

RAPPORT

VERSION : 2- octobre 14

SYNDICAT INTERCOMMUNAL POUR LES TRAVAUX D'AMENAGEMENT DU BREUCHIN

ETUDE PREALBLE A LA RESTAURATION DE LA CONTINUITE ECOLOGIQUE DU
BREUCHIN AU NIVEAU DU BARRAGE D'AMAGE

PHASES 2 et 3



Historique des révisions

VERSION	DATE	COMMENTAIRES	REDIGE PAR :	VERIFIE PAR :
2	10/2014			
1	10/2014		StB	GMG
0	07/2014	Création de document	StB	GMG

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 RAPPEL DU CONTEXTE ET DES OBJECTIFS DE L'ETUDE	5
1.1 Contexte et objectifs.....	5
1.2 Présentation des scénarii à étudier.....	6
1.2.1 Scenario 1 : arasement partiel et maintien de l'alimentation hydraulique par le Breuchin.....	6
1.2.2 Scenario 2 : arasement total du barrage, dérivation/restauration du Rudivet, suppression du canal d'irrigation	7
1.2.3 Scenario 2bis : arasement total du barrage, dérivation/restauration du Rudivet dans le canal d'irrigation.....	8
1.2.4 Scenario 3 : arasement total du barrage et emploi de solutions alternatives pour le maintien des usages en place.....	9
1.3 Objet de la phase 2.....	10
2 RAPPEL DES ESPECES CIBLES	11
2.1 Espèces cibles.....	11
2.2 Type de passes à poissons	11
3 ETUDE DU SCENARIO N°1	12
3.1 Objectifs.....	12
3.2 Définition de la cote d'arasement maximal du seuil pour maintenir le canal d'irrigation et une ambiance en eau au droit du moulin.....	12
3.2.1 Définition de la cote du seuil.....	12
3.2.2 Incidences sur les lignes d'eau.....	15
3.2.3 Mesures connexes	15
3.3 Définition de la cote d'arasement maximal du seuil pour maintenir le canal d'irrigation et un fonctionnement hydraulique au droit du moulin.....	17
3.3.1 Définition de la cote d'arasement	17
3.3.2 Incidences sur les lignes d'eau.....	17
3.3.3 Mesures connexes	18
4 ETUDE DU SCENARIO N° 2	19
4.1 Objectifs.....	19
4.2 Hydrologie du Rudivet et capacité d'alimentation.....	19
4.2.1 Module.....	19
4.2.2 Evolution des débits dans l'année.....	20
4.2.3 Courbe des débits classés.....	21
4.2.4 Jaugeage le 25 juin 2014.....	22
4.2.5 Gestion de l'alimentation du moulin	22
4.3 Topographie et restauration du Rudivet.....	24
4.4 Solutions d'abreuvement du bétail.....	25
4.5 Hydromorphologie du Breuchin	25
4.5.1 Incidences actuelles du seuil sur l'hydromorphologie du Breuchin.....	25
4.5.2 Evolution en cas de dérasement du seuil	26
4.5.3 Gestion des matériaux de la retenue	27
4.5.4 Renaturation de l'ancien remous.....	27
4.5.5 Conservation d'une partie du seuil	28
4.6 Incidences hydrauliques.....	28
4.7 Suivi du niveau de nappe	28
4.8 Variante au scénario n°2.....	29

5	ETUDE DU SCENARIO N°2BIS.....	30
5.1	Objectifs.....	30
5.2	Hydrologie du Rudivet.....	30
5.2.1	Hydrologie du Rudivet et abreuvement du bétail.....	30
5.2.2	Hydrologie du Rudivet et fonctionnement du canal.....	30
5.3	Topographie de la vallée et du canal d'irrigation.....	31
5.3.1	Profil en long du canal d'irrigation.....	31
5.3.2	Différents canaux existants.....	31
5.3.3	Solutions proposées.....	32
5.4	Mesures d'accompagnement.....	32
6	ETUDE DU SCENARIO N°3.....	33
6.1	Objectifs.....	33
6.2	Valorisation patrimoniale du moulin.....	33
6.3	Usage abreuvement du bétail.....	33
6.4	Comparaison des scénarii.....	34
7	CHIFFRAGE.....	35

ANNEXES

Annexe n°1- Photographies illustrant le Moulin d'Amage.

Annexe n°2- Tableau des lignes d'eau-Scénario n°1.

PLANS HORS TEXTE

Profils en travers (plan hors texte).

Profil en long du lit mineur du Breuchin.

Profil en long du canal d'irrigation.

Profil en long du Rudivet.

FIGURES

Figure n°1-Zonage des hauteurs d'eau.

Figure n°2-Localisation des profils en travers de la retenue.

Figure n°3-Profil en long du lit mineur complet (excel)

Figure n°4-Lignes d'eau en situation actuelle et aménagée selon le scénario n°1-Hypothèse n°1. QMNA5.

Figure n°5-Lignes d'eau en situation actuelle et aménagée selon le scénario n°1-Hypothèse n°1.QA.

Figure n°6-Lignes d'eau en situation actuelle et aménagée selon le scénario n°1-Hypothèse n°2.QMNA5.

Figure n°7-Lignes d'eau en situation actuelle et aménagée selon le scénario n°1-Hypothèse n°2.QA.

Figure n° 8-Scénario n°1

Figure n°9-Scénario n°2

Figure n°10-Scénario n°2-Variante

Figure n°11-Scénario n° 2bis.

1 RAPPEL DU CONTEXTE ET DES OBJECTIFS DE L'ETUDE

1.1 Contexte et objectifs

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. Au titre de cette valorisation, la commune a décidé de conserver la turbine et le génie civil en place.

Différentes réunions de mise au point du projet et de définition des conditions d'éligibilité des aides potentielles ont eu lieu au cours du dernier trimestre 2012 et du premier trimestre 2013 en collaboration avec la DREAL, l'Agence de l'Eau, le Conseil général, la Région, la Fédération de Pêche, le Conseil municipal d'Amage et les ayants droit du canal d'irrigation. Ces réunions ont permis de définir et de valider les contours du projet qui suivent :

- Le principe de base de l'opération repose sur une suppression du barrage sur sa moitié gauche afin de restaurer la libre circulation du poisson et des sédiments ainsi que de supprimer l'effet plan d'eau. Pour être la plus efficace possible sur le plan écologique, cette suppression doit être d'emblée envisagée sur la totalité de la hauteur de chute. Cela suppose une disparition de la lie. Une solution intermédiaire sera néanmoins étudiée dans le cadre de la présente étude ;
- L'abaissement de la crête du barrage aura des répercussions sur l'alimentation en eau du moulin et du canal d'irrigation directement par le Breuchin. La présente étude devra définir les conditions de satisfaction des usages en place ;
- Le tronçon amont du barrage sera restauré sur une longueur qui reste à déterminer afin de redonner un aspect naturel aux berges ;
- La moitié rive droite de l'ouvrage est conservée et valorisée sur le plan patrimonial (restauration du parement, sécurisation de l'accès ...) ;
- La commune procédera à terme à la valorisation patrimoniale du bâtiment du Moulin.

L'analyse préalable des contraintes du site a conduit à envisager 4 scénarii d'aménagement :

- arasement partiel du barrage et maintien de l'alimentation hydraulique du moulin et du canal d'irrigation par le Breuchin ;
- arasement total du barrage, dérivation/restauration du Rudivet le long du Moulin, suppression du canal d'irrigation ;
- arasement total du barrage, dérivation/restauration du Rudivet en lieu et place du canal d'irrigation ;
- arasement total du barrage et emploi de solutions alternatives pour le maintien de l'ensemble des usages en place.

1.2 Présentation des scénarii à étudier

1.2.1 Scénario 1 : arasement partiel et maintien de l'alimentation hydraulique par le Breuchin

Cette hypothèse consiste en un abaissement altimétrique partiel de la crête du barrage sur sa moitié rive gauche (la partie rive droite est maintenue à des fins patrimoniales). Le niveau de crête dans le projet doit permettre l'alimentation hydraulique du Moulin.

Cette hypothèse conduit à maintenir un seuil dont la hauteur va être déterminée dans la présente étude.

L'étude devra estimer en outre le niveau d'atteinte des objectifs écologiques de l'opération :

- suppression de l'effet plan d'eau,
- restauration du transit sédimentaire.

Par ailleurs, la restauration de la continuité piscicole nécessitera l'aménagement d'un dispositif spécifique pour la continuité biologique.

La confluence du ruisseau du Rudivet sera étudiée dans la mesure où un arasement, même partiel, entrainera probablement une déconnexion plus ou moins importante de l'affluent avec le Breuchin. Cette analyse permettra d'identifier et de pallier à d'éventuels risques d'érosion régressive sur le ruisseau.

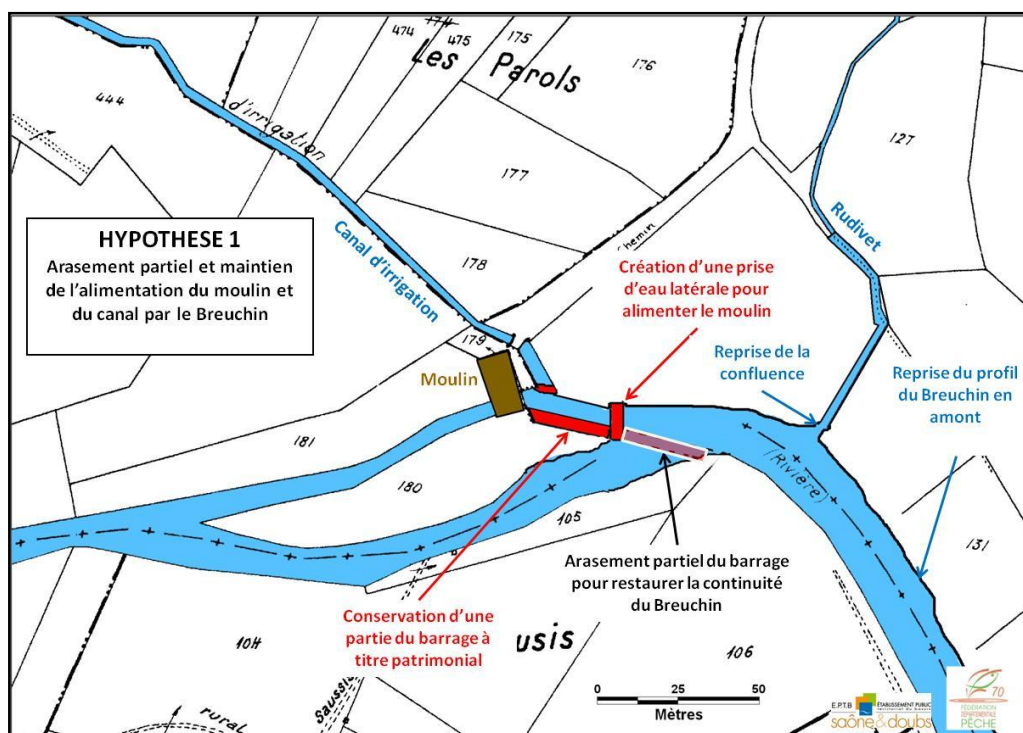


Schéma de principe du scénario 1

1.2.2 Scenario 2 : arasement total du barrage, dérivation/restauration du Rudivet, suppression du canal d'irrigation

L'arasement total suppose un abaissement total de la crête du barrage sur sa moitié rive gauche (la moitié rive droite est maintenue à des fins patrimoniales). Dans cette configuration, l'alimentation directe du moulin devient impossible. Cela nécessite de trouver d'autres sources d'alimentation hydraulique.

