Réf. 1602019
Version final
sept. 2018

Etude de conception d'un plan d'hydraulique douce sur le bassin versant du Clignon amont

PHASE 2 : SCENARIOS

SYNDICAT DU BASSIN VERSANT DE L'OURCQ AMONT ET DU CLIGNON
10 rue du Bon Puits
02000 CHIVY LES ETOUVELLES

Rapport suivi par Bruno LUDWIG
Tél. 03 23 29 64 70
Email : bruno.ludwig02@gmail.com

LIOSE S.A.S.
3 rue de la Fontaine
02000 Royaucourt et Chailvet
SIRET 809 866 668

SOMMAIRE

Partie I « Introduction» 3
1 Objectif 3
2 Démarche 4

Partie II « Types d'aménagements et mesures agronomiques » 5
3 Aménagements linéaires « freins hydrauliques » 5
3.1 Bande enherbée 5
3.2 Chenal enherbé 6
3.3 Haie hydraulique 7
3.4 Fascine 8
3.5 Association « haie – fascine – bande enherbée » 9
3.6 Alternative : gestion spécifique de la fourrière aval 9
3.7 Autres aménagements 10
Merlon 10
Banquette ou chevet en contrepente 10
3.8 Critères de positionnement 11
4 Aménagement des collecteurs 12
Collecteurs 12
Aménagement de chemins 13
Protection de tête de buse et piège à embâcle 13
5 Seuil dans ravine ou fossé 14
6 Ouvrage d'écrêtement 15
6.1 Mare tampon 15
6.2 Talus de plein champ 16
7 Mesures agronomiques 17
7.1 Couvert végétal permanent 17
7.2 Assolement raisonné 18
7.3 Modification du sens du travail du sol 18
7.4 Pratiques culturales conservatives 18
7.5 Modalités de mise en œuvre 19

Partie III « Propositions» 20
8 Scénario « SOGETI » 20
9 Scénario « LIOSE » 22
9.1 Aménagements linéaires d'hydraulique douce 22
9.2 Petits ouvrages de rétention 23
9.3 Grand ouvrage de rétention 24
10 Scénario « agriculteurs » 25
10.1 Rencontres 25
10.2 Bilan synthétique des entretiens 26
Contraintes 26
Commentaires 27
10.3 Scénario « agriculteurs » 27
Aménagements linéaires d'hydraulique douce 27
Ouvrages de rétention 28
Bilan 29

Partie IV « Scénario final » 30
11 Concertations et analyse des contraintes règlementaires 30

11.1 Réunions de concertations collectives 30
Suppression d'une haie sur merlon 30
Remplacement d'une haie sur merlon par une haie 30
Création d'une mare supplémentaire 31
11.2 Rencontres individuelles 31
11.3 Contraintes règlementaires 32
12 Dimensionnement des ouvrages structurants 33
12.1 Dimensionnement 3D 33
12.2 Dimensionnement hydraulique 34
HEC-HMS 34
Pluies de projet 34
Unités hydrauliques 35
Modélisation de la situation actuelle 35
Choix des scénarios d'ouvrages d'écrêtement 36
Modélisation des scénarios d'ouvrages d'écrêtement 38
Analyse critique 39
Modélisation impact des aménagements d'hydraulique douce 40
13 Estimation financière 42
14 Volet règlementaire 43
15 RECOMMANDATIONS ET ALEAS 43
15.1 CONTROLES EN PHASE CONCEPTION 43
15.2 ALEAS 43
15.3 MESURES DE SAUVEGARDE ET DE PREVENTION 44
16 BILAN 45
Partie V « Annexes» 47
ANNEXE 1 : CARTES 48
ANNEXE 2 : BIBLIOGRAPHIE 49
ANNEXE 3 : IMPACT AMENAGEMENTS D'HYDRAULIQUE DOUCE SUR RUISSELLEMENT ET EROSION : PARCELLE TEMOIN, MODELISATION LISEM 50
ANNEXE 4 : CARACTERISATION ET DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES D'ECRETEMENT 51
ANNEXE 5 : MODELISATION HYDROLOGIQUE SOUS HEC HMS 52
ANNEXE 6 : IMPACT DU SCHEMA D'AMENAGEMENTS D'HYDRAULIQUE DOUCE FINAL SUR RUISSELLEMENT ET EROSION : MODELISATION LISEM 53
ANNEXE 7 : PLANS A1 : 5 OUVRAGES D'ECRETEMENT DU SCHEMA FINAL 54
ANNEXE 8 : FICHES « EXPLOITANT AGRICOLE » 55

PARTIE I « INTRODUCTION»

1 OBJECTIF

L'objectif visé est la conception d'un plan d'aménagement d'hydraulique douce sur le périmètre du bassin versant du Clignon amont. L'élaboration de ce plan repose sur l'analyse comparative de trois scénarios suivants :

1. **« scénario SOGETI »**, correspondant à la version n°3 proposée par le bureau d'études SOGETI (2006), reposant sur une série de 14 mares tampons associées à des aménagements d'hydraulique douce linéaires du type haies, fascines, bandes enherbées, merlons, fossés,
2. **scénario « LIOSE »** élaboré sur l'expertise de terrain détaillée effectué en octobre 2016, tenant compte des aménagements proposés par SOGETI déjà mis en place,
3. **scénario « agriculteurs »** élaboré suite aux rencontres (décembre 2016) avec les exploitants agricoles.

Pour mémoire

Le présent plan d'aménagement d'hydraulique douce envisagé porte sur :

- *la maîtrise des eaux de ruissellement hors zones urbaines, contribuant à un ralentissement dynamique des écoulements par l'implantation d'aménagement reposant sur le génie végétal, du type : haies, fascines, noues, bandes et chenaux enherbés, et la création de mares tampons, contribuant à l'écrêtement des crues,*
- *la mise en place de mesures agronomiques visant à la réduction à la source du ruissellement et de l'érosion des sols.*

Ces aménagements d'hydraulique douce et de mesures agronomiques s'inscrivent dans un schéma d'aménagement global du bassin versant du Clignon, ne faisant pas l'objet de la présente mission, incluant également :

- *la gestion des eaux pluviales amont, notamment la ZID de l'Omois, l'échangeur de l'autoroute A4, la route départementale D1 et le hameau de Bézuet (commune de Bézu-Saint-Germain),*
- *l'écrêtement de crue sur le Clignon en amont d'Epaux-Bézu par sur-inondation de la vallée du Clignon en amont d'Epaux-Bézu, et la création de deux grands ouvrages sur des sous bassins versant amont. La capacité totale de stockage est de 66 500 m^3,*
- *l'effacement d'ouvrages hydrauliques (seuils), la renaturation et reprofilage du Clignon.*

2 DEMARCHE

L'élaboration du plan d'aménagements d'hydraulique douce repose sur une expertise fine de terrain et les échanges avec les acteurs locaux, tout particulièrement les exploitants agricoles. Le scénario final résulte de l'analyse critique des trois scénarios (SOGETI, LIOSE et agriculteurs), en tenant compte à la fois :

1. des contraintes agronomiques identifiées lors des enquêtes auprès des agriculteurs,
2. de l'efficacité attendue sur la réduction du ruissellement et de l'érosion des sols,
3. des contraintes techniques de mise en œuvre et d'entretien,
4. du coût des travaux et de leur entretien.

Le scénario final fera l'objet d'un contrôle sur site de son efficacité attendu, notamment sur sa localisation au regard du cheminement des écoulements, et du dimensionnement des aménagements retenus.

Préalablement à la présentation et description des différents scénarios d'aménagement d'hydraulique douce du bassin versant du Clignon amont, le présent rapport débute par une description des différents aménagements proposés et des critères de positionnement. Puis, les trois scénarios sont présentés et commentés, afin d'élaborer le scénario final.

Il faut noter que la configuration du bassin versant du Clignon amont en une série de petits vallons indépendant permet d'élaborer un plan d'aménagement spécifique à chaque vallon, tant sur les solutions retenues, que sur le phasage.

PARTIE II « TYPES D'AMENAGEMENTS ET MESURES AGRONOMIQUES »

3 AMENAGEMENTS LINEAIRES « FREINS HYDRAULIQUES »

3.1 BANDE ENHERBEE

La bande enherbée est une solution très simple de mise en œuvre et d'entretien. La bande enherbée doit être positionnée en aval d'une zone à ruissellement diffus, généralement la fourrière aval de la parcelle agricole.

Très rapidement efficace, la forte densité des graminées a un effet de « frein hydraulique » sur le ruissellement, favorisant la sédimentation des fines et l'infiltration des eaux de ruissellement. Une bande enherbée de 15 m de large peut réduire de l'ordre de 30 % le débit de pointe (Cf. annexe 3, modélisation ruissellement et érosion des sols sur parcelle témoin), sous réserve que le ruissellement reste diffus.

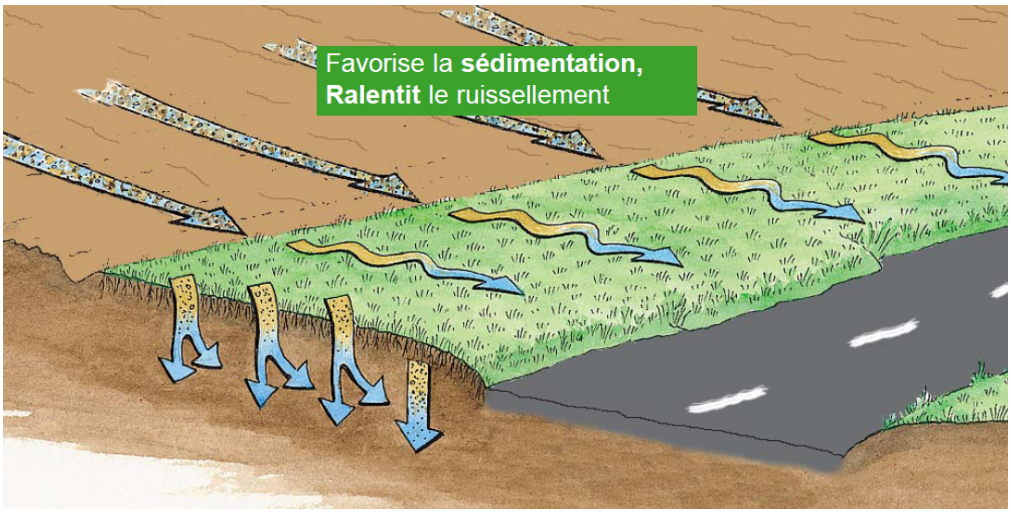


Figure 1 : schéma « effet frein hydraulique » d'une bande enherbée (source www.soltner.fr)

Photo 1 : bande enherbée implantée en fourrière aval (encart : situation initiale)

3.2 CHENAL ENHERBE

Le chenal enherbé se distingue de la bande enherbée par sa localisation sur l'axe des écoulements concentrés. Son tracé est souvent en plein champ perpendiculairement au sens du travail du sol. Le chenal enherbé assure :

- la protection du sol contre l'érosion par ruissellement concentré,
- le ralentissement et l'étalement les écoulements.

Afin de permettre une concentration du ruissellement diffus produit par la parcelle de part et d'autre du chenal enherbée, aucune fourrière ni dérayure ne doivent être présentes en limite culture et chenal.

Photo 2 : chenal enherbé implanté dans l'axe du ruissellement concentré (encart : situation initiale)

Photo 3 : chenal enherbé en fond de vallon (source AREAS)

Photo 4 : dysfonctionnement par ruissellement hors chenal lié à la présence d'une fourrière parallèle au chenal enherbé

3.3 HAIE HYDRAULIQUE

La haie est un aménagement d'hydraulique douce nécessitant une emprise moindre que la bande enherbée, d'une largeur entre 1,5 à 2,5 m. En revanche, elle n'acquière une réelle efficacité comme frein hydraulique au bout de 4 à 5 ans (réduction de l'ordre de 15% sur le débit de pointe), sous réserve d'une très forte densité de tiges au ras du sol (idéalement 40 tiges / m²) (Cf. annexe 3, modélisation ruissellement et érosion des sols sur parcelle témoin).

L'implantation d'une haie nécessite au minimum 6 plans par m², un paillage du sol au droit de la haie, et une taille de forme et désherbage les 3 premières années. Puis, un seul entretien par rabattage des tiges est suffisant. L'efficacité de la haie est renforcée en l'implantant sur un merlon, ou à minimum sur une bute.

Photo 5 : exemple d'une haie dense

Photo 6 : exemple de haie sur merlon

Haie pas assez dense *Haie sous dimensionnée*

Photo 7 : exemples d'erreur de conception d'une haie hydraulique

3.4 FASCINE

La fascine est l'aménagement d'hydraulique douce linéaire présentant la plus grande efficacité comme frein hydraulique et est immédiatement opérationnelle. Elle présente également l'avantage de nécessité une largeur restreinte, de l'ordre de 1 m.

En revanche, elle nécessite un regarnissage régulier des fagots pour pérenniser son efficacité dans le temps. Ce regarnissage doit être réalisé tous les 3 à 5 ans.

Photo 8 : fascine en plein champ (encart : dépôt sédiment au droit d'une fascine)

La fascine est généralement positionnée en aval d'une zone à forte production de ruissellement diffus (parcelle à forte pente), ou en travers d'un ruissellement en coin de parcelle ou sur axe de concentration. Il faut néanmoins veiller à ne pas implanter une fascine trop en aval, sous risque d'une rupture de la fascine par pression hydraulique.

Fascine non entretenue *Erreur de positionnement de la fascine*

Photo 9 : exemples d'erreur de conception et d'entretien

Photo 10 : rupture de fascine par pression hydraulique d'un ruissellement concentré à fort débit

3.5 ASSOCIATION « HAIE – FASCINE – BANDE ENHERBEE »

Le dispositif optimal est obtenu en associé les trois aménagements d'hydraulique douce que sont la haie, la fascine et la bande enherbée. Cette association nécessite une emprise de 3 à 7 m. de large. Elle conjugue les avantages des trois types d'aménagements :

- la bande enherbée amont permet de ralentir et étaler le ruissellement en amont de la haie, rendant cette dernière plus efficace,
- la fascine garantit une efficacité de frein hydraulique immédiate au dispositif,
- la haie permet de remplacer progressivement la dégradation de la fascine, avec un maintien du frein hydraulique et l'étalement du ruissellement,
- et la bande enherbée aval, recevant une lame d'eau de faible épaisseur et de vitesse réduite, permet de poursuivre l'infiltration du ruissellement.

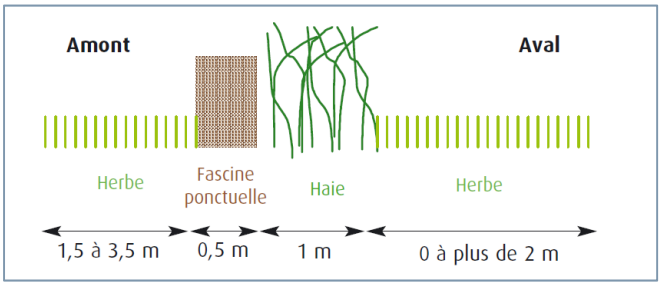


Figure 2 :

Photo 11 : haie sur merlon avec petite bande enherbée en amont

3.6 ALTERNATIVE : GESTION SPECIFIQUE DE LA FOURRIERE AVAL

Une alternative à la mise en place d'un aménagement d'hydraulique douce linéaire en bas de parcelle est la gestion raisonnée de la fourrière aval.

Il s'agit ici d'implanter une culture de printemps précoce à forte densité végétale (orge de printemps par exemple) dans la fourrière aval l'année où la parcelle est en culture de printemps. La culture de la fourrière aval joue un rôle de filtre, de ralentissement et étalement du ruissellement.

Photo 12 : orge de printemps dans fourrière aval d'une parcelle en pomme de terre

3.7 AUTRES AMENAGEMENTS

Merlon

Le merlon permet de renforcer l'effet de frein hydraulique par la création d'un petit bourrelet de terre, d'une hauteur maximale de 50 cm. Le merlon peut être planté ou non d'une haie. Cette dernière permet de consolider l'aménagement.

Le merlon permet soit de bloquer une lame d'eau en amont de l'aménagement, de contourner un secteur à enjeux (habitations par exemple), ou de guider et concentrer les écoulements vers un exutoire choisi (exemple de la photo n°13 ci-dessous).

