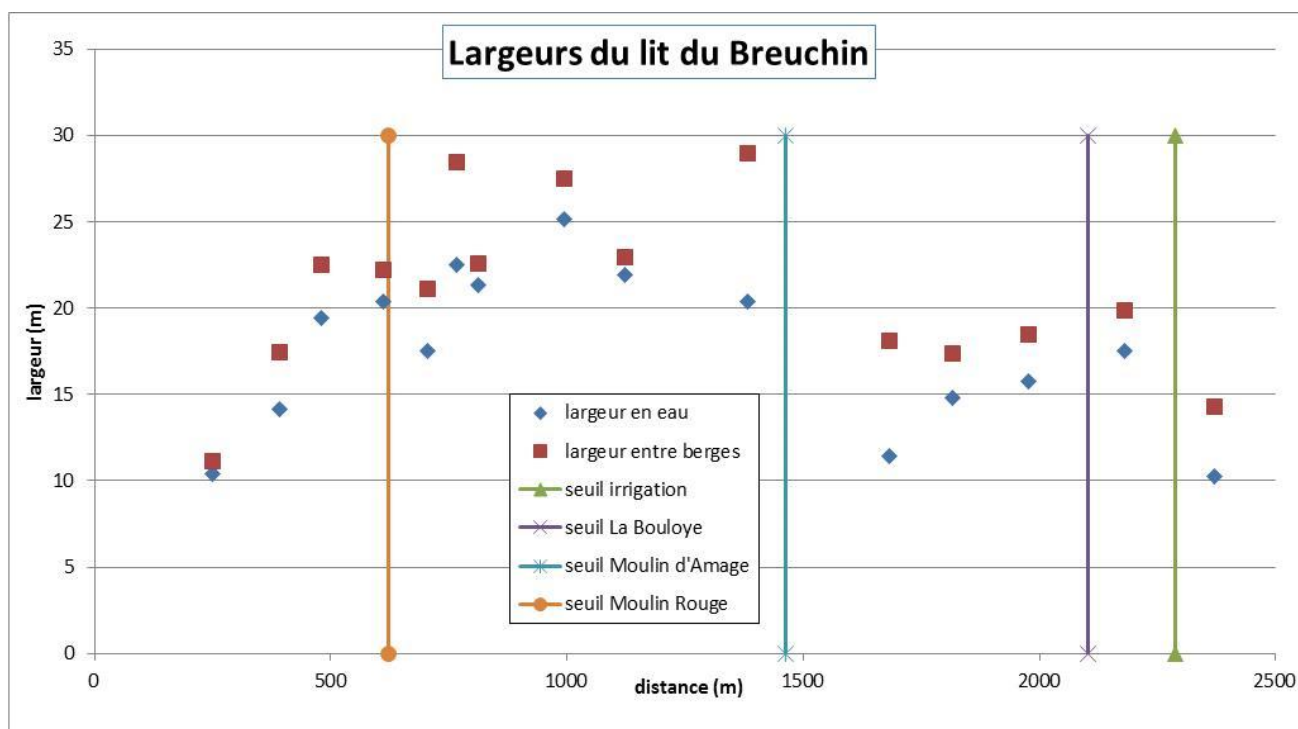
### 4.3 Profil en travers

Sur les tronçons qui ne sont pas sous l'influence d'un seuil, le Breuchin développe des profils en travers dissymétriques, avec des mouilles en zone concave (zone d'érosion), et des profils en travers typique des radiers entre ces zones (zones de dépôt) (Cf. tronçon en aval du seuil du moulin d'Amage jusqu'au seuil de la Bouloye).

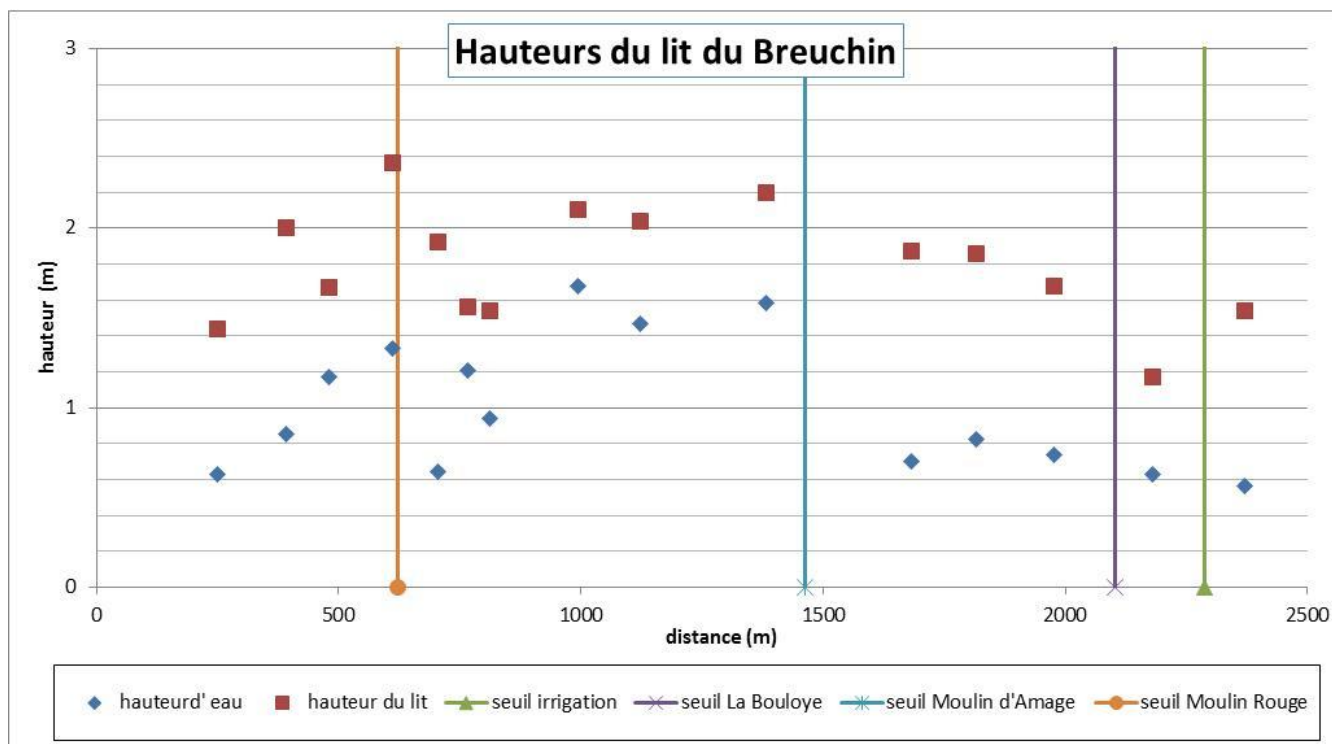
Afin de mesurer la dynamique du cours d'eau, on a calculé pour chaque profil en travers levés :

- la largeur entre berge,
- la largeur en eau,
- les hauteurs du lit (hauteur entre le haut de berge le plus bas (entre rive gauche et rive droite) et le point le plus bas du lit mineur),
- les hauteurs d'eau (hauteur entre le niveau d'eau et le point le plus bas du lit mineur).

Les résultats sont présentés sur les graphiques ci-après.



Les largeurs du lit en amont du seuil du moulin d'Amage sont supérieures aux largeurs des autres secteurs ; les largeurs en eau dépassent 20 mètres (jusqu'à 25 m) en amont du seuil, alors qu'elles sont pour les autres secteurs, comprises entre 10 et 18 m. Cette évolution de la largeur en eau entre 10 et 18 m témoigne **d'une dynamique alluviale active** ; la largeur entre berge évolue sensiblement comme la largeur en eau. **Le lit en amont du seuil du moulin d'Amage est surdimensionné.**



L'effet du seuil sur les hauteurs d'eau est bien visible : les hauteurs d'eau en amont du seuil sont de 1,6 m en moyenne. Sur les autres secteurs, les hauteurs évoluent entre 0,6 m et 0,8 m.

#### 4.4 Dynamique fluviale

Sur le tronçon étudié, le Breuchin développe quelques sinuosités lorsqu'il n'est pas encaissé (nombreux talus) ou sous l'influence d'un seuil. Ses berges sont pratiquement **toujours naturelles**. Elles permettent **d'alimenter le transport solide de la rivière** lorsqu'elles ne sont pas sous l'influence d'un seuil (Cf. photos n°15, 16 et 18). La ripisylve, un peu présente, permet de stabiliser quelques tronçons. Les seuils limite les érosions de berge, et notamment le seuil du moulin d'Amage, au détriment du transport solide.

La présence d'atterrissement le long du Breuchin témoigne de la présence d'un transport solide (Cf. carte « morphologie du Breuchin »).

La brèche qui s'est développée en rive gauche sur le seuil donne lieu à une importante érosion de la berge rive gauche en aval du seuil. Cette érosion alimente l'atterrissement en aval du seuil.

#### 4.5 Le Rudivet

*La reconnaissance du Rudivet a été réalisée du pont de la RD6 à la confluence avec le Breuchin.*

La pente du Rudivet entre la RD6 et la confluence avec le Breuchin est de 2,3%.

*Tronçon amont (RD6 au profil en travers R-03)*

Le Rudivet s'écoule sur ce tronçon à proximité des habitations (de la RD6 à l'OH4). Les berges du Rudivet sont souvent protégées (murs en pierre, enrochements) (Cf. photos n°45 et 46). Un seuil en enrochement crée un dénivelé de 1,05 m (S7-Cf. photo n° 44).

La largeur du lit est d'environ 3,4 m (entre les hauts de berge), et la largeur en eau est en moyenne de 2 m. Le fond du lit est constitué de graviers, pierres et galets.

Deux ponts sont présents sur ce tronçon : pont de la RD6 (OH5-Cf. photo n° 46), et pont pour l'accès à une propriété privé (OH4- Cf. photo n° 43)

*Tronçon aval (du profil en travers R-03 à la confluence avec le Breuchin)*

Le Rudivet est souvent encaissé sur ce tronçon (Cf. photos n° 38, 39, 41). En aval de l'OH3, le Rudivet effectue une large courbe ; la berge rive droite de cette courbe est un talus anthropique, et n'offre pas d'intérêt biologique. Ce tracé ne semble pas le tracé historique de ce ruisseau. Le fond du lit est constitué de graviers, pierres et galets. Deux petits seuils en pierre ponctuent les écoulements (Cf. photos n° 39,37). Le fond du pont OH3 est constitué d'un radier béton créant une petite chute (Cf. photo n° 40). La ripisylve est peu présente sur l'amont du tronçon (Cf. photo n° 42). Elle est plus présente en aval sur la berge rive gauche.

## 4.6 Les canaux dans la prairie

Les nombreux canaux présents dans la prairie d'Amage sont des vestiges de l'époque où l'agriculture utilisait l'irrigation. Le canal en eau est mis en évidence sur la cartographie « morphologie du Breuchin » (canal coloré en bleu). Ce canal possède des habitats aquatiques intéressants (granulométrie variée, substrat végétal...), et notamment sur la seconde moitié du linéaire en partant de l'amont.

La prise d'eau du moulin d'Amage alimente ce canal. Un vannage est présent en tête du canal (Cf. photo n° 25). Il n'est plus manœuvré.

Le canal situé au sud du canal précédent est en eau lors du ressuyage de la prairie : il est en effet situé en fond de vallée (Cf. photo ci-dessous).



## 5 DESCRIPTION DU LIT MINEUR ET DES HABITATS AQUATIQUES

*La cartographie des habitats aquatiques est présentée sur le plan « Reconnaissance de terrain ». Les photographies indiquées sur ce plan sont présentées à l'annexe n°6*

### 5.1 Méthodologie

L'ensemble du linéaire d'étude a été parcouru, à pied, le mercredi 12 mars 2014, en période de basses eaux hivernales, dans d'excellentes conditions de visibilité et de turbidité. Le niveau d'eau bas a permis une traversée de nombreux transects, permettant de visualiser les habitats présents de manière exhaustive.

Le Breuchin s'écoule ici en secteur prairial ; aucune culture ne concerne cette zone, en tous cas à proximité immédiate du cours d'eau.

Les berges sont très majoritairement naturelles. De très rares secteurs enrochés ponctuent les rives, à hauteurs des barrages, anciens ou encore en place. Ceux-ci sont au nombre de trois sur le linéaire reconnu.

Trois secteurs assez différents peuvent être mis en évidence. Sur chacun d'entre eux, un Coefficient de Capacité Biogène (Verneaux, 1984) a été calculé. Ce Coefficient de Capacité Biogène (CCB) est un indice basé sur la description des couples substrats/vitesses présents sur le site. Il renseigne sur son attractivité et son aptitude à recevoir une faune invertébrée (mais aussi, par extension, piscicole) diversifiée et pérenne

La grille descriptive des différents couples présents est celle de la norme AFNOR IBGN ; elle comprend 9 substrats et 5 classes de vitesses de courant.

Le CCB est calculé à partir de 3 grandes variables :

- N : représente l'hospitalité globale de la station,
- H : le couple dominant (en surface) sur la station,
- H' : le couple le plus élevé, en termes d'aptitude biogène, inventorié sur la station.

Le CCB est alors calculé selon la formule suivante :

$$CCB = \sqrt{N + \sqrt{H + \sqrt{H'}}$$

La gamme d'hospitalité, reprenant la codification « qualité d'eau », est :

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
CCB	> 16	16 >> 14	14 >> 12	12 >> 10	< 10

### 5.2 Secteur amont (n°1): Moulin Rouge (150 m)

De part et d'autre du barrage amont, partiellement en ruine, et sur un linéaire d'environ 150 mètres, une assez belle diversité habitationnelle est observée. Les matériaux minéraux dominent cependant nettement les habitats présents (galets, sables). Les bryophytes sont présents dans les accélérations du barrage,

guère ailleurs. Les îles se trouvant au centre du lit, à l'aval immédiat du barrage, contribuent à cette diversité, notamment en ce qui concerne les courants.

La synthèse des substrats et des vitesses de courants présents est la suivante :

		Vitesses	> 150	150>>75	75>>25	25>>5	< 5
		Code V	2	4	5	3	1
Habitats	Code H	%	0	13	27	40	20
Bryophytes	9	10		8	2		
Hydrophytes	8	0					
Litières	7	5					5
Pierres, galets	6	60		5	25	30	
Graviers	5	0					
Hélophytes	4	0					
Vases	3	0					
Sables	2	25				10	15
Dalles	1	0					
Algues	0	0					

Le coefficient de capacité biogène est de ainsi de 15.0/20, correspondant à une bonne attractivité du secteur.

N	H	H'	CCB
16	18	45	15.0

La ripisylve, assez continue en rive gauche, se fait plus clairsemée en rive droite.

### 5.3 Secteur amont du seuil du Moulin d'Amage (800) (n°2)

Suite à ce linéaire assez diversifié, le plan d'eau engendré par le barrage d'Amage se fait rapidement ressentir : les vitesses de courant s'homogénéisent en se faisant plus faibles, les dépôts latéraux de vases sont nettement visibles, le fond est uni et homogène, mêlant galets, graviers et sables.

La hauteur d'eau est importante (entre 1.5 et 2 m au centre du lit).

De très rares branchages ou amas de bois morts singularisent très localement les berges, surtout à l'aval du linéaire, mais dans l'ensemble une grande impression d'homogénéité prédomine. Quelques touffes ponctuelles de renoncules sont également visibles, mais également de manière très localisée.