L'objet de la mission est d'étudier la possibilité d'utiliser la dérivation du Ruisseau du Rudivet le long du moulin pour alimenter le Moulin. L'alimentation se ferait de manière intermittente par l'intermédiaire d'un déversoir et d'un bassin de stockage.

Dans ce scénario, une restauration éco-morphologique du tronçon du ruisseau du Rudivet serait réalisée.

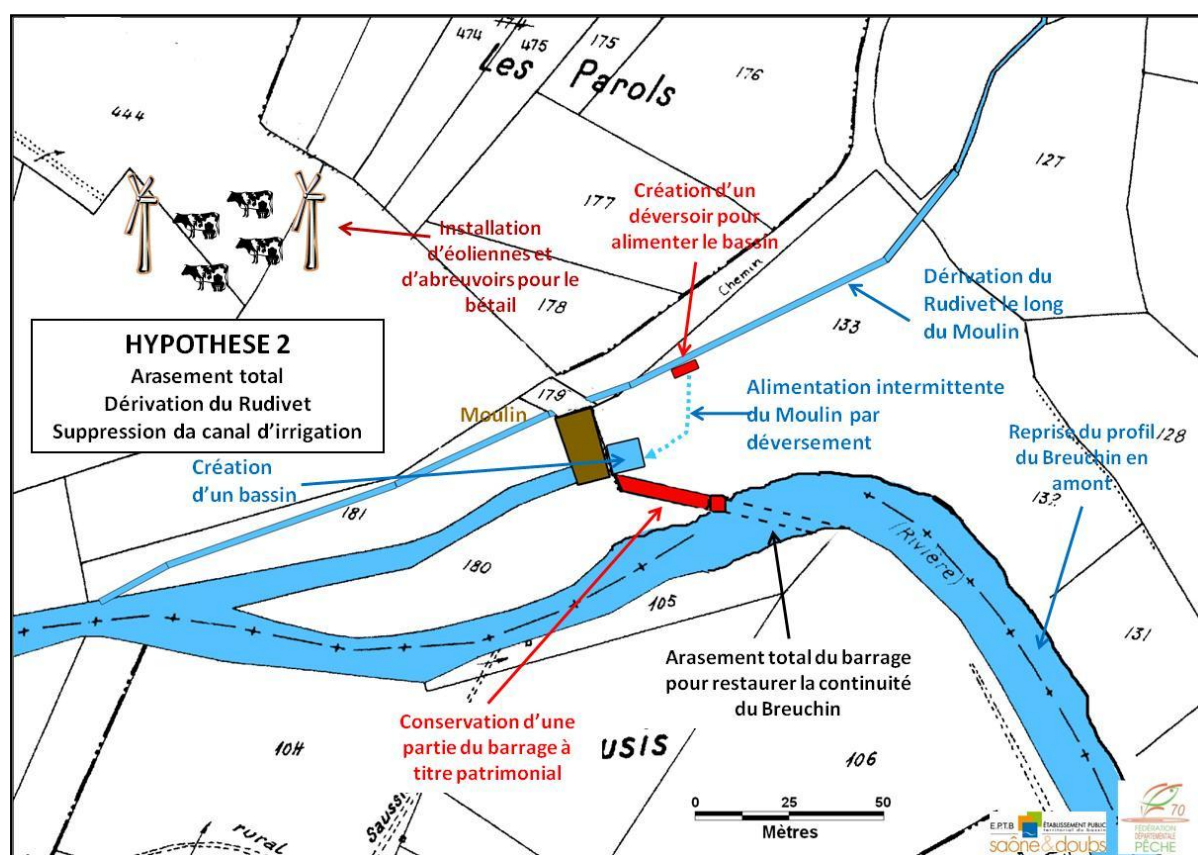


Schéma de principe du scénario n°2

La faisabilité de cette hypothèse doit être analysée au regard :

- des contraintes topographiques pour dériver le Rudivet ;
- de l'acceptation des riverains du canal d'irrigation de voir leur droit d'eau révoqués par arrêté préfectoral,
- de la faisabilité technique de construire et d'alimenter un bassin de stockage étanche permettant de satisfaire les enjeux patrimoniaux ;

- des aspects réglementaires relatifs à la modification/restauration du profil en long et en travers du ruisseau, au prélèvement temporaire d'un volume d'eau en périodes de hautes eaux.

1.2.3 Scenario 2bis : arasement total du barrage, dérivation/restauration du Rudivet dans le canal d'irrigation

Le scenario 2 sera décliné en étudiant la possibilité de détourner le Rudivet dans le canal d'irrigation existant. Cette hypothèse de travail permettrait d'avoir une plus grande ambition en termes de linéaire de ruisseau restauré (environ 700m).

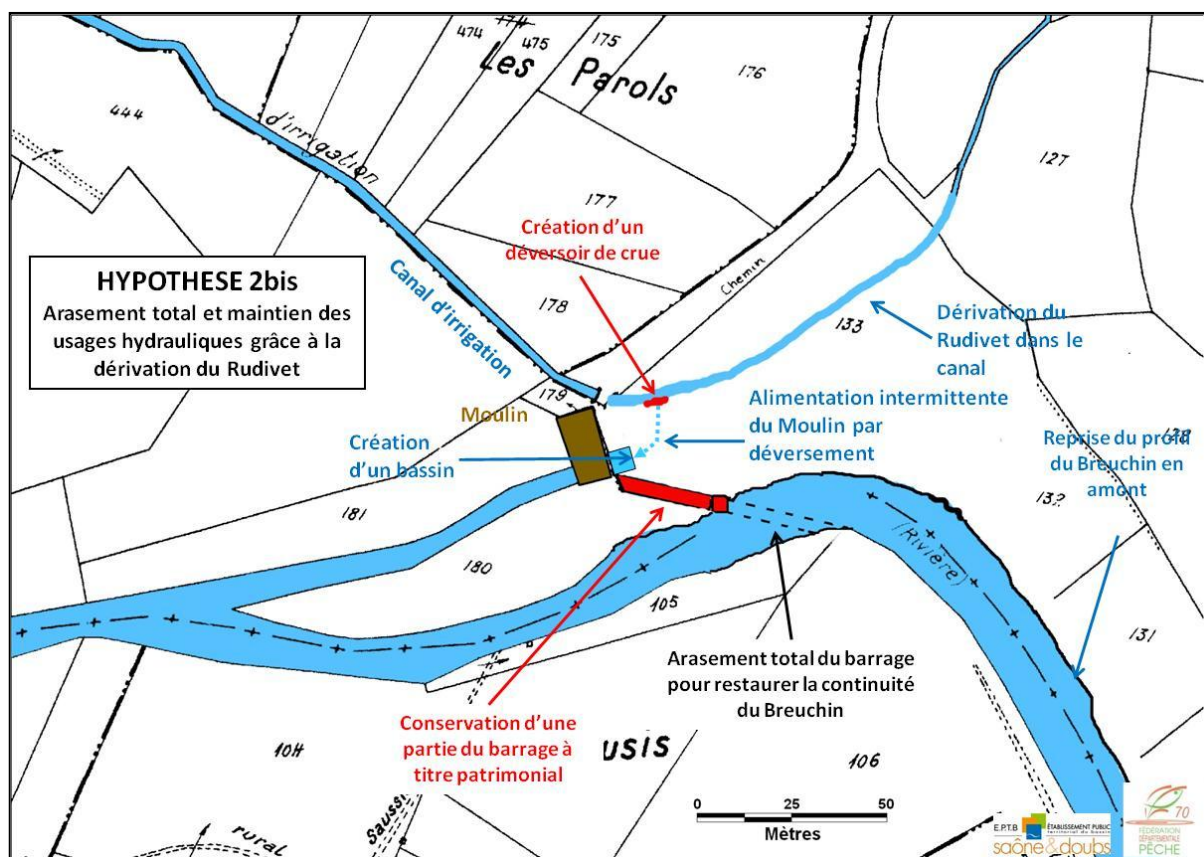


Schéma de principe du scenario 2bis

1.2.4 Scenario 3 : arasement total du barrage et emploi de solutions alternatives pour le maintien des usages en place

L'hypothèse 3 est une hypothèse par défaut, qui sera mise en œuvre si les objectifs de restauration ne seraient pas atteints de manière satisfaisante dans le cadre du scénario 1 ou si les contraintes techniques et foncières étaient trop forte dans le cas du scénario 2.

Elle consistera à abaisser totalement la crête du barrage en rive gauche (la moitié rive droite est maintenue à des fins patrimoniales) et à supprimer toute alimentation hydraulique du moulin et du canal d'irrigation.

Dans cette hypothèse des solutions alternatives seront étudiées pour satisfaire la volonté de la commune de valoriser le moulin sur le plan pédagogique et particulièrement d'activer les mécanismes encore présents à l'intérieur. Il pourra s'agir de remplacer la turbine par un moteur électrique et de créer un bassin alimenté par pompage permettant d'évoquer la présence de l'eau à l'entrée du Moulin.

La faisabilité de cette hypothèse réside essentiellement dans l'acceptation par la commune et les riverains de supprimer l'alimentation hydraulique du secteur. Elle ne sera mise en œuvre qu'en dernier ressort.