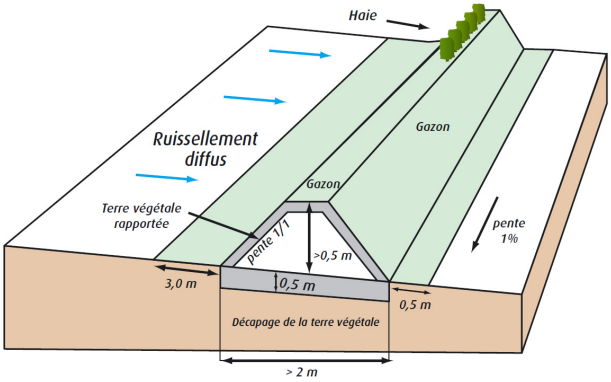


Figure 3 : coupe type d'un merlon (source AREAS)

Photo 13 : exemple d'un petit merlon planté d'une haie avec débit de fuite aménagé (gabion)

Banquette ou chevet en contrepente

Il s'agit d'une bande de terre reprofilée en sens contraire de la pente générale du versant. Il est préférable qu'il soit enherbé, empêchant le ruissellement de prendre de la vitesse. La banquette permet d'intercepter les eaux de ruissellement en bas de parcelle, de les stocker ou de les acheminer latéralement vers un réseau d'écoulement.

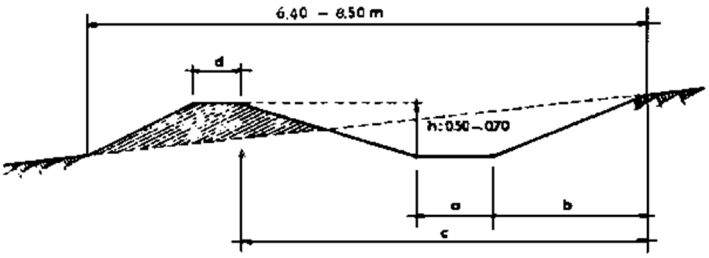
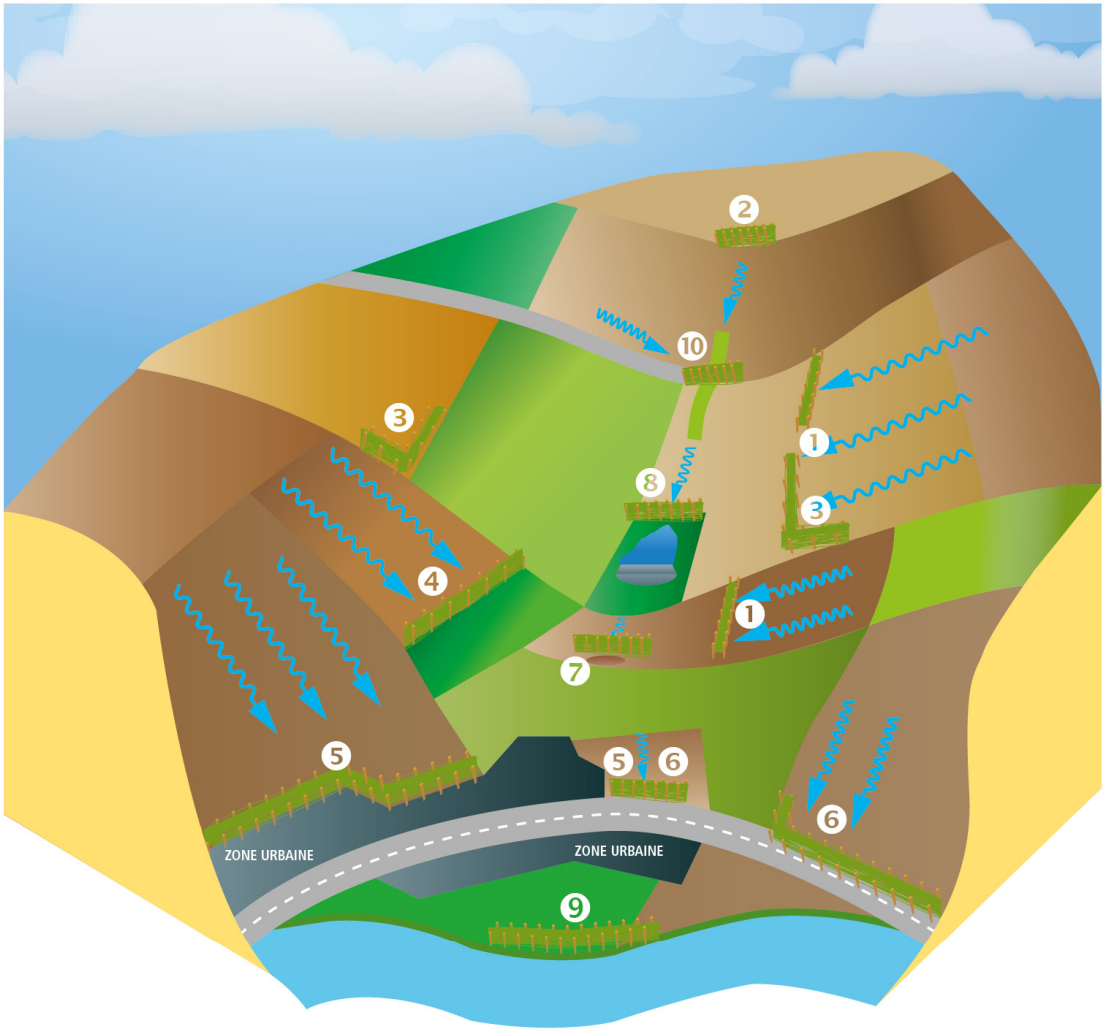


Figure 4 : coupe type d'une banquette

3.8 CRITERES DE POSITIONNEMENT

Le positionnement des aménagements linéaires du type « frein hydraulique » repose sur la cartographie de l'arbre des écoulements (Cf. planche A0 « arbre des écoulements », annexe 3 du rapport de phase 1 « état des lieux ») et les enjeux présents sur le territoire.

Les règles de positionnement retenues sont illustrées par le schéma ci-dessous.



❶ Au pied des versants de pente > 5 % qui souffrent d'érosion en rigole
❷ Perpendiculaire à un axe de ruissellement
❸ En coin de parcelle
❹ A l'interface entre parcelle cultivée et prairie
❺ En protection rapprochée d'une zone urbaine
❻ En protection rapprochée d'une route
❼ En protection rapprochée d'une bétoire (puits karstique)
❽ En protection rapprochée d'un ouvrage de réduction des inondations
❾ En renforcement d'une bande enherbée le long de la rivière
❿ En association avec une bande enherbée de talweg

Figure 5 : localisations pertinentes des haies, des fascines, des bandes enherbées, des chenaux enherbés et autres aménagements linéaires (source AREAS)

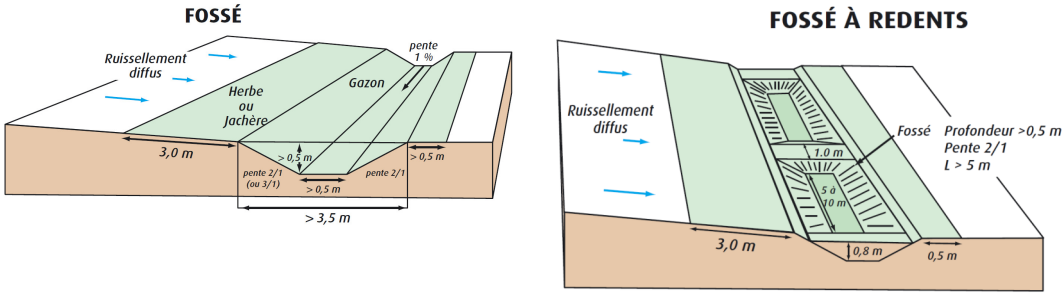
4 AMENAGEMENT DES COLLECTEURS

Collecteurs

Les propositions de collecteurs des écoulements ont pour objectif de maîtriser le cheminement des écoulements, afin de protéger les biens et/ou d'orienter les écoulements vers un ouvrage spécifique ou un exutoire précis.

Ces collecteurs sont de 3 grands types :

- le **fossé enherbé**, préférable à un réseau busé, tant du point de vue financier que de l'entretien. L'implantation de redents dans le fossé permet de stocker et ralentir les écoulements au sein du fossé.



Fossé classique *Fossé à redents*

Figure 6 : coupes types de fossés (source AREAS)

- la **noue enherbée**, correspondant à une variante de fossé mais au profil en travers concave. La noue est d'un entretien courant (tonte) et curage plus aisé qu'un fossé. Et d'autre part, les écoulements y sont plus lents.

Figure 7 : exemple de noue enherbée

- le **passage à gué** ou dos d'âne, aménagement de voirie permettant d'utiliser l'emprise de la route pour rejeter les écoulements hors chaussée et permettre leur franchissement sans recours au busage.

Photo 14 : exemple de passage à gué pour trop-plein d'une mare (à gauche)

Aménagement de chemins

Les chemins ruraux ou forestiers ont tendance à concentrer et guider les écoulements vers l'aval. La gestion de ces écoulements peut se faire par :

- des **rigoles métalliques** implantées en travers du chemin, avec rejet en aval. Il existe de nombreuses variantes (en bois notamment). Cependant, le modèle de rigoles métalliques ci-contre permet le franchissement par des engins agricoles et forestiers (sous réserve d'une assise bétonnée), ainsi que des autres usagers du chemin.

Photo 15 : rigole métallique (Metalpeco)

- un caniveau hydraulique à grille positionné au débouché du chemin, de classe de résistance D400 pour permettre le passage d'engins lourds (grumières notamment). Cette grille peut être équipée d'un dispositif de franchissement pour les cyclistes (photo ci-contre).

Photo 16 : dispositif de franchissement pour cyclistes

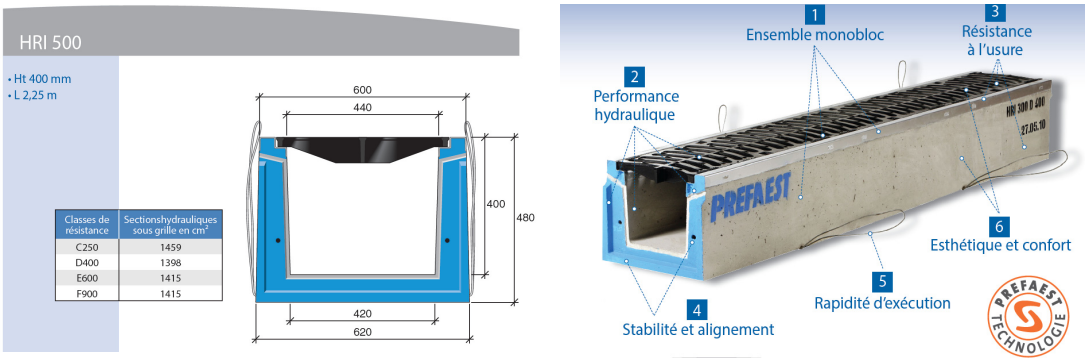


Figure 8 : exemple de caniveau hydraulique à grille (modèle STRADAL)

Protection de tête de buse et piège à embâcle

Certaines buses doivent être protégées contre le risque de colmatage par formation d'embâcles avec :

- un aménagement de la tête de buse par une grille destinée à bloquer les flottants plus légers (feuilles, branchages, …)
- associée en amont par une série de pieux en travers du fossé, destinés à bloquer les branches.

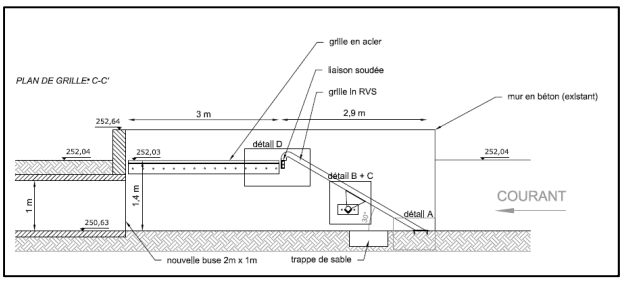


Figure 9 : coupe type d'une grille de protection en tête de buse

Photo 17 : pieux anti-embâcle

5 SEUIL DANS RAVINE OU FOSSE

Les aménagements des ravines et fossés sont destinés à ralentir les écoulements par la création d'une série des seuils en travers l'axe d'écoulement. Ces seuils peuvent être réalisés par des gabions, des redents en bois ou enrochements, voire en fascines. Le choix du type de seuil est guidé par l'intensité attendu des débits de pointes, plus ces derniers sont élevés, plus le seuil devra être résistant.

Il faut noter que ces aménagements concernent uniquement des entités hydrographiques non classé à ce jour.

Seuils en gabion

Seuils en bois

Photo 18 : exemples de seuils dans ravine

Photo 19 : seuils par enrochement

Photo 20 : fascine dans petite ravine

6 OUVRAGE D'ECRETEMENT

6.1 MARE TAMPON

La mare tampon est un ouvrage d'écrêtement de crue par stockage temporaire des eaux de ruissellement. Ce stockage est réalisé par un volume tampon utile, dont la vidange doit se faire rapidement pour redonner à l'ouvrage sa capacité nominale. Cette vidange est ainsi de préférence assurée par une buse de débit de fuite (fortement plus rapide que par infiltration). Il est recommandé de concevoir la mare tampon sous forme de mare écologique avec maintien d'un volume d'eau permanent au cœur de l'ouvrage.

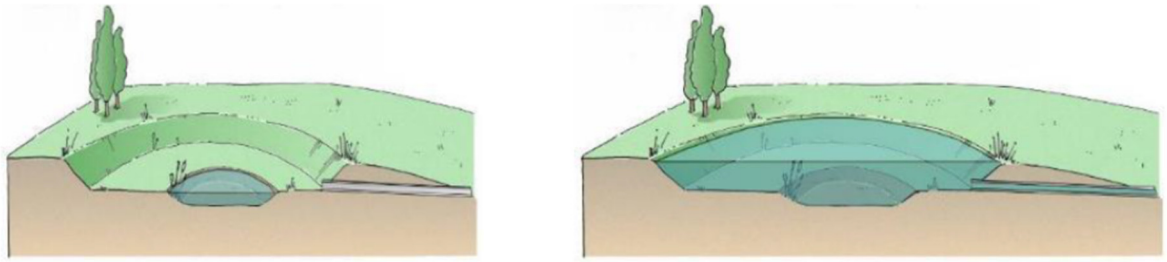


Figure 10 : schéma de fonctionnement d'une mare tampon, à gauche : situation « à sec », à droite : situation en fonctionnement

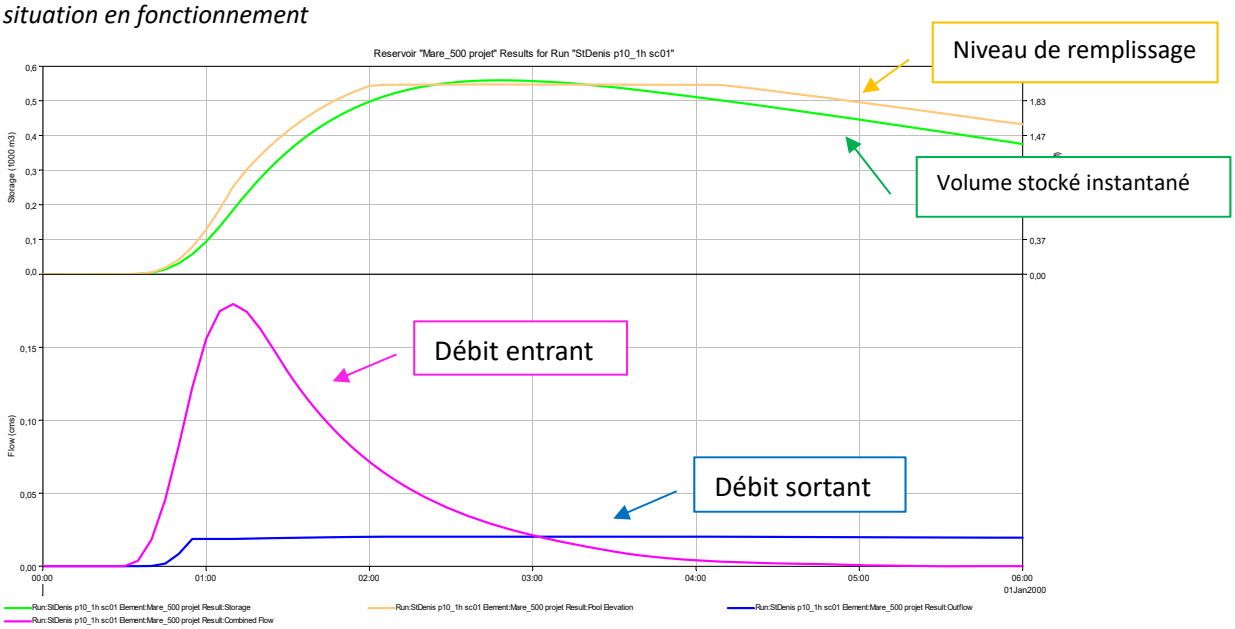


Figure 11 : exemple de fonctionnement hydraulique d'une mare tampon

Photo 21 : exemple de mare tampon de grande capacité

6.2 TALUS DE PLEIN CHAMP

Le talus de plein champ se distingue de la mare par une capacité de stockage obtenue par un talus (hauteur maximale de préférence inférieure à 2 m[a]), implanté en travers d'un fond de vallon, sur le chemin des écoulements de surface. Ce talus est muni d'un ouvrage de débit de fuite. Ce dernier assure une vidange contrôlée des eaux stockées en amont de l'ouvrage, faisant ainsi passer un écoulement rapide de débit de pointe élevé à un écoulement lent de faible débit.