La synthèse des substrats et des vitesses de courants présents est la suivante :

		Vitesses	> 150	150>>75	75>>25	25>>5	< 5
		Code V	2	4	5	3	1
<b>Habitats</b>	Code H	%	0	0	0	35	65
<b>Bryophytes</b>	9	0					
<b>Hydrophytes</b>	8	0				<1	
<b>Litières</b>	7	0				<1	
<b>Pierres, galets</b>	6	40				15	25
<b>Graviers</b>	5	32				12	20
<b>Hélophytes</b>	4	0					
<b>Vases</b>	3	8					8
<b>Sables</b>	2	20				8	12
<b>Dalles</b>	1	0					
<b>Algues</b>	0	0					

Le coefficient de capacité biogène est de ainsi de 8.7/20, correspondant à une mauvaise attractivité du secteur. Branchages et hydrophytes, présents de manière anecdotique (< 1 % de la surface totale de la station), et ne peuvent pas être pris en compte dans le calcul de l'indice CCB.

N	H	H'	CCB
8	6	18	9.5

La ripisylve ne présente pas d'unité : parfois continue sur quelques dizaines de mètres, elle devient plus clairsemée pour finalement totalement disparaître, et ce alternativement sur le deux rives. De petits bras morts sont présents en rive droite, peu à l'amont du barrage d'Amage. Ils constituent en l'état d'intéressants secteurs à batraciens.

#### 5.4 Secteur aval du seuil du Moulin d'Amage (800 m) (n°3)

Immédiatement à l'aval du barrage d'Amage, le courant retrouve vitalité et diversité, la hauteur d'eau oscille entre 0.4 et 0.8 m, rarement plus, où alors très localement.

Les modifications affectant les substrats sont les plus nettes : le fond du cours d'eau est occupé en majorité par des hydrophytes (principalement renoncules) et des pierres/galets, dans des classes de courant diverses, mais plusieurs autres substrats sont présents : bryophytes à proximité des barrages, graviers et sables dans les secteurs plus calmes, vases sur les rives. Quelques amas de branchages sont présents sur ce tronçon également, toujours de manière anecdotique.

Quelques atterrissements, dans les secteurs de plus fortes érosions latérales, modifient le linéaire du cours d'eau, dans des proportions contenues.

La synthèse des substrats et des vitesses de courants présents est la suivante :

		Vitesses	> 150	150>>75	75>>25	25>>5	< 5
		Code V	2	4	5	3	1
Habitats	Code H	%	0	21	57	19	3
Bryophytes	9	2		1	1		
Hydrophytes	8	43		10	28	5	
Litières	7	0				<1	
Pierres, galets	6	39		10	24	5	
Graviers	5	10			4	6	
Hélophytes	4	0					
Vases	3	3					3
Sables	2	3				3	
Dalles	1	0					
Algues	0	0					

Le coefficient de capacité biogène est de ainsi de 17.9/20, correspondant à une très bonne attractivité du secteur. Les branchages sont très peu présents et ne sont pas pris en compte dans le calcul de l'indice CCB.

N	H	H'	CCB
24	40	45	17.9

La ripisylve est ici très peu présente : la plupart du linéaire en est dépourvu, excepté en rive gauche sur les 250 derniers mètres parcourus.

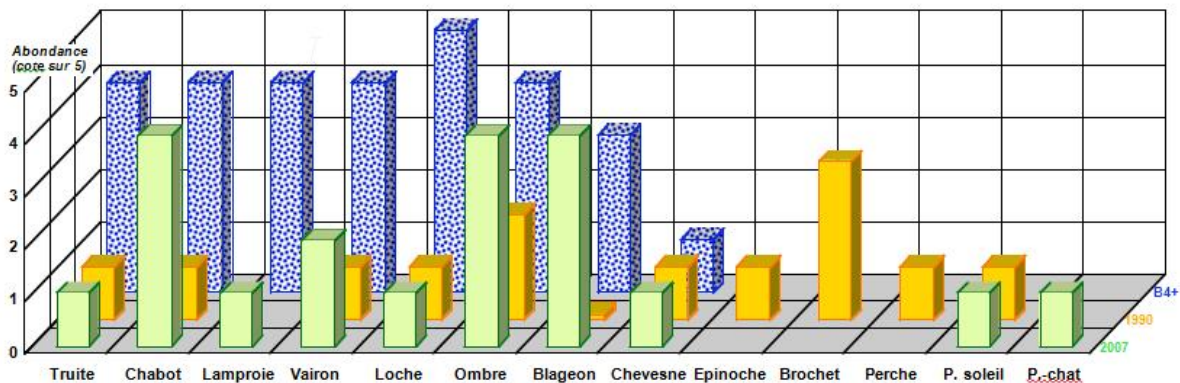
## 6 DESCRIPTION DE LA POPULATION PISCICOLE

Une pêche électrique d'inventaire a été réalisée sur le Breuchin, à Breuchotte, en 2007, dans le cadre d'une vaste campagne de mesures concernant le bassin versant de la Lanterne.

Dans ce secteur, le Breuchin se situe en classe intermédiaire, soit entre rivière à truite et à ombre.

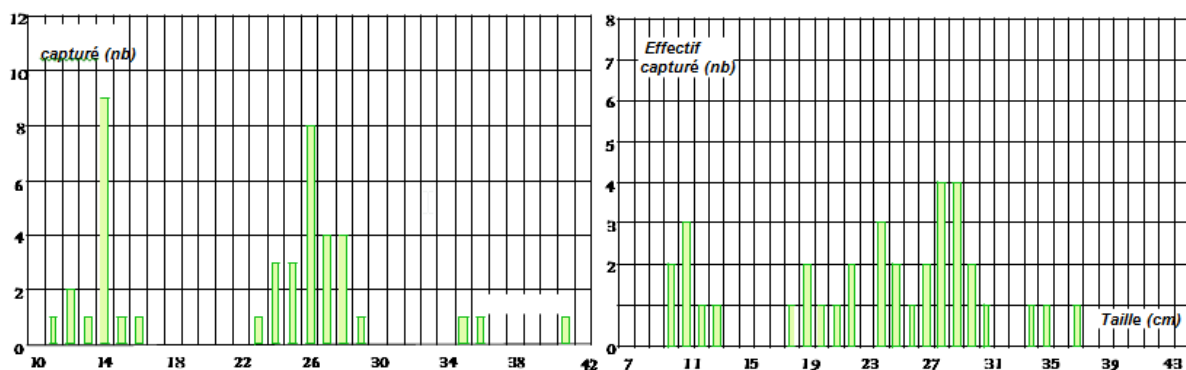
Le peuplement est relativement bien structuré et comprend de très belles populations de chabots, d'ombres et de blageons. Par rapport à la pêche effectuée au même endroit en 1990, on observe une restauration nette de la qualité piscicole. En effet, le score ichtyologique, augmente de 31/100 à 76/100, tandis que la biomasse double, passant de 89 à 197 kg/ha. Cette amélioration pourrait être due au climat et aux précipitations favorables des années 2006 et 2007 (importance des précipitations, notamment estivales, compensant au moins partiellement l'importance des captages et pompages dont le Breuchin est victime).

Parmi les espèces présentes, **la lamproie de planer** est celle disposant des plus faibles capacités de nage.



Structure du peuplement piscicole du Breuchin à Breuchotte en septembre 2007, 1990 et théoriquement.

En 2007, les 3 stades morphologiques qui jalonnent le cycle de vie de l'ombre ont été capturés, dans des proportions diverses : on observe la présence de quelques individus de belle taille, mais la proportion de juvéniles de l'année apparaît déficitaire. Cette même tendance est visible dans l'échantillon de truites.



Structure en taille de l'échantillon d'ombres (à gauche) et de truites (à droite) capturé sur le Breuchin à Breuchotte en septembre 2007.

## 7 DESCRIPTION DES MILIEUX NATURELS

### 7.1 Patrimoine naturel

#### 7.1.1 Réseau Natura 2000

La vallée du Breuchin au niveau du Moulin d'Amage, est inscrite dans le site Natura 2000 « Plateau des Mille Etangs ».

Ce site, situé entre les vallées du Breuchin et de l'Ognon, s'étend sur 18 677 ha et concerne 25 communes pour partie. Il est inscrit comme Zone Spéciale de Conservation (ZSC) au titre de la Directive Habitats, FR4301346.

Il rejoint à l'aval la vallée de la Lanterne, également ZPS et SIC.

Les étangs, nombreux, représentent un des biotopes les plus remarquables des Vosges Saônoises étant situés sur un plateau au climat montagnard. 75% d'entre eux ont moins d'un hectare et ils représentent moins de 7% de la superficie du secteur délimité. Ils constituent en Franche-Comté, un ensemble unique de biotopes humides sur substrats siliceux marqués par une diversité floristique considérable. Ils sont parfois accompagnés de prairies humides, de tourbières.

Cette zone constitue également une tête de bassin et les ruisseaux présentent généralement une qualité optimale des eaux. Sur les hauteurs comme sur les versants, la forêt est une composante majeure des paysages.

Le Breuchin et l'Ognon sont les principales rivières du secteur. La présence du chabot et de la lamproie de Planer indique un bon état de conservation général de ces rivières et des ruisseaux affluents.

D'après le Document d'objectifs du site Natura 2000 FR 4301346 « Plateau des mille Etangs » dont l'animation est faite par le Parc Naturel Régional Ballon des Vosges, **le site d'étude n'est pas recensé comme abritant les espèces d'intérêt communautaire ayant justifié la désignation du site du Plateau des Mille Etangs au réseau Natura 2000.**

Concernant les habitats d'intérêt communautaire, une prairie maigre de fauche de basse altitude est recensée de part et d'autre du Breuchin au droit du secteur d'étude et elle est également représentée en mosaïque avec une prairie à Molinia sur sols calcaires, tourbeux ou argilo-limoneux en amont (rive gauche). **Ces prairies ne sont pas considérées comme prioritaires.**

Les cartes suivantes présentent le moulin d'Amage au sein du site Natura 2000 « Plateau des Mille Etangs » et les différents habitats d'intérêts communautaires à proximité du secteur d'étude.

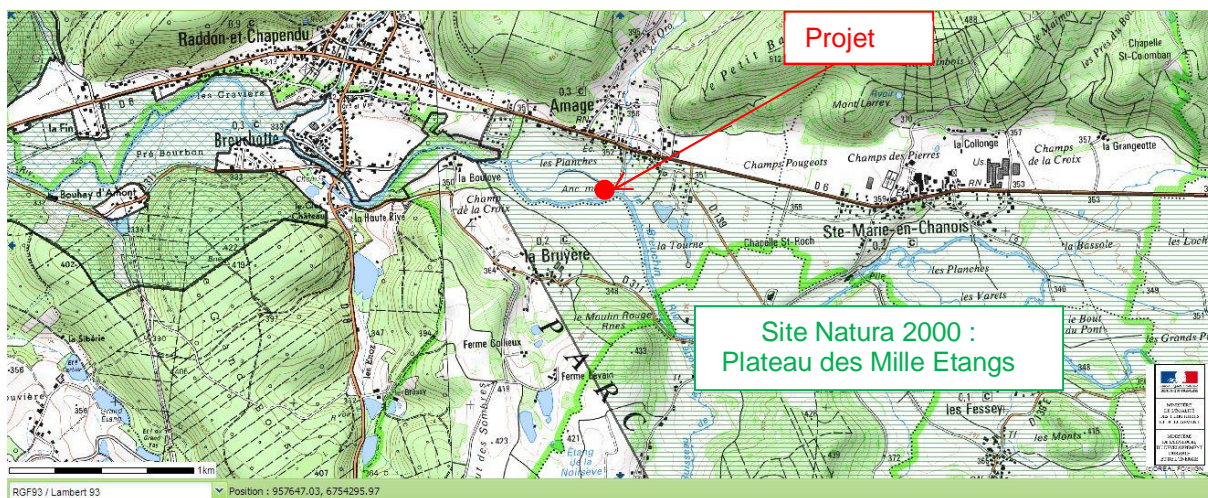


Figure 1 : Localisation du site Natura 2000 « Plateau des Mille Etangs » au droit du moulin d'Amage (Source : Carmen DREAL Franche-Comté)

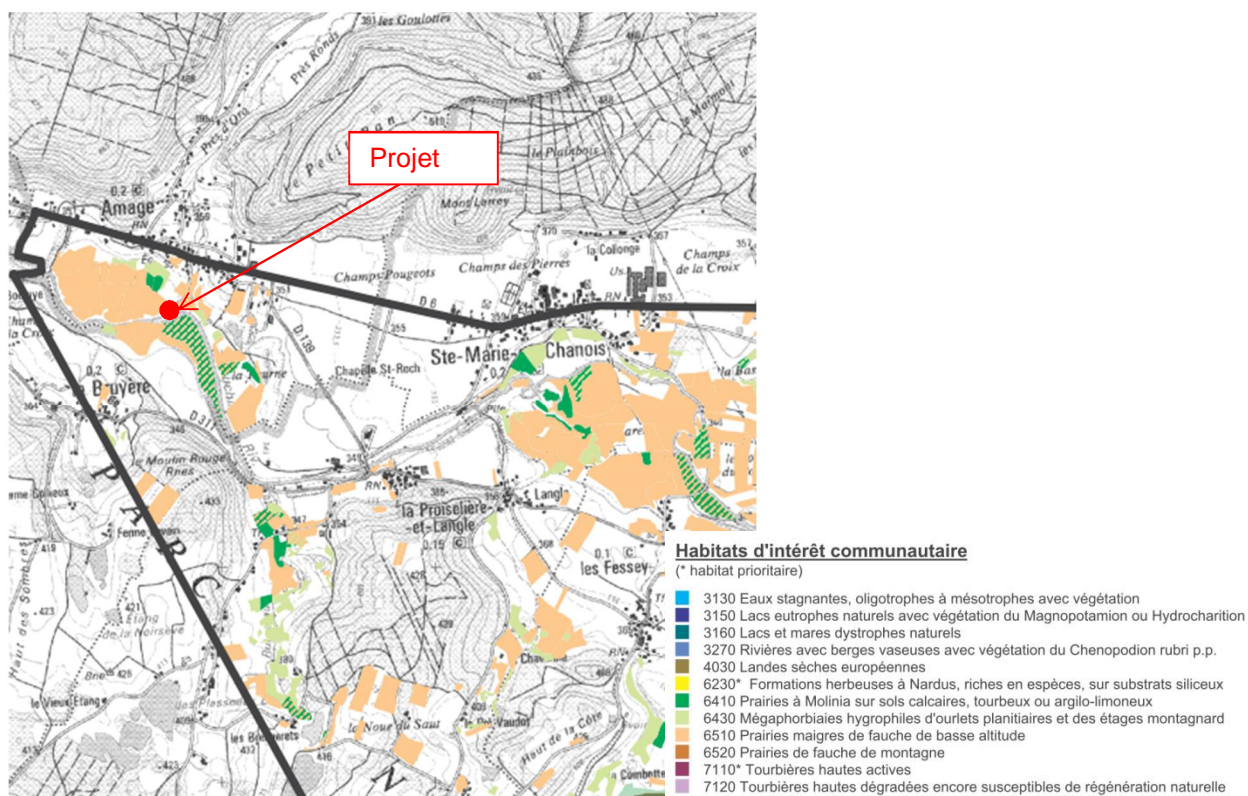


Figure 2 : Extrait de la carte des habitats d'intérêts communautaires du site Natura 2000 « Plateau des Mille Etangs » au droit du moulin d'Amage (Source : DOCOB Plateau des Mille Etangs)

### 7.1.2 Zones Naturelles Ecologiques Faunistiques et Floristiques

On note également l'inscription en ZNIEFF de type II de la Vallée de la Lanterne et du Breuchin et en ZNIEFF de type I, la vallée du Breuchin entre Amage et Faucogney. Ces zonages concernent la vallée du Breuchin et donc le secteur d'étude.

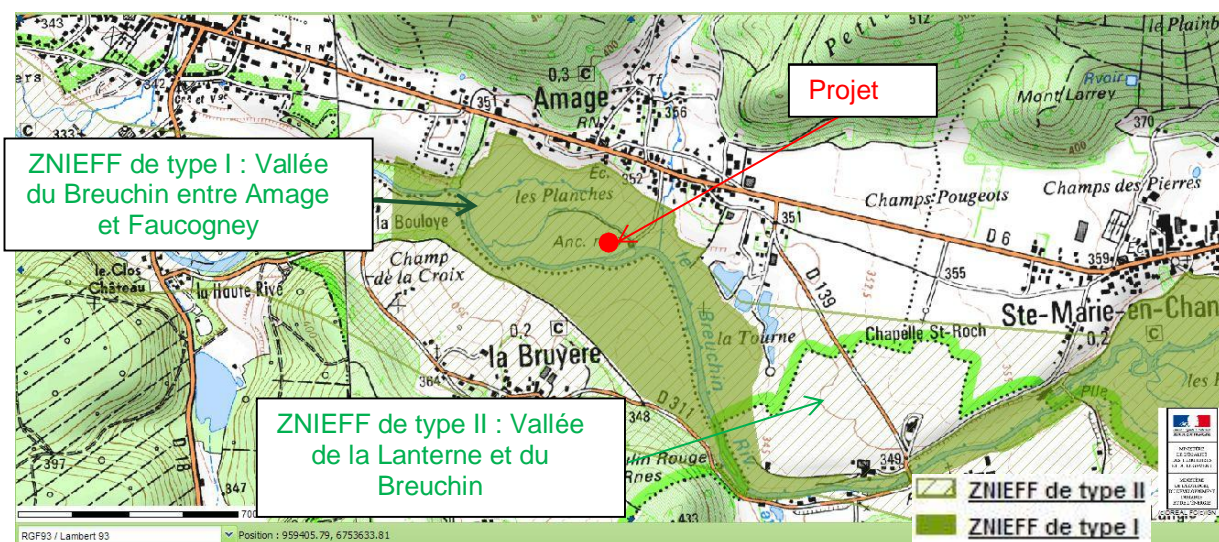


Figure 3 : Localisation des ZNIEFF au droit du moulin d'Amage (Source : Carmen DREAL Franche-Comté)

## 7.1.3 Zones Humides

### 7.1.3.1 DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

Des zones humides supérieures à 1 ha sont recensées par la DREAL Franche-Comté au niveau du barrage. En rive droite et à l'aval du barrage en rive gauche.

Il s'agit de prairies humides fauchées ou pâturées (groupement phytosociologique : prairie fauchée planitaire).

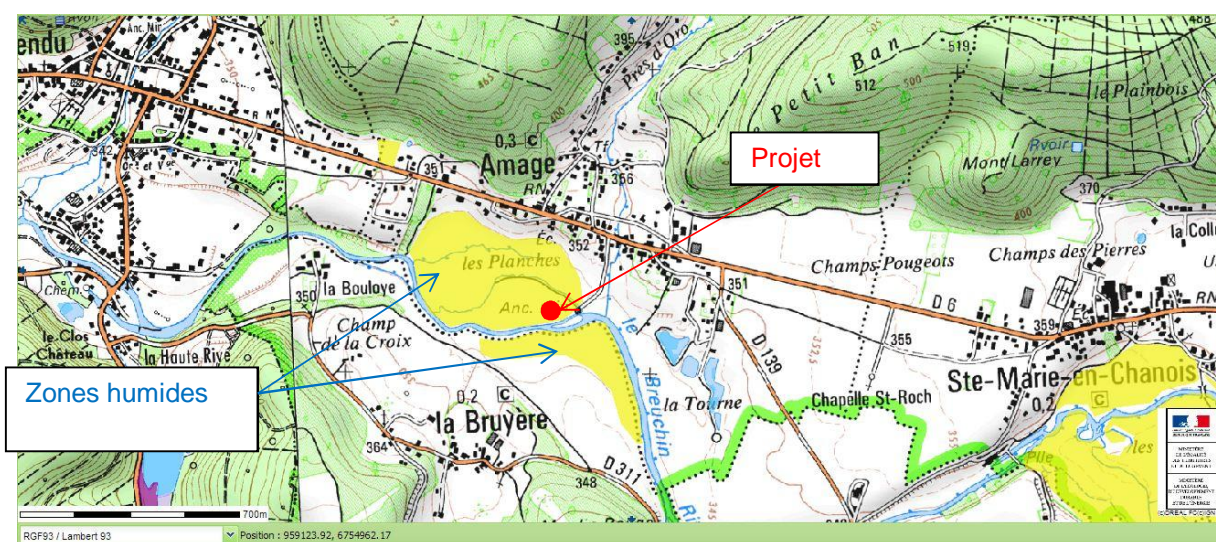


Figure 4 : Localisation des zones humides au droit du moulin d'Amage (Source : Carmen DREAL Franche-Comté)

### 7.1.3.2 EXPERTISE ZONE HUMIDE

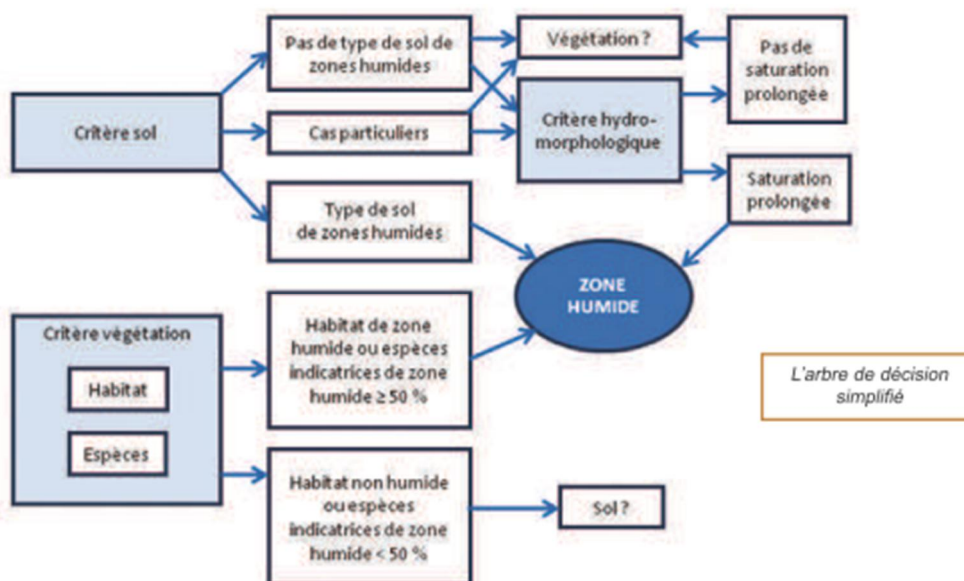
Afin de définir les enjeux présents en amont et en aval du moulin d'Amage, une expertise zone humide selon les critères en vigueur (sondage pédologique) a été réalisée au cours du mois de mars 2014.

La loi sur le développement des territoires ruraux de 2005 a prévu que la définition des zones humides donnée par la loi sur l'eau soit explicitée (C.envir., art.L.211-1). Ainsi, un décret du 22 mars 2007 précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides a été publié et complété par un arrêté modifié du 24 juin 2008 et une circulaire du 25 juin 2008, modifiée par un arrêté du 1er octobre 2009.

Ces critères sont alternatifs et interchangeable : il suffit que l'un deux soit rempli pour qu'on puisse qualifier officiellement un terrain de zone humide. Si un critère ne peut à lui seul permettre de caractériser la zone humide, l'autre critère est utilisable.

#### 7.1.3.2.1 Les critères

Cette méthode est basée sur deux principaux critères : le critère « sol » et le critère « végétation ». En chaque point, la vérification de l'un des deux critères suffit pour statuer sur la nature humide de la zone.



La végétation n'étant pas développée au cours du mois de mars, seul le critère sol a été évalué afin de déterminer les premiers enjeux. C'est pourquoi, les paragraphes suivants sont consacrés au critère pédologique.

#### 7.1.3.2.2 Le critère sol

Les sols caractéristiques des zones humides correspondent à un ou plusieurs types pédologiques :

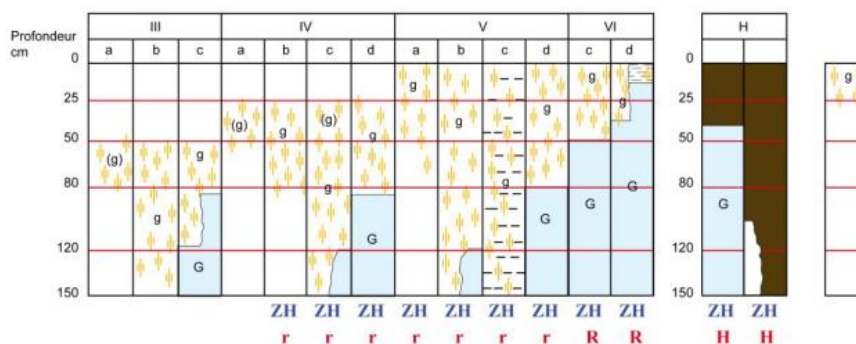
- A tous les histosols : marqués par un engorgement permanent provoquant l'accumulation de matières organiques peu ou pas décomposées (tourbières : sols composés de matière organique et d'eau) : sols de classe H, du GEPPA (Groupe d'Etude des Problèmes de Pédologie Appliquée) modifié;
- A tous les réductisols : présentant un engorgement permanent à faible profondeur montrant des traits réductiques (décoloration gris-bleuâtre) débutant à moins de 50 cm de la surface du sol : sols de classe VI (c et d) ;
- Aux autres sols caractérisés par des traits rédoxiques (tâches rouilles, nodules de concrétion ferromanganésiques) :
  - ✓ débutant à moins de 25 cm de profondeur du sol et se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur : sols de classes V (a, b, c, d) ;
  - ✓ ou débutant à moins de 50 cm de profondeur du sol et se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur et par des traits réductiques apparaissant entre 80 et 120 cm de profondeur : sols de classes IVd ;



Figure 5 : Les principaux types de sols caractéristiques de zones humides (source : Conseil Général du Finistère)

Dans le cas particulier des fluvisols (sols alluviaux) et des podzols (sols calcaires ou sableux) (développés dans des matériaux très pauvres en fer ou ne subissant pas de phénomènes réductiques), il est nécessaire d'avoir recours, soit à une expertise sur les conditions hydrogéomorphologiques pour apprécier la saturation prolongée par l'eau dans les 50 premiers centimètres du sol, soit au critère « Plantes hygrophiles ».

Si ces caractéristiques sont présentes, le sol peut être considéré comme sol de zone humide. En leur absence, il convient de vérifier pour les cas particuliers des sols, les résultats de l'expertise des conditions hydro-géomorphologiques.



**Morphologie des sols correspondant à des "zones humides" (ZH)**

- (g) caractère rédoxique peu marqué (pseudogley peu marqué)
- g caractère rédoxique marqué (pseudogley marqué)
- G horizon réductique (gley)
- H Histosols R Réductisols
- r Rédoxisols (rattachements simples et rattachements doubles)

d'après Classes d'hydromorphie du Groupe d'Étude des Problèmes de Pédologie Appliquée (GEPPA, 1981)

Figure 6 : Morphologie des sols correspondant à des « zones humides »

### 7.1.3.2.3 Résultats

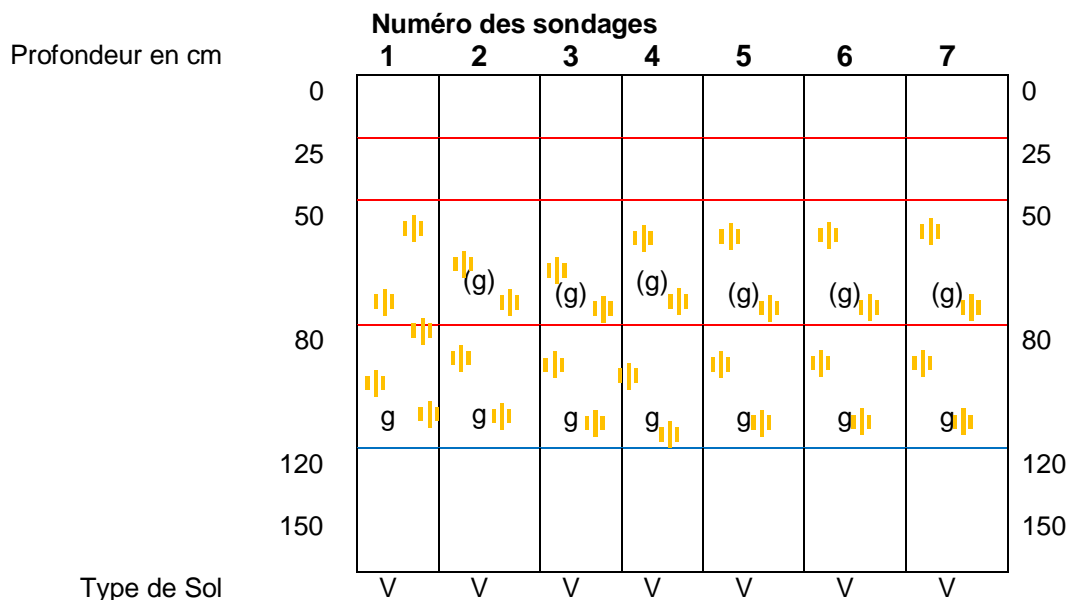
Au total, ce sont sept sondages pédologiques qui ont été réalisés sur l'ensemble du secteur d'étude (dont six en rive droite et un en rive gauche). Les sondages ont été positionnés en fonction des différents scénarii et en amont du moulin afin d'observer un effet plan d'eau.

La carte suivante présente l'emplacement des différents sondages.



Figure 7 : Localisation des sondages pédologiques au droit du secteur d'étude

Le schéma ci-dessous présente les caractéristiques observées des sondages.



fond du sondage (roche)  
 ou (pas de traces d'oxydo-réduction dans les 50 premiers cm du profil)  
 ou (horizon trop dur, la tarière se tord et est très difficile à extraire du trou)  
 ou (succion de l'eau en profondeur)

Lors de la réalisation des sondages pédologiques, le sol présentait un engorgement en eau à partir de 80 cm de profondeur.

**D'après l'arrêté du 1er octobre 2009, les sols présents sur la parcelle étudiée peuvent être rattachés un grand type de sol : FLUVIOSOLS – REDOXISOLS**

**D'après ce même arrêté, ces sols font partie des sols caractéristiques de zone humide.**  
 L'expertise pédologique confirme la présence de zone humide en lieu et pour place des zones humides identifiées par la DREAL selon une autre méthode.

## 8 ETUDE HYDROLOGIQUE

### 8.1.1 Objet

L'objet de cette partie est de décrire l'hydrologie du Breuchin et de son affluent le Rudivet au droit du projet, et de déterminer les débits et hydrogrammes de référence utilisés dans l'étude hydraulique. Les débits sont des données utilisées pour le dimensionnement des aménagements.

### 8.1.2 Stations hydrométriques sur le Breuchin

Les débits du Breuchin sont suivis au niveau de la station de la Proiselière-et-L'Angle. Cette station est située 1,45 km en amont du seuil du moulin d'Amage. Le tableau ci-dessous présente les grandes caractéristiques de cette station.

Code Banque Hydro	Commune	Altitude (m NGF)	Bassin versant (km <sup>2</sup> )	Période de mesure
U0415010	La Proiselière-et-Langle	343	123	1967-2014

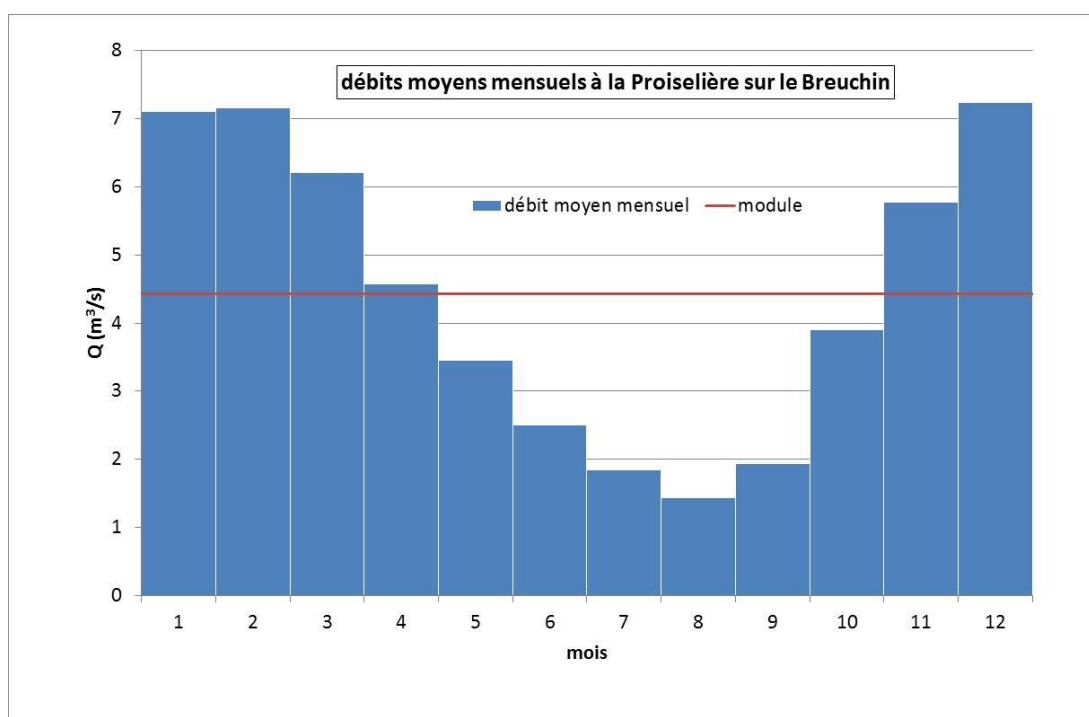
### 8.1.3 Débits moyens et de basses eaux du Breuchin

La surface du bassin versant du Breuchin au droit du seuil du moulin d'Amage est de 131,4 km<sup>2</sup>. Les débits sont calculés au droit de ce seuil à partir de ceux de la Proiselière proportionnellement à la surface de bassin versant contrôlée.

Les tableaux suivants sont une synthèse des données caractéristiques des écoulements moyens, et de basses eaux à la station, ainsi qu'au droit du seuil du moulin d'Amage.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	moyenne
Proiselière	7.11	7.16	6.21	4.57	3.46	2.5	1.85	1.44	1.94	3.9	5.77	7.24	4.43
Q (l/s/km <sup>2</sup> )	57.8	58.2	50.5	37.2	28.1	20.3	15.0	11.7	15.8	31.7	46.9	58.9	36.01
Moulin d'Amage	7.59	7.65	6.63	4.88	3.70	2.67	1.98	1.54	2.07	4.17	6.16	7.73	4.73

*Débits (m<sup>3</sup>/s) et débits spécifiques (l/s/km<sup>2</sup>) moyens mensuels*



Les débits moyens mensuels sont supérieurs au module de la période de novembre à avril inclus.

situation	bassin versant (km <sup>2</sup> )	QMNA5			QMNA2			QA	
		(m <sup>3</sup> /s)	(l/s/km <sup>2</sup> )	(%QA)	(m <sup>3</sup> /s)	(l/s/km <sup>2</sup> )	(%QA)	(m <sup>3</sup> /s)	(l/s/km <sup>2</sup> )
La Proiselière	123	0.58	4.7	13.2	0.87	7.1	19.7	4.41	35.9
moulin d'Amage	131.4	0.62			0.93			4.71	

*Débits (m<sup>3</sup>/s) et débits spécifiques (l/s/km<sup>2</sup>) moyens et d'étiage.*

**Les débits d'étiage du Breuchin sont assez soutenus**, avec des valeurs respectivement pour le QMNA5 et le QMNA2 égales à 13,2 % et 19,7% du module. Le module spécifique, avec une valeur de 35,9 l/s/km<sup>2</sup> est également une valeur élevée.

## 8.1.4 Débits de crue du Breuchin

### 8.1.4.1 DEBITS DE POINTE

Les débits de pointe pour les périodes de retour de 2 à 50 ans ont été déterminés à ces stations par un ajustement à une loi de Gumbel des séries mesurées.

Le tableau ci-dessous présente les valeurs calculées dans la Banque Hydro.

période de retour (ans)	QIX (m <sup>3</sup> /s)	QJX (m <sup>3</sup> /s)	QIX/QJX
2	55	37	1.49
5	78	52	1.50
10	93	61	1.52
20	110	71	1.55
50	130	83	1.57

*Débits de référence de crue (débit instantané maximal : QIX ; et débit journalier maximal: QJX)*

Les rapports élevés du débit instantané maximal sur le débit journalier maximal sont caractéristiques de crues intenses (crues rapides et intenses).

### 8.1.4.2 HYDROGRAMMES DE CRUE

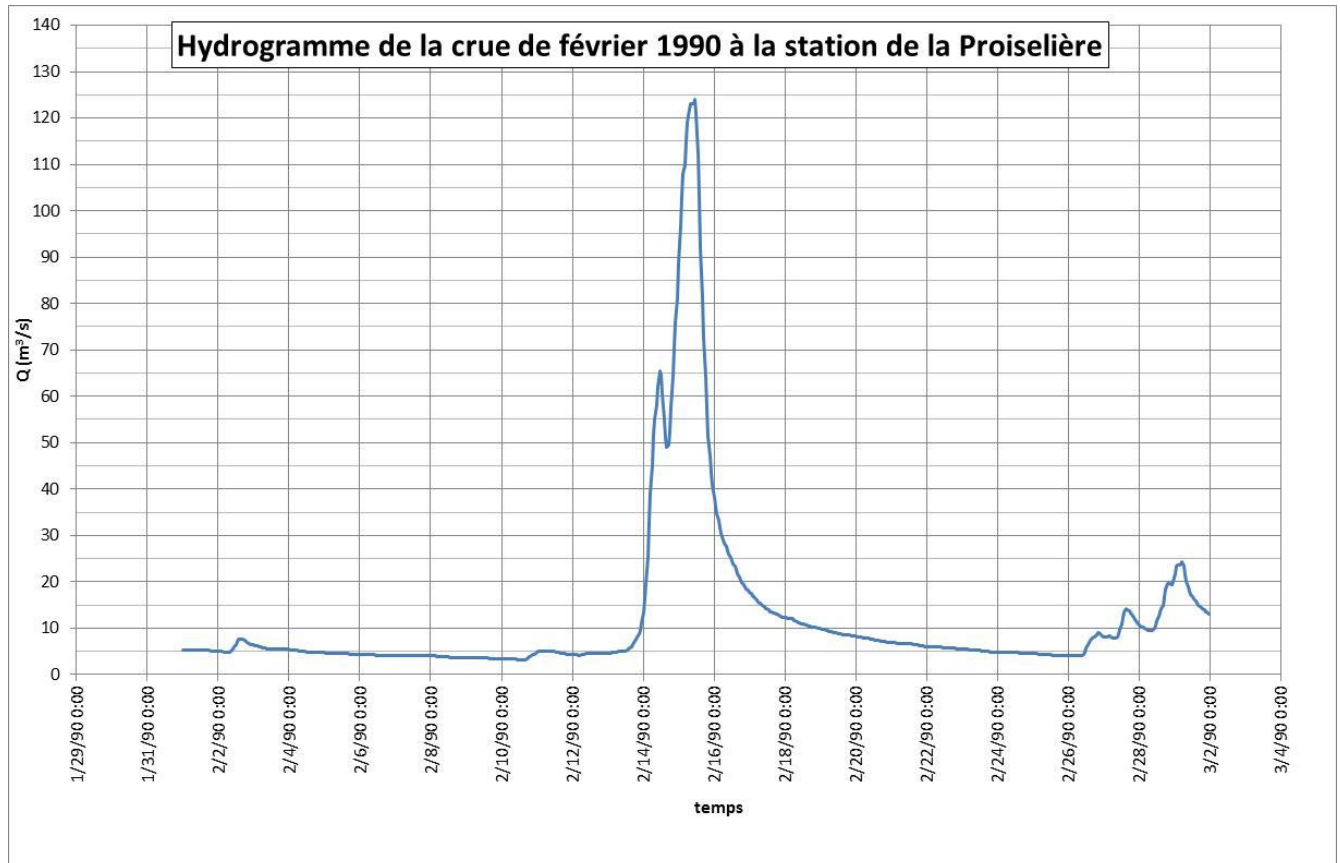
Le tableau ci-dessous présente les 4 plus fortes crues enregistrées à la station de La Proiselière.

date crue	débit de pointe m <sup>3</sup> /s	débit de base m <sup>3</sup> /s	volume écoulé m <sup>3</sup>	durée de dépassement de Qmax/2 heures
15/02/1990	125	5.01	15 497 658	33
22/12/1991	109	1.45	15 102 756	20
23/02/1970	102	6.8	18 167 436	39
30/12/2001	101	2.43	11 227 086	16

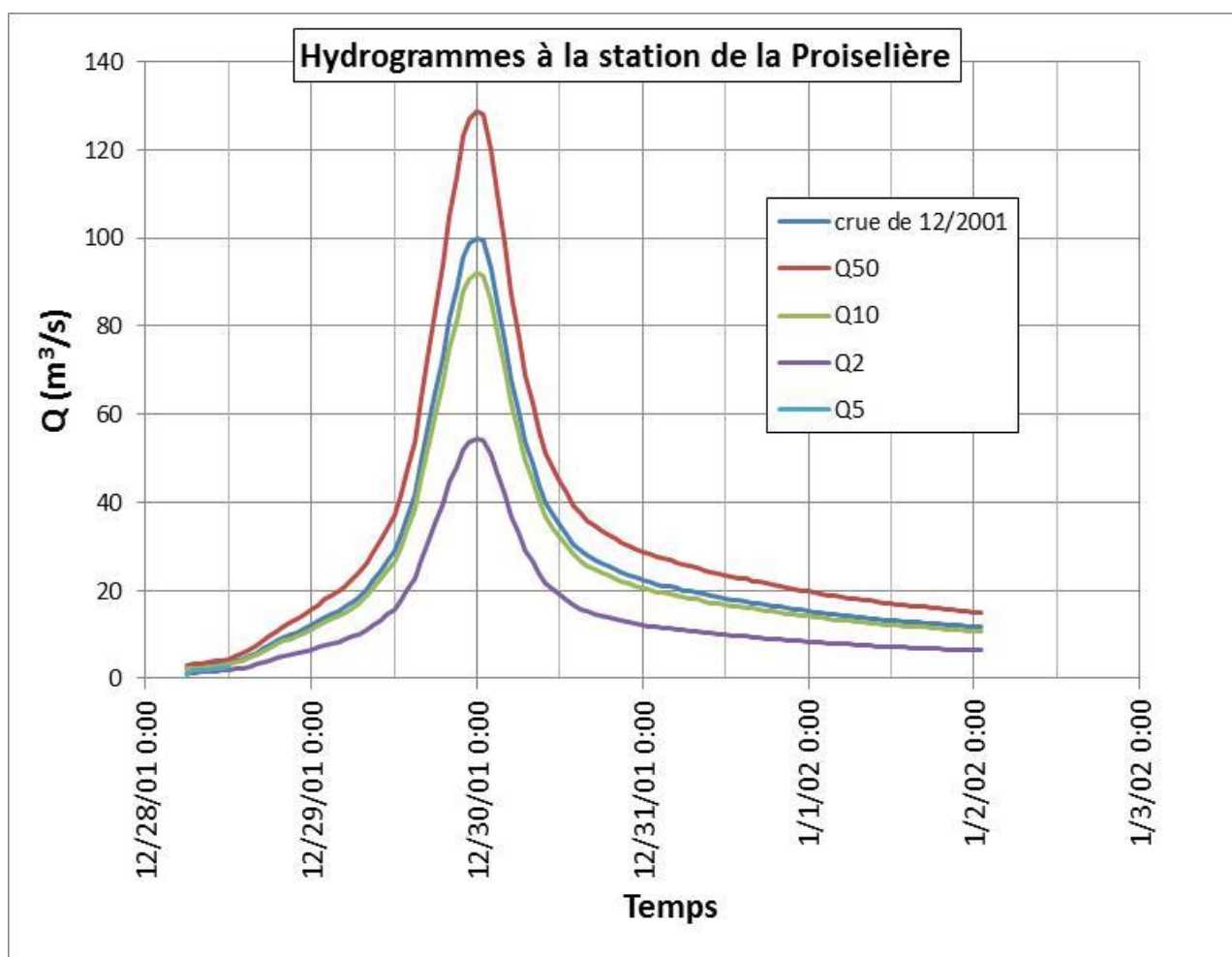
*Plus fortes crues enregistrées à la station de La Proiselière.*

La plus forte crue mesurée est celle de février 1990 avec un débit de pointe de 125 m<sup>3</sup>/s. D'après l'ajustement à la loi de Gumbel, son occurrence serait d'environ 50 ans. On présente ci-après l'hydrogramme de cette crue.

*Nb : On précise que des travaux de la DREAL de Franche Comté menés sur l'hydrologie régionale du secteur sud vosgien (Rahin, Savoureuse) indiquent que la crue de 1990 est voisine de la crue centennale sur ces secteurs*



Comme les simulations hydrauliques menées par la suite vont être réalisées en régime transitoire, il est nécessaire de disposer d'hydrogramme de crue de référence. Ceux-ci sont construits à partir de l'hydrogramme de la crue de décembre 2001 (crue la plus forte récemment mesurée). Cet hydrogramme est multiplié par un coefficient afin d'obtenir le débit de pointe issu de l'analyse statistique. Les différents hydrogrammes de référence sont présentés sur le graphique ci-après.



## 8.1.5 Estimation des débits du Rudivet

### 8.1.5.1 PRESENTATION DU BASSIN VERSANT

Le bassin versant du Rudivet est présenté sur la figure « carte des bassins versants ». Le tableau ci-après présente ses principales caractéristiques.

Surface ( $km^2$ )	5,4
Altitude minimum (m NGF)	341
Altitude maximum (m NGF)	568
Longueur du plus long écoulement (m)	4 325
Pente moyenne du cours d'eau (m/m)	0,052
Compacité	1,42
Longueur du rectangle équivalent (km)	4 740

*Caractéristiques du bassin versant.*

Le bassin versant du Rudivet possède une forme plutôt allongée. Il est essentiellement forestier, avec quelques prairies. On notera la présence de trois étangs sur la partie haute du bassin versant.

### 8.1.5.2 ESTIMATION DES DEBITS MOYENS ET D'ETIAGE

Les débits d'étiages et moyens sont estimés à partir des débits spécifiques du Breuchin à la station de la Proiselière proportionnellement à la surface calculée pour le bassin versant du Rudivet.

Les tableaux ci-après présentent les différents débits.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	moyenne
Proiselière	7.11	7.16	6.21	4.57	3.46	2.5	1.85	1.44	1.94	3.9	5.77	7.24	4.43
<i>Q (l/s/km<sup>2</sup>)</i>	57.8	58.2	50.5	37.2	28.1	20.3	15.0	11.7	15.8	31.7	46.9	58.9	36.01
Rudivet	0.31	0.31	0.27	0.20	0.15	0.11	0.08	0.06	0.09	0.17	0.25	0.32	0.19

*Débits (m<sup>3</sup>/s) et débits spécifiques (l/s/km<sup>2</sup>) moyens mensuels*

situation	bassin versant (km <sup>2</sup> )	QMNA5			QMNA2			QA	
		(m <sup>3</sup> /s)	(l/s/km <sup>2</sup> )	(%QA)	(m <sup>3</sup> /s)	(l/s/km <sup>2</sup> )	(%QA)	(m <sup>3</sup> /s)	(l/s/km <sup>2</sup> )
La Proiselière	123	0.58	4.7	13.2	0.87	7.1	19.7	4.41	35.9
Rudivet	5.4	0.03			0.04			0.19	

*Débits et débits spécifiques moyens et d'étiage.*

### 8.1.5.3 ESTIMATION DES DEBITS DE CRUE ET HYDROGRAMMES DE CRUE

Nous avons estimé pour les occurrences de crues décennale et centennale le débit de pointe du Rudivet au droit de la confluence avec le Breuchin.

Trois méthodes ont été utilisées pour réaliser cette estimation :

- estimation directe par une méthode globale (méthode rationnelle),
- une modélisation pluie-débit à partir de la méthode SCS,
- extrapolation à partir des résultats des suivis hydrométriques de rivières voisines,

#### 8.1.5.3.1 Méthode rationnelle

La méthode rationnelle se formule de la façon suivante :

$$QT = \frac{CIS}{3,6} \text{ où :}$$

où :

- QT est le débit de pointe de période de retour T du bassin versant (en m<sup>3</sup>/s),
- C est le coefficient de ruissellement du bassin versant,

- $I$  est l'intensité de la pluie de période de retour  $T$  et de durée égale au temps de concentration du bassin versant ( $i$  en mm/h),
- $S$  est la surface du bassin versant (en km<sup>2</sup>).

Le coefficient de ruissellement utilisé dans la méthode rationnelle a été estimé selon les valeurs guide de la Recommandation de l'assainissement routier (R.A.R. - SETRA, 1982), d'après la couverture végétale du bassin versant, sa pente et la nature des terrains. La valeur retenue dans les calculs est  $C = 0,25$  en crue décennale.

Le temps de concentration a été calculé par différentes formules (RICHARDS, PASSINI, VENTURA, méthode de la RAR), faisant intervenir les caractéristiques du bassin versant : surface, longueur, pente, dénivelée, coefficient de ruissellement. On trouve un temps de concentration de l'ordre de 1,6h.

La pluviométrie est celle fournie par le poste de LUXEUIL, poste pluviographique (c'est-à-dire enregistrant la pluviométrie en continu, ce qui est la condition pour définir des lois d'ajustement statistiques) le plus proche de la zone d'étude.

L'intensité d'une pluie de période de retour  $T$  peut être approchée par un ajustement statistique dit de MONTANA, qui s'écrit de la façon suivante :  $I = at^{-b}$

avec :  $t$  en mn (durée de la pluie) et  $I$  en mm/mn (intensité de la pluie) ;  $a$  et  $b$  sont des coefficients (coefficient de Montana) qui dépendent de la période de retour considérée.

Le tableau ci-après présente les coefficients de Montana calculés à la station de Luxeuil.

Période de retour	0 <= t <= 0,25 h		0,25 h <= t <= 4 h		4 h <= t <= 24 h	
	a	b	a	b	a	b
T = 5 ans	4.17	0.518	9.32	0.784	4.89	0.664
T = 10 ans	5.24	0.557	10.49	0.772	5.85	0.671

Période de retour	0 <= t <= 0,75 h		0,75 h <= t <= 12 h		12 h <= t <= 24 h	
	a	b	a	b	a	b
T = 100 ans	7.01	0.557	26.23	0.853	2.45	0.500

### 8.1.5.3.2 Méthode SCS

Le modèle hydrologique se compose de deux fonctions :

- une fonction de production permettant de transformer la pluie brute en pluie nette, transformation représentant l'interaction pluie - surface. En effet, une partie de la pluie va être retenue par le terrain, le reste constituant le ruissellement. L'appréciation de la fonction de production se ramène donc à l'évaluation d'un paramètre, appelé index de ruissellement, que l'on applique au bassin versant découpé en zones homogènes du point de vue du type de sol, et du couvert végétal ;
- une fonction de transfert permettant de générer l'hydrogramme observé à l'exutoire à partir de la pluie nette. La fonction de transfert est l'hydrogramme unitaire (type SCS), qui est défini à partir des paramètres physiques saisis sur le bassin versant (temps de concentration, surface).

Cette modélisation permet de reconstituer le déroulement des crues en tenant compte de la variation du coefficient de ruissellement au cours de l'épisode pluvieux. Cette analyse a été réalisée à l'aide du logiciel XP SWMM.

L'application du modèle nécessite la connaissance de la superficie du bassin versant, l'index de ruissellement et le temps de concentration. L'index de ruissellement a été estimé à partir d'une table, proposant, en fonction de la perméabilité du sol et du type d'occupation, des valeurs-guides (valeur choisie : 75). Le temps de concentration a été estimé dans le cadre de l'application de la méthode rationnelle (Cf. § précédent).

### 8.1.5.3.3 Comparaison avec d'autres bassins versants

Le tableau ci-après présente les débits décennaux de pointe calculés statistiquement au droit de stations hydrométriques mises en place sur des cours d'eau de Haute Saône voisins de la zone d'étude.

A partir de ces données, il a été estimé le débit de pointe décennal du Rudivet au droit du projet à l'aide de la formule de Myers (appelée aussi méthode des transferts).

Cette formule postule qu'il peut exister entre deux points 1 et 2 d'un cours d'eau une relation de corrélation de la forme suivante :

$$Q2 = \left(\frac{S2}{S1}\right)^\alpha * Q1$$

avec  $\alpha$  un coefficient à déterminer, Q1 et Q2 les débits respectifs d'une crue d'un cours d'eau suivi hydrométriquement et d'une crue du Rudivet d'occurrence identique, respectivement aux points 1 (site de la station hydrométrique sur le cours d'eau suivi) et 2 (le Rudivet), S1 et S2 étant les superficies respectives des bassins versants au droit de ces points.

Si l'on adopte une valeur de  $\alpha$  égale à 0,8 (valeur classique), les débits du Rudivet peuvent être estimés aux valeurs indiquées dans le tableau ci-après.

rivière	Localisation de la station	Surface du bassin versant (km <sup>2</sup> )	QIX10 (m <sup>3</sup> /s)	QIX10 (m <sup>3</sup> /s) du Rudivet $\alpha = 0,8$
Ognon	Servance	73,5	82	10,2
Rahin	Plancher-Bas	33	42	9,9
Breuchin	Proselière	123	93	<b>7,6</b>
Semouse	Saint-Loup	222	93	4,8
Combeauté	Val d'Ajol	63	65	9,1
			moyenne	<b>8,3</b>

#### 8.1.5.3.4 Débits retenus

Le tableau ci-dessous présente les débits décennaux calculés par les différentes méthodes.

Méthode rationnelle	Méthode SCS	Extrapolation à partir d'autres bassins versants
Débit de pointe décennal-QIX10 (m <sup>3</sup> /s)		
7,1	6,9	7,6 ( <i>extrapolation à partir du Breuchin</i> )

Les méthodes donnent des résultats relativement proches.

On retient finalement le débit décennal calculé à partir de la méthode rationnelle car compte tenu de la surface de bassin versant, cette méthode est bien adaptée.

Le débit de période de retour 100 ans a été calculé en considérant que celui-ci est égal au double du débit décennal.

Les débits instantanés maximaux retenus sont :

- **Q10 = 7,1 m<sup>3</sup>/s,**
- **Q100= 14,2m<sup>3</sup>/s.**

## 9 LEVERS TOPOGRAPHIQUES

Le seuil du Moulin d'Amage a fait l'objet d'un levé topographique détaillé le 21 septembre 2011 dans l'étude « Caractérisation des ouvrages hydrauliques de la vallée du Breuchin » réalisée pour le SITA du Breuchin.

Des compléments topographiques ont été réalisés dans le cadre de cette étude :

- Levé de 8 profils en travers complets de la vallée du Breuchin (lit mineur+lit majeur),
- Levé de deux profils lits mineur supplémentaires du Breuchin,
- Levé de trois profils en travers lit mineur du Rudivet,
- Levé des seuils suivants (d'amont en aval)
  - Seuil du Moulin Rouge,
  - Seuil qui alimente le canal de La Bouloye,
  - Ancien seuil d'irrigation (canal d'irrigation rebouché).
- Levé du canal de la prairie : sept profils en travers du lit mineur + des points de fond et niveau d'eau,
- Semis de point autour du seuil et du moulin, ainsi que du Rudivet (Cf. ci-dessous).

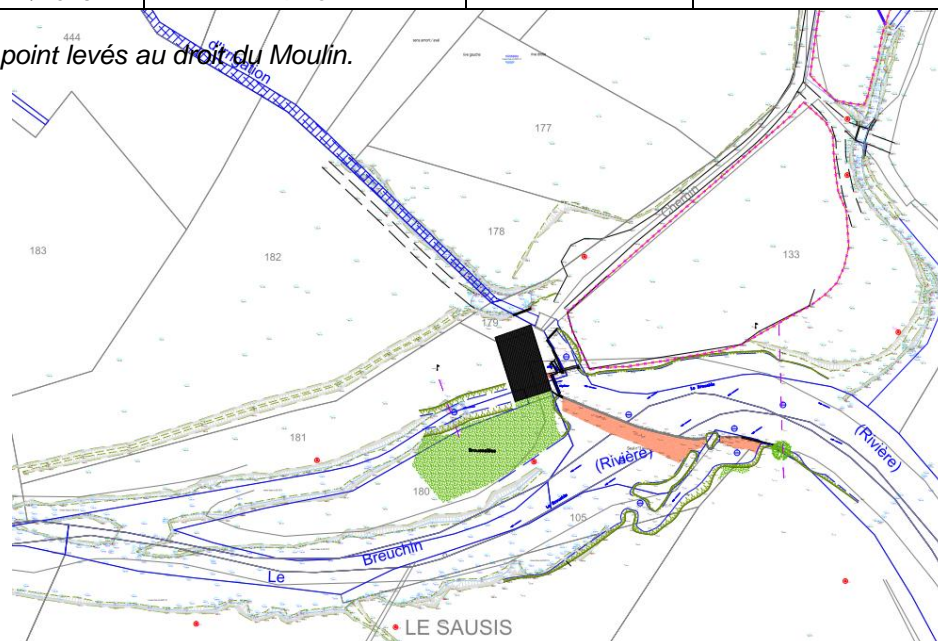
Les levés ont été réalisés en grande partie les 13, 16 et 20 décembre 2013. Des compléments ont été réalisés le 26 décembre 2013, et le 6 janvier 2014.

Pour compléter le modèle en amont de la zone d'étude, on a utilisé des profils en travers de vallée levés par notre bureau d'étude le 19 octobre 2007 pour la DREAL dans le cadre de l'étude « Modélisation hydraulique de stations limnimétriques-Aide à l'extrapolation des courbes de tarage- Station de La Proiselière-et-l'Angle » (12/2007).

On précise ci-dessous les débits du Breuchin à la station de la Proiselière les jours des levés.

date	QJ-La Proiselière (m <sup>3</sup> /s)	date	QJ-La Proiselière (m <sup>3</sup> /s)
13/12/2013	2.35	06/01/2014	10.4
16/12/2013	2.23	19/10/2007	1.34
20/12/2013	3.3	21/09/2011	1.89
26/12/2013	9.16		

Semis-de point levés au droit du Moulin.



## 10 ETUDE HYDRAULIQUE

---

### 10.1 Objet

L'objectif de l'étude hydraulique est de décrire :

- le fonctionnement hydraulique actuel du Breuchin en hautes eaux, moyennes et basses eaux dans le secteur d'étude,
- le rôle du seuil sur les écoulements.

Dans la suite de l'étude, le modèle hydraulique servira à caler les scénarios d'aménagements et à calculer leurs incidences hydrauliques pour différents débits.

### 10.2 Logiciel utilisé

La modélisation des écoulements du Breuchin dans la zone d'étude est réalisée à l'aide du logiciel **MIKE 11**. Ce logiciel est développé par le DHI (Danish Hydraulic Institut). Ce logiciel permet la modélisation numérique d'un écoulement permanent ou transitoire dans un réseau hydraulique maillé à surface libre, en régime fluvial, torrentiel ou mixte.

Le réseau hydraulique est décomposé en tronçons homogènes, appelés biefs, définis entre un nœud amont et un nœud aval. La géométrie d'un bief est déterminée par des profils en travers caractéristiques de la forme et du volume du cours d'eau. A partir de ces sections données, le programme peut générer des sections de calcul plus rapprochées pour augmenter la précision du calcul hydraulique.

Pour les hautes eaux, les simulations des crues ont été réalisées **en régime transitoire** afin de prendre en compte le rôle d'écrêtement de la vallée.

### 10.3 Limites du modèle

Les limites du modèle hydrauliques sont les suivantes :

- en amont : 400 m en amont du seuil du Moulin Rouge, soit 220 m en aval du pont de La Proiselière-et-L'Angle,
- en aval : 900 m en aval du seuil du moulin d'Amage, soit environ 180 m en amont du hameau La Bouloye.

Le linéaire de rivière modélisé est de 2 100 m.

### 10.4 Paramètres de calculs

#### 10.4.1 Débits de projet

Les hydrogrammes de crue utilisés sont présentés au § 8.1.4.2. On rappelle ci-dessous la valeur du débit de pointe pour les différentes périodes de retour de crue étudiées :

Période de retour (ans)	Débits instantané maximal (m <sup>3</sup> /s)-QIX
2	55
5	78
10	93
50	130

*Débits de pointe de crue -QIX (m<sup>3</sup>/s)*

*Nb : Compte-tenu de la proximité de la zone d'étude avec la station hydrométrique, on utilise directement les valeurs calculées à la station.*

Les débits moyens et d'étiage simulés sont rappelés ci-dessous :

- module (QA) : 4,71 m<sup>3</sup>/s,
- débit mensuel minimal annuel de période de retour 5 ans (QMNA5 ans) : 0,620 m<sup>3</sup>/s.

#### 10.4.2 Coefficient de rugosité

Nous avons adopté les valeurs suivantes pour le coefficient de rugosité (coefficient de Strickler) :

- 25 dans le lit mineur,
- 12 dans le lit majeur (lit majeur dégagé).

Ces valeurs ont été estimées par appréciation visuelle à partir des tableaux de la littérature (notamment HORTON (1916), cité par CARLIER (1972)), qui indiquent des valeurs guides de ces paramètres en fonction de l'état d'entretien du cours d'eau, de sa végétation, et de sa morphologie.

Comme le site d'étude est situé en dehors d'enjeu humain à l'exception du moulin, il n'a pas été possible de collecter des repères de crue précis, y compris au moulin.

#### 10.4.3 Cote aval

La cote de l'eau au profil aval du modèle (P1) est un paramètre de calcul et correspond à la cote de départ de la simulation, puisque, les écoulements étant en régime fluvial, la ligne d'eau est calculée de l'aval vers l'amont.

Nous avons ainsi retenu l'hypothèse d'un écoulement « normal », c'est-à-dire que la pente de la ligne d'eau est supposée parallèle à la pente moyenne du cours d'eau en aval de la zone d'étude. Cette pente a été estimée à 3‰. Comme la limite aval a été retenue suffisamment en aval du projet, on a vérifié qu'une modification de cette pente ne modifiait pas les calculs au droit du projet.

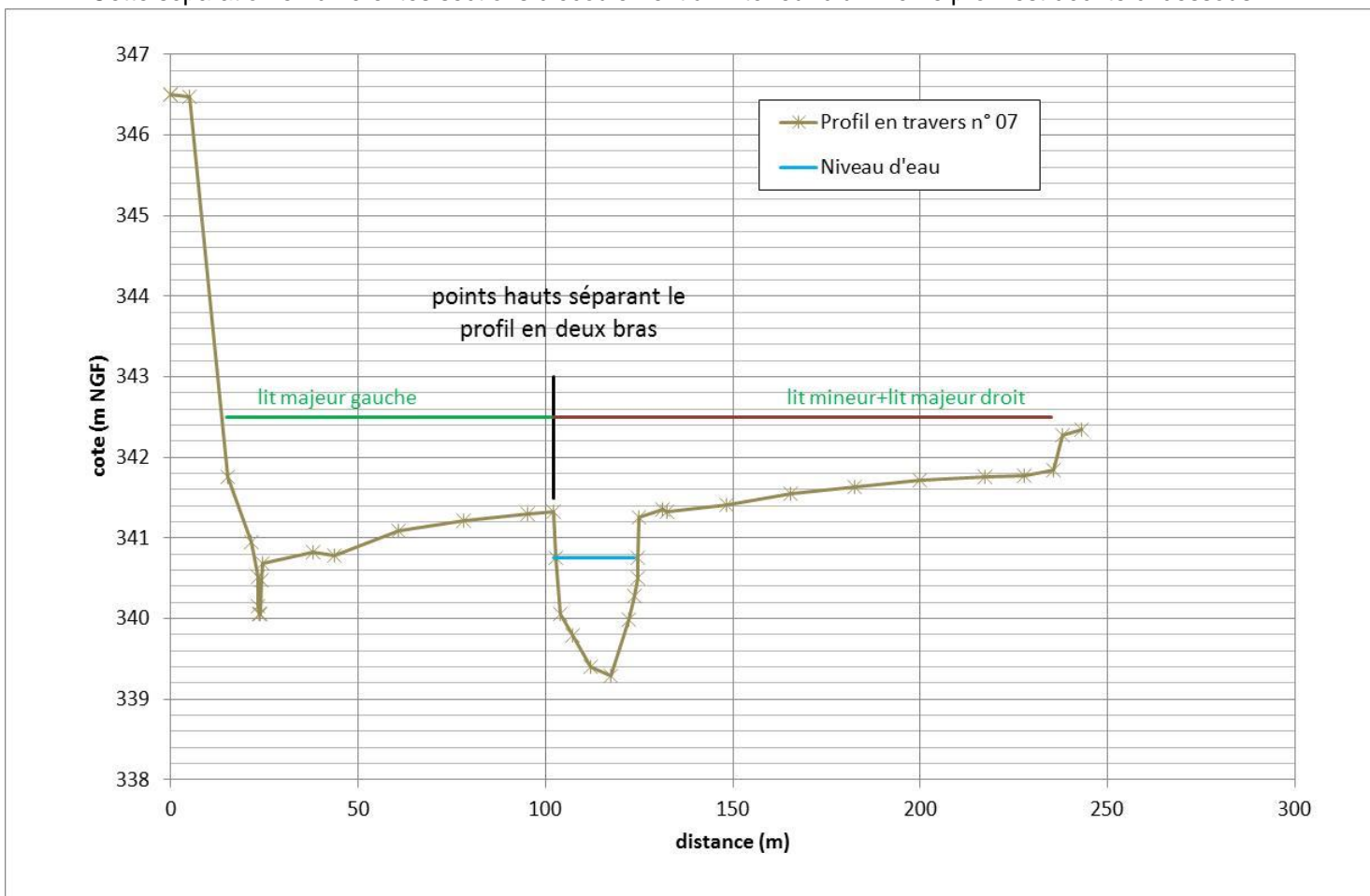
### 10.4.4 Ossature du modèle

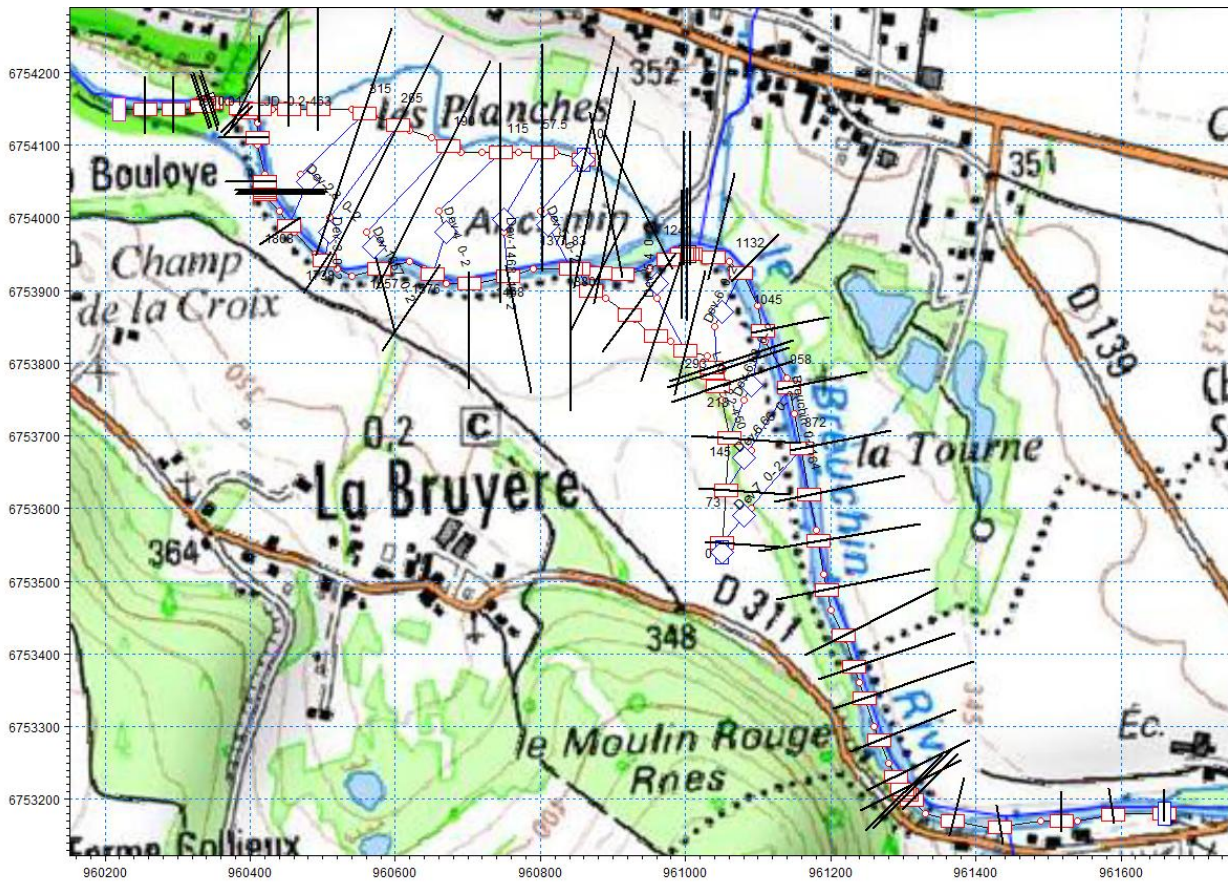
Pour tenir compte de la forme de la vallée du Breuchin dans le secteur d'étude avec son lit mineur légèrement perché, la vallée a été décomposée dans le modèle hydraulique en différents liens (ou bras) de manière à pouvoir étudier de manière précise les incidences de cette forme particulière.

- zone amont : de l'amont du modèle au profil topographique P7 : lits mineur et majeur décrits dans un seul lien,
- du profil P7 au profil P5 (soit en aval du seuil du moulin): lit mineur et lit majeur droit dans un seul lien, et lit majeur gauche dans un autre lien,
- du profil P5 au profil P2 : lit mineur et lit majeur gauche dans un seul lien, et lit majeur droit dans un autre lien,
- du profil P2 au profil P1 : lits mineur et majeur décrits dans un seul lien.

Lorsque le lit majeur est entré dans un lien différent que celui du lit mineur, les échanges de débit entre le lit mineur et le lit majeur sont décrits par des lois de seuils ; les seuils décrivent le haut de berge (ou points hauts séparant le lit mineur du lit majeur).

Cette séparation en différentes sections d'écoulement à l'intérieur d'un même profil est décrite ci-dessous.





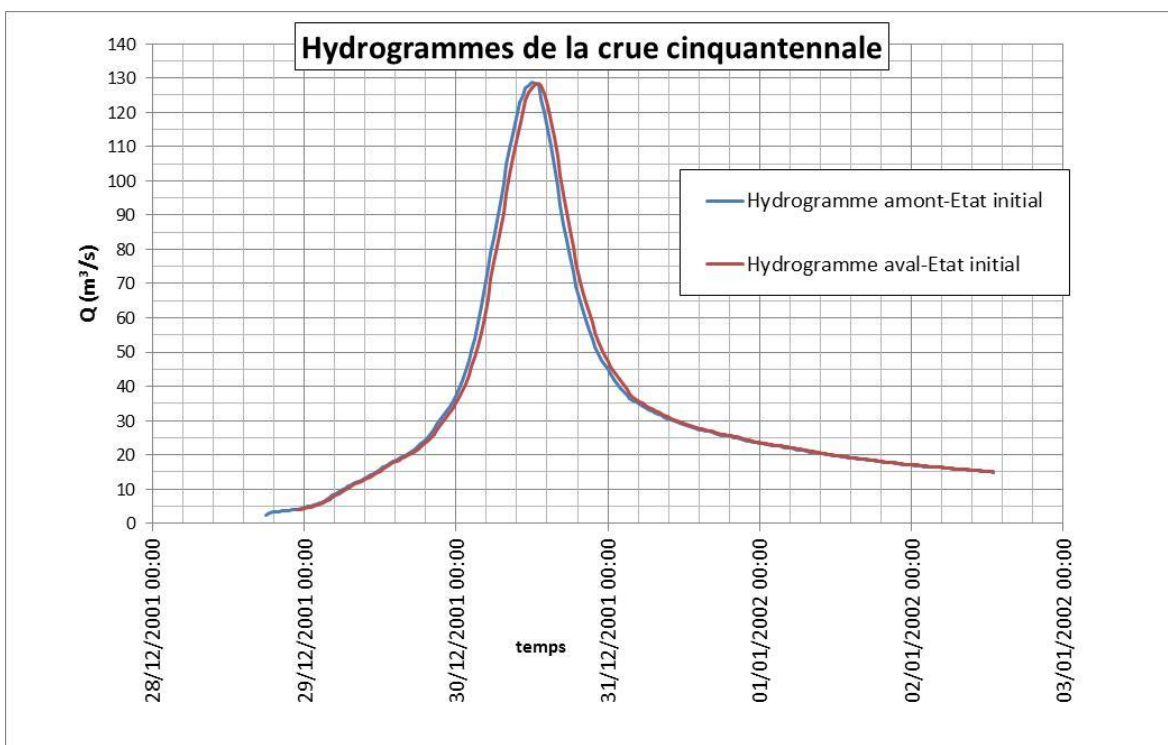
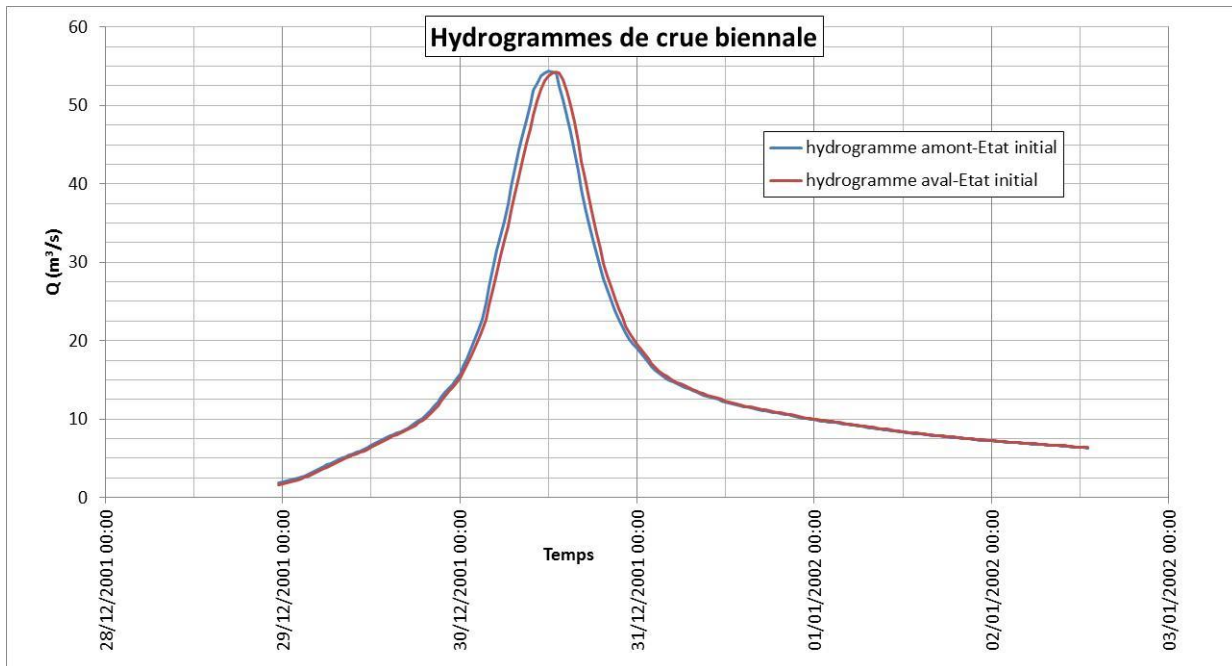
Ossature du modèle sous Mike11.

## 10.4.5 Etude de la situation actuelle

### 10.4.5.1 SIMULATION HYDRAULIQUE EN HAUTES EAUX

#### 10.4.5.1.1 Débits

Les graphiques ci-après présentent les hydrogrammes de crue en amont et en aval de la zone d'étude en situation actuelle pour les périodes de retour de crue 2 et 50 ans. Ces graphiques permettent d'observer que **les hydrogrammes de crue ne sont pas écrêtés sur le tronçon étudié**, de la période de retour 2 à 50 ans, et donc également pour des occurrences encore plus élevées.



Les tableaux à l'annexe n°3.1 présentent les débits maximaux de pointe au droit de chaque point kilométrique (PM) de la vallée pour les crues de période de retour 2, 10 et 50 ans.

Ces tableaux permettent d'observer que les débits s'écoulant sur le seuil du Moulin d'Amage sont :

- pour l'occurrence 2 ans : 37 m<sup>3</sup>/s, soit 67% du débit total, 17,5 m<sup>3</sup>/s contournant le seuil par le lit majeur gauche,
- pour l'occurrence 10 ans : 62 m<sup>3</sup>/s, soit 66,5% du débit total, 30,10 m<sup>3</sup>/s contournant le seuil par le lit majeur gauche,
- pour l'occurrence 50 ans : 90,1 m<sup>3</sup>/s, soit 69,3% du débit total, 38,4 m<sup>3</sup>/s contournant le seuil par le lit majeur gauche.

En aval du seuil du Moulin d'Amage, le lit majeur droit est débordant ; les débits s'écoulant dans ce tronçon atteignent :

- pour l'occurrence 2 ans : 8 m<sup>3</sup>/s, soit 14% du débit total,
- pour l'occurrence 10 ans : 31 m<sup>3</sup>/s, soit 33% du débit total,
- pour l'occurrence 50 ans : 50 m<sup>3</sup>/s, soit 38% du débit total.

Le tableau ci-dessous présente les débits capables (débit maximum avant débordement en lit majeur) de chaque profil en travers levé sur le linéaire d'étude. On indique la berge sur laquelle le débordement se fait en premier.

N° profil	Q capable (m <sup>3</sup> /s)	N° profil	Q capable (m <sup>3</sup> /s)
12	19,7 (RD)	6	17,4 (RG)
11	28,2 (RD)	Seuil d'Amage	
10	28,2 (RD)	5.4	35,2
9.8	21,5 (RD)	5	28,4 (RG)
9.3	28 (RG)	4	44 (RD)
9	31.4 (RG)	3	46 (RD)
8	28 (RG)	2	38,3 (RD)
7	25,2 (RG)	1	16,2 (RG)

*Débits capables.*

**Les périodes de retour des débits capables sont, pour la plupart des profils, inférieures à 2 ans** (on rappelle la valeur des débits maximaux journaliers: QJX2ans=37 m<sup>3</sup>/s, QJX5ans=52 m<sup>3</sup>/s- Cf. § 8.1.4.1). **Elles sont un peu plus élevées aux profils 4, 3 et 2, en aval du seuil, mais elles restent en dessous de 5 ans. Ces résultats sont conformes à ceux d'une rivière globalement équilibrée.** Pour les forts débits, une partie des débits s'écoulent en lit majeur ce qui permet une dissipation de l'énergie n'entraînant pas de dysfonctionnement dans le lit mineur (enfouissement du lit....).

### 10.4.5.1.2 Cotes

Les tableaux présentés à l'annexe n°3.2 présentent les cotes d'eau atteintes aux différents profils en travers pour les crues de période de retour 2, 10 et 50 ans.

La zone inondable pour la crue de période de retour 10 ans est proposée sur le plan en annexe (Morphologie du Breuchin). Cette carte permet de voir le développement de la zone inondable en aval du seuil du Moulin Rouge. Entre le pont de La Proiselière-et-L'Angle et le seuil du Moulin Rouge, la vallée du Breuchin est en effet encaissée, et le Breuchin est peu débordant.

La largeur du front d'inondation atteint 210 m en amont du seuil au profil P7 pour la crue décennale.

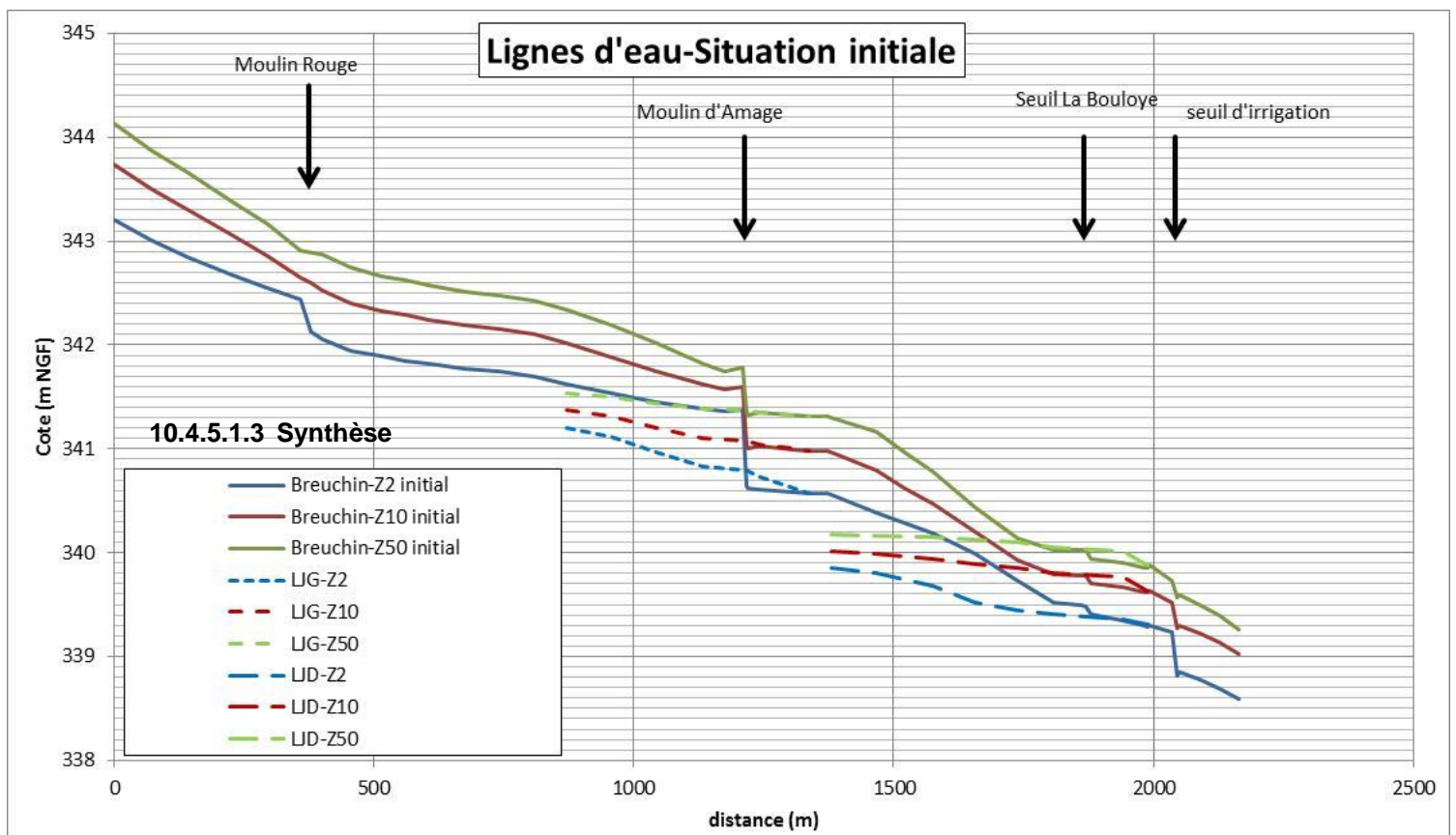
Au droit du seuil du Moulin d'Amage, le Breuchin déborde essentiellement en rive gauche sur une largeur d'environ 150 m pour la crue décennale. **Le seuil est ainsi contourné en crue.**

En aval du seuil du Moulin, le Breuchin déborde en rive droite et gauche. Le front d'inondation atteint une largeur de 380 m au profil P5. Plus en aval, la vallée se resserre en rive gauche, le Breuchin longe un talus, et ne déborde plus qu'en rive droite (Cf. profil P3).

En aval de la zone d'étude, au lieudit « Prés des Lottes », la vallée se resserre, et le front d'inondation n'a plus qu'une largeur de 80 m.

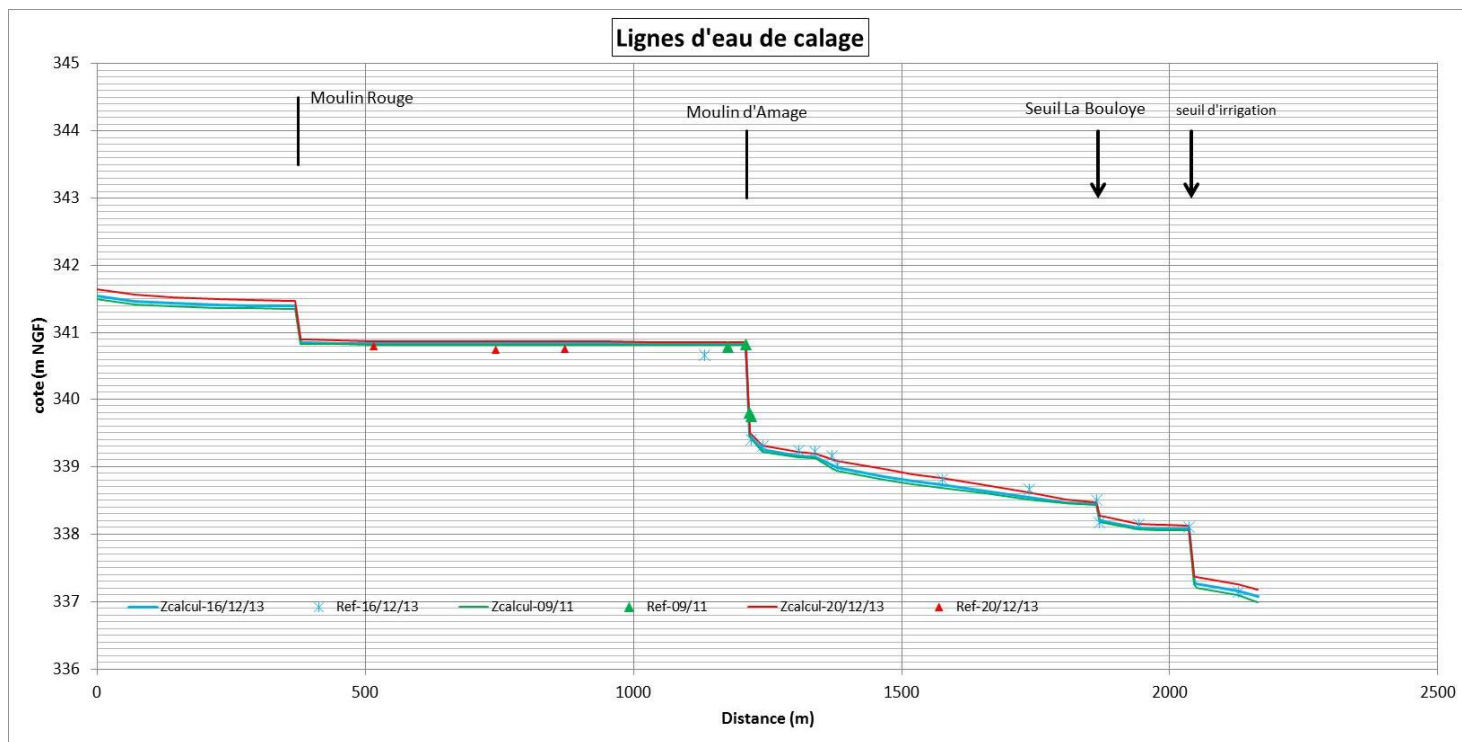
Le profil en long des lignes d'eau pour les crues de période de retour 2, 10 et 50 ans est présenté ci-après. On a tracé sur un même axe les cotes dans les différents bras modélisés (lit principal (appelé *Breuchin*) et lit majeur (appelé LJG pour le lit majeur gauche, et LJD pour le lit majeur droit)).

On peut remarquer que les niveaux d'eau ne sont pas identiques sur un même PK entre les différents bras, y compris pour la crue cinquantennale.



#### 10.4.5.2 SIMULATION DU MODULE ET DU DEBIT D'ETIAGE

Les débits correspondant aux levés topographiques (1,89 m<sup>3</sup>/s le 21/09/2011, 2,23 m<sup>3</sup>/s le 16/12/2013, 3,3 m<sup>3</sup>/s le 20/12/2013) ont été simulés. Les lignes d'eau sont proposées ci-dessous.

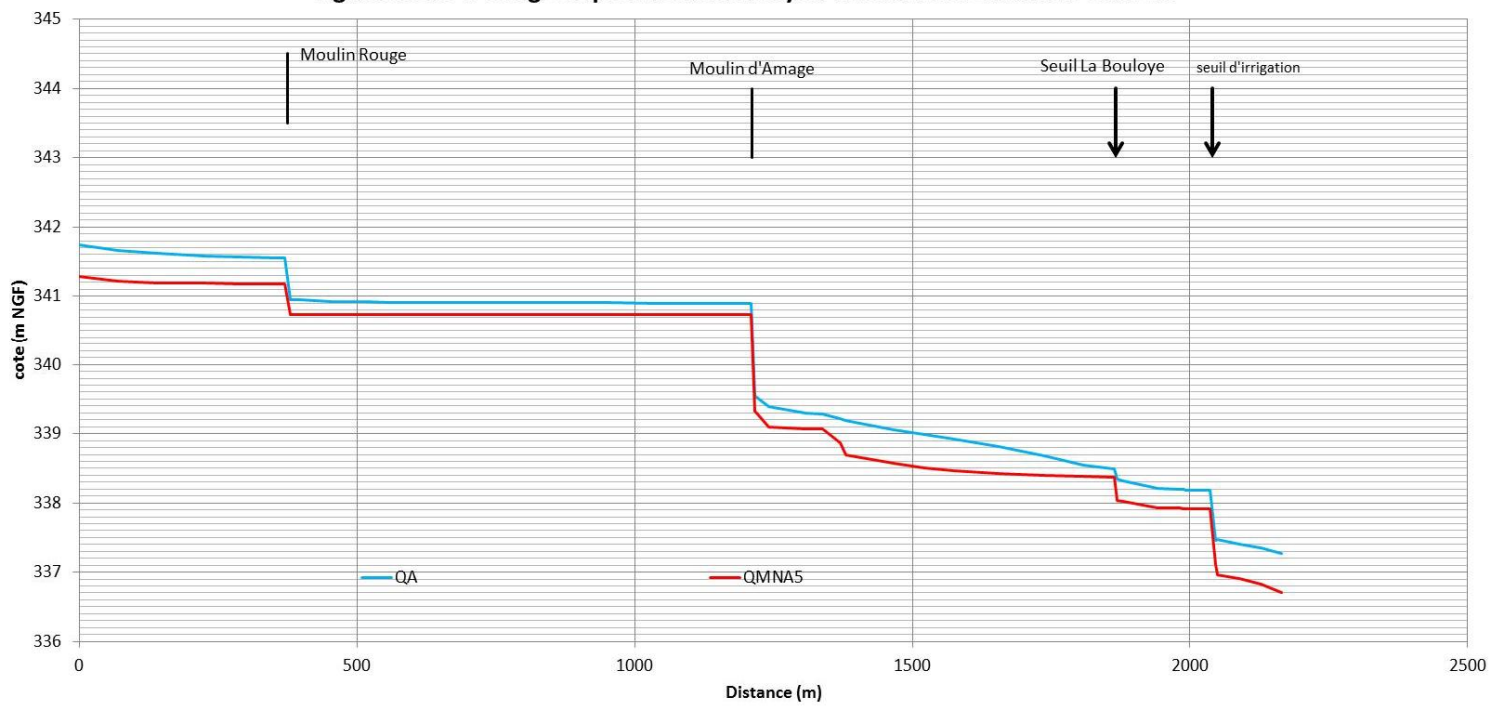


On peut observer que les niveaux d'eau en amont du seuil du moulin d'Amage levés le 21/09/2011 (340,80 m NGF) sont plus élevés que ceux levés le 16/12/2013 (340,66 m NGF) alors que le débit était plus faible. La seule explication trouvée est que la perméabilité du seuil a augmenté depuis 2011, ce qui est jugé possible du fait de la brèche sur le seuil en rive gauche. Le modèle permet de retrouver la cote en amont du seuil qui a été mesurée en 2011, ce qui est cohérent car la topographie du seuil a été levée en 2011. Globalement, le modèle permet de retrouver à 10 cm près les niveaux d'eau mesurés.

Le module et le QMNA5 ont été simulés à l'aide du même modèle hydraulique. Les tableaux à l'annexe 3.3 présentent les cotes d'eau. Les lignes d'eau sont proposées ci-après. Elles permettent d'observer **l'effet plan d'eau du barrage sur un linéaire de 750 m**.

On notera que les chutes au droit des seuils du Moulin Rouge, de la Bouloye et d'irrigation, sont forcées à cause de la représentation qui considère les niveaux d'eau en amont et en aval du seuil. On rappelle que leur chute est en fait en pente douce (Cf. § 4). Les seuils du Moulin Rouge et de la Bouloye sont en ruine avancée. Pour le module, la hauteur de chute est inférieure à 30 cm pour les seuils du Moulin Rouge et de la Bouloye sur certaine partie des seuils.

**Lignes d'eau d'étiage et pour le débit moyen interannuel-Situation actuelle**



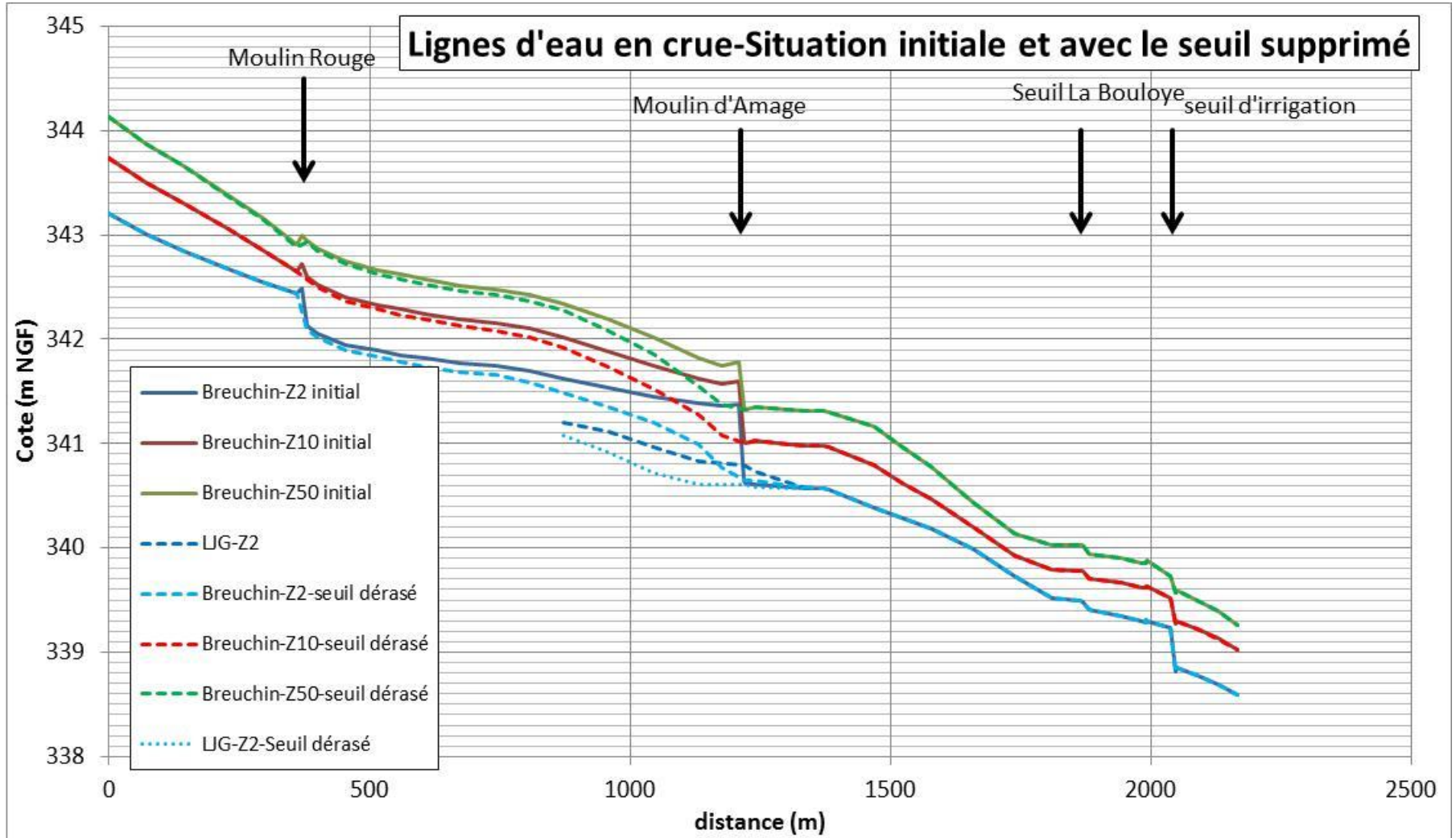
### 10.4.5.3 RÔLE DU SEUIL SUR LES CRUES

Pour tester le rôle du seuil, on a simulé les mêmes débits que précédemment en supprimant le seuil dans le modèle. Les profils en travers en amont du seuil sont laissés identiques.

#### 10.4.5.3.1 En crue

Les lignes d'eau sont proposées ci-après.

Les tableaux à l'annexe n°4 (annexe 4.1 et 4.2) présentent les incidences sur les cotes d'eau et les débits en crue s'écoulant dans les différents bras.



On peut observer que les niveaux d'eau dans le bras du Breuchin (bras principal) baissent en amont du seuil sur 800 m, soit jusqu'au pied du seuil du Moulin Rouge. :

- Pour la période de retour 2 ans : baisse de 0.60 cm en amont immédiat du seuil ; la baisse n'est plus que de 10 cm 400 m en amont ;
- Pour la période de retour 10 ans : baisse de 0.50 cm en amont immédiat du seuil ; la baisse n'est plus que de 10 cm 300 m en amont ;
- Pour la période de retour 50 ans : baisse de 0.38 cm en amont immédiat du seuil ; la baisse n'est plus que de 10 cm 220 m en amont.

Les niveaux augmentent en aval du seuil uniquement pour la période de retour 2 ans ; ils augmentent au plus de 4 cm sur moins de 50 m ; cette augmentation est liée à l'augmentation des débits. Pour les autres périodes de retour, il n'y a aucune différence sur les cotes d'eau en aval du seuil.

En lit majeur gauche du Breuchin en amont du seuil, les niveaux baissent également, mais de manière peu marquée pour les périodes de retour 10 et 50 ans :

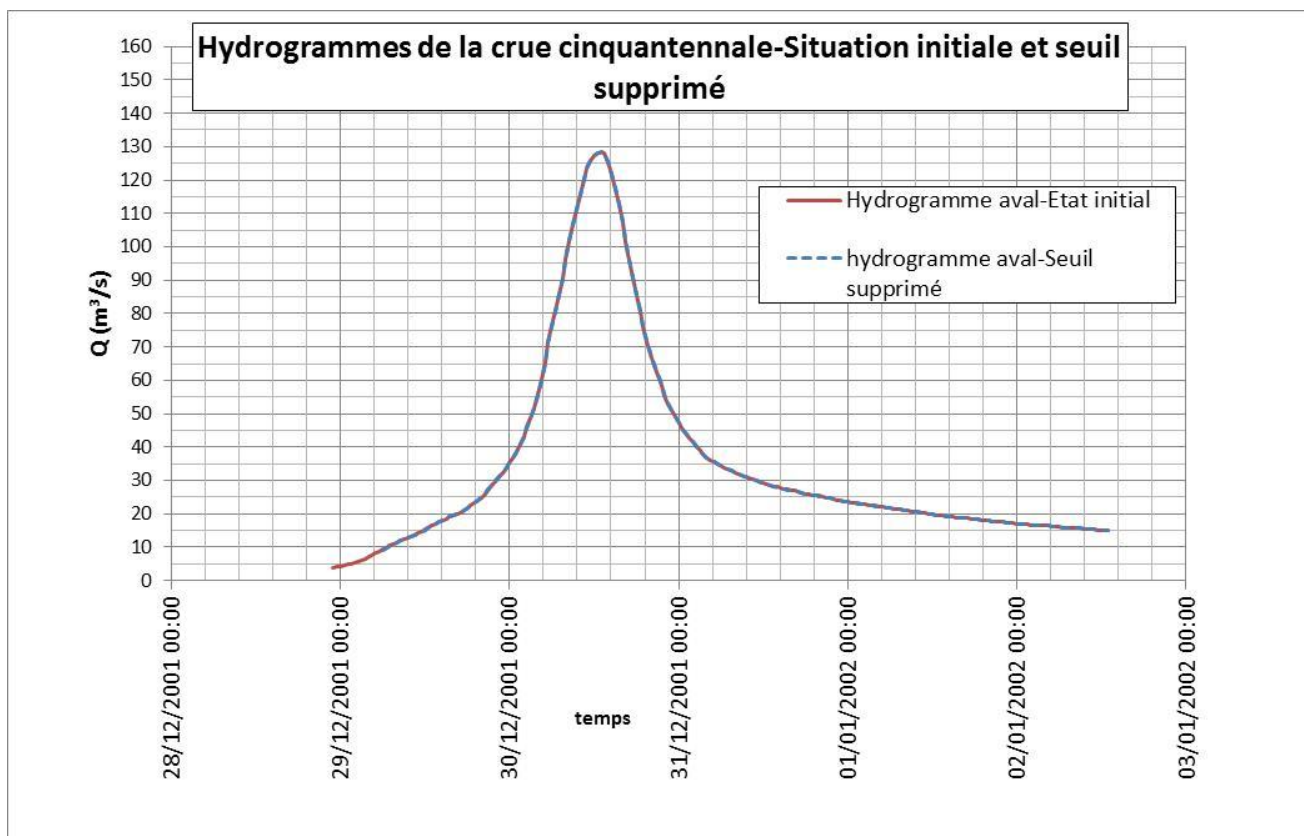
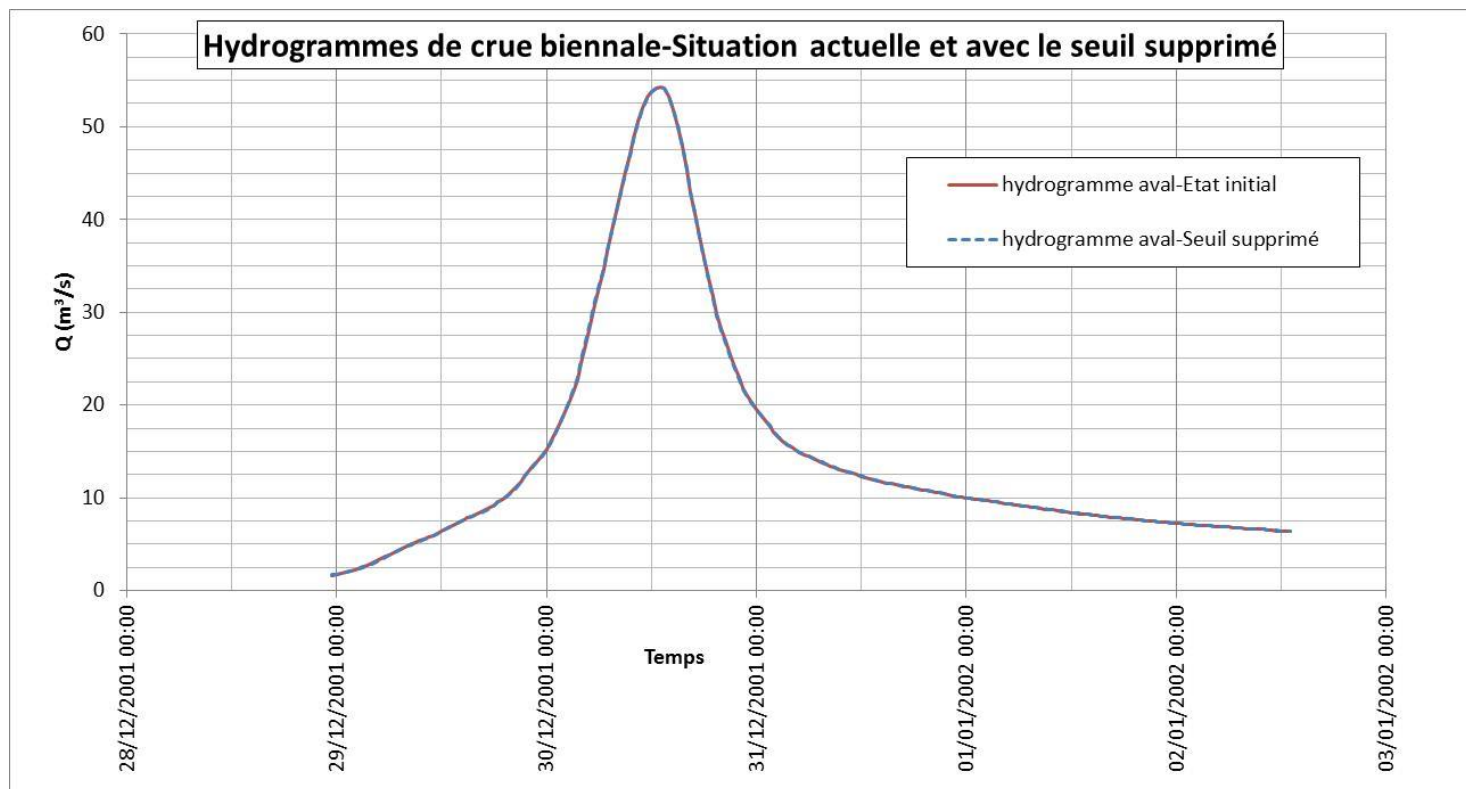
- Pour la période de retour 2 ans : baisse au maximum de 0.25 cm; la baisse concerne tout le bien, soit 400 m;
- Pour la période de retour 10 ans : baisse au maximum de 0.05 cm; la baisse concerne 340 m de lit majeur;
- Pour la période de retour 50 ans : baisse au maximum de 0.02 cm; la baisse concerne 250 m de lit majeur.

Les incidences diminuent avec l'augmentation des débits.

En termes de débit, la suppression du seuil entraîne une augmentation des débits dans le lit principal sur 450 m, dont 280 m en amont du seuil, et une baisse des débits déversés en lit majeur gauche:

- Pour la période de retour 2 ans : augmentation maximum (sur 220 m) de 12,9 m<sup>3</sup>/s, soit de 35% du débit total,
- Pour la période de retour 10 ans : augmentation maximum (sur 160 m) de 7,9 m<sup>3</sup>/s, soit de 13% du débit total,
- Pour la période de retour 50 ans : augmentation maximum (sur 160 m) de 4,4 m<sup>3</sup>/s, soit de 5% du débit total,

La suppression du seuil entraîne des modifications plus ou moins ponctuelles sur le fonctionnement hydraulique de part et d'autre du seuil. Cependant, la comparaison des hydrogrammes de crue en aval de la zone d'étude en situation actuelle et avec le seuil supprimé montre qu'ils sont inchangés : **la suppression du seuil n'entraîne pas de perte d'écrêtement.**



### 10.4.5.3.2 En basses et moyennes eaux

(Cf. Annexes 4.3 et 4.4)

La suppression du seuil fait baisser les niveaux d'eau en amont jusqu'au seuil du moulin Rouge, soit sur 800 m :

- Pour le module : baisse de la cote d'eau de 1,07 m en amont immédiat du seuil ; la baisse est de 0,40 m 700 m en amont,
- Pour le QMNA5 : baisse de la cote d'eau de 1,15 m en amont immédiat du seuil ; la baisse est de 0,48 m 700 m en amont.

En parallèle à cette baisse de cote, il y a une augmentation des vitesses de l'eau ce qui traduit la suppression du plan d'eau (Cf. tableau ci-après).

Suite à la suppression du seuil, le lit va remodeler de nouveaux profils en travers et un nouveau profil en long. Ainsi, la baisse sur les cotes d'eau n'est pas la baisse qui se produira sur les niveaux d'eau. Le Breuchin va en effet se créer de nouvelles formes, avec des zones de vitesses (radier) et des zones profondes (mouilles). Ces aspects seront développés plus en détail dans les parties suivantes de l'étude.

situation	QA			QMNA5		
	initiale	seuil supprimé	incid.	initiale	seuil supprimé	incid.
	vitesse moyenne (m/s)		%	vitesse moyenne (m/s)		%
Min	0.10	0.26	149	0.02	0.08	315
Max	0.39	0.72	82	0.07	0.34	377
Moyenne	0.18	0.47	164	0.03	0.18	477

*Incidences sur les vitesses moyennes.*

### 10.4.5.3.3 Synthèse

La suppression du seuil du moulin d'Amage modifie localement les conditions hydrauliques en crue (débits et cotes), mais globalement, **ne modifie pas la propagation des hydrogrammes de crue**. Ce résultat est valable dès la crue de période de retour 2 ans, et reste vrai pour l'ensemble des crues.

En basses et moyennes eaux, la suppression du seuil engendre une baisse des hauteurs d'eau en amont, mais surtout **une augmentation des vitesses de l'eau**. Cette augmentation va entraîner une diversification de la granulométrie des fonds, et donc une hausse de la diversité faunistique des invertébrés benthiques, actuellement limitée.