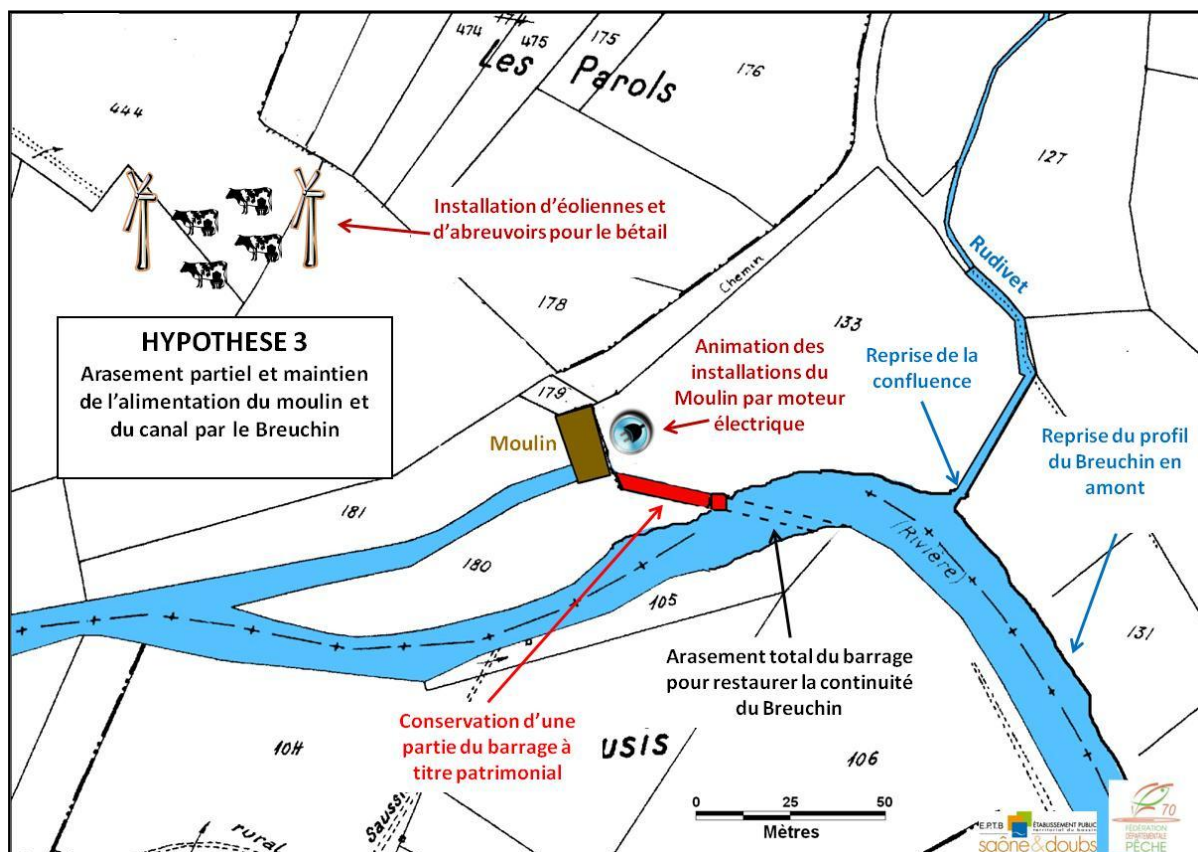


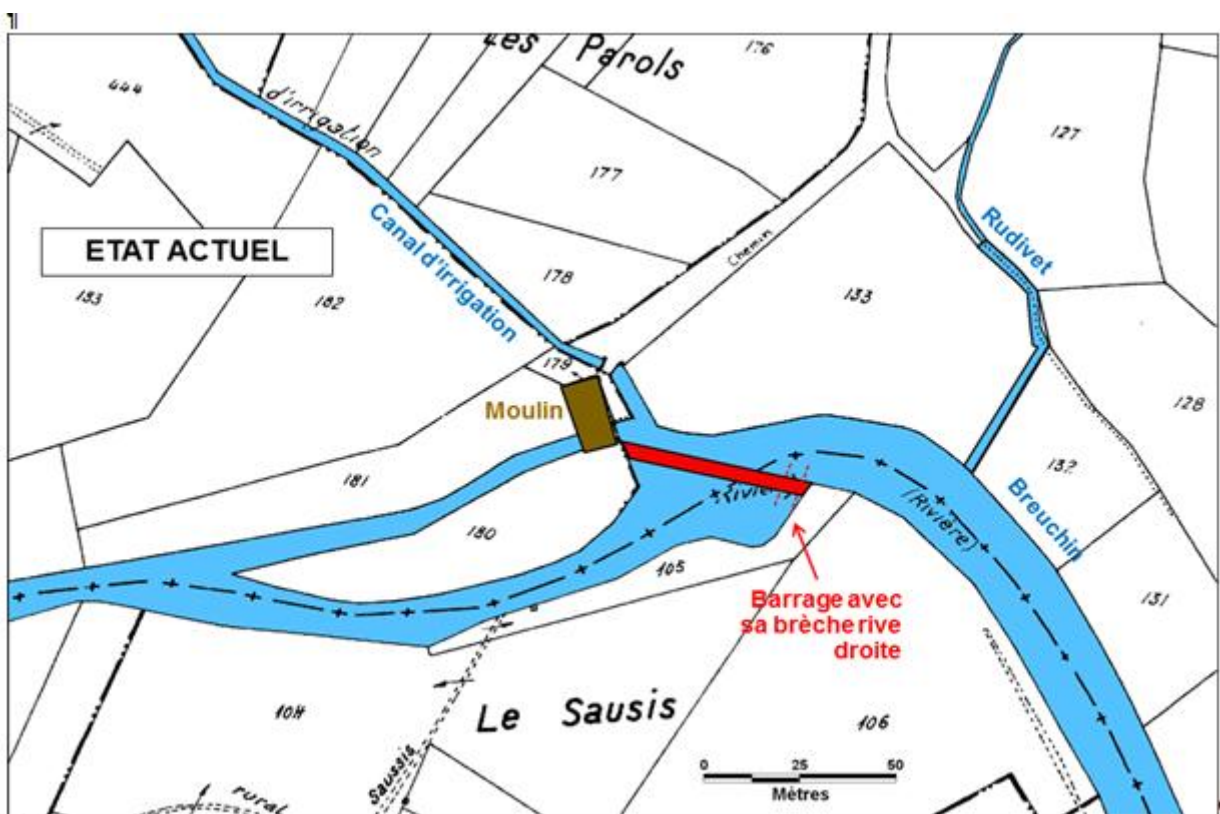
Schéma de principe du scénario 3

1.3 Objet de la phase 2

L'objet de la phase 2 est l'étude de faisabilité des 4 scénarii d'aménagement précités.

Cette phase est conduite en tenant compte :

- des contraintes topographiques et hydrologiques du secteur ;
- des répercussions attendues sur l'évolution géomorphologique du tronçon ;
- de l'effet attendu sur la ligne d'eau au module, en étiage et en crue ;
- de l'estimatif financier des travaux.



Plan de masse du site en situation actuelle

Le présent document est le rapport de phase 2.

2 RAPPEL DES ESPECES CIBLES

2.1 Espèces cibles

Parmi les espèces piscicoles présentes sur le Breuchin et ses affluents, la lamproie de Planer et le Chabod sont celles présentant les plus faibles capacités de nage. Néanmoins, les dispositifs proposés devront être dimensionnés pour permettre le passage des espèces telles que les cyprinidés rhéophiles (blageon, vandoise), l'ombre et la truite.

La période de migration se situe au printemps pour la Lamproie, et en automne pour la truite.

2.2 Type de passes à poissons

Quel que soit le scénario retenu, la hauteur de chute sera inférieure à 1 m. Ainsi, même avec une faible pente de 4%) imposée par les espèces cibles aux faibles capacités de nage (lamproie de planer...), il est possible de mettre en place une rampe en enrochements.

La forme du seuil impose de positionner la rampe en rive gauche pour l'attractivité piscicole.

3 ETUDE DU SCENARIO N°1

3.1 Objectifs

Cette hypothèse consiste en un abaissement altimétrique partiel de la crête du barrage sur sa moitié rive gauche (la partie rive droite est maintenue à des fins patrimoniales).

Dans ce scénario, la cote d'arasement du seuil doit permettre :

- l'alimentation hydraulique du moulin par le Breuchin,
- l'alimentation du canal d'irrigation par le Breuchin.

L'objet de cette partie est donc de déterminer :

- l'arasement maximal possible sous ces conditions,
- les mesures connexes à mettre en place :
 - dispositif de franchissement piscicole,
 - reprise de la confluence du ruisseau du Rudivet,
 - ...

Le canal d'irrigation est aujourd'hui utilisé essentiellement pour l'abreuvement du bétail. Le nombre de tête a été estimé à 60. La quantité d'eau nécessaire est fixée à 55 l/j/tête de bétail, soit un volume d'eau nécessaire de 3,3 m³.

Deux hypothèses sont étudiées concernant le maintien de l'alimentation hydraulique du moulin :

- Hypothèse n°1 : maintien de l'alimentation hydraulique du moulin, sans faire fonctionner la turbine ; l'objet est de maintenir une ambiance en eau ;
- Hypothèse n°2 : maintien de l'alimentation hydraulique du moulin, en faisant fonctionner la turbine.

3.2 Définition de la cote d'arasement maximal du seuil pour maintenir le canal d'irrigation et une ambiance en eau au droit du moulin

3.2.1 Définition de la cote du seuil

Pour déterminer la cote d'arasement maximal possible, on présente ci-dessous les caractéristiques principales du système hydraulique.

Fil d'eau du canal d'irrigation en amont	m NGF	340.10
Fil d'eau du canal d'aménagé	M NGF	340,04

Dans le projet, le seuil aménagé possédera une largeur déversante de 29,5 m, au lieu de 39,5 m actuellement. Les 10 premiers mètres seront conservés à titre patrimonial.

On notera que cette diminution de largeur du seuil entraîne une augmentation de la cote amont du seuil, soit de la chute au droit du seuil. Le tableau ci-dessous indique l'augmentation de la charge sur le seuil (H) induite par la diminution de la largeur du seuil.

Débit	H (m)-seuil de 39,5 m de large	H (m)-seuil de 29,5 m de large	augmentation
QMNA5	0,04	0,05	1 cm
QA	0,17	0,21	4 cm

Afin de disposer d'un ouvrage de gestion des débits dérivés dans le canal d'irrigation, on met en place un petit seuil de 6 cm en entrée du canal d'amené (cote de la crête du petit seuil : 340,16 m NGF).

La cote d'arasement maximal permise est celle qui fournit pour le débit réservé la cote d'eau 340,16 m NGF. **On considère que le débit réservé est égal à 15% du module, soit 0,707 m³/s** (valeur à confirmer). La cote de crête répondant aux objectifs est alors de 340,10 m NGF.

On rappelle que le débit réservé est le débit instantané qu'un ouvrage établi dans le lit de la rivière doit laisser transiter à son aval immédiat. Cette valeur de débit réservé doit correspondre à la plus forte valeur entre le débit minimum biologique et le débit plancher (10^e du module naturel).

Pour gagner en gestion des débits, ainsi qu'en quantité de débit dérivé dans le canal d'irrigation dans la plage des petits à moyens débits, on propose une variante. La cote d'arasement de la crête est prise égale à 340,20 m NGF, soit 10 cm au-dessus du fil d'eau du canal d'irrigation.

Cette disposition entraîne la mise en place d'une vanne asservie au niveau amont afin qu'il n'y ait pas de dérivation des débits en dessous du débit réservé.

Le tableau ci-dessous présente les débits et volumes d'eau dérivés pour la solution proposée et la variante. Pour la variante, on a considéré une vanne de 1 m de large ouverte sur 20 cm.

Q Breuchin (m ³ /s)	Fréquence de non dépassement	nbre de jours dans l'année ou Q non dépassé	Q prise d'eau (m ³ /s)	Volume d'eau dérivé (m ³ /j)
0.706	0.07	26	0.000	0
0.883	0.1	37	0.006	536
1.076	0.15	55	0.018	1 515
1.284	0.2	73	0.032	2 784
1.504	0.25	91	0.050	4 286
1.737	0.3	110	0.069	5 990
1.982	0.325	119	0.091	7 874
2.238	0.375	137	0.115	9 923
2.504	0.42	153	0.140	12 123
2.780	0.43	157	0.167	14 466
3.067	0.5	183	0.196	16 943

Débits dérivés pour la solution (crête du seuil = 340,10 m NGF)

Q Breuchin (m ³ /s)	Fréquence de non dépassement	nbre de jours dans l'année ou Q non dépassé	Q prise d'eau (m ³ /s)	Volume d'eau dérivé (m ³ /j)
0.631	0.04	15	0.00	0
0.704	0.07	26	0.00	0
0.920	0.12	44	0.12	10 730
1.107	0.15	55	0.14	11 690
1.307	0.2	73	0.15	12 678
1.517	0.25	91	0.16	13 692
1.811	0.32	117	0.24	21 045
2.035	0.35	128	0.25	21 541
2.268	0.38	139	0.25	22 025
2.511	0.46	168	0.26	22 498
2.761	0.45	164	0.27	22 962
3.020	0.5	183	0.27	23 417

Débits dérivés pour la variante (crête du seuil = 340,20 m NGF)

Dans cet exemple, on a considéré qu'aucun débit n'allait dans le canal d'amené du moulin.