La durée limitée d'inondation du terrain en amont du barrage réduit le risque de nuire à la culture, permettant ainsi de maintenir une production agricole sur ce terrain. L'implantation en zone enherbée, sous forme de prairie inondable, reste préférable.

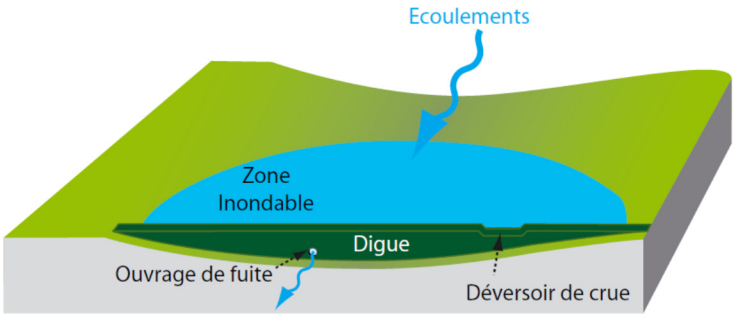


Figure 12 : schéma type d'un talus de plein champ

Photo 22 : ouvrage en cours de fonctionnement

Photo 23 : exemple d'ouvrage en plein champ

[a] ouvrage hydraulique non concerner par le décret n°2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques.

7 MESURES AGRONOMIQUES

Les mesures agronomiques portent sur 4 grandes catégories :

1. un couvert végétal permanent,
2. un assolement raisonné,
3. le sens du travail du sol,
4. les pratiques culturales conservatrices.

7.1 COUVERT VEGETAL PERMANENT

Il s'agit ici de remplacer la mise en culture de la parcelle par :

- un **enherbement** (prairie),
- un **verger**,
- un boisement, par exemple sous la forme de **taillis à courte ou très courte rotation**.

Ce couvert végétal réduit très significativement le ruissellement et protége le sol contre l'érosion. En effet, ces trois types de couvert permanent présentent un enherbement. Or, l'herbe est le couvert végétal le plus favorable, formant un frein hydraulique de par sa densité, présentant une forte macroporosité favorisant l'infiltration, et disposant d'une forte armature racinaire protégeant le sol contre l'érosion.

Les taillis à courte (TCR) ou très courte rotation (TTCR) sont des cultures intensives d'arbres rejetant de souches. Broyés tous les 2 à 3 ans pour les TTCR, la production est uniquement valorisable en biocombustible.

Photo 24 : verger de la ferme Saint Robert

Photo 25 : taillis à très courte rotation (saule)

7.2 ASSOLEMENT RAISONNE

Cette mesure vise à mettre en place une alternance d'amont vers l'aval de cultures de printemps et de cultures d'hiver. Ainsi, le ruissellement issu de parcelles amont peut, en partie, être infiltré dans les parcelles aval ayant gardées une forte infiltrabilité.

L'assolement raisonné porte également à limiter les cultures à aléa ruissellement élevé immédiatement en amont de zones à enjeux, des secteurs urbanisés notamment. Les cultures à éviter sont notamment les betteraves sucrières, les pommes de terre ou les maïs.

La gestion spécifique de la fourrière aval d'une parcelle en culture à fort aléa ruissellement, présentée ci-avant comme alternative aux aménagements d'hydraulique douce linéaires, relève également de l'assolement raisonné, mais à l'échelle intra parcellaire.

La mise en œuvre d'une gestion de l'assolement passe par une concertation entre les exploitants agricoles d'un même vallon, et par la réduction des plus grands îlots parcellaires conduits en monoculture.

7.3 MODIFICATION DU SENS DU TRAVAIL DU SOL

Cette technique reste très limitée. En effet, la géométrie, généralement rectangulaire des parcelles, impose un sens au travail du sol. Souvent, seule une rotation à 90° peut être envisagée. Or, le relief marqué du bassin versant du Clignon amont présente une variation de la direction de la plus grande pente à l'échelle intra parcellaire.

Cette technique est uniquement recommandée pour guider le ruissellement diffus vers une limite de parcelle plus aisée à aménager qu'en situation actuelle.

7.4 PRATIQUES CULTURALES CONSERVATIVES

De nombreuses pratiques culturales conservatives permettant de limiter le ruissellement et de lutter contre l'érosion des sols peuvent être adoptées, et ont fait l'objet d'expérimentation. Les bilans d'expérimentation et des fiches élaborées par l'AREAS pour les principales cultures sont reportés en annexe 2.

On peut citer :

- les semis sous couvert de ray-grass ou mulch,
- le non labour et le travail du sol simplifié,
- les lits de semis grossiers du maïs ou céréales,
- l'écroûtage ou binage des betteraves,
- la technique du micro barrages en interbutte de pomme de terre.

Photo 26 : semis direct sous couvert

Photo 27 : micro barrages sur pomme de terre

Photo 28 : parcelle conduite en non labour, avec forte densité de macro pores et résidus de paille

7.5 MODALITES DE MISE EN ŒUVRE

La mise en œuvre des mesures agronomiques présentées ci-avant relève du volontariat des exploitants agricoles. En effet, les solutions pouvant être adoptées sont fonction du système d'exploitation agricole en place.

Certaines mesures imposent souvent une modification importante, voire radicale des systèmes de culture. Cette modification ne peut se faire que par une réflexion globale sur le système d'exploitation, notamment à l'occasion d'une reconversion d'activité.

Les mesures agronomiques retenues en concertation avec les exploitants agricoles concernés sont présentés dans le scénario « agriculteurs » ci-après.

PARTIE III « PROPOSITIONS»

8 SCENARIO « SOGETI »

Le scénario « SOGETI » retenu résulte de l'expertise réalisée par le bureau d'étude SOGETI (2005 / 2006), et de l'analyse comparative de l'impact attendu de 3 scénarios, plus une variante. Ce scénario retenu, nommé scénario 3 dans le rapport de SOGETI, tient compte des remarques formulées lors d'une présentation réalisée sur le terrain les 12 et 13 mai 2005.

Le coût des travaux a été estimé par SOGETI à un montant total des travaux de 1 228 900 € HT, sur la base des tarifs de 2006 (Cf. tableau n°1, page suivante, avec détail des propositions et du coût des travaux, et annexe 1 carte « propositions d'aménagement SOGETI »), dont :

- reboisement : 10 800 € HT,
- aménagements d'hydraulique douce : 150 500 € HT,
- mares tampons : 269 600 € HT,
- digues de rétention : 882 000 € HT,

A ce montant total du poste « travaux » du schéma proposé par SOGETI en 2006, il faut ajouter :

- acquisition de terrain : 60 000 € HT,
- maîtrise d'œuvre : 111 600 € HT (soit 8,5% du coût total des travaux),
- études complémentaires : 80 000 € HT,

soit un coût total de l'opération de 1 480 500 € HT.

Il faut noter que :

1. le coût unitaire des aménagements est particulièrement bas, correspondant à la valeur minimale. A titre d'exemple, les haies sont estimées à 8 € HT / ml dans l'étude de SOGETI, et proposées à 20 € HT / ml par LIOSE. Cet écart est encore plus important pour les fascines ou les mares tampons,
2. une réévaluation des tarifs de 15% s'impose, donnant un total de 1 702 600 € HT au tarif 2016,
3. une série d'aménagements d'hydraulique douce ont été mise en œuvre, suite aux propositions de SOGETI. Il s'agit notamment de bandes enherbées, le long des rus, de chemins ruraux et la route D 87, voire à mi-pente.

Rappel

Le présent plan d'aménagements d'hydraulique douce se limite à la maîtrise des eaux de ruissellement hors zones urbaines, incluant les mares tampons.

Le plan d'aménagement s'élève alors à 420 100 € HT pour les travaux, soit un total de l'ordre de 500 000 € HT en incluant la maîtrise d'œuvre et les études complémentaires (hors acquisition des terrains).

Le montant total est de 575 000 € HT au tarif 2016, tenant compte d'une réévaluation des prix de 15%.

Photo 29 : bande enherbée à mi-pente, en amont de la ferme Bézu-les Fèves

Photo 30 : bande enherbée le long du ru (aval Souillard)

Aménagements	Métré	Coût travaux (€ HT)	Prix unitaire
Pratiques culturales			
Prairie à maintenir	9,5 ha	*non estimé*	
Prairie à créer	8,0 ha	*non estimé*	
Boisement	2,7 ha	***10 800***	4000 €/ha
Aménagements linéaires			
Busages	265 ml	15 760	150 à 300 €/ml
Fossés	2 560 ml	21 900	10 €/ml
Haies / talus / fossé	930 ml	79 080	8 €/ml
Haies	16 886 ml		
Talus de protection	220 ml		
Bandes enherbées	9 915 ml	3 377	0,34 €/ml
Fascines	570 ml	7 200	10 €/ml
Banquettes	350 ml	4 500	13 €/ml
Merlons	190 ml	4 400	23 €/ml
Gabions	45 m^3	14 250	150 €/m^3
	Sous total	***150 467***	
Mares tampons			
Création mare n°1	1 150 m^3	9 200	8 €/m^3
Création mare n°2	4 200 m^3	33 600	
Création mare n°3	1 700 m^3	13 600	
Création mare n°4	1 100 m^3	8 800	
Création mare n°5	1 450m^3	11 600	
Agrandissement mare n°6	1 650 m^3	13 200	
Création mare n°7	2 700 m^3	21 600	
Création mare n°8	400 m^3	3 200	
Création mare n°9	4 500 m^3	36 000	
Création mare n°11	1 550 m^3	12 400	
Création mare n°12	3 700 m^3	29 600	
Création mare n°13	3 000 m^3	24 000	
Création mare n°15	2 300 m^3	18 400	
Création mare n°16	3 500 m^3	28 000	
Création mare n°17	800 m^3	6 400	
	Sous total	***269 600***	8 €/m^3
Digues de retention (petite dimension)			
Digue de retention n°10	25 000 m^3	300 000	12 €/m^3
Digue de retention n°14	11 500 m^3	138 000	12 €/m^3
	Sous total	***438 000***	12 €/m^3
Grande digue de retention sur le Clignon			
Digue de retention n°18	30 000 m^3	***360 000***	12 €/m^3
	TOTAL	**1 228 867**	

Tableau 1 : synthèse des propositions d'aménagement « scénario SOGETI » (prix en € HT, base 2006)

9 SCENARIO « LIOSE »

9.1 AMENAGEMENTS LINEAIRES D'HYDRAULIQUE DOUCE

Le scénario « LIOSE » est élaboré par expertise détaillée de terrain (octobre 2016), en tenant compte des aménagements existants, du parcellaire et du sens du travail du sol constaté.

Les solutions retenues favorisent les aménagements d'hydraulique douce, font exception des travaux sur chemins ruraux (rigole métallique, protection tête de buse et reprofilage de chemins ruraux). La localisation des aménagements tient compte :

- du sens des ruissellements diffus (orientés par le sens du travail du sol et la pente locale),
- des axes de ruissellement concentré et de l'intensité attendue des débits,
- du profil en travers (degré d'encaissement du vallon),
- de la présence des éventuelles entrées de champ,
- de l'accessibilité du site,
- de la difficulté de mise en œuvre et d'entretien.

Les aménagements d'hydraulique douce proposés représentent un coût total d'investissement de 411 350 € HT, plus 5% de maîtrise d'œuvre travaux (20 650 € HT), soit un total de 432 000 € HT.

Le détail estimatif est présenté par le tableau ci-dessous (Cf. carte « propositions d'aménagement LIOSE, annexe 1).

L'écart de prix entre les propositions de SOGETI s'explique principalement par le coût unitaire retenu pour chaque aménagement. Les tarifs proposés par LIOSE sont usuellement constatés pour des travaux similaires.

Aménagements	Métré	Coût travaux (€ HT)	Prix unitaire
Pratiques culturales			
Prairie à créer	1,4 ha	*non estimé*	
Aménagements linéaires			
Chenal enherbé	105 ml	525	5 €/ml
Bande enherbée	2 915 ml	7 288	2.5 €/ml
Haie existante à renforcer	640 ml	6 400	10 €/ml
Haie simple	1 330 ml	26 600	20 €/ml
Haie sur merlon	1 985 ml	89 325	45 €/ml
Haie dans fossé	685 ml	27 400	40 €/ml
Fascine	1 690 ml	126 750	75 €/ml
Noue enherbée	75 ml	2 250	30 €/ml
Fossé à redents	130 ml	9 750	75 €/ml
Redent dans fossé existant	nbr 30	4 500	150 €/u
Seuil	nbr 62	93 000	1500 €/u
Rehausse terrain	830 m²	1 660	2 €/m²
Rehausse chemin	40 ml	7 000	175 €/ml
Passage à gué	nbr 1	2 500	2500 €/u
Curage fossé existant	140 ml	1 400	10 €/ml
Protection tête de buse	nbr 1	1 500	1500 €/u
Rigole métallique (chemin)	nbr 7	3 500	500 €/u
	Sous total	***411 348***	

Tableau 2 : synthèse des propositions d'aménagement d'hydraulique douce « scénario LIOSE » (prix en € HT, base 2016)

9.2 PETITS OUVRAGES DE RETENTION

Les sites proposés par SOGETI (en 2006) pour l'implantation des mares tampons ont été dans la mesure du possible retenus. Les modifications proposées tiennent compte :

- de l'emprise réelle disponible,
- de la topographie locale,
- des contraintes d'accessibilité au site, de mise en œuvre et d'entretien.

Pour des raisons d'économie de terrassement et, donc d'investissement, deux types d'ouvrage sont proposés (pouvant également être une combinaison des deux types) :

- la mare tampon réalisée par surcreusement,
- et le talus de plein champ par implantation d'un talus (hauteur maximale de 1m50) en travers d'un fond de vallon.

Les mares tampons proposées, au nombre de 14, totalisent une capacité de stockage[b] de 14 600 m^3, soit environ 50% de la capacité cumulée des mares tampons proposées par SOGETI. Pour compléter la capacité manquante, 5 talus de plein champ sont proposées, cumulant une capacité de stockage de 15 400 m^3.

Les ouvrages de rétention représentent un coût total de 791 700 € HT, dont :

- travaux de 675 750 € HT, dont :
  - les mares tampons : 308 150 € HT,
  - les talus de plein champ : 367 600 € HT,
- maîtrise d'œuvre (8,5% du montant des travaux) : 57 450 € HT,
- études complémentaires (levés topographiques à 1500 € HT/ouvrages, et études géotechniques à 6000 € HT/talus de plein champ) : 58 500 € HT.

Aménagements	Métré	Coût travaux (€ HT)	Prix unitaire
Mares tampons			
n°101	410 m^3	14 800	36 €/m^3
n°102	1 810 m^3	30 500	17 €/m^3
n°103	1 250 m^3	25 500	20 €/m^3
n°104	130 m^3	8 500	65 €/m^3
n°105	985 m^3	22 700	23 €/m^3
n°106	1 725 m^3	29 800	17 €/m^3
n°107	730 m^3	19 600	27 €/m^3
n°108	1 430 m^3	27 200	19 €/m^3
n°109	410 m^3	14 800	36 €/m^3
n°110	950 m^3	22 300	23 €/m^3
n°111	2 380 m^3	34 850	15 €/m^3
n°112	1 575 m^3	28 500	18 €/m^3
n°113	310 m^3	12 950	42 €/m^3
n°114	490 m^3	16 150	33 €/m^3
	Sous total	***308 150***	28 €/m^3
Talus de plein champ			
n°201	2 425 m^3	70 300	29 €/m^3
n°202	7 445 m^3	121 400	16 €/m^3
n°203	3 555 m^3	84 700	24 €/m^3
n°204	840 m^3	42 000	50 €/m^3
n°205	1 165 m^3	49 200	42 €/m^3
	Sous total	***367 600***	32 €/m^3

Tableau 3 : synthèse des propositions de mares tampons et talus de plein champ « scénario LIOSE » (prix en € HT, base 2016)

[b] l'estimation de la capacité de stockage des ouvrages hydrauliques est calculée en appliquant une lame d'eau de 1 m de profondeur à la surface du plan d'eau.

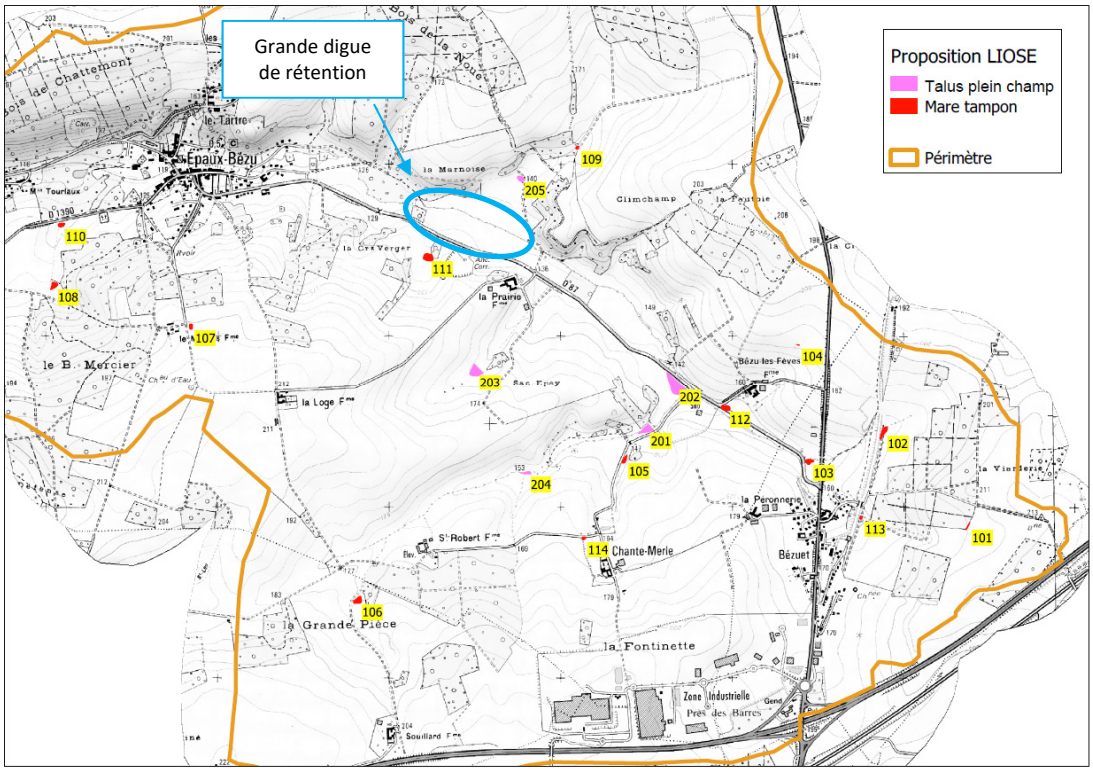


Figure 13 : mares tampons et talus de plein champ, proposition LIOSE, et positionnement de la grande digue de rétention sur le Clignon proposé par Hydratec

9.3 GRAND OUVRAGE DE RETENTION

Le scénario 3 de SOGETI s'appuie sur une capacité totale de stockage des ouvrages d'écrêtement de crue de 100 200 m^3. Pour atteindre cette valeur cumulée, la grande digue de rétention sur le Clignon à environ 800 m en amont du centre bourg d'Epaux doit disposer d'une capacité de 70 200 m^3.

Cet ouvrage est estimé à 842 400 € HT, plus 71 600 € HT de maîtrise d'œuvre et 30 000 € HT d'études complémentaires (levés topographiques, étude géotechnique et inventaire faune/flore).

Pour mémoire, cet ouvrage n'est pas inclus dans le présent plan d'aménagement d'hydraulique douce.

Photo 31 : lit majeur du Clignon sur-inondé en cas de crue par la grande digue de rétention

10 SCENARIO « AGRICULTEURS »

10.1 RENCONTRES

Pour une surface totale de bassin versant du Clignon amont de 2 230 ha, environ 67,5% sont cultivés ou en prairies (SAU). Au total, 17 exploitants agricoles ont été identifiés sur le périmètre.

Les rencontres individuelles ont été réalisées du 13 au 21 décembre 2016, concernant les principaux exploitants agricoles concernés par des propositions d'aménagement, soit 11 exploitants. Ces 11 exploitants agricoles représentent 91,5% de la surface totale des SAU du bassin versant du Clignon amont.

Ident.	Prénom	Nom	Date	Ferme
1	Thierry	Guyon	19/12/16	Saint Robert
2	Pierre-Jean	Hoche	21/12/16	Chante-Merle
3	Michel	Lamy		
4	Eric	Guyon	19/12/16	La Péronnerie
5	Dominique	Régnier		
6	Claude	Drapier	14/12/16	Souillard
7	Joël	Ghekière	21/12/16	Picardie
8	Bertrand	Hoche		
9	Jean-Luc	Pilliere		
10	Jérome	Hourdry	19/12/16	Le Charme
11	Alexandre	Lemarié	14/12/16	La Prairie / La Loge
12	Etienne	Barbier	14/12/16	Bézu les Fèves
13	Guillaume	Prévost	14/12/16	Plaisance
14	Philippe	Bordier	19/12/16	Les Vallées
15	Roger	Hourdry	13/12/16	Le Moulinet
16	Dominique	Quandelo		Lauconnois
17	Alain	Boyaux		Le Maupas

Tableau 4 : principaux exploitants agricoles (surlignés en jaune les exploitants rencontrés)

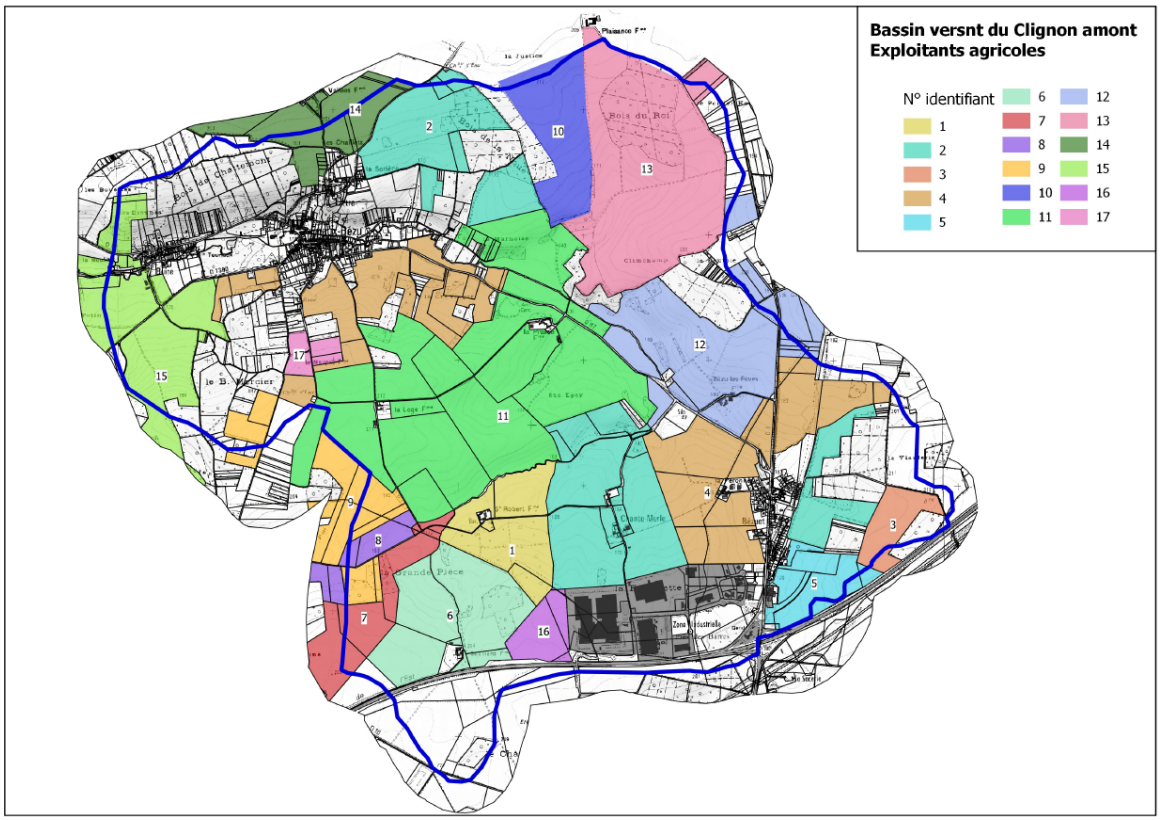


Figure 14 : localisation des exploitants agricoles

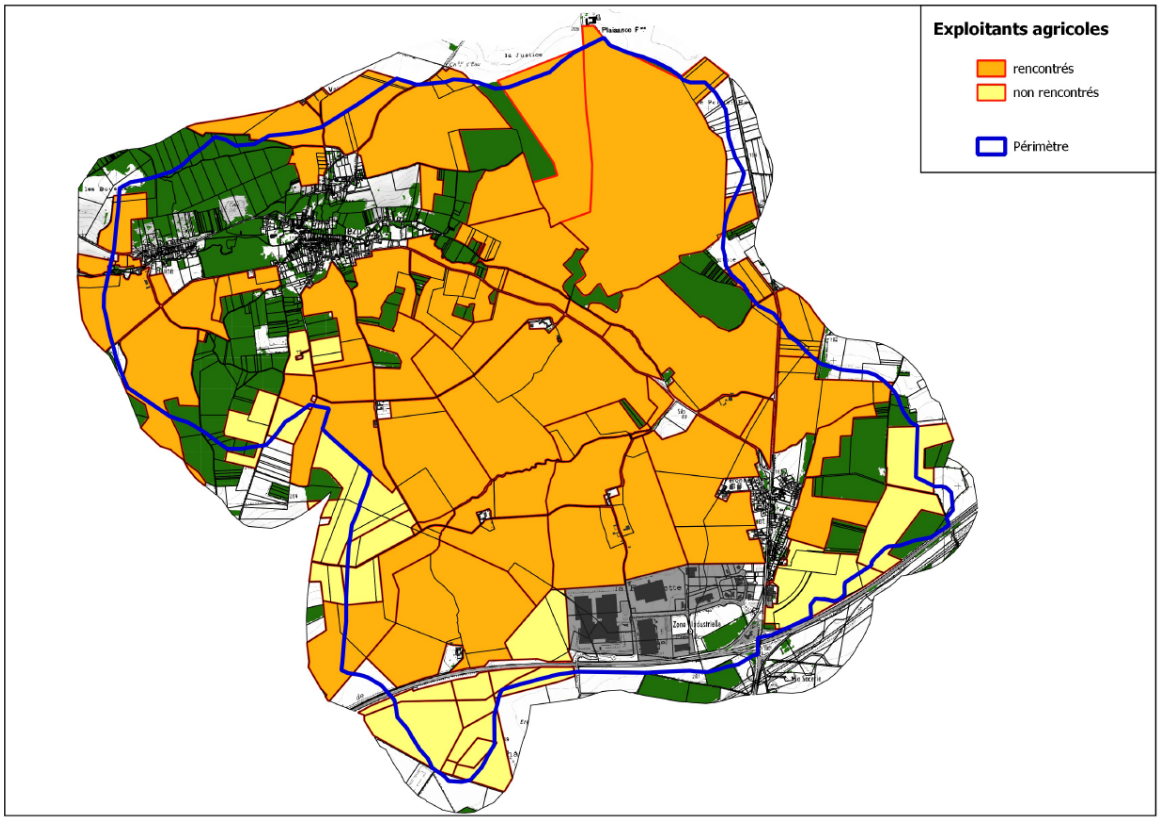


Figure 15 : distribution des exploitants agricoles rencontrés ou non rencontrés

10.2 BILAN SYNTHETIQUE DES ENTRETIENS

Contraintes

La contrainte agronomique majeure est la quasi-généralisation du drainage des parcelles agricoles. Le drainage rend la mise en place de haies particulièrement délicate, vu le risque de colmatage des drains par les racines. D'autre part, un dense réseau de fossés collecte les eaux de drainage. Il est particulièrement important de veiller au bon fonctionnement des émissaires du drainage.

Photo 32 : émissaire de drainage

La texture fortement argileuse des sols du plateau et du haut du versant (jusqu'à mi pente), expliquant l'importance du drainage, ne permet pas une efficace vidange d'ouvrages de rétention par infiltration. Il faudra prévoir une vidange par buse. En revanche, la vidange des ouvrages de rétention proposés sur les sols sableux de bas de versant pourra se faire par infiltration. Des tests d'infiltration s'imposent.

Commentaires

Les points suivants ont été soulignés par les exploitants agricoles, et devront être précisés pour permettre la mise en œuvre du plan d'aménagement d'hydraulique douce :

- qui finance ?
- qui entretien ?
- qui dédommage en cas de dégâts ?

Remarques

La majorité des exploitants agricoles sont d'accord pour la mise en place du plan d'aménagement d'hydraulique douce du scénario « agriculteurs », sous réserve :

- ***d'une mise en œuvre d'un programme global sur l'ensemble du bassin versant du Clignon amont, c'est-à-dire avec une amélioration de la gestion des eaux pluviales, notamment de la ZID de l'Omois et une réduction de la vulnérabilité en zone urbaine par réaménagement des berges du Clignon, notamment sur le tronçon de Buire,***
- ***et d'une restauration et d'un entretien des fossés de drainage et de gestion des eaux pluviales des voiries.***

10.3SCENARIO « AGRICULTEURS »

Aménagements linéaires d'hydraulique douce

Les aménagements d'hydraulique douce du scénario « agriculteurs » représentent un coût total d'investissement de 241 600 € HT, plus 5% de maîtrise d'œuvre travaux (12 100 € HT) soit un total de 253 700 € HT. Le détail estimatif est présenté par le tableau ci-dessous (Cf. carte « propositions d'aménagement Agriculteurs, annexe 1).

Aménagements	Métré	Coût travaux (€ HT)	Prix unitaire
Aménagements linéaires			
Bande enherbée	1 730 ml	4 325	2.5 €/ml
Haie existante à renforcer	640 ml	6 400	10 €/ml
Haie simple	830 ml	16 600	20 €/ml
Haie sur merlon	545 ml	24 525	45 €/ml
Noue enherbée	290 ml	8 700	30 €/ml
Noue à redents	555 ml	41 625	75 €/ml
Redent dans fossé existant	nbr 23	3 450	150 €/u
Seuil	nbr 65	97 500	1500 €/u
Rehausse chemin	70 ml	12 250	175 €/ml
Passage à gué	nbr 3	7 500	2500 €/u
Reprofilage noue existante	400 ml	4 000	10 €/ml
Reprofilage bord de fossé	280 ml	4 200	15 €/ml
Protection tête de buse	nbr 3	4 500	1500 €/u
Entrée de champ	nbr 1	2 500	2500 €/u
Rigole métallique (chemin)	nbr 7	3 500	500 €/u
	Sous total	***241 575***	

Tableau 5 : synthèse des propositions d'aménagement d'hydraulique douce « scénario Agriculteurs » (prix en € HT, base 2016)

Lors de la phase de concertation avec les exploitants agricoles, l'ensemble des aménagements a été expliqué, notamment sur leur rôle en qualité de frein hydraulique. En cas de refus, des solutions alternatives ont été recherché avec l'exploitant.

L'écart de prix entre les propositions de LIOSE s'explique principalement par l'absence de fascines[c] et la forte réduction du linéaire de haies, vu les fortes contraintes liées au drainage des parcelles agricoles. En effet, les exploitants disposant de parcelles drainées craignent un percement des drains lors de la pose des pieux des fascines ou le colmatage des drains par les racines des haies.

Plus du tiers des mares tampons et talus de plein champ ont fait l'objet d'un refus de la part des exploitants agricoles, vu l'emprise des ouvrages et/ou la crainte d'une réglementation PAC imposant la mise en place d'une zone tampon entre la mare et les cultures.

Les solutions alternatives ont été systématiquement recherchées. Il s'agit de la création de noues, du déplacement d'une entrée de champ, de la mise en place de seuils supplémentaires, de la création d'une mare et d'un talus de plein champ.

Ouvrages de rétention

Les sites retenus font l'objet d'un accord de principe pour les ouvrages sur parcelles agricoles ou prairies. En revanche, les ouvrages en zones forestières n'ont pas fait l'objet d'une concertation. Pour des raisons d'économie de terrassement et, donc d'investissement, les deux types d'ouvrage initialement proposés sont maintenus (pouvant également être une combinaison des deux types) :

- la mare tampon réalisée par surcreusement,
- et le talus de plein champ par implantation d'un talus (hauteur maximale de 1m50) en travers d'un fond de vallon.

Les mares tampons retenues passent de 14 à 7. Cette réduction du nombre se traduit également par une réduction de la capacité totale de stockage[d] de 6 505 m^3. Les 5 talus de plein champ complètent le dispositif, avec une capacité totale de stockage[e] de 6 000 m^3. La capacité total de l'ensemble des ouvrages de rétention proposé par le scénario « agriculteurs » est de 12 505 m^3 soit environ 42% de la capacité cumulée des ouvrages du scénario « LIOSE ».

Aménagements	Métré	Coût travaux (€ HT)	Prix unitaire
Mares tampons			
n°103	1 250 m^3	25 500	20 €/m^3
n°106	455 m^3	15 500	34 €/m^3
n°109	410 m^3	14 800	36 €/m^3
n°113	255 m^3	11 750	46 €/m^3
n°115	2 930 m^3	38 550	13 €/m^3
n°116	580 m^3	17 500	30 €/m^3
n°117	625 m^3	18 200	29 €/m^3
	Sous total	***141 800***	30 €/m^3
Talus de plein champ			
n°201	1 215 m^3	25 100	21 €/m^3
n°203	1 660 m^3	29 250	18 €/m^3
n°204	420 m^3	15 000	36 €/m^3
n°205	475 m^3	15 900	33 €/m^3
n°206	2230 m^3	33 750	15 €/m^3
	Sous total	***119 000***	25 €/m^3

Tableau 6 : synthèse des propositions de mares tampons et talus de plein champ« scénario Agriculteurs » (prix en € HT, base 2016)

[c] les agriculteurs ne souhaitent pas de fascines vu les contraintes d'entretien, regarnissage des fagots et taille des repousses en cas de fascine à pieux vivants.

[d] l'estimation de la capacité de stockage des mares tampons est calculée en appliquant une lame d'eau de 1 m de profondeur à la surface du plan d'eau.

[e] l'estimation de la capacité de stockage des talus de plein champ est calculée en appliquant une lame d'eau de0,5 m de profondeur par surface totale inondée.

Les ouvrages de rétention du scénario « agriculteurs » représentent un coût total de 331 000 € HT, dont :

- travaux de 260 800 € HT, dont :
  - les mares tampons : 141 800 € HT,
  - les talus de plein champ : 119 000 € HT,
- maîtrise d'œuvre (8,5% du montant des travaux) : 22 200 € HT,
- études complémentaires (levés topographiques à 1500 € HT/ouvrages, et études géotechniques à 6000 € HT/talus de plein champ) : 48 000 € HT.

Bilan

Le scenario « agriculteurs » est estimé pour un coût total de 584 700 € HT, dont :

- 253 700 € HT pour les aménagements d'hydraulique douce,
- 331 000 € HT pour les petits ouvrages d'écrêtement (mares ou talus de plein champ).

PARTIE IV « SCENARIO FINAL »

11 CONCERTATIONS ET ANALYSE DES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES

11.1 REUNIONS DE CONCERTATIONS COLLECTIVES

Suite aux réunions de présentation du schéma d'aménagement aux exploitants agricoles, le 23 février 2017, et aux propriétaires, le 1er juin 2017, les éléments suivants ont été modifiés par rapport au schéma « agriculteurs » résultant des entretiens de fin 2016 :

Suppression d'une haie sur merlon

La pente régulière du terrain guide les ruissellements jusqu'à la noue à redents proposée le long du chemin agricole. La haie sur merlon du lieu-dit « la Justice » est retirée.

Figure 16 : haie sur merlon retirée (cercle rouge)

Remplacement d'une haie sur merlon par une haie

La haie sur merlon présente au lieu-dit « la Marnoise » est remplacée par une haie simple recentrée sur l'axe d'écoulement, afin de faciliter les manœuvres lors des épandages.

Figure 17 : position de la nouvelle haie

Création d'une mare supplémentaire

La possibilité de création d'une mare supplémentaire (n° 318), proche de la ferme « La Prairie », en aval des deux talus de plein champ est envisagée en renforcement des deux talus de plein champ.

Figure 18 : proposition de mare supplémentaire proche de la ferme « La Prairie »

11.2 RENCONTRES INDIVIDUELLES

Les ouvrages structurants (mares et talus de plein champ) du schéma d'aménagement résultant des échanges avec les exploitants agricoles (scénario « agriculteurs ») ont fait l'objet de rencontres individuelles avec les propriétaires en juin 2017, puis les exploitants agricoles entre juillet et octobre 2017.

Ces rencontres ont été conduites par les services techniques de l'Union des Syndicats des Rivières, dans le cadre de l'obtention des autorisations pour la réalisation des levés topographiques nécessaires au dimensionnement des ouvrages.

Sur un total de 12 ouvrages envisagés par le scénario « agriculteurs », 3 ouvrages sont non retenus et 1 ouvrage a été ajouté, soit un total de 10 ouvrages retenus.

Aménagements	Métré [(a)]	Accord de principe	Exploitants agricoles
Mares tampons			
n°103	255 m^3	oui	Eric Guyon
n°106	255 m^3	non	
n°109	255 m^3	oui	Guillaume Prévost
n°113	255 m^3	oui	Pierre Jean Hoche
n°115	2 930 m^3	oui	*sans objet*
n°116	580 m^3	non	
n°117	625 m^3	non	
n°318	non estimée	oui	Alexandre Lemarié
Talus de plein champ			
n°201	1 215 m^3	oui	Pierre Jean Hoche
n°203	1 660 m^3	oui	Alexandre Lemarié
n°204	420 m^3	oui	*sans objet*
n°205	475 m^3	oui	Alexandre Lemarié
n°206	2230 m^3	oui	Alexandre Lemarié

Tableau 7 : bilan des concertations et rencontres sur les mares tampons et talus de plein champ proposés

11.3 CONTRAINTES REGLEMENTAIRES

Suite aux échanges avec l'Agence Française pour la Biodiversité, et notamment la visite de terrain du 28 février 2017, la continuité écologique et sédimentaire des cours d'eau doit être garanti.

La cartographie informative des cours d'eau du bassin versant du Clignon (dernière version disponible du 27 novembre 2017) identifie les tronçons hydrographiques suivants comme cours d'eau :

- le Clignon jusqu'à Bézuet (identifiant SANDRE : F6370600),
- le ru Saint Robert jusqu'à la ferme du Souillard (identifiant SANDRE : F6370650),
- et le ru de la Marnoise (identifiant SANDRE : F6370750).

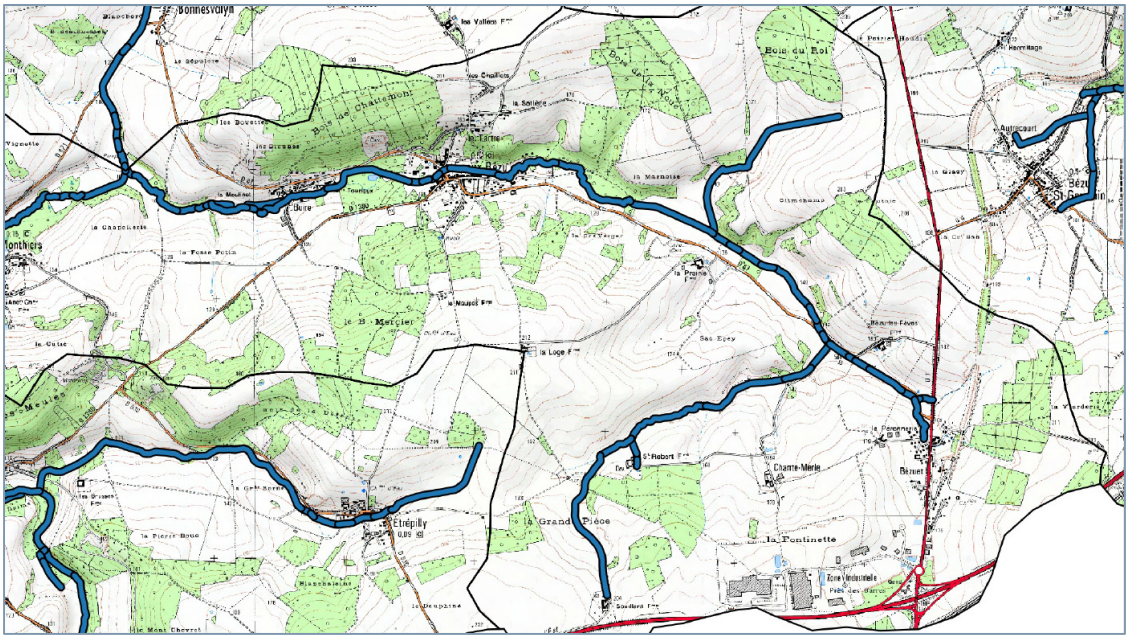


Figure 19 : extrait de la cartographie des cours d'eau (source : Préfecture de l'Aisne, 27/11/2017)

Les seuils proposés sur le ru de Saint Robert et le ru de la Marnoise, ainsi que les redents sur le ru de la Marnoise, ne sont pas retenus dans le schéma d'aménagement définitif, vu leur impact sur la continuité écologique et sédimentaire.

Les ouvrages d'écrêtement des crues suivants doivent faire l'objet d'une conception permettant de garantir la continuité écologique et sédiment :

- talus de plein champ n°201 sur le ru de Saint Robert aval,
- talus de plein champ n°204 sur le rue de Saint Robert médian,
- talus de plein champ n°205 sur le rue de la Marnoise aval,
- mare tampon n°109 sur le rue de la Marnoise médian,
- mare tampon n°103 sur le Clignon amont,

Une attention particulière est donnée à la conception de ces ouvrages.

12 DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES STRUCTURANTS

Le dimensionnement des mares et des talus de plein champ est réalisé suivant deux critères :

- la capacité maximale pouvant aisément être obtenue au regard de la topographie du terrain (sur la base des levés topographiques réalisés par le Cabinet Géomètre Expert Chollet),
- l'impact hydraulique sur les crues, défini par modélisation HEC HMS.

12.1 DIMENSIONNEMENT 3D

Les 10 ouvrages d'écrêtement ayant obtenus un accord préalable des propriétaires et des exploitants agricoles ont fait l'objet de levés topographiques. Les vues 3D, coupes et caractéristiques principales sont présentés en annexe 4.

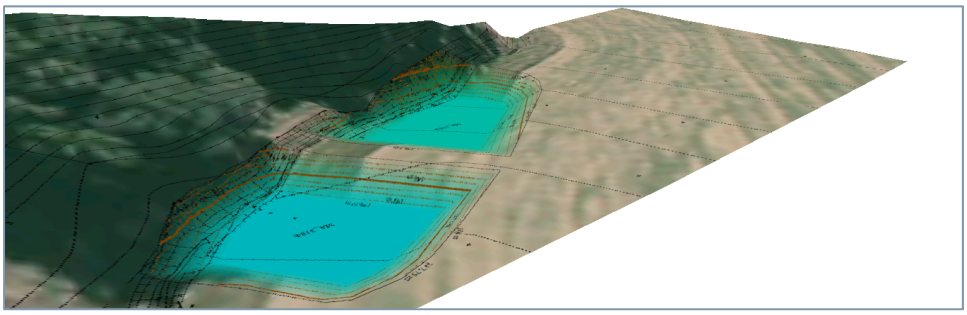


Figure 20 : exemple de vue 3D de la double mare n°318 (aval du fond de la Prairie)

Les ouvrages ont été dimensionnés sur la base des règles suivantes :

- emprise dans le périmètre initialement convenu avec les propriétaires et exploitants agricoles,
- lame d'eau maximale est fixée à 1m50, font exception :
  - l'ouvrages n°113, en amont du lotissement ruelle Gaillard (hameau de Bézuet), s'appuyant sur une rehausse maximale du chemin de 1m, présente une hauteur maximale de la lame d'eau de 2m20 en tenant compte de la position du fil d'eau de la buse sous le chemin,
  - l'ouvrage n°201, ouvrage aval du ru de Saint Robert, avec une hauteur maximale de la lame d'eau de 1m95 en incluant le ru du Saint Robert. Cette hauteur est au maximum de 1m50 par rapport au fond de la vallée, hors lit mineur,
  - l'ouvrage n°115, dans le bois du parc de Buire, avec une hauteur maximale de la lame d'eau de 1m85 due à la présence d'une petite ravine.

Aménagements	Capacité maximale [b]	Surface max. inondée	Lame d'eau max.
Mares tampons			
n°103	1 129 m³	984 m²	1m50
n°106			
n°109	457 m³	631 m²	1m00
n°113	527 m³	681 m²	2m20
n°115	2923 m³	2 834 m²	1m80
n°116			
n°117			
n°318	791 m³	1 102 m²	1m00
Talus de plein champ			
n°201	1 566 m³	3 475 m²	1m95
n°203	1 509 m³	2 043 m²	1m50
n°204	588 m³	1 231 m²	1m50
n°205	452 m³	1 376 m²	1m00
n°206	1417 m³	2 227 m²	1m50

Tableau 8 : synthèse des caractéristiques des ouvrages dimensionnés (en jaune : ouvrages sans accord)

12.2 DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE

HEC-HMS

Les modélisations sont réalisées à l'aide du modèle pluie-débit HEC-HMS développé par le Hydrologic Engineering Center (HEC) de l'U.S. Army Corps of Engineers (USACE). Le logiciel HEC-HMS prend en compte des paramètres suivants :

- les précipitations,
- les ruissellements directs qui prennent en compte les écoulements de surface, les stockages et les pertes de charge. Ces ruissellements sont définis suivant la méthode du Curve Number, tenant compte de la nature de l'occupation du sol, le type de sol, la pente locale et l'intensité pluvieuse,
- les ouvrages hydrauliques de stockage existants ou projetés en prenant en compte leur capacité ainsi que leur débit de fuite.

Un projet sous HEC-HMS se définit en 3 parties :

- modèle de bassin (géométrie du bassin) : découpage en sous bassin, bief, retenue, sur la base du réseau hydrographique principal, les nœuds de confluence et de déversement, la localisation des ouvrages ayant une forte incidence, les ouvrages transversaux importants, les zones d'apport et de ruissellement,
- modèle météorologique (description de l'entrée pluie) : pluie en un poste, pluie moyenne, pluie de projet retenue,
- spécifications de contrôle (gestion des simulations) : durée des simulations, date de démarrage, pas de temps.

Pluies de projet

Les pluies de projet retenues pour modéliser le fonctionnement hydrologique des ruissellements sont définies à partir des courbes d'Intensité Durée Fréquence de Météo France. Le poste retenu est celui de Satin Quentin.

Fréquence de retour	Précipitation(mm) par durée							
	10 mn	20 mn	30 mn	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
5 ans	11.81	14.23	15.87	19.13	25.70	30.97	37.32	44.97
10 ans	14.29	17.21	19.18	23.10	31.01	37.34	44.96	54.14
20 ans	16.64	20.07	22.40	27.03	36.41	43.93	53.01	63.96
30 ans	18.04	21.79	24.34	29.41	39.70	47.97	57.97	70.04
50 ans	19.81	24.02	26.89	32.60	44.25	53.65	65.06	78.88
100 ans	22.22	27.11	30.46	37.16	50.93	62.15	75.82	92.51

(d'après Montana du poste Saint Quentin, chronique de 1982-2016)

Tableau 9 : cumul des précipitations exceptionnelles (par fréquence de retour et durée)

Au regard des épisodes de crue responsables des inondations majeures, et des pluies de projet retenues par l'étude SOGETI, les pluies de projet retenues sont du type orage de printemps ou d'été, de courte durée et à forte intensité, pour trois occurrences : 10 ans, 50 ans et 100 ans, d'une durée de 3 heures, avec un pic d'intensité sur 30 minutes.

Poste pluviométrique SAINT QUENTIN					Période intense	
Période de retour (ans)	Coefficients Montana durée 15 mn à 3h		Durée (mn)		Durée (mn)	Pas de temps
			180		30	1
	a	b	Précip. (mm)		Précip. (mm)	Intens. max (mm/h)
10	7.71	0.732	31.0		19.2	67.3
50	10.446	0.722	44.3		26.9	93.7
100	11.475	0.713	50.9		30.5	105.4

Tableau 10 : caractéristiques des pluies de projet « courtes »

Unités hydrauliques

Le bassin versant du Clignon amont est découpé en unités hydrauliques élémentaires sur la base de l'arbre des écoulements, des nœuds hydrauliques et des projets d'ouvrage d'écrêtement de crue (Cf. figure ci-dessous).

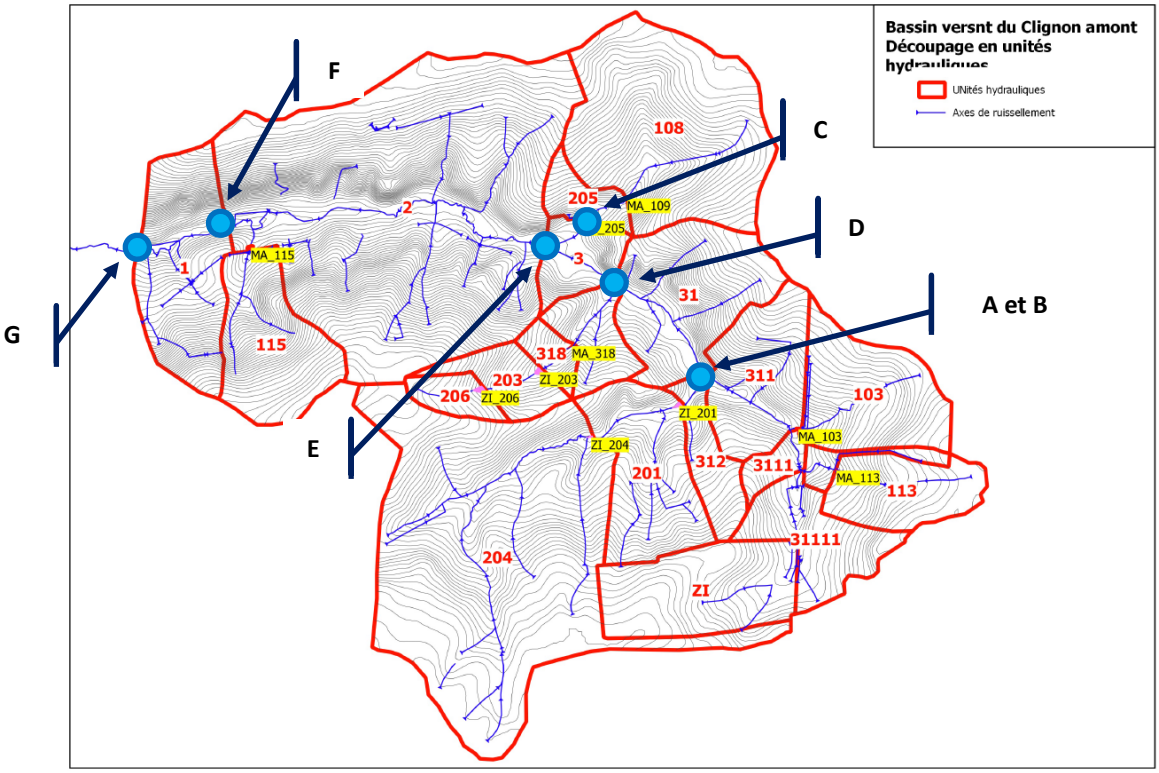


Figure 21 : découpage en unités hydraulique (n° en rouge) et ouvrages structurants (réf. surlignée jaune)

Modélisation de la situation actuelle

Les débits de pointe estimés par SOGETI (rapport de phase 2, février 2005) donnent au droit du hameau de Buire (nœud hydraulique N2 du tableau 10 ci-dessous) :

- pour une crue décennale, un débit de l'ordre de 14 m³/s à Buire,
- pour une crue cinquantennale, un débit de l'ordre de 22,4 m³/s à Buire,
- et pour une crue centennale, un débit de l'ordre de 25,2 m³/s à Buire.

Ces valeurs de débits au droit de Buire sont retenues comme valeurs de calage du modèle.

Ainsi, au droit du hameau de Buire, secteur fortement impacté en situation de crue, le débit de pointe est estimé à 13,86 m³/s, 22,50 m³/s et 25,13 m³/s pour respectivement une pluie d'occurrence 10 ans, 50 ans et 100 ans.

Unités hydraul.	Surf. (ha)	10 ans 3h		50 ans 3h		100 ans 3h		N° repère	
	intercept.	Q maxi (L/s)	Volume (m³)	Q maxi (L/s)	Volume (m³)	Q maxi (L/s)	Volume (m³)		
N312	558.0	3 597	42 533	5 864	69 106	6 578	77 528	A	Exutoire ru St Robert
N311	997.0	7 085	76 131	11 226	125 186	12 481	140 073	B	Confluence rue St Robert
205>3	236.0	1 619	16 776	2 716	28 092	2 983	30 969	C	Exutoire ru de la Marnoise
N32	108.0	1 240	8 980	2 024	14 460	2 258	16 149	D	Exutoire ru ferme Prairie
N3	1 497.0	10 801	111 677	17 541	184 245	19 520	205 991	E	Confluence ru de la Marnois
N2	2 112.0	**13 855**	150 042	**22 495**	248 175	**25 133**	278 396	F	Amont Buire
Exutoire	2 227.0	14 451	157 829	23 481	261 140	26 270	293 068	G	Aval Buire

Tableau 11 : débits de pointe et volume total de ruissellement pour les principaux nœuds hydrauliques et les trois pluies de projet (Cf. figure 21 points de repère)

Les débits de pointe pondérés par la surface pour une pluie décennale donnent des valeurs pour les trois principaux sous-bassins versants de :

- 0,64 m^3/s / km^2 pour le sous bassin versant du Saint Robert,
- 0,69 m^3/s / km^2 pour le sous bassin versant de la Marnoise,
- 1,15 m^3/s / km^2 pour le sous bassin de la Prairie,

avec une valeur moyenne de 0,65 $m^3/s/km^2$ pour l'ensemble du bassin versant du Clignon amont.

Ces valeurs sont cohérentes par rapport à l'occupation du sol des sous-bassins versants. La valeur moyenne de l'ordre de 1 m^3/s / km^2 pour des parcelles cultivées est retrouvée pour le sous bassin versant de la Prairie (débit légèrement supérieur vu les pentes locales). En présence de bois et de surface en herbe, cette valeur est logiquement strictement inférieure à la valeur moyenne.

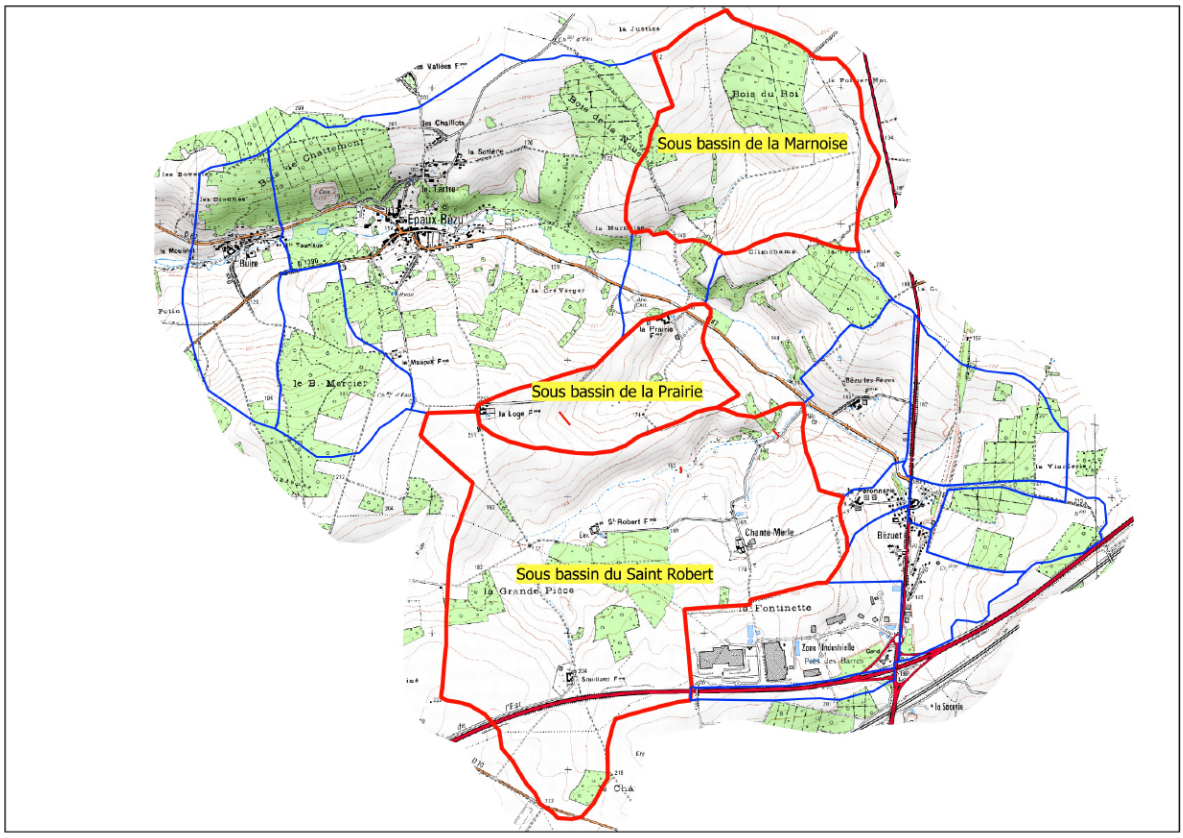


Figure 22 : localisation des sous bassins versants du Clignon amont

Choix des scénarios d'ouvrages d'écrêtement

Trois scénarios d'ouvrages d'écrêtement ont été simulés :

- scénario 1 : 10 ouvrages d'écrêtement disposant d'un accord de principe des propriétaires et exploitants agricoles, dont le débit de fuite est dimensionné au regard de la capacité maximale (pas de surverse),
- scénario 2 : 5 ouvrages d'écrêtement implantés hors réseau hydrographique défini comme cours d'eau, dont le débit de fuite est également dimensionné au regard de la capacité maximale (pas de surverse),
- scénario final : 5 ouvrages d'écrêtement implantés hors réseau hydrographique défini comme cours d'eau, avec un débit de fuite fixe quelle que soit la pluie de projet retenue, avec la possibilité d'un fonctionnement en surverse, en optimisant l'efficacité hydraulique pour une crue d'occurrence cinquante ans.

Aménagements	Accord de principe	Hors cours d'eau	Capacité maximale [(b)]	Surface max. inondée	Lame d'eau max.
Mares tampons					
n°103	oui	non	1 129 m^3	984 m^2	1m50
n°106	non				
n°109	oui	non	457 m^3	631 m^2	1m00
n°113	oui	oui	527 m^3	681 m^2	2m20
n°115	oui	oui	2923 m^3	2 834 m^2	1m80
n°116	non				
n°117	non				
n°318	oui	oui	791 m^3	1 102 m^2	1m00
Talus de plein champ					
n°201	oui	non	1 566 m^3	3 475 m^2	1m95
n°203	oui	oui	1 509 m^3	2 043 m^2	1m50
n°204	oui	non	588 m^3	1 231 m^2	1m50
n°205	oui	non	452 m^3	1 376 m^2	1m00
n°206	oui	oui	1417 m^3	2 227 m^2	1m50

(b) capacité 3D suivant topographie

Tableau 12 : caractéristiques des ouvrages d'écrêtement retenus suivant les scénarios

Les débits de fuite des ouvrages sont fixés en fonction des débitants pour les scénarios 1 et 2 d'une pluie de projet 10 ans, avec des valeurs comprises entre 100 et 300 l/s, excepté l'ouvrage « MA_113 ».

Les levés topographiques réalisés au droit du site retenu pour l'ouvrage « MA_113 » permettent d'estimer la capacité maximale de la buse Φ1000 mm à 1 480 l/s, soit une valeur supérieure au débit de pointe des ruissellements pour une pluie d'occurrence 100 ans. Néanmoins, pour des raisons de sécurité (obstruction partielle de la tête de buse par des embâcles), le débit de fuite de l'ouvrage est fixé à 750 l/s (environ 50% de la capacité maximale en charge de la buse).

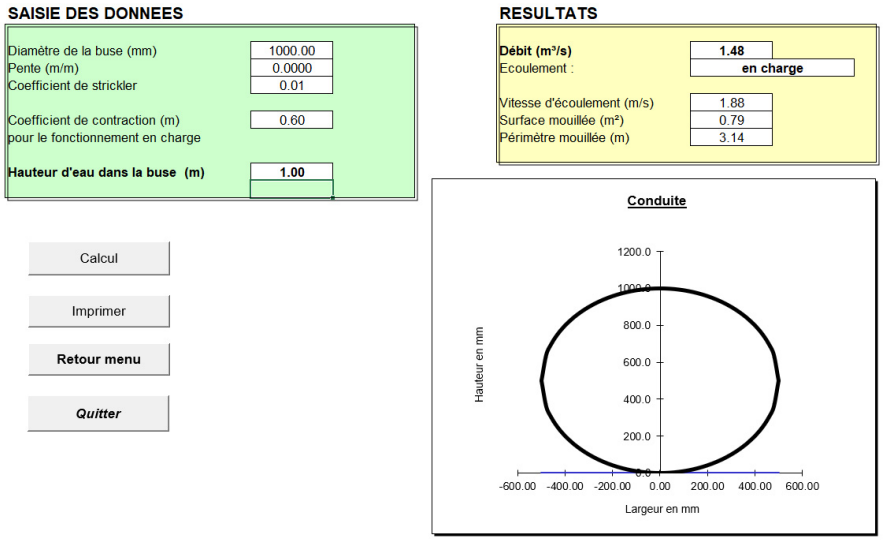


Figure 23 : estimation de la capacité maximale de la buse du lotissement « ruelle Gaillard (hameau de Bézuet) »

Modélisation des scénarios d'ouvrages d'écrêtement

Le détail des débits de pointe et des volumes totaux de ruissellement est présenté en annexe 5 « modélisations Hec Hms ».

Scénario 1

Les résultats de simulations du scénario 1 « 10 ouvrages » montrent (Cf. tableau n°13 ci-dessous) :

- les ouvrages ZI_203, ZI_206, MA_103, MA_113, MA_115 et MA_318 disposent d'une capacité de stockage suffisant sur l'emprise retenue pour permettre une réduction significative des débits, en fonctionnant sans surverse,
- inversement les ouvrages ZI_201, ZI_204, ZI_205 et MA_109 présentent un taux d'abattement strictement inférieur à 15% du débit entrant quelle que soit la pluie de projet,
- globalement au droit du hameau de Buire, le taux d'abattement du débit de pointe est de l'ordre de 14% pour une pluie décennale et de 10% pour les pluies cinquantennale et centennale.

Ainsi, seule la première série d'ouvrages contribuent à une réduction significative des débits de pointes. Ces aménagements se traduisent par un abattement de la pointe de crue au droit de Buire de 10 à 14% suivant les pluies de projet.

Il faut noter que sur les 6 ouvrages ayant un impact significatif, 5 ouvrages correspondent au scénario 2 dont les ouvrages ne sont pas sur des réseaux hydrographiques identifiés comme cours d'eau.

ID	Volume (m^3)	Débit max. 10ans (l/s)			Débit max. 50ans (l/s)			Débit max. 100ans (l/s)		
		Débit entrant	*Débit sortant*	*Abatt.*	*Débit entrant*	*Débit sortant*	*Abatt.*	*Débit entrant*	*Débit sortant*	*Abatt.*
ZI_201	1 565	3 107	2 660	-14%	5 166	4 716	-9%	5 815	5 250	-10%
ZI_203	1 509	416	130	-69%	761	415	-45%	868	520	-40%
ZI_204	588	2 526	2 300	-9%	4 103	3 858	-6%	4 604	4 351	-5%
ZI_205	452	1 489	1 370	-8%	2 512	2 361	-6%	2 847	2 809	-1%
ZI_206	1 417	254	20	-92%	414	120	-71%	461	155	-66%
MA_103	1 129	722	463	-36%	1 187	912	-23%	1 339	1 025	-23%
MA_109	457	1 426	1 270	-11%	2 330	2 150	-8%	2 621	2 440	-7%
MA_113	527	494	360	-27%	825	670	-19%	932	775	-17%
MA_115	2 923	608	155	-75%	1 017	635	-38%	1 156	560	-52%
MA_318	791	327	175	-46%	741	551	-26%	884	675	-24%

Q. réf. Buire	**13 855**	**22 495**	**25 133**
Q projet	**11 903**	**20 305**	**22 751**
abattement	***14.1%***	***9.7%***	***9.5%***

Tableau 13 : dimensionnement des ouvrages et débit de pointe au droite de Buire : scénario 1

Scénario 2

Les résultats de simulations du scénario 2 « 5 ouvrages » donnent (Cf. tableau n°14 ci-dessous) un abattement identique pour les ouvrages ZI_203, ZI_206, MA_113, MA_115 et MA_318, vu qu'ils sont implantés sur des sous bassin versants hydrauliquement indépendants, et dans le cas d'ouvrages en série tous les ouvrages sont maintenus.

En revanche, l'abattement de la pointe de crue au droit du hameau de Buire baisse par rapport au scénario 1 avec 8% pour une pluie décennale et de 6% pour les pluies cinquantennale et centennale.

ID	Volume (m^3)	Débit max. 10ans (l/s)			Débit max. 50ans (l/s)			Débit max. 100ans (l/s)		
		Débit entrant	*Débit sortant*	*Abatt.*	*Débit entrant*	*Débit sortant*	*Abatt.*	*Débit entrant*	*Débit sortant*	*Abatt.*
ZI_203	1 509	416	130	-69%	761	415	-45%	868	520	-40%
ZI_206	1 417	254	20	-92%	414	120	-71%	461	155	-66%
MA_113	527	494	360	-27%	825	670	-19%	932	775	-17%
MA_115	2 923	608	155	-75%	1 017	635	-38%	1 156	560	-52%
MA_318	791	327	175	-46%	741	551	-26%	884	675	-24%

Q. réf. Buire	**13 855**	**22 495**	**25 133**
Q projet	**12 707**	**21 216**	**23 694**
abattement	***8.3%***	***5.7%***	***5.7%***

Tableau 14 : dimensionnement des ouvrages et débit de pointe au droit de Buire : scénario 2

Scénario 3

Les ouvrages d'écrêtement de crue proposés sont de conception simple, leurs caractéristiques sont synthétisées dans le tableau n°15 ci-dessous. Ces caractéristiques sont prises en compte dans la modélisation hydraulique pour le scénario 3. L'objectif visé est d'aboutir à un abattement le plus efficace possible pour une d'occurrence cinquante ans.

La description détaillée des ouvrages, leur dimensionnement, les caractéristiques hydrauliques avec les hydrogrammes entrant et sortant sont présentées en annexe 4, correspondant au scénario 3.

Ouvrage identifiant	Capacité avant surverse (m^3)	Buse(s) de vidange		Surverse
		Diamètre	Fil d'eau	
ZI_203	1 471 m3	Φ200 mm	0 m / fond	1,5 m / fond
ZI_206	1 509 m3	Φ300 mm	0 m / fond	1,5 m / fond
MA_113	527 m3	Φ500 mm	0 m / fond	2,2 m / fond
MA_115	2 923 m3	Φ200 mm	0 m / fond	1,8 m / fond
		Φ300 mm	1 m / fond	
MA_318	791 m3	Φ400 mm	0 m / fond	1,0 m / fond

Tableau 15 : caractéristiques des ouvrages du scénario final

L'abattement de la pointe de crue au droit du hameau de Buire ainsi obtenu est de 8,3 % pour le projet cinquantennale, soit quasi-identique au scénario 1 comprenant 10 ouvrages. Il faut noter que pour obtenir une efficacité maximale centrée sur la crue cinquantennale, l'efficacité pour les crues décennale et centennale est moindre dans ce cas.

ID	Volume (m^3)	Débit max. 10ans (l/s)			Débit max. 50ans (l/s)			Débit max. 100ans (l/s)		
		Débit entrant	*Débit sortant*	*Abatt.*	*Débit entrant*	*Débit sortant*	*Abatt.*	*Débit entrant*	*Débit sortant*	*Abatt.*
ZI_203	1 509	445	221	-50%	699	273	-61%	775	298	-62%
ZI_206	1 417	254	81	-68%	414	101	-76%	461	110	-76%
MA_113	527	494	481	-3%	825	742	-10%	932	745	-20%
MA_115	2 923	608	247	-59%	1 017	423	-58%	1 156	505	-56%
MA_318	791	348	280	-20%	500	320	-36%	547	338	-38%

Q. réf. Buire	**13 855**	**22 495**	**25 133**
Q projet	**12 942**	**20 628**	**24 265**
abattement	***6.6%***	***8.3%***	***3.5%***

Tableau 16 : dimensionnement des ouvrages et débit de pointe au droit de Buire : scénario final

Analyse critique

L'étude conduite en 2005 par SOGETI a défini trois grands scénarios d'aménagement reposant sur un très grand ouvrage unique et sur une combinaison de mares (11 ou 15) et de talus de plein champ rétention (3). La capacité totale de rétention est ainsi comprise entre 125 000 m^3 (pour l'ouvrage unique) et 100 200 m^3 (scénario 3).

L'abattement sur la pointe de crue est de l'ordre de 60% pour le scénario 1, quelle que soit l'occurrence de la crue.

Type d'aménagement	Scénario 1 : la digue marnoise	Scénario 2 (*ouvrages dimensionnés pour la crue décennale*	Scénario 3 (*ouvrages dimensionnés pour la crue décennale)*
Mares, bassins pluviaux		11 mares, 30150 m^3 stockés	15 mares, 33700 m^3 stockés
Digues de rétention	1 digue de rétention sur le Clignon, 125 000 m^3 stockés	3 digues de rétention, 72 500 m^3 stockés dont une sur le Clignon (37 000 m^3)	3 digues de rétention, 66500 m^3 stockés, dont une sur le Clignon (30 000 m^3)

Tableau 17 : scénarios initiaux proposés par SOGETI (février 2005), capacités dimensionnées pour une pluie décennale

Le scénario final a une capacité de stockage totale de 7 200 m3, soit uniquement 5,8 % de la capacité la capacité du projet d'ouvrage unique « digue de la Marnoise » (125 000 m^3).

Malgré cette très forte réduction de la capacité de stockage du scénario final, la réduction sur le débit de pointe pour la crue cinquantennale est estimée à 1 867 L/s par rapport à la situation actuelle, soit 13,7% de la réduction attendue pour le scénario 1 de SOGETI (réduction estimée à 13 638 L/s).

Débit de point au droit de Buire	Volume total (m3) des ouvrages	Débit max. 10ans (l/s)	Débit max. 50ans (l/s)	Débit max. 100ans (l/s)
Situation actuelle	0	13855	22495	25133
Projet SOGETI scénario 1	125 000	5782	8857	9847
	abattement	58.3%	60.6%	60.8%
Projet SOGETI scénario 3	100 200	non estimé	non estimé	non estimé
Projet LIOSE initial	30 000	non estimé	non estimé	non estimé
Q. projet final LIOSE	7 200	12942	20628	24265
	abattement	6.6%	8.3%	3.5%

Tableau 18 : analyse comparative des scénarios

Les 5 ouvrages du scénario final correspondent à une configuration particulièrement efficace sur la réduction du ruissellement au regard de la capacité totale d'écrêtement des ouvrages.

Modélisation impact des aménagements d'hydraulique douce

Le schéma d'aménagement d'hydraulique douce retenu comprend les 5 ouvrages d'écrêtement, ainsi que l'ensemble des aménagements d'hydraulique douce (bandes enherbées, haies, noues, redents et seuils, … , voir tableau n°19 page 42) fait l'objet d'une modélisation de l'impact sur le ruissellement (et l'érosion des sols) à l'aide du modèle LISEM.

Une modélisation du ruissellement pour la pluie de projet d'occurrence 10 ans est réalisée à l'aide du modèle hydraulique 2D LISEM. Le modèle reproduit la lame d'eau maximale inondant avec une précision d'une maille de 10 x 10 m² (Cf. annexe 5 : détaille modélisation LISEM).

Le calage du modèle est réalisé par ajustement de la conductivité à saturation pour obtenir le débit de pointe estimé avec le modèle hydrologique HEC HMS. Le scénario de référence donne ainsi un débit maximal de 12 m^3/s à l'exutoire du bassin versant.

L'impact du schéma d'aménagement global sur le ruissellement (et l'érosion des sols) est évalué en comparaison avec le scénario de référence (situation actuelle).

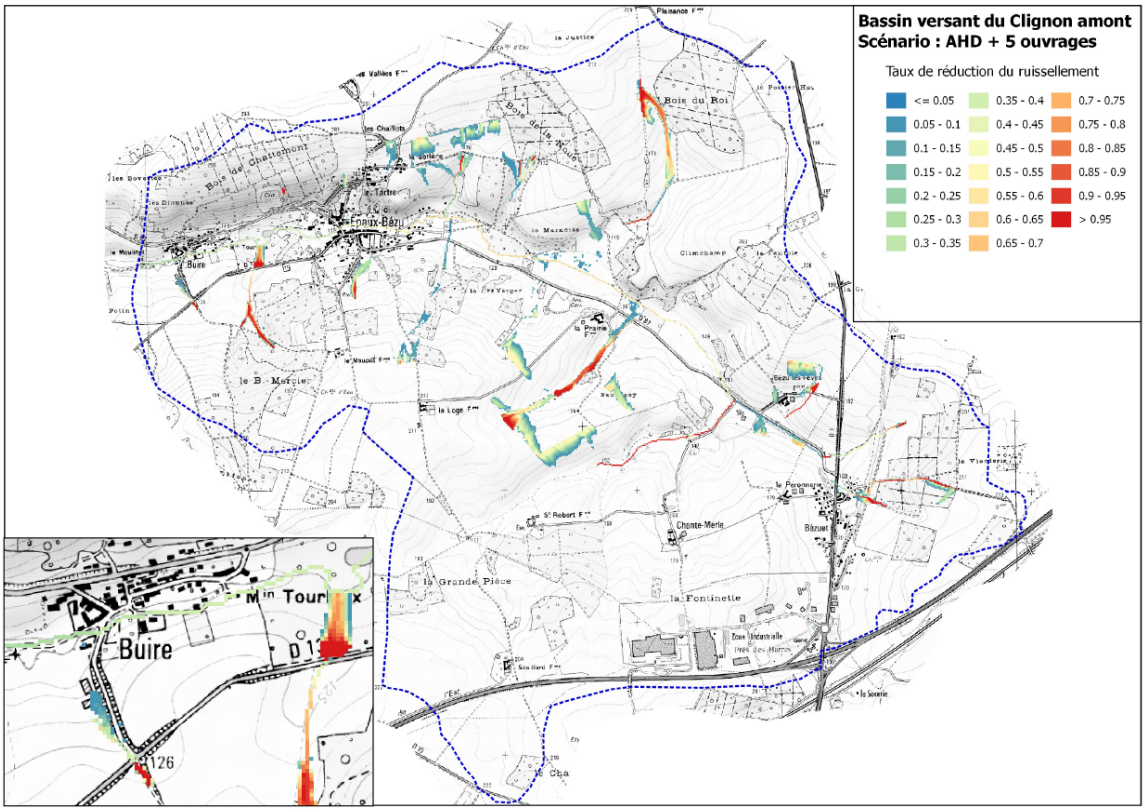


Figure 24 : impact du schéma d'aménagement d'hydraulique douce sur le taux de réduction du ruissellement par rapport à la situation actuelle (pluie décennale)

Les réductions du ruissellement sont particulièrement fortes juste en aval des ouvrages d'écrêtement (mares tampons et talus de plein champ), mais également en aval des redents et seuils. Pour les aménagements d'hydraulique douce linéaires (haies, bandes enherbées), la réduction est moins forte, tout en atteignant un taux de réduction proche de 50% en aval immédiat de ces aménagements.

L'impact des aménagements s'estompe progressivement vers l'aval, mais reste significatif au droit du hameau de Buire, où le taux de réduction est de l'ordre de 33% sur le débit de pointe.

Ainsi, l'impact des ouvrages hydrauliques structurants, contribuant pour une réduction de l'ordre de 7 % (d'après les modélisations sous HEC HMS), est renforcé par les aménagements d'hydraulique douce de près de 25% supplémentaire, en cas de crue décennale.

Il faut rappeler que l'impact des aménagements d'hydraulique douce décroît avec l'augmentation de l'intensité de l'épisode. Ils sont généralement non significatifs pour les épisodes centennaux.

Les aménagements d'hydraulique douce contribuent également à une réduction significative de l'érosion des sols. Cette réduction est particulièrement forte en aval immédiat des aménagements qu'ils soient linéaires ou des ouvrages d'écrêtement. Cette réduction est supérieure à 5 T/ha pour une pluie décennale.

A l'exutoire, la réduction en exportation de sédiment est de l'ordre de 14% par rapport à la situation actuelle.

Il faut rappeler que cette réduction de l'exportation de sédiments se traduit également par une réduction d'exportation des polluants adsorbés sur les particules solides.

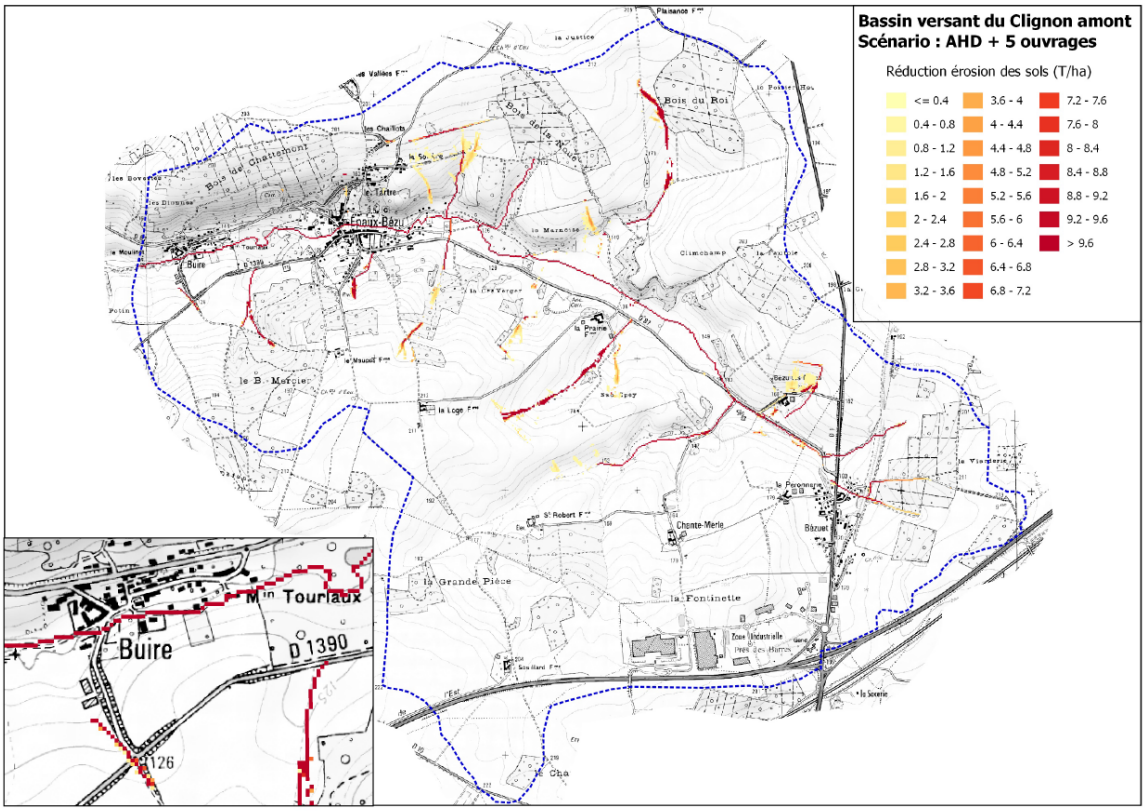


Figure 25 : impact du schéma d'aménagement d'hydraulique douce sur la réduction de l'érosion des sols par rapport à la situation actuelle (pluie décennale)

13 ESTIMATION FINANCIERE

L'estimation financière est réalisée sur la base des coûts unitaires reportés dans le tableau ci-dessous pour les aménagements d'hydraulique douce, tenant compte du métré final. Pour les ouvrages structurants, le coût tient compte de la nature du projet et de sa complexité.

Aménagements	Métré	Coût travaux (€ HT)	Prix unitaire
Aménagements linéaires			
Bande enherbée	1 730 ml	4 325	2.5 €/ml
Haie existante à renforcer	640 ml	6 400	10 €/ml
Haie simple	890 ml	17 800	20 €/ml
Haie sur merlon	340 ml	15 300	45 €/ml
Noue enherbée	340 ml	10 200	30 €/ml
Noue à redents	560 ml	42 000	75 €/ml
Redent dans fossé existant	nbr 17	2 550	150 €/u
Seuil	nbr 40	60 000	1500 €/u
Rehausse chemin	65 ml	16 250	250 €/ml
Passage à gué	nbr 3	9 000	3000 €/u
Reprofilage noue existante	400 ml	4 000	10 €/ml
Reprofilage bord de fossé	280 ml	4 200	15 €/ml
Protection tête de buse	nbr 3	6 000	2000 €/u
Entrée de champ	nbr 1	2 500	2500 €/u
Rigole métallique (chemin)	nbr 7	3 500	500 €/u
	Sous total	***204 025***	***€ HT***
Mares tampons			
n°113	527 m3	25 100	
n°115	2923 m3	57 800	
n°318	791 m3	20 400	
Talus de plein champ			
n°203	1 509 m3	41 900	
n°206	1417 m3	40 600	
	Sous total	***185 800***	***€ HT***

Tableau 19 : estimation financière des aménagements du schéma final

Le schéma d'aménagement d'hydraulique douce sur le bassin versant du Clignon amont est estimé à un coût total de travaux de 389 825 € HT, dont :

- les ouvrages d'écrêtement 185 800 € HT
- les aménagements d'hydraulique douce, avec
  - aménagements linéaires (haies, bandes enherbées) 43 825 € HT
  - collecteurs (noues et berges de fossé) 18 400 € HT
  - freins hydrauliques (redents et seuils) 104 550 € HT
  - aménagements sur chemins 31 250 € HT
  - protection tête de buse 6 000 € HT

A ce coût estimé des travaux, il faut ajouter :

- maîtrise d'œuvre (8,5 %) 33 135 € HT,
- étude faune flore (secteur forestier) 10 000 € HT
- dossiers règlementaires 20 000 € HT
- divers et imprévus (5%) 19 490 € HT

soit un coût total de **472 450 € HT**

14 VOLET REGLEMENTAIRE

Les aménagements du présent schéma relèvent de la nomenclature des opérations soumises à autorisation au titre de l'article R.214-1 du Code de l'Environnement, modifié par le décret n°2015-526 du 12 mai 2015, au regard des rubriques du tableau 35 ci-contre.

Rubrique n°	Intitulé	Caractéristiques du projet	Projet soumis à
2.1.5.0	Rejet d'eaux pluviales dans les eaux douces superficielles ou sur le sol ou dans le sous-sol, la surface totale du projet, augmentée de la surface correspondant à la partie du bassin naturel dont les écoulements sont interceptés par le projet, étant : Supérieure ou égale à 20 ha (A) ; Supérieure à 1 ha mais inférieure à 20 ha (D).	Surface interceptée > à 20 ha	Autorisation
3.2.3.0	Plans d'eau, permanents ou non : Dont la superficie est supérieure ou égale à 3 ha (A) ; Dont la superficie est supérieure à 0,1 ha mais inférieure à 3 ha (D).	Superficie> 3 ha	Autorisationt
3.2.5.0	Barrage de retenue et ouvrages assimilés relevant des critère de classement prévus par l'article R.124-112 (A)	Non classées	Sans objet

Tableau 20 : rubriques suivant la nomenclature de l'article R214-1, modifié par le décret n°2015-526 du 12 mai 2015 pour le bassin versant du ru des Vaux

Le projet relève également d'une Déclaration d'Intérêt Général (DIG) avec Servitude d'Utilité Publique pour la mise en place et l'entretien. Les aménagements réalisés par les collectivités sur des terrains privés sont notamment concernés.

Lors de la mise œuvre des aménagements, un phasage des travaux pourra être envisagé par sous bassin versant hydrauliquement indépendant des sous bassins versants voisins. En revanche, l'instruction des procédures règlements devra être réalisée pour l'ensemble du bassin versant du Clignon amont afin de présenter et justifier la cohérence globale du projet sur la qualité des eaux et les ruissellements.

15 RECOMMANDATIONS ET ALEAS

15.1 CONTROLES EN PHASE CONCEPTION

En phase de conception, le présent schéma d'aménagement doit présenter les contrôles techniques suivants :

- des bornages,
- un contrôle des réseaux enterrés,
- une étude faune flore, notamment dans le massif forestier de la ZNIEFF « Coteaux de la vallée du Clignon amont », dominant la commune d'Epaux-Bézu au nord.

15.2 ALEAS

Le schéma d'aménagement proposé et son estimation financière sont donnés au stade d'avant-projet pour les aménagements d'hydraulique douce et peuvent présenter des variations significatives en fonction des aléas suivants :

- aléa de modélisation : conditions initiales avant épisode pluie et distribution des intensités pluvieuses sur le territoire,

- aléa du marché : en fonction des prix unitaires réels et des marchés de travaux publics lors de la consultation des entreprises,
- aléa règlementaire : dans le cadre des procédures règlementaires, des études d'impact peuvent être demandées.

15.3 MESURES DE SAUVEGARDE ET DE PREVENTION

Des mesures visant à la résilience peuvent compléter les propositions du schéma d'aménagement. Ces mesures permettent de retrouver rapidement un usage normal des biens et des services (traitement des eaux usées par exemple) en intégrant dans la conception l'occurrence probable d'une inondation.

En effet, il est rappelé que l'épisode du type de juillet 2000 est rare, et peut difficilement être intégralement maîtrisé sans la mise en place de l'ensemble du programme préconisé par SOGETI (scénario 3). Une mise en place partielle des solutions contribuent toutefois à réduire son intensité.

Il est important d'informer la population sur ce risque, permettant la mise en place d'une culture du risque partagée par l'ensemble de la population. Cette information passe par l'élaboration d'un plan communal de sauvegarde regroupant l'ensemble des documents de compétence communale contribuant à l'information préventive et à la protection de la population en cas de survenance d'un évènement majeur.

Elaboré à l'initiative du maire, le plan communal de sauvegarde a pour but d'organiser, en situation de crise, l'évacuation de la population sinistrée en prévoyant, dans l'urgence, et avec le plus de précision possible une répartition des tâches entre les différents acteurs. Les dispositifs de communication et d'alerte sont également intégrés.

Ce plan communal de sauvegarde est complété d'une information préventive des populations, réalisée avec le document d'information communal sur les risques majeurs (DICRIM).

Par ailleurs, l'expertise sur les cheminements des ruissellements permet de renforcer la connaissance sur le risque « ruissellement », et de prendre ce risque en compte dans l'élaboration de documents d'urbanisme.

16 BILAN

Le Syndicat du Bassin Versant de l'Ourcq amont et du Clignon a retenu comme première phase la mise en œuvre d'un plan d'aménagements d'hydraulique douce (objet de la présente mission), comprenant :

- la mise en place de mesures agronomiques visant à la réduction à la source du ruissellement et de l'érosion des sols. Des réunions de sensibilisation des agriculteurs et des échanges directs ont déjà été mises en place,
- la maîtrise des eaux de ruissellement hors zones urbaines, contribuant à un ralentissement dynamique des écoulements par l'implantation d'aménagement reposant sur le génie végétal, du type : haies, fascines, noues, bandes et chenaux enherbés, et la création de mares tampon, talus de plein champ, seuils, redents contribuant à l'écrêtement des crues.

Le schéma d'aménagement d'hydraulique douce retenu résulte d'une expertise fine de terrain, réalisée par le bureau d'études LIOSE, de la concertation avec les exploitants agricoles, l'obtention d'un accord de principe des propriétaires pour les mares tampon et les talus de plein champ et les échanges avec les services de la Police de l'Eau. Le tableau n°21 (page suivante) reprend les propositions des étapes successives ayant conduites au schéma final.

Le schéma d'aménagement d'hydraulique douce final s'appuie sur une série 5 petits ouvrages d'écrêtement (7 200 m3) et d'aménagements contribuant au frein hydraulique et la gestion locale des écoulements. Ce scénario permet un abattement significatif des crues au droit du hameau de Buire à minima 33% pour une pluie décennale et plus de 8% pour une pluie cinquantennale. Cet abattement de crue reste néanmoins insuffisant pour une protection des habitations le long du Clignon dans le hameau de Bruire.

Ces aménagements contribuent également à réduire les exportations de sédiments (estimées à 14% par rapport à la situation actuelle pour une pluie décennale), et également les polluants adsorbés.

Enfin, parmi les aménagements d'hydraulique douce proposés, les haies, les bandes enherbées, les noues, talus et mares tampon contribuent à la création de refuges en plein champ favorisant la biodiversité.

Ce schéma d'aménagement d'hydraulique douce est estimé à 450 325 € HT, dont environ 50% pour les ouvrages d'écrêtement et 50% pour les autres aménagements.

Ce schéma d'aménagement d'hydraulique douce doit être compris comme une première étape.

Des actions complémentaires permettent de renforcer son efficacité et aboutir à un dispositif permettant une protection des riverains au Clignon en cas de pluies rares. Ces actions complémentaires peuvent être :

- la création d'un lit moyen et/ou d'un bras de décharge sur le Clignon au droit de Buire permettrait d'améliorer les écoulements en zone urbaine sans impacter le lit mineur du Clignon, tout en créant une zone humide,
- le renforcement de la gestion des eaux pluviales sur la ZID de l'Omois doit être envisagé, notamment par une prise en compte de pluies de projet de retour 100 ans, par exemple sous la forme d'un double débit de fuite permettant d'optimiser la capacité des ouvrages existants et le rejet direct dans le Clignon des eaux pluviales de la plateforme de FM Logistic théoriquement régulées à 25 l/s en sortie de plateforme. Une étude hydraulique détaillée est ainsi nécessaire, afin de définir précisément les aménagements nécessaires en cas de pluies rares,
- la majorité des mesures agro-environnementales de protection des eaux souterraines du captage d'eau potable d'Epaux-Bézu contribuent également à limiter les crues par réduction de la production du ruissellement à la parcelle et le maintien et renforcement d'éléments fixes,

- et l'ajout d'ouvrages d'écrêtement des crues en amont de Buire, notamment au droit du site de la Marnoise, permettrait de renforcer l'écrêtement du présent scénario.

Aménagements	SOGETI sc.3	LIOSE	Agriculteurs	Schéma retenu
Pratiques culturales				
Prairie à maintenir (ha)	9.5	0.0	0.0	0.0
Prairie à créer (ha)	8.0	1.4	0.0	0.0
Boisement (ha)	2.7	0.0	0.0	0.0
Aménagements linéaires				
Chenal enherbé (ml)	0	105	0	0
Bande enherbée (ml)	9 915	2 915	1 730	1 730
Haie existante à renforcer (ml)	0	640	640	640
Haie simple (ml)	16 886	1 330	830	890
Haie sur merlon / merlon / talus / banquettes (ml)	1 470	1 985	545	340
Haie dans fossé (ml)	0	685	0	0
Fascine (ml)	570	1 690	0	0
Noue enherbée (ml)	0	75	290	340
Fossé (ml)	2 560	0	0	0
Fossé ou noue à redents (ml)	0	130	555	560
Redent dans fossé existant (nbr.)	0	30	23	17
Seuil (nbr.)	7	62	65	40
Rehausse terrain (m²)	0	830	0	0
Rehausse chemin (ml)	0	40	70	65
Passage à gué (nbr.)	0	1	3	3
Curage fossé ou noue existant (ml)	220	140	680	680
Protection tête de buse (nbr.)	0	1	3	3
Rigole métallique sur chemin (nbr.)	0	7	7	7
Busage (ml)	265	0	0	0
Entrée de champ (nbr.)	0	0	1	1
Sous total (€ HT)	***161 267***	***411 347***	***241 575***	***204 025***
Mares tampons				
Nombre	15	14	7	3
Capacité total (m^3)	33 700	14 585	6 505	4 241
Sous total (€ HT)	***269 600***	***308 150***	***141 800***	***103 300***
Talus de plein champ				
Nombre	2	5	5	2
Capacité total (m^3)	36 500	15 430	6 000	2 926
Sous total (€ HT)	***438 000***	***367 600***	***119 000***	***82 500***
TOTAL (€ HT)	***868 867***	***1 087 097***	***502 375***	***389 825***

Tableau 21 : propositions d'aménagement pour les étapes successives et le schéma final retenu

PARTIE V « ANNEXES»

Annexe 1 : cartes (planches A0)

- propositions d'aménagement, scénario SOGETI
- propositions d'aménagement, scénario LIOSE
- propositions d'aménagement, scénario « agriculteurs »
- plan d'aménagement d'hydraulique douce final

Annexe 2 : bibliographie « mesures agronomiques » et « aménagements d'hydraulique douce »

- fiches actions AREAS
- haies et fascines, caractérisation efficacité et conditions d'utilisation AREAS
- fiches actions IBIS
- pratiques culturales synthèse impact ruissellement et érosion AREAS

Annexe 3 : modélisation impact d'aménagements d'hydraulique douce sur le ruissellement et l'érosion des sols à l'échelle d'une parcelle

Annexe 4 : caractérisation et dimensionnement des ouvrages d'écrêtement

Annexe 5 : modélisation hydrologique sous HEC HMS

Annexe 6 : impact du schéma d'aménagement final sur le ruissellement et l'érosion : modélisation sous LISEM

Annexe 7 : plans A1 des 5 ouvrages d'écrêtement final

Annexe 8 : fiches « exploitant agricole »

ANNEXE 1 : CARTES

ANNEXE 2 : BIBLIOGRAPHIE

ANNEXE 3 : IMPACT AMENAGEMENTS D'HYDRAULIQUE DOUCE SUR RUISSELLEMENT ET EROSION : PARCELLE TEMOIN, MODELISATION LISEM

ANNEXE 4 : CARACTERISATION ET DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES D'ECRETEMENT

ANNEXE 5 : MODELISATION HYDROLOGIQUE SOUS HEC HMS

ANNEXE 6 : IMPACT DU SCHEMA D'AMENAGEMENTS D'HYDRAULIQUE DOUCE FINAL SUR RUISSELLEMENT ET EROSION : MODELISATION LISEM

ANNEXE 7 : PLANS A1 : 5 OUVRAGES D'ECRETEMENT DU SCHEMA FINAL

ANNEXE 8 : FICHES « EXPLOITANT AGRICOLE »