



Opération de Reconquête de la Qualité de l'Eau des captages de CAIX

Étude érosion-ruissellement sur les sous-bassins autour des
captages de Caix 1



GEONORD

18 rue du Maréchal Haig 62223

– Anzin Saint Aubin –

– 03 21 71 91 64 –

– contact@geonord.fr –

Contact : Adrien VALENTIN

www.geonord.fr

Historique du document

Affaire suivie par : Adrien VALENTIN

Rédacteur : Thomas PERCHERON, Olivier ANCELIN (suivi climatique + phases 2 – 3 étude érosion)

Relecteur : Adrien VALENTIN, Romain SIX

		DESCRIPTION
1.0	Décembre 2020	Rapport provisoire de phase 1 de l'étude érosion-ruissellement sur les sous-bassins autour des captages de Caix 1
2.0	Avril 2021	Rapport provisoire des phases 2 et 3 (en cours) de l'étude érosion-ruissellement sur les sous-bassins autour des captages de Caix 1
3.0	Juillet 2021	Rapport final relecture Camille Dallet – SIEP du Santerre

Sommaire

1.	Contexte et objectifs.....	1
1.1.	La mise à jour des modes de transfert sur l'ensemble de l'AAC avec les zones tampon.	2
1.2.	Fonctionnement général hydraulique des sols.....	5
1.3.	Etude climatique et suivi pluviométrique	7
1.4.	La délimitation de la zone pour l'étude érosion	7
2.	Expertise du fonctionnement hydraulique à différentes échelles du Bassin Versant (BV) de Caix 1	9
2.1.	Identification des zones d'écoulements et modélisation des écoulements théoriques sur la base d'un modèle numérique de terrain (précision 5 mètres)	9
2.2.	Caractéristiques du milieu physique du secteur primaire	11
2.2.1.	La topographie	11
2.2.2.	La texture des sols	12
2.3.	Synthèse des résultats obtenus suite aux expertises de terrain	14
2.3.1.	Rencontre avec le SIEP du Santerre le 4 février 2021	14
2.3.2.	Les exploitants du secteur prioritaire	17
3.	Mise en œuvre d'un programme de travaux de lutte contre l'érosion à l'échelle du secteur prioritaire du bassin versant de Caix 1	19
3.1.	Estimation des débits et volumes ruisselés.....	19
3.1.1.	Présentation de la méthode des volumes du CEMAGREF	19
3.1.2.	Données pluviométriques.....	19
3.1.3.	Choix des coefficients de ruissellement.....	20
3.1.4.	Estimation du temps de concentration	22
3.1.5.	Estimation des débits.....	23
3.1.6.	Estimation des volumes ruisselés	24
3.1.7.	Estimation des volumes générés aux exutoires des sous-unités	24
3.2.	Présentation des aménagements-type et propositions par sous bassin versant	25
3.2.1.	Propositions d'améliorations des pratiques agronomiques	25
3.2.2.	Les aménagements d'hydraulique douce	27
3.3.	Définition et présentation du programme d'actions sur le secteur prioritaire du BV de Caix	32
3.4.	Propositions par sous-unité hydrauliques du secteur prioritaire du bassin versant de Caix 1	33
3.4.1.	Sous-unité n°5A (Vrély).....	33
3.4.2.	Sous-unité n°4A « Les vingt et un Journaux »	35
3.4.3.	Sous-unité n°3A (La Fosse Renaud)	36
3.4.4.	Sous-unité n°2A (Le Haut de Caix)	37
3.4.5.	Sous-unité n°1A (Captage de Caix 1) :	38
3.5.	Récapitulatif des travaux prévus dans le cadre de l'avant-projet.....	39
3.6.	Estimation financière	40
3.7.	Scénario d'aménagement	41

Liste des figures

Figure 1 : Illustration de l'effet d'une bande enherbée (source : www.soltner.fr)	6
Figure 2 : Modélisation des écoulements principaux et mise en évidence des zonages associés.....	9
Figure 3 : Illustration de la méthodologie appliquée dans le secteur prioritaire incluant le zonage PSE	11
Figure 4 : Statistiques des classes de pentes observées	11
Figure 5 : Hiérarchisation des solutions agronomiques à mettre en œuvre sur le territoire du BV de Caix 1.	26

Liste des illustrations

Illustration 1 : Photographies des phénomènes érosifs autour de Caix 3	8
Illustration 2 : Vue des pentes à l'approche du captage de Caix	11
Illustration 3 : Mise en évidence de phénomènes de battance affectant les surfaces cultivés du secteur prioritaire. (Source Chambre d'agriculture de la Somme)	13
Illustration 4 : Photographies prises sur le terrain lors du tour de plaine effectué le 4 février 2021 en présence du SIEP du Santerre	15
Illustration 5 : Photographies prises suite à l'orage de mai 2018 sur le site et dans les parcelles jouxtant le captage de Caix 1	16
Illustration 6 : Phénomènes de battance et manifestation de l'érosion hydrique visibles sur les terres labourables à proximité du captage de Caix 1	16
Illustration 7 : Résultats des calculs hydrauliques selon une pluie projet vicennale à l'échelle du secteur prioritaire et du BV de priorité 2 de Caix	25
Illustration 8 : Résultats de la recherche bibliographique portant sur la réduction du ruissellement par la culture du Miscanthus (Source AREAS)	29
Illustration 9 : Fonctionnement d'un seuil – Vue en coupe	29
Illustration 10 : Vue d'une zone de rétention du ruissellement	31
Illustration 11 : Représentation schématique d'un merlon en coupe	31

Liste des cartes

carte 1 : Carte Aquaplainne des modes de transfert sur l'AAC	2
carte 2 : Carte des zones tampons sur l'AAC.....	7
carte 3 : Carte des différents zonages	8
carte 4 : Découpage en sous-unités hydrauliques cohérentes des périmètres les plus fins correspondant aux différentes délimitations du bassin versant de CAIX 1	10
carte 5 : Localisation des classes de pentes à partir du MNT 5 mètres sur le secteur prioritaire du bassin versant de Caix 1	12
carte 6 : Carte de la sensibilité des sols à l'approche du captage de Caix 1	13
carte 7 : Détermination des parcelles à risque en sol battant où le sens de culture pratiqué est susceptible d'accentuer les phénomènes de ruissellement	14
carte 8 : Identification des exploitants agricoles inclus dans le secteur prioritaire du BV de Caix 1	17
carte 9 : Cartographie des propositions pour la sous-unité 5A du secteur prioritaire avec écoulement	33
carte 10 : Cartographie des propositions pour la sous-unité 5A du secteur prioritaire avec mise en évidence du zonage PSE sans écoulements théoriques.....	34
carte 11 : Cartographie des propositions pour la sous-unité 4A du secteur prioritaire avec écoulement	35
carte 12 : Cartographie des propositions pour la sous-unité 4A du secteur prioritaire avec mise en évidence	35
carte 13 : Cartographie des propositions pour la sous-unité 3A du secteur prioritaire avec écoulement	36
carte 14 : Cartographie des propositions pour la sous-unité 3A du secteur prioritaire avec mise en évidence du zonage PSE sans écoulements théoriques.....	36
carte 16 : Cartographie des propositions pour la sous-unité 2A du secteur prioritaire avec mise en évidence du zonage PSE sans écoulements théoriques.....	37
carte 15 : Cartographie des propositions pour la sous-unité 2A du secteur prioritaire avec écoulement	37
carte 17 : Cartographie des propositions pour la sous-unité 1A du secteur prioritaire avec écoulement	38
carte 18 : Cartographie des propositions pour la sous-unité 1A du secteur prioritaire avec mise en évidence du zonage PSE sans écoulements théoriques.....	38

1. Contexte et objectifs

Depuis plusieurs décennies, le bassin Artois-Picardie est engagé dans une reconquête de la qualité de ses rivières, de ses nappes et de son littoral. Cette démarche s'inscrit dans un contexte européen depuis l'adoption de la Directive Cadre sur l'Eau en Octobre 2000 et la loi GRENELLE. Ainsi, dans des secteurs jugés comme prioritaires pour l'enjeu eau potable, **l'Agence de l'Eau incite les collectivités à agir pour la protection des masses d'eaux souterraines et des captages** par le biais d'**Opérations de Reconquête de la Qualité de l'Eau (ORQUE)**.

C'est dans ce cadre que le SIEP du Santerre a souhaité mener, à travers la mise en place d'actions préventives sur le long terme, **une action globale sur l'Aire d'Alimentation des Captages (AAC) de CAIX**. En effet, les captages de CAIX présentent une dégradation de leur qualité en nitrates et pour certaines matières actives. La production sur ces deux champs captants représente environ 70% de l'alimentation en eau potable du territoire du SIEP.

Située à l'Est du département de la Somme, l'AAC de CAIX se situe sur la petite région naturelle du Santerre. Elle s'étend sur 5 329 ha et concerne seize communes : ARVILLERS, BEAUFORT EN SANTERRE, BOUCHOIR, CAIX, FOLIES, FOUQUESCOURT, HANGEST EN SANTERRE, HARBONNIERES, LE QUESNEL, LIHONS, MAUCOURT, MEHARICOURT, ROSIERES EN SANTERRE, ROUVROY EN SANTERRE, VRELY et WARVILLERS.

Le territoire est vulnérable aux phénomènes de ruissellements et d'érosion. Au printemps 2018, d'intenses épisodes pluvieux se sont abattus sur le territoire. Ces intempéries, d'une rare violence ont été à l'origine de coulées de boues. Cela a créé d'énormes dégâts allant jusqu'à l'inondation des captages augmentant la turbidité de l'eau captée.

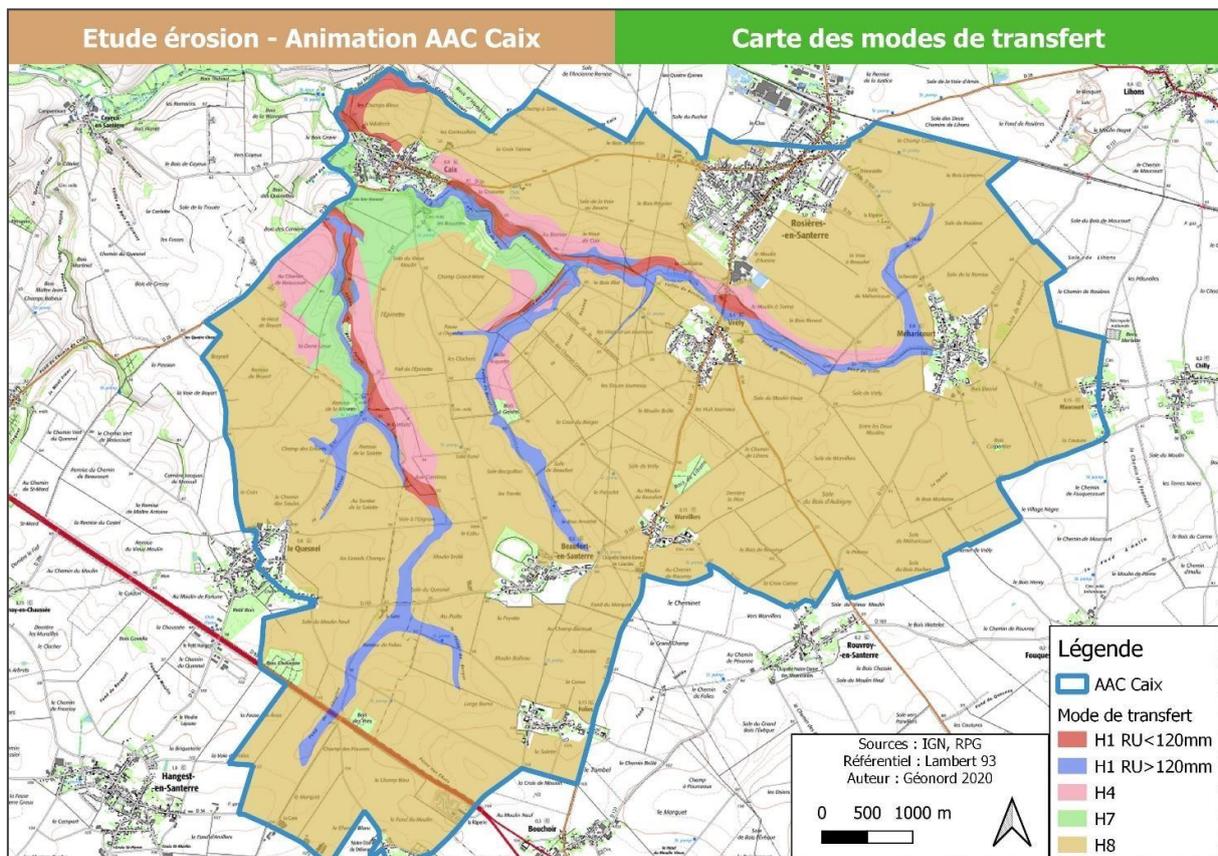
Face à ces problématiques, le SIEP a identifié des axes d'amélioration sur la fertilité organique des sols, sur la mise en place des leviers agronomiques : sens de travail du sol, rotation, travail du sol, la concertation des assolements entre agriculteurs, l'aménagement des éléments paysagers pour réduire les transferts d'eau et le diagnostic des pratiques culturales à risque.

L'étude de lutte contre l'érosion est menée par Géonord et la Chambre d'agriculture de la Somme afin de prévenir des phénomènes érosifs sur une partie du territoire. Elle se compose de 3 phases :

- PHASE 1 : Définition du périmètre d'étude ;
- PHASE 2 : Fonctionnement hydraulique ;
- PHASE 3 : Réalisation d'un programme de travaux, estimation financière et communication.

1.1. La mise à jour des modes de transfert sur l'ensemble de l'AAC avec les zones tampon.

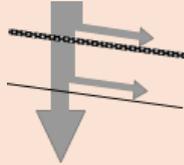
La méthode Aquaplaine est utilisée pour déterminer les modes de transfert. Cette méthode d'analyse permet de comprendre l'importance des sols dans l'écoulement des eaux, et s'inspire des travaux du CORPEN qui décrivent les différents transferts par des symbologies codifiées. Chaque mode de transfert est identifié par un code et une couleur dans la légende de la carte qui est présentée ci-après. Il ne s'agit pas à proprement parler d'une carte des types de sol, mais d'une carte des ensembles pédologiques présentant une homogénéité dans la façon dont l'eau s'écoule. Une actualisation des modes de transfert a été réalisée sur l'ensemble des parcelles de l'AAC de Caix. La version établie en 2015 se base sur 361 sondages pédologiques réalisés par Géonord. En 2020, le diagnostic a été enrichi par les observations terrain et un arpentage de l'AAC en novembre. A cette période les conditions étaient bonnes puisque les précipitations ont été suffisantes pour observer un sol réhumecté jusqu'à 30 cm.



carte 1 : Carte Aquaplaine des modes de transfert sur l'AAC

4136,49 ha – 78%

H8



**Ruissellement
hypodermique**

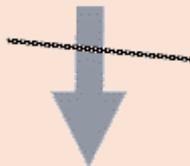
Ce mode de transfert est caractéristique de l'ensemble du territoire. Il s'agit d'un transfert qui sera principalement vertical. Néanmoins, la battance du sol peut rendre le sol imperméable limitant ainsi l'infiltration.

À cela s'ajoute une rupture de perméabilité observée et causée par le travail des engins agricoles.

Sols caractérisés par la présence de limons lessivés sensibles à la battance en surface. Ces sols sont tassés vers 30cm ce qui limite le transfert vertical.



256,29 ha – 5%



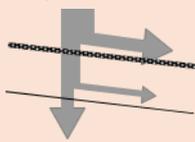
**H1 RU > 120 mm
Infiltration rapide**

Ces sols présentent un mode de transfert dominé par **l'infiltration rapide vers l'aquifère**. L'épaisseur de ce sol permet tout de même d'avoir une réserve utile importante. La période de lessivage est donc étendue sur la période automne-hiver et début de printemps.

En parallèle, et dans une moindre mesure, considérant les fortes pentes et la perméabilité limitée des argiles en surface, il peut y avoir **ruissellement hortonien** en surface en cas de fortes précipitations.

Ces sols localisés dans les talwegs sont essentiellement des colluvions composées de limons à limons argileux.

207,84 ha – 4%



H4

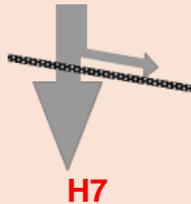
**Ruissellement
hypodermique**

Sols dont le transfert de l'eau se fait de manière latérale. L'infiltration verticale est ralentie par une rupture de perméabilité localisée entre 20 et 30cm. Ce ralentissement peut expliquer la présence de traces d'hydromorphies à 30 cm. Ces sols sont situés sur crête ou dans des versants à faible pente.

Sols argileux ou argilo-limoneux caractérisés par la présence d'une argile lourde imperméable entre 20 et 30 cm. La craie est atteinte entre 60cm (dans les versants) et 100 cm (sur crête). La pierrosité est de 10 % sur l'ensemble du profil.



159,71 ha – 3%



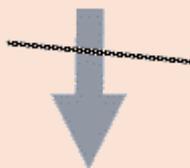
H7
Risque de battance

Ces sols sont sensibles à la battance, ce qui implique des ruissellements de surface potentiels en particulier sur des cultures de printemps. L'infiltration verticale est tout de même présente notamment lorsque le sol est couvert.

Sols caractérisés par la présence de limons lessivés sensibles à la battance en surface. Le lessivage des limons correspond à la partie plus claire (cf. photo). Des silex sont présents entre 10 à 30 % en surface



99,9 ha – 2%



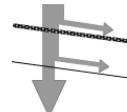
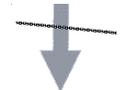
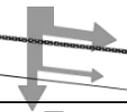
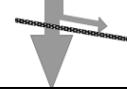
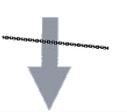
H1 RU < 120 mm
Infiltration rapide (faible réserve utile)

Ces sols présentent un mode de transfert dominé par **l'infiltration rapide vers l'aquifère**. Le sol est très peu épais et présente une réserve utile en eau très limitée. La période de lessivage est donc étendue sur la période automne-hiver et début de printemps. En parallèle, et dans une moindre mesure, considérant les fortes pentes et la perméabilité limitée des argiles en surface, il peut y avoir **ruissellement hortonien** en surface en cas de fortes précipitations.

Sols de cranettes caractérisés par la présence d'argile ou argile limoneuse à silex sur craie entre 30 et 60 cm. L'ensemble de l'horizon est chargé en silex à hauteur de 10 à 30 %.



En résumé :

Mode de transfert	Surface dans l'AAC (ha)	Proportion de l'AAC	Point de vigilance
H8 	4136,49	78%	Engorgement causé par le tassement
H1 RU >120mm 	256,29	5%	Infiltration verticale lente
H4 	207,84	4%	Ruissellement latéral privilégié
H7 	159,71	3%	Infiltration verticale sur sol battant
H1 RU <120mm 	99,9	2%	Infiltration verticale rapide

1.2. Fonctionnement général hydraulique des sols

De façon générale, les sols des territoires sont directement liés au contexte géologique. La présence des calcaires induit des sols très argileux. En effet, l'altération de la craie et sa décarbonatation libèrent des particules d'argile qui s'accumulent au-dessus de la roche.

La majorité de la surface de l'AAC est couverte par des sols de forte épaisseur mais dont la réserve utile n'est pas entièrement disponible.

Cet état de fait induit une vulnérabilité aux transferts horizontaux sur l'ensemble du territoire. De fait, les points de vigilance concernant l'érosion ne correspondent pas aux mêmes phénomènes sur tout le territoire :

– Ruissellement de surface

Les sols battants sont surtout localisés sur le plateau, ils peuvent se fermer lorsque la pluie est importante et que le sol n'est pas couvert. La pente étant faible, l'eau est stagnante en surface ou bien suit des axes d'écoulement.

– Infiltration rapide vers l'aquifère

Les sols argileux peu épais sur craie présentent une forte vulnérabilité au lessivage. Leur faible réserve utile est rapidement remplie au début des précipitations hivernales efficaces, ce qui augmente la période de drainage. En période estivale, le lessivage reste possible en cas de fortes précipitations ou de présence de fentes de retrait dans l'argile.

– Engorgement et ruissellement hypodermiques

Les sols argileux hydromorphes ou ayant une rupture de perméabilité. Ces sols peuvent être engorgés lorsque la pente est faible. A l'inverse, un ruissellement hypodermique est observable lorsque la pente le permet.

Le rôle des zones tampons dans le cadre des études érosions est multiple, elles permettent :

- De jouer le rôle de frein hydraulique ralentissant le ruissellement,
- De sédimenter les particules charriées par le ruissellement,
- D'infiltrer les eaux de ruissellement.