Le calage du seuil de l'ancien moulin au-dessus du fil d'eau du canal d'irrigation permet d'augmenter le débit dérivé, notamment pour les petits débits.

On précise que les débits ainsi dérivés, y compris dans la variante, seront inférieurs aux possibilités actuelles de dérivation. La prise d'eau actuelle est en effet constituée de 3 vannes de 1 m de large. Le fil d'eau des 3 vannes est à la cote d'environ 340,38 m NGF, et on rappelle que le seuil est à la cote moyenne de 340,75 m NGF. En outre, le débit réservé n'est pas respecté à l'actuelle prise d'eau.

La baisse du seuil entraîne une diminution des volumes dérivés au niveau du canal d'irrigation. Toutefois, ceux-ci sont compatibles avec l'abreuvement du bétail une très grande partie de l'année (besoin estimé à 3,3 m³/jour).

On notera cependant que **le respect du débit réservé entraîne une non alimentation du canal environ 26 jours dans l'année en période sèche**. Lorsque le débit du Breuchin est inférieur à 15% du module (0,15× 4,71= 0,707 m³/s), les eaux du Breuchin ne sont pas dérivés. Cette contrainte n'est pas liée au scénario étudié, mais devrait déjà exister.

Le tableau ci-dessous présente l'arasement retenu (variante, cote du seuil à 340,20 m NGF).

	Situation actuelle	Situation aménagée	gain
Cote de crête du seuil (m NGF)	340,75-340,80	340,20	Baisse de 0,55-0,6 m
Chute d'eau au droit du seuil (m)	1,07	0,52	Baisse de 0,55

3.2.2 Incidences sur les lignes d'eau

Pour déterminer l'effet sur le plan d'eau, on a modélisé ce scénario pour le QMNA5 et le module. On a également modélisé le scénario avec dérasement du seuil (arasement total sur toute la largeur) afin de mieux voir l'effet du seuil.

Nb : Pour le scénario dérasement, les lits mineurs considérés dans le modèle sont identiques à ceux de la situation actuelle, ce qui ne correspond pas à la situation future. Pour ce scénario, en effet, la dynamique alluviale va remanier les fonds.

Les tableaux situés à l'annexe n° 2 présentent les incidences hydrauliques du scénario sur les cotes d'eau et les vitesses moyennes en lit mineur pour le module (QA) et le QMNA5. Les profils en long de ces lignes d'eau sont présentés sur les figures n° 4 et 5.

Les calculs hydrauliques montrent une persistance du plan d'eau pour les débits faibles à moyens. Cette persistance est liée à la faible pente du bief. On remarquera aussi, qu'en raison de la faible pente, et de la forme actuelle des lits mineurs de la Lie (en trapèze, élargie), même en situation de dérasement du seuil, les vitesses restent peu élevées, et sont inférieures aux vitesses que l'on peut observer en aval sur des sections naturelles. En fait, en cas de dérasement, la dynamique fluviale va être réactivée, et les formes du lit vont naturellement évoluer, entraînant une diversité d'écoulement supérieure. Le modèle peut difficilement rendre compte de ces aspects.

Dans ce scénario, la longueur de l'effet plan d'eau sera diminuée de 100 à 200 m pour les bas et moyens débits.

3.2.3 Mesures connexes

3.2.3.1 DISPOSITIF POUR LA CONTINUITÉ BIOLOGIQUE

Compte-tenu de la chute d'eau résiduelle (0,52 m), il est nécessaire de mettre en place un dispositif de continuité biologique qui sera une rampe en enrochements (Cf. § 2.2). La longueur de cette rampe sera d'environ 13 m.

Ce dispositif fonctionnera pour une gamme de débit à déterminer. En raison de sa faible hauteur, le seuil entrera en régime « noyé » assez vite, et à partir de ce débit seuil, la continuité biologique sera possible sur toute la largeur du seuil.

Compte-tenu de la configuration du site, la passe à poissons sera mise en place de préférence en rive gauche, de manière à placer l'entrée piscicole le plus en amont possible. Le seuil est en effet en léger biais dans la rivière. On notera cependant qu'il n'existe pas actuellement de chemin permettant d'accéder à la berge rive gauche pour l'entretien de la passe.

Si la passe devait être mise en rive droite, il faudra tenir compte du canal d'aménagé pour mettre en place l'accès à la passe pour l'entretien.

3.2.3.2 CONFLUENCE DU RUDIVET

Le profil en long du Rudivet est proposé sur un plan hors texte.

Les mesures de fond ont permis d'observer au droit de la confluence du Rudivet et du Breuchin un exhaussement du fond du lit du Breuchin bien visible (Cf. figure n° 1).

En cas d'arasement partiel ou de dérasement, ces matériaux vont migrer vers l'aval, entraînant avec eux une partie des fonds du Rudivet par érosion régressive.

Il sera nécessaire de mettre en place plusieurs seuils de fond pour éviter la déconnexion de l'affluent, ainsi que son érosion régressive. Le premier enjeu humain est le pont communal situé 90 m en amont. Ce pont permet l'accès à une prairie. On rappelle qu'une baisse de l'ordre de 80 cm est attendue pour un dérasement. Dans le cas du scénario n°1, la baisse attendue des fonds sera inférieure. Les seuils de fond seront par conception franchissables pour les poissons.

3.2.3.3 ANCIENNE LIE DU MOULIN

Avec l'arasement partiel proposé, l'effet plan d'eau persiste en grande partie. Il sera diminué de 100 à 200 m, linéaire où la dynamique alluviale sera réactivée. Il n'est pas proposé de travaux de renaturation pour ce linéaire, la restauration se fera par le Breuchin lui-même.

3.2.3.4 MESURES DE CONFORTMENT DU SEUIL

Le seuil de l'ancien moulin est dans un mauvais état. Des blocs du coursier sont partis. De nombreuses fuites ont été relevées au travers du parement. On rappelle qu'une brèche s'est créée il y a quelques années en rive gauche.

Des travaux de confortement du seuil sont nécessaires en parallèle des travaux d'arasement partiel.

3.3 Définition de la cote d'arasement maximal du seuil pour maintenir le canal d'irrigation et un fonctionnement hydraulique au droit du moulin

3.3.1 Définition de la cote d'arasement

Les turbines Francis sont très sensibles aux variations de charge. Ainsi, il est probable que la turbine ne fonctionne pas au-delà d'une baisse de 20 à 30 cm de la charge. On a pris l'hypothèse d'une baisse de 30cm. Il s'agit de la baisse que l'on s'autorise sur la cote de la crête du seuil. La cote d'arasement de la crête du seuil retenue est ainsi de 340,5 m.

On prend l'hypothèse qu'il est possible de faire fonctionner la turbine actuelle au tiers de son débit d'équipement avec un rendement acceptable, soit 0,5 m³/s. La puissance résultante sera de 4 kW (5,3 chevaux), ce qui devrait permettre de faire fonctionner un broyeur faiblement rempli.

Nb : Seul un essai in situ permettra de valider ces hypothèses prises sur la charge et le débit de fonctionnement.

La cote d'arasement du seuil permet l'alimentation du canal d'irrigation. La gestion des débits au niveau de la prise d'eau sera facilitée car le fil d'eau du canal d'irrigation retenu est, on le rappelle, de 340,10 m NGF (Cf. § 3.2.1).

Le tableau ci-dessous présente l'arasement retenu.

	Situation actuelle	Situation aménagée	gain
Cote de crête du seuil (m NGF)	340,75-340,80	340,50	Baisse de 0,25-0,3 m
Chute d'eau au droit du seuil (m)	1,07	0,77	Baisse de 0,3

3.3.2 Incidences sur les lignes d'eau

Pour déterminer l'effet sur le plan d'eau, on a modélisé ce scénario pour le QMNA5 et le module. On a également modélisé le scénario avec dérasement (arasement total) du seuil afin de mieux voir l'effet du seuil.

Nb : Pour le scénario dérasement, les lits mineurs considérés dans le modèle sont identiques à ceux de la situation actuelle, ce qui ne correspond pas à la situation future. Pour ce scénario, en effet, la dynamique alluviale va remanier les fonds.

Les tableaux situés à l'annexe n° 2 présentent les incidences hydrauliques du scénario sur les cotes d'eau et les vitesses moyennes en lit mineur pour le module (QA) et le QMNA5. Les profils en long de ces lignes d'eau sont présentés sur les figures n° 6 et 7.

La baisse de 30 cm du seuil n'entraîne pas de diminution du plan d'eau.

3.3.3 Mesures connexes

3.3.3.1 DISPOSITIF POUR LA CONTINUITÉ BIOLOGIQUE

Compte-tenu de la chute d'eau résiduelle (0,77 m), il est nécessaire de mettre en place un dispositif de continuité biologique qui sera une rampe en enrochements (Cf. § 2.2). La longueur de cette rampe sera d'environ 19,5 m.

Le positionnement de la passe proposé est le même que celui indiqué précédemment.

3.3.3.2 CONFLUENCE DU RUDIVET

Il sera nécessaire de mettre en place un seuil de fond pour éviter la déconnexion de l'affluent, ainsi que son érosion régressive. Comme l'évolution des fonds sera plus faible que dans le cas précédent, un seuil suffira.

3.3.3.3 ANCIENNE LIE DU MOULIN

Il n'est pas proposé de restauration de la Lie car celle-ci est sous l'influence du seuil.

3.3.3.4 MESURES DE CONFORTEMENT DU SEUIL

Le seuil de l'ancien moulin est dans un mauvais état. Des blocs du coursier sont partis. Des travaux de confortement du seuil sont nécessaires en parallèle des travaux d'arasement partiel.

4 ETUDE DU SCENARIO N° 2

4.1 Objectifs

Dans ce scénario, le seuil est dérasé (arasement total). Dix mètres du seuil en rive droite sont maintenus à des fins patrimoniales comme dans le cas du scénario n°1. Pour ce scénario, comme le seuil est arasé en totalité, on peut augmenter un peu la longueur du seuil maintenue, en restant cependant en dessous de 15 m. La continuité écologique est rétablie en totalité.

Le canal d'irrigation n'est plus alimenté. Il faut trouver d'autres sources d'alimentation hydraulique pour l'abreuvement du bétail.

Dans ce scénario, le moulin est alimenté en eau par le Rudivet, de manière intermittente par l'intermédiaire d'un déversoir et d'un bassin de stockage.

Ce bassin serait collé au moulin, au droit du canal d'amené actuel, devant le dégrilleur.

La faisabilité de ce scénario est étudiée au travers de différents points dont :

- l'hydrologie et la topographie du Rudivet,
- les possibilités pour abreuver le bétail,
- l'évolution morphologique du Breuchin, et les risques associés,
- les incidences en crue, et les risques en aval.

4.2 Hydrologie du Rudivet et capacité d'alimentation

Les débits du Rudivet n'ont jamais été suivis. A défaut, les débits peuvent être approchés à partir de deux méthodes :

- méthodes déterministes,
- comparaison avec d'autres bassins versants aux caractéristiques proches dont les débits sont suivis ; l'utilisation des débits spécifiques du Breuchin à la Proiselière appartient à ce type d'approche.

4.2.1 Module

Différentes formules ont été utilisées pour déterminer le module (appelé QA) du ruisseau du Rudivet. Les formules n° 2 et 3 sont citées dans l'annexe n°3 de la Circulaire du 5 juillet 2011 (« Guide méthodologique en vue de l'estimation du module d'un cours d'eau »). La formule n° 1 est celle citée par le CEMAGREFF en 1987.

- (1) : $QA=0,75 PA+0.40 ZMOY-450$ formulation réputée valide si le résultat est supérieur à 300 mm ;
 $QA= (PA/34)^{5/3} (ZMOY/100)^{1/3}$ sinon ;
- (2) : $QA=1,07 PA-640,68 ;(QA.PA)$;
- (3) : $QA=0,11 ZMOY+0,95 PA-545,90 ;(QA.PA.ZMOY)$;

- (4) : $QA=PA-D$; $D = \frac{PA}{\sqrt{0,9 + \frac{PA^2}{L^2}}}$; $L=300+25T+0,05T^3$; formule de Turc ;

Avec PA : pluviométrie annuelle [1 340 mm : calculée à Mélisey (alt. 331m) entre 1990 et 2010] ;

T : température moyenne annuelle [9,8°C: calculée à Fougerolles (alt. 433 m) entre 1990 et 2010] ;

Zmoy : altitude moyenne du bassin versant du Rudivet (500 m NGF) ;

Le tableau suivant présente les résultats.

n° formule	QA (m ³ /s)	QA (l/s/km ²)
1	0.129	23.9
2	0.141	26.1
3	0.134	24.8
4	0.136	25.2
<i>moyenne</i>	0.135	25

En utilisant le débit spécifique du Breuchin à la Proiselière (35,9 l/s/km²), on estime le module du Rudivet à **0,194 m³/s**, soit +43% par rapport à l'estimation par les méthodes déterministes.

Pour le module du Rudivet, on retiendra dans la suite de l'étude la moyenne de ces deux valeurs, ainsi qu'un encadrement de cette moyenne :

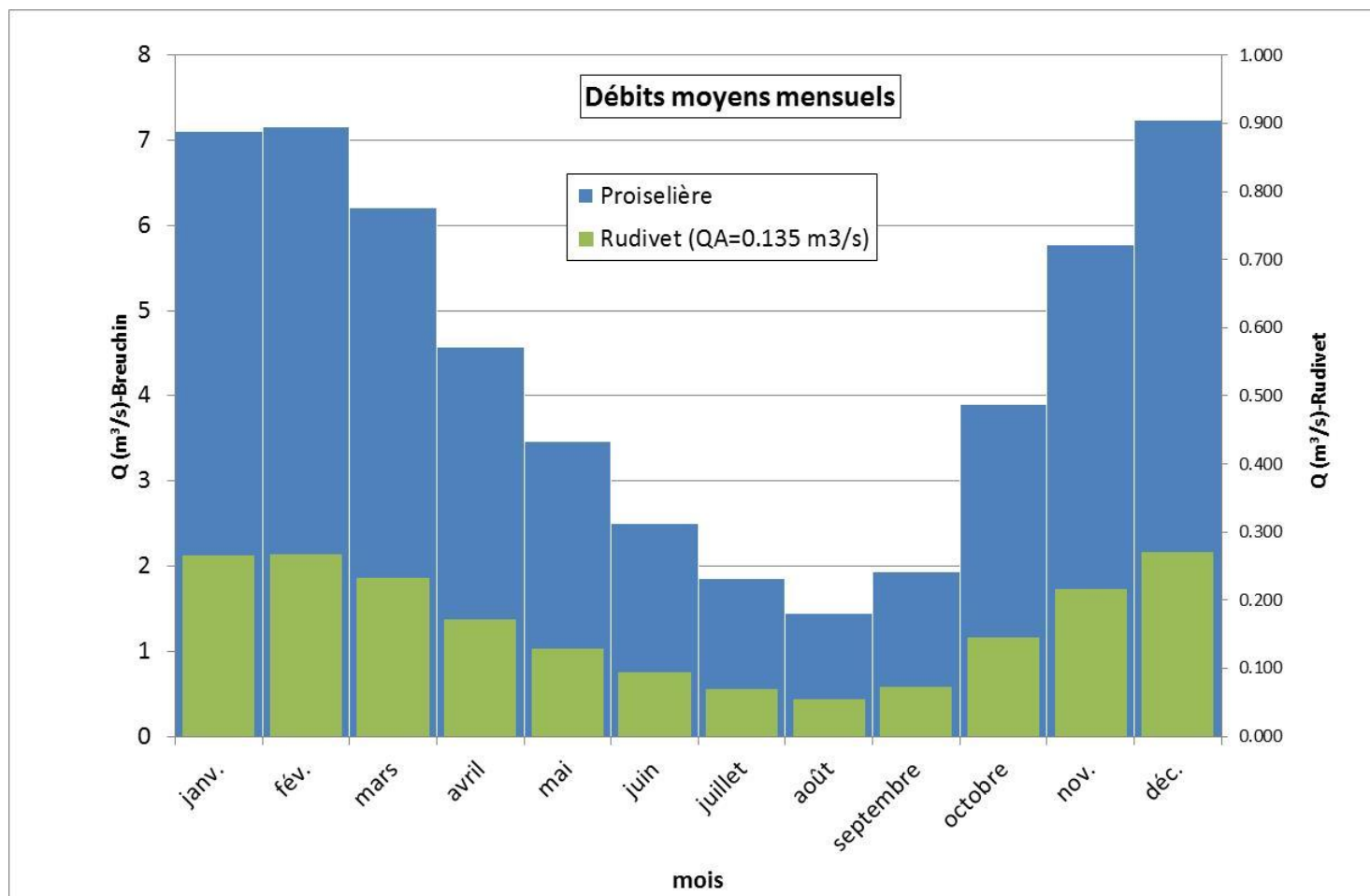
Module Rudivet : 0,165 m³/s [0,135 ; 0,194]

4.2.2 Evolution des débits dans l'année

L'évolution dans l'année des débits du Rudivet est estimée à partir de l'évolution des débits du Breuchin à la Proiselière.

Le tableau et le graphique ci-après présentent l'estimation des débits mensuels du Rudivet.

mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	moyenne
QMM (m ³ /s) 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
QMM Rudivet (m ³ /s)	0.266	0.268	0.232	0.171	0.129	0.094	0.069	0.054	0.073	0.146	0.216	0.271	0.166



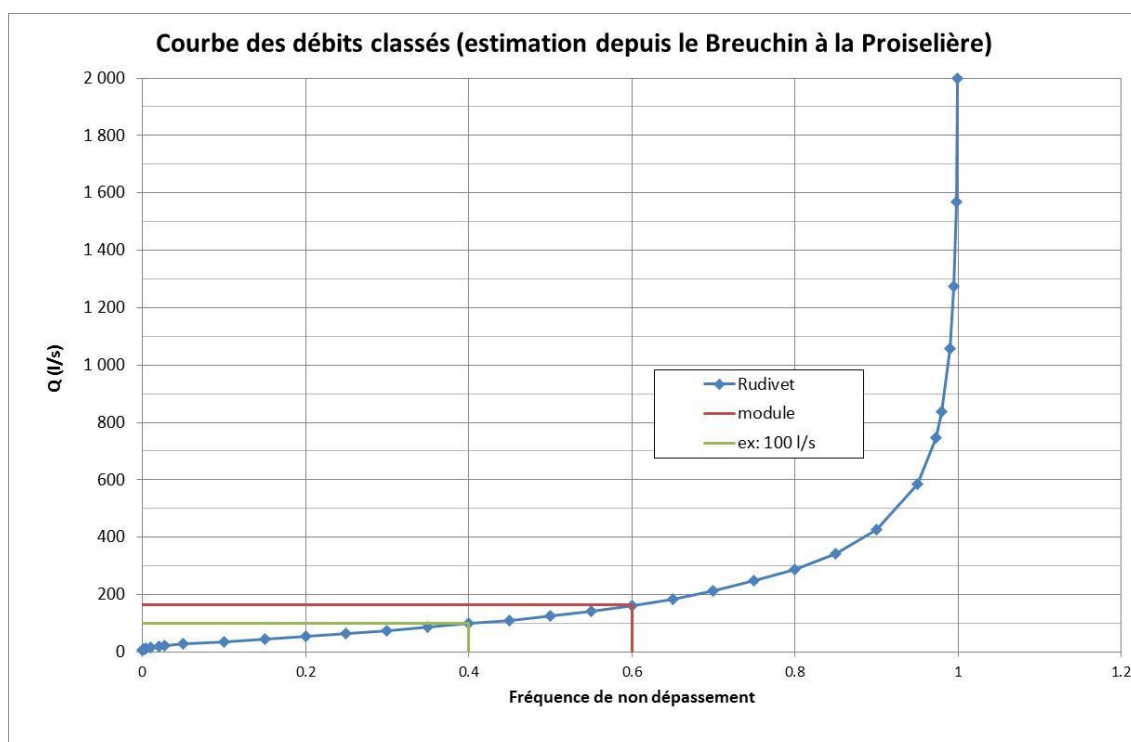
En août, le débit moyen mensuel du Rudivet est estimé 54 l/s, soit un volume journalier de 4 665 m³/j.

4.2.3 Courbe des débits classés

La courbe des débits classés du Rudivet est estimée à partir de celle du Breuchin à la Proiselière proportionnellement à la surface de bassin versant.

Cette courbe montre par exemple, qu'en moyenne, le Rudivet dépasse 60% du temps dans l'année 100 l/s, ou que 40% du temps dans l'année, le Rudivet ne dépasse pas 100 l/s.

Cette courbe illustre la faiblesse des débits du Rudivet, liée à la taille de son bassin versant.



4.2.4 Jaugeage le 25 juin 2014

Le 25 juin 2014, nous avons réalisé dans le cadre de cette étude deux jaugeages, l'un sur le Rudivet, et l'autre sur le canal d'irrigation. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après.

Nom du cours d'eau	Débits (m ³ /s)	% du module
Rudivet	0,018	11%
Canal d'irrigation	0,049	
<i>Breuchin à la Proiselière</i>	<i>0,414</i>	<i>9,4%</i>

Ce jaugeage permet d'estimer les débits d'étiage du Rudivet.

Ce jaugeage ponctuel montre aussi que l'alimentation du canal d'irrigation sera inférieure à l'alimentation actuelle dans le cadre du projet de dérivation du Rudivet dans le canal d'irrigation (Scénario n°2bis).

4.2.5 Gestion de l'alimentation du moulin

Le principe retenu est qu'aucun déversement vers le bassin d'alimentation du moulin n'est réalisé tant que le débit du Rudivet ne dépasse pas un certain débit (débit réservé). On rappelle que le déversement est intermittent, lié aux visites.

Le tableau ci-dessous présente les hypothèses possibles.

Débit du Rudivet nécessaire pour commencer à déverser- Hypothèses		
% du module	Débit réservé (m ³ /s)	Fréquence de non dépassement
10	0,017	4 jours/an
20	0,033	36 jours/an
30	0,050	73 jours/an

On rappelle les débits moyens mensuels (QMM) du Rudivet les mois d'été :

Mois	juin	juillet	août	septembre
QMM (m ³ /s)	0.094	0.069	0.054	0.073

Les estimations présentées montrent que **le remplissage du bassin peut poser problème en été en période sèche** en fonction du débit réservé retenu. Un moyen pour remédier à cela est de prévoir un volume de bassin plus grand, pour anticiper ces périodes.

Il convient aussi d'accepter qu'en période d'étiage, il ne sera pas possible d'alimenter en eau le moulin.

Afin d'éviter que l'eau stagne dans le bassin, on mettra en place une circulation de débit tant que le débit du Rudivet le permettra (débit supérieur au débit réservé).

Sans contrainte de fonctionnement de la turbine, la taille du bassin dépend essentiellement de l'aspect paysager, et des capacités limitées à l'alimenter en période de basses eaux. On propose un bassin de superficie 60 m², et de hauteur 0.8 m, soit 48 m³.

Taille du bassin si on souhaite faire fonctionner la turbine

- *Fonctionnement de la turbine à vide.*

Pour déterminer le débit q permettant de faire tourner « à vide » la turbine, il est nécessaire de réaliser des essais in situ.

Le volume d'eau du bassin V (m³) nécessaire pour faire fonctionner la turbine pendant une durée t (mn) se calcule de la manière suivante :

$$V=q \times t \times 60$$

Par sécurité, il convient d'ajouter un volume supplémentaire de 30% ($V'=1,3V$).

Pour tenir compte des périodes d'étiage, et des problèmes d'alimentation du bassin pendant ces périodes, il est proposé de stocker l'eau pour un certain nombre de visite à déterminer (n). La taille du bassin est alors égale à $n \times V'$.

Le débit n'est à ce jour pas connu. Mais compte tenu de l'hydrologie du Rudivet, le choix de cet aménagement nécessite d'accepter qu'en période de basses eaux (juillet-août-septembre), il ne sera pas toujours possible de remplir le bassin par le Rudivet.

- *Avec fonctionnement d'un broyeur à moitié plein*

Un débit de 0,5 m³/s (1/3 de son débit d'équipement) est vraisemblablement nécessaire pour faire fonctionner la turbine existante avec un rendement correct. Compte-tenu de la topographie du Rudivet, il est possible de conserver la charge actuelle (1.57 m).

Sous ces conditions, la puissance produite sera de 5,8 kw. Cette puissance permettra le fonctionnement souhaité.

La profondeur du bassin de stockage est fixée à 0.8 m. Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques de l'aménagement.

Q fonctionnement (m ³ /s)	0.5
H moulin (m)	1.57
durée de fonctionnement turbine (min)/visite	3
Volume retenue (m ³)/visite	120
Volume de stockage pour 5 visites (m ³)	600
hauteur de la retenue (m)	0.8
Surface retenue (m ²) pour 5 visites	750
Puissance produite (kw)	5.8

La mise en place d'un tel bassin est peu envisageable compte-tenu de l'emprise nécessaire. On peut diminuer le nombre de visite considéré pour le stockage (440 m² pour stockage pour 3 visites).

En outre, compte tenu de l'hydrologie du Rudivet, le choix de cet aménagement nécessite d'accepter qu'en période de basses eaux (juillet-août-septembre), il ne sera pas toujours possible de remplir le bassin, et de faire fonctionner la turbine.

4.3 Topographie et restauration du Rudivet

Les cotes altimétriques et l'occupation du sol (pré) permettent d'envisager le détournement du Rudivet en direction du moulin afin de permettre l'alimentation par déversement du bassin. La pente de ce tronçon sera d'environ 0,02 m/m jusqu'au moulin, et de 0,008 m/m du moulin à la confluence avec le Breuchin. Le tracé en aval du moulin s'inscrira à proximité d'un petit fossé actuellement peu marqué. La prise d'eau se fera vers le pont agricole.

Un tracé sinueux est proposé d'une longueur d'environ 280 m. Le linéaire du Rudivet délaissé est de 88 m, d'où un gain de 192 m de linéaire de ruisseau. Le lit du ruisseau sera aménagé de manière à créer un lit d'étiage et moyen, permettant une diversité d'écoulement, ainsi que l'installation d'une végétation aquatique. Le gabarit sera dimensionné au regard de l'hydrologie du Rudivet. Un apport de matériau (charge de fond) sera réalisé en fond de ruisseau, pour apporter des substrats. Il est en effet peu probable qu'à la profondeur du ruisseau, on soit dans les alluvions du Breuchin. Le futur cours d'eau sera potentiellement une zone de frayère.

Afin d'éviter l'inondation du moulin en cas de crue du Rudivet, le lit actuel sera conservé comme déversoir de crue (linéaire de 85 m). Ce bras de décharge sera alimenté qu'à partir d'un débit de crue à déterminer.

Dans le cas où le bassin ne sert qu'à l'ambiance en eau, le canal de fuite du moulin pourra être rebouché, ou laissé en état. Il ne sera plus en eau dans ce scénario, sauf lors des crues.

4.4 Solutions d'abreuvement du bétail

Lors de la rencontre avec les propriétaires et exploitants du 9 septembre 2014, l'EPTB a présenté différentes solutions pour maintenir l'abreuvement à la place du canal d'irrigation. Elles étaient assorties de coûts estimatifs :

- pompes à nez avec aménagements dans le cours d'eau ou non,
- abreuvoir à système gravitaire,
- descente aménagée,
- pompe à énergie solaire,
- puits avec éolienne et réservoir,
- tonne à eau.

D'une manière générale, les aménagements liés à l'abreuvement ne conviennent pas aux exploitants présents soit parce qu'ils manquent d'efficacité, soit parce qu'ils prennent trop d'emprise, soit parce qu'ils nécessitent de l'entretien. Les exploitants souhaiteraient conserver l'alimentation du canal pour l'abreuvement

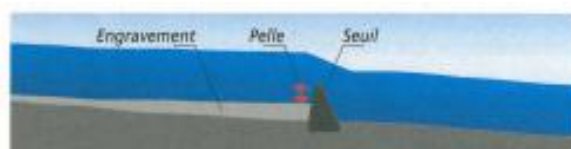
La possibilité de faire des descentes aménagées sera néanmoins étudiée sur la parcelle 184 pour Monsieur Oudot, la parcelle 202 pour monsieur Petitjean, la parcelle 198 pour monsieur Mauffrey. Pour Monsieur Boffy, un abreuvoir pourrait être disposé près de la départementale et alimenté par la canalisation de la Commune. Des rencontres ont été programmées pour étudier ces possibilités. Les résultats ne sont pas connus à ce jour.

Une source existe au niveau de la parcelle 474. Elle pourrait être étudiée pour alimenter des abreuvoirs.

4.5 Hydromorphologie du Breuchin

4.5.1 Incidences actuelles du seuil sur l'hydromorphologie du Breuchin

Les calculs hydrauliques réalisés en phase 1 ont montré que le seuil occasionnait une perte de charge sur les lignes d'eau des crues testées (période de retour 2, 10 et 50 ans). Le seuil engendre donc une perte de charge sur les lignes d'eau pour les débits les plus efficaces d'un point de vue de la morphologie, c'est-à-dire les hautes eaux jusqu'à la crue annuelle ou biennale. On a vérifié que le débit de plein bord correspondait à ces occurrences. L'incidence d'un seuil sur le niveau du lit dépend justement de son influence sur les lignes d'eau pour ces débits. Au droit du seuil, l'exhaussement du lit est, en première approximation, de l'ordre de la perte de charge engendrée par ce seuil. Sur ce tronçon, les débits morphogènes du Breuchin sont de l'ordre de 27 (QJ1 an) à 39 (QJ2 ans) m³/s. Pour ces débits, les pertes de charges au droit du seuil sont respectivement de 0,8 et 0,7 m.



Pour préciser ces calculs, on a calculé la « pelle » pour les débits cités précédemment. La pelle est la hauteur entre le niveau du lit en amont d'un seuil et le niveau du seuil.

La pelle est comprise entre 0,6 et 0,7 en fonction du débit testé. La cote naturelle de fond du lit est d'environ 339,30 m NGF au droit du seuil. En soustrayant la hauteur de pelle à la cote du seuil (340,73 m NGF), on calcule la cote de fond en amont du seuil, et on en déduit la hauteur d'exhaussement du lit. Le tableau ci-après présente les résultats. Les exhaussements du lit sont du même ordre de grandeur que les pertes de charges calculées précédemment.

Q dominant (m ³ /s)	27	39
pelle (m)	0.62	0.77
hauteur d'atterrissement (m)	0.73	0.58
cote de fond calculée avec la pelle-amont seuil (m)	340.03	339.88
cote de fond mesurée en amont du seuil-centre du lit (m)	339.50	339.50
cote de fond mesurée en amont du seuil-bord du lit (m)	340	340

Un complément topographique a été réalisé le 25 juin 2014 en basses eaux (débit du Breuchin de 0,414 m³/s à la Proiselière). Un semis de point en amont du seuil a été levé, ainsi que trois autres profils en travers, densifiant ainsi les levés réalisés cet hiver. Le profil en long en amont du seuil présenté dans la phase 1 a été complété (Cf. plan hors texte Profil en long du lit mineur). On précise que l'on utilise les points de fond au centre du lit. Un zonage des hauteurs d'eau a également été réalisé (Cf. plan hors texte Zonage des hauteurs d'eau).

Le profil en long confirme ce que l'on voyait déjà se dessiner sur le profil en long initial : l'exhaussement du fond du lit n'est pas très marqué dans le centre du lit. Les hauteurs d'eau en amont du seuil dépassent 1,5 m dans la partie centrale du chenal. Des dépôts apparaissent cependant dans les bords, indiquant une rétention de matériaux solides. Des coupes en travers ont été tracées permettant de mieux apprécier l'évolution du fond du lit en travers du lit mineur.

En conclusion, le seuil bloque partiellement des matériaux solides sur les bords du lit. Son incidence sur le fond du lit est au plus de 0,7 -0,8. Comme le lit en aval n'est pas le lieu d'une érosion progressive, on en déduit que le seuil est « atterri », c'est-à-dire que les matériaux doivent transiter par le seuil.

4.5.2 Evolution en cas de dérasement du seuil

La reconnaissance de terrain réalisée dans la première phase a montré que le lit du Breuchin est en équilibre dynamique dans ce secteur. On n'a pas observé en aval de signe d'érosion suggérant une érosion régressive (les pieds des seuils ne sont pas déchaussés...), ou une érosion progressive (le seuil est considéré atterri). On n'a pas observé non plus d'atterrissement fixé en aval du seuil.

A l'amont immédiat du seuil, la vitesse s'accroît du fait du resserrement des filets liquides. C'est pourquoi les matériaux charriés ne restent pas bloqués malgré la contre pente et le franchissement du seuil.

Les érosions de berge observées en aval du seuil là où la ripisylve est absente appartiennent au fonctionnement normal de ce type de rivière de plaine. Ces érosions participent à l'équilibre morphodynamique du lit.

En cas de dérasement du seuil, une érosion régressive des matériaux dans la retenue va se réaliser. Le seuil du moulin Rouge est situé en amont de la retenue (860 m en amont). Bien qu'en ruine avancée, il semble que l'érosion régressive s'arrêtera à cet endroit. Les matériaux déposés en amont du seuil du moulin Rouge concerne l'effet de ce seuil.

Les matériaux qui s'étaient déposés du fait du seuil du moulin d'Amage vont migrer vers l'aval. On précise qu'il n'y a pratiquement pas de fosse d'affouillement en aval du seuil à remplir. Le lit mineur étant très élargi en aval du seuil, le dépôt va se faire dans un premier temps dans ce tronçon. Un exhaussement progressif du lit va se réaliser d'amont vers l'aval jusqu'à un nouvel équilibre (en théorie, jusqu'à retrouver la pente avant l'édification du seuil). Ces dépôts pourront localement engendrer des érosions latérales et des débordements. Toutefois, le seuil se situe très en amont des zones habitées (1,8 km en amont du pont de la RD 18 à Breuchotte). Le hameau de la Bouloye est situé 1 km en aval. Cependant, le hameau est situé en dehors de la zone inondable, et à distance du lit mineur. Les habitations ne sont pas concernées par les modifications qui pourraient être générées par l'aménagement.

Les principales modifications concerneront l'évolution du profil en long. Le dérasement du seuil peut aussi provoquer une reprise des érosions de berge situées dans la retenue. En effet, un seuil stabilise en plan une rivière. Aucune forte évolution du tracé en plan n'est cependant attendue.

4.5.3 Gestion des matériaux de la retenue

Les matériaux retenus possèdent vraisemblablement une certaine granulométrie en accord avec ce qui est actuellement transporté (cailloux, galets, graviers). Le temps de remobilisation est aussi fonction des crues pouvant se produire.

Ainsi, afin d'éviter des phénomènes d'érosion ou de dépose trop rapide, il est conseillé de réaliser un effacement progressif et échelonné du seuil. Cette manière d'opérer aura une incidence sur le cout de réalisation des travaux, mais peut permettre de réaliser un suivi des évolutions morphologiques.

4.5.4 Renaturation de l'ancien remous

Le lit du Breuchin a été agrandi dans la retenue d'environ 5 à 10 m en largeur. La largeur entre les hauts de berge sur les sections naturelles évolue entre 14 et 18 m au plus (Cf. Phase 1). La largeur dans la retenue évolue entre 23 et 29 m.

Le Breuchin possède une puissance spécifique importante, d'environ 30 W/m². Il possède une charge solide, et ses berges sont érodables. La puissance naturelle du Breuchin va lui permettre de se réajuster morphologiquement, et de retrouver petit à petit une géométrie plus naturelle.

Nb : La puissance spécifique (ω) correspond sommairement au produit de la pente \times le débit qui caractérise les potentialités dynamiques du cours d'eau :

$$\Omega = YQJ ;$$

$$\omega = \Omega / l$$

avec

Y : poids volumique de l'eau,

Q le débit qui caractérise les potentialités dynamiques (selon les cas, débit de plein bord, débit journalier de période de retour 2 ans...)

J, la pente de la ligne d'énergie,

l, la largeur du lit pour le débit utilisé.

La diversification des habitats du fond de lit se fera avec la reprise de la dynamique alluviale. Les fonds vont être remaniés, engendrant une diversité de granulométrie et hydraulique (vitesse, hauteur d'eau...).

4.5.5 Conservation d'une partie du seuil

Une partie du seuil est conservée à l'identique en rive droite pour être valorisée sur le plan patrimonial (15 m au plus). Comme le lit du Breuchin a été agrandi dans la retenue et au droit du seuil, la largeur de rivière proposée (environ 21-25 m) permet de retrouver la largeur naturelle du Breuchin.

Evolution attendue.

Une zone de dépôt va se créer en amont de la partie du seuil laissée en état. L'écoulement actif va se faire côté rive gauche. Cet aménagement peut conduire à des forces d'érosion accrue sur la rive gauche.

En cas de fortes crues du Breuchin, il est aussi possible comme on se situe en concavité de méandre, que l'érosion se porte sur la berge rive droite. Comme on ne souhaite pas qu'une érosion se développe sur cette berge, le projet devra prévoir une protection de cette berge (confortement des protections existantes).

4.6 Incidences hydrauliques

Les incidences hydrauliques de la suppression du seuil ont été étudiées par modélisation hydraulique dans la phase 1. Pour plus de détail, on se réfèrera au rapport de phase 1.

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.

4.7 Suivi du niveau de nappe

Afin d'estimer le risque de baisse de la nappe alluviale, on propose de réaliser un suivi des niveaux d'eau de la rivière et de la nappe sur une année. Ce suivi permettrait de connaître les relations nappe/rievière, et d'estimer le risque de baisse de la nappe en cas de modification de la crête du seuil.

Ce suivi se réalise en mettant en place un piézomètre, ainsi qu'une échelle dans le lit mineur du Breuchin. Une lecture par mois sur 1 an permettra de répondre.

Le risque de baisse de la nappe dépend de la perméabilité des terrains si le fond de la rivière n'est pas colmaté par des fines.

4.8 Variante au scénario n°2

Une variante au scénario n°2 est proposée. Le Rudivet n'est pas dévié. Une prise d'eau est créée sur le Rudivet en aval du pont. Elle alimente une conduite qui va jusqu'au bassin. La prise d'eau est alimentée lorsque le débit du Rudivet est supérieur au débit réservé.

Le Rudivet n'est pas restauré dans cette variante.

5 ETUDE DU SCENARIO N°2BIS

5.1 Objectifs

Le scenario 2bis étudie la possibilité de détourner le Rudivet dans le canal d'irrigation existant. Cette hypothèse de travail permettrait :

- de continuer d'alimenter le canal d'irrigation, et de permettre l'usage abreuvement du bétail,
- d'avoir une plus grande ambition en termes de linéaire de ruisseau restauré.

Le canal d'irrigation possède un intérêt piscicole. Ses fonds sont attractifs, les substrats bien diversifiés. Il s'agit potentiellement d'une zone de frayère.

Ce scénario est semblable au scénario n°2 pour tout ce qui concerne le Breuchin. Ces éléments ne sont donc pas repris dans cette partie.

La faisabilité de ce scénario est étudiée au travers des points suivants :

- l'hydrologie du Rudivet, ses capacités pour abreuver le bétail...,
- la topographie de la vallée du Breuchin et du canal d'irrigation.

5.2 Hydrologie du Rudivet

5.2.1 Hydrologie du Rudivet et abreuvement du bétail

Le besoin pour l'abreuvement du bétail est estimé en moyenne à 3,3 m³/jour (60 vaches non allaitantes avec 55 l/jour/tête). Même lors de l'étiage mesuré en juin 2014 (18 l/s), le Rudivet permet d'abreuver le bétail.

5.2.2 Hydrologie du Rudivet et fonctionnement du canal

Les débits du Rudivet seront inférieurs aux débits actuels issus de la prise d'eau au moulin. On rappelle qu'on a réalisé un jaugeage le 25/06/2014 en période de basses eaux :

- Rudivet : 0,018 m³/s,
- Canal d'irrigation : 0,049m³/s.

Les parties les moins pentues du canal d'irrigation sont des zones de sédimentation importante. La réduction des débits risquent d'aggraver ce phénomène.

5.3 Topographie de la vallée et du canal d'irrigation

5.3.1 Profil en long du canal d'irrigation

Le profil en long du canal d'irrigation a été levé lors de la mission topographique en phase 1. Celui-ci est présenté sur un plan hors texte annexé à ce rapport.

Les pentes moyennes ont été calculées par tronçon homogène. Ces pentes figurent sur le profil en long, et sont reprises dans le tableau ci-après.

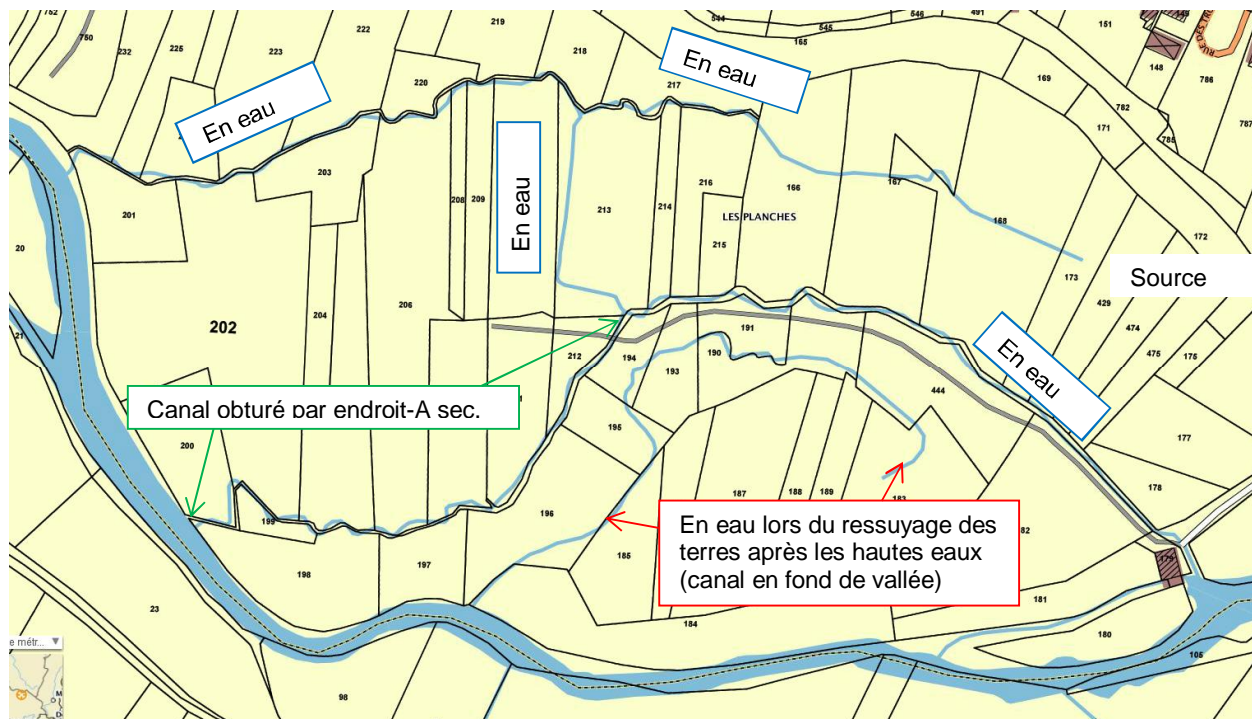
tronçon	Longueur (m)	Pente (%)
Prise d'eau-C8	62	Pente hétérogène-haut fond pour le passage à gué
C8-C7	129	0.09
C7-C6	132	0.2
C6-C5	107	0.47
C5-C4	91	0.47
C4-C3	67	0.28
C3-C2	140	0.11
C2-C1	24	0.42

Le linéaire total du canal d'irrigation est de 755 m. Sa pente générale est faible. On note deux tronçons possédant une très faible pente : tronçon C8-C7 : 0,09% ; tronçon C3-C2 : 0,11%.

Cette faible pente explique la tendance à la sédimentation dans le canal. Les débits dans le canal ne sont jamais très élevés, et ne permettent pas la reprise des matériaux déposés. En outre, une buse sous-dimensionnée accentue fortement le phénomène sur le tronçon C7-C6.

5.3.2 Différents canaux existants

Différents canaux ont existé dans la vallée du Breuchin en rive droite, témoignant du passé et des travaux de remembrement. Ces canaux sont encore visibles sur le cadastre, et sur le terrain. Ces canaux ont été reconnus dans la phase 1. Des photographies et leur état en eau ou non est indiqué sur la carte de reconnaissance morphologique (Phase 1). On a repris les informations essentielles ci-dessous.



Source : Géoportail

5.3.3 Solutions proposées

Une variante a été proposée à ce scénario. Elle proposait d'utiliser l'ancien canal en fond de vallée à la place du canal d'irrigation afin de gagner en pente. De plus, comme le canal est en fond de vallée, il aurait pu améliorer à première vue le ressuyage des terres.

Les exploitants ne sont pas d'accord avec la possibilité de créer ce nouveau ruisseau dans les points bas pour les raisons suivantes :

- cela risque d'augmenter le caractère humide des prairies,
- cela couperait leur parcellaire en deux.

Les exploitants ont également mentionné le rôle du canal le long du coteau pour le drainage de la source, et plus globalement le rôle du canal d'irrigation dans le drainage de leurs parcelles.

5.4 Mesures d'accompagnement

Le Rudivet charrie des matériaux. Afin de ne pas aggraver le colmatage du canal d'irrigation dans les parties les moins pentues, on préconise la mise en place d'une dépression quelques mètres en aval de la prise d'eau qui aura pour objet de faire chuter les éléments grossiers (type piège à graviers). Les matériaux déposés seront mis dans le Breuchin.

La buse sous dimensionnée sera enlevée, et remplacée par une passerelle.

6 ETUDE DU SCENARIO N°3

6.1 Objectifs

Dans ce scénario, la crête du barrage en rive gauche est totalement abaissée (la moitié rive droite est maintenue à des fins patrimoniales). Le moulin et le canal d'irrigation n'ont plus d'alimentation hydraulique.

Ce scénario repose sur la recherche de solutions permettant:

- de satisfaire la volonté de la commune dans son projet de valorisation du moulin sur le plan pédagogique,
- de maintenir l'abreuvement du bétail.

Les incidences sur le Breuchin sont identiques à celles étudiées dans le scénario n°2 ; elles ne sont pas reprises ici.

6.2 Valorisation patrimoniale du moulin

Il est possible de remplacer la turbine par un moteur électrique, et d'animer ainsi les différents éléments du moulin (broyeurs...). Le moteur choisi aurait la puissance requise pour alimenter l'ensemble. Cela impose d'avoir l'électricité en triphasé au moulin.

Un bassin serait créé, comme dans le cas du scénario n°2, devant le dégrilleur. Il permettrait d'évoquer la présence de l'eau à l'entrée du Moulin. Son volume serait d'environ 50 m³.

Il pourrait être alimenté :

- par pompage depuis le Breuchin,
- depuis le Rudivet, avec une prise d'eau, et une conduite forcée.

6.3 Usage abreuvement du bétail

Pour l'abreuvement du bétail, les solutions à mettre en place sont identiques à celles recherchées dans le cas du scénario n°2 (Cf § 4.4).

6.4 Comparaison des scénarii

Le tableau ci-dessous présente les premiers éléments de comparaison des scénarii étudiés.

n° scénario	n° hypothèse	continuité biologique	continuité sédimentaire	Usage irrigation/ abreuvement	Usage drainage prairie	Morphologie du Breuchin	Zones humides -Nappe	valorisation du patrimoine	restauration du Rudivet
1	Ambiance en eau	Baisse de la crête de 0,55-0,6m. Chute de 0,52m. Rampe en enrochements de 13 m.	Faible blocage actuel. Seuil atterri.	Usage maintenu.	Conservé	Baisse de 100 à 200 m du plan d'eau (en queue de retenue) sur 700 m.	Perte possible de zones humides, mais gain aussi en berge par exemple.	bassin pour rappeler le fonctionnement hydraulique	Pas de restauration. Seuils de fond pour éviter érosion régressive.
	Fonctionnement turbine « à vide »	<i>Essai nécessaire pour déterminer cote d'arasement possible</i>	Faible blocage actuel. Seuil atterri.	Usage maintenu.		Vraisemblablement peu d'effet.	Peu d'effet.	Fonctionnement de la turbine « à vide »	Pas de restauration. Seuil de fond pour éviter érosion régressive.
	Fonctionnement de la turbine et d'un broyeur à moitié plein	Baisse de la crête de 0,25-0,3m. Chute de 0,77m. Rampe en enrochements de 19,5 m.	Faible blocage actuel. Seuil atterri.	Usage maintenu.		Effet plan d'eau inchangé.	Peu d'effet.	Fonctionnement de la turbine animant un broyeur à moitié plein	Pas de restauration. Seuil de fond pour éviter érosion régressive.
2	Ambiance en eau	Restauration complète	Restauration complète	Solutions d'abreuvement à mettre en place (rampes en bord de Breuchin...). Etude en cours.	Risque d'être supprimé (ou besoin d'entretenir le canal pour qu'il ne se referme pas ?)	Suppression de l'effet plan d'eau : Restauration de la diversité habitationnelle. Reprise de la dynamique alluviale sur 700 m : érosion régressive des matériaux bloqués dans la retenue ; érosion des berges (incidences sur les terres voisines et sur la ripisylve).	Pertes possibles de zones humides, mais gain aussi, notamment au droit des berges. Nb : Pas de zone naturelle remarquable présente.	bassin pour rappeler le fonctionnement hydraulique. Risque de ne pas être en eau en basses eaux.	Création d'environ 280 m de ruisseau (frayère). Gain de 192 m de ruisseau Le tracé du Rudivet actuel en aval de la dérivation (88m) est conservé comme déversoir de crue.
	Fonctionnement turbine « à vide »							Fonctionnement de la turbine « à vide ». Taille du bassin ? Risque de ne pas toujours être en eau en basses eaux.	
	Fonctionnement de la turbine et d'un broyeur à moitié plein							Fonctionnement de la turbine animant un broyeur à moitié plein. Risque de ne pas toujours être en eau en basses eaux. Taille du bassin trop importante	
2bis	Ambiance en eau	Restauration complète	Restauration complète	Usage maintenu.	Conservé	Mesures compensatoires à mettre en place : dérasement progressif du seuil afin de gérer la remobilisation des matériaux ; mesures de gestion de la ripisylve, espace de liberté à mettre en place. Nb : aménagement de l'ancien remous dans un second temps seulement si besoin.		bassin pour rappeler le fonctionnement hydraulique. Risque de ne pas être en eau en basses eaux.	111 m de ruisseau créé. 730 m de ruisseau (frayère) conservé (canal d'irrigation) Mais problème de sédimentation. Le tracé du Rudivet actuel en aval de la dérivation (85m) est conservé comme déversoir de crue
3		Restauration complète	Restauration complète	Solutions d'abreuvement à mettre en place (rampes en bord de Breuchin...). Etude en cours.	Risque d'être supprimé (ou besoin d'entretenir le canal pour qu'il ne se referme pas ?)			Animation des broyeurs par un moteur électrique. Bassin pour rappeler le fonctionnement hydraulique. Risque de ne pas être en eau en basses eaux si alimentation par Rudivet. Possibilité de pompage depuis le Breuchin en appui.	Pas de restauration. Seuils de fond pour éviter érosion régressive.

7 CHIFFRAGE

Les scénarios d'aménagement ont été chiffrés. Le tableau ci-dessous présente ces estimations réalisées à partir d'une approche niveau Avant-Projet-Sommaire.

Scénario S1				
désignation des travaux	U	Quantités	€U	€
rampe en enrochements	ml	17	5 900	100 300.00
mur du canal de prise d'eau	ml	20	800	16 000.00
vanne	u	1	6000	6 000.00
arasement du seuil	m3	50.00	100.00	5 000.00
confortement du seuil restant	m3	50	60	3 000.00
création de la berge côté canal	m3	65	40	2 600.00
protection de berge en rive droite	ml	15	100	1 500.00
restauration des appuis du seuil	m3	150	60	9 000.00
divers 15 %				22 000.00
			€ HT	165 400.00
			TVA (20%) :	33 080.00
			€ TTC	198 480.00

Nb : Des incertitudes existent sur le cout du confortement du seuil existant.

Scénario 2				
désignation des travaux	U	Quantités	€U	€
création du Rudivet en aval (dont apport de matériau)	ml	280	120	33 600.00
dérasement progressif du seuil	fft	1	25000	25 000.00
confortement du seuil restant	m3	50	60	3 000.00
création du bassin	m3	60	500	30 000.00
déversoir sur le Rudivet	m3	6	200	1 200.00
protection de berge en rive droite	ml	15	100	1 500.00
seuil de fond sur le Rudivet	m3	6	200	1 200.00
déversoir pour alimenter le bassin	Fft	1	1500	1 500.00
abreuvement du bétail	fft	1	6700	6 700.00
suiwi ripisylve	ml	1400	10	14 000.00
divers 15%				18 000.00
			€ HT	135 700.00
			TVA (20%) :	27 140.00
			€ TTC	162 840.00

Variante S 2				
désignation des travaux	U	Quantités	€U	€
dérasement progressif du seuil	fft	1	25000	25 000.00
confortement du seuil restant	m3	50	60	3 000.00
prise d'eau sur le Rudivet	fft	1	1500	1 500.00
création du bassin	m3	60	500	30 000.00
abreuvement du bétail	fft	1	6700	6 700.00
3 seuils de fond sur le Rudivet	u	3	1200	3 600.00
conduite	ml	100	170	17 000.00
suivi ripisylve	ml	1400	10	14 000.00
divers 15%				15 000.00
			€ HT	115 800.00
			TVA (20%) :	23 160.00
			€ TTC	138 960.00

Scénario 2bis				
désignation des travaux	U	Quantités	€U	€
création du Rudivet en aval (dont apport de matériau)	ml	105	120	12 600.00
dérasement progressif du seuil	fft	1	25000	25 000.00
confortement du seuil restant	m3	50	60	3 000.00
création du bassin	m3	60	500	30 000.00
déversoir sur le Rudivet	m3	6	200	1 200.00
protection de berge en rive droite	ml	15	100	1 500.00
seuil de fond sur le Rudivet	m3	6	200	1 200.00
déversoir pour alimenter le bassin	Fft	1	1500	1 500.00
abreuvement du bétail	fft	1	6700	6 700.00
remplacement de la buse par un ouvrage cadre	fft	1	10000	10 000.00
suivi ripisylve	ml	1400	10	14 000.00
divers 15%				16 000.00
			€ HT	122 700.00
			TVA (20%) :	24 540.00
			€ TTC	147 240.00

Scénario 3				
désignation des travaux	U	Quantités	€U	€
dérasement progressif du seuil	fft	1	25000	25 000.00
confortement du seuil restant	m3	50	60	3 000.00
protection de berge en rive droite	ml	15	100	1 500.00
3 seuils de fond sur le Rudivet	u	3	1200	3 600.00
moteur électrique	u	1	9000	9 000.00
abreuvement du bétail	fft	1	6700	6 700.00
création du bassin	m3	60	500	30 000.00
suivi ripisylve	ml	1400	10	14 000.00
divers 15%				14 000.00
			€ HT	106 800.00
			TVA (20%) :	21 360.00
			€ TTC	128 160.00

On précise que le moteur électrique peut aussi s'ajouter dans les autres scénarios pour animer les broyeurs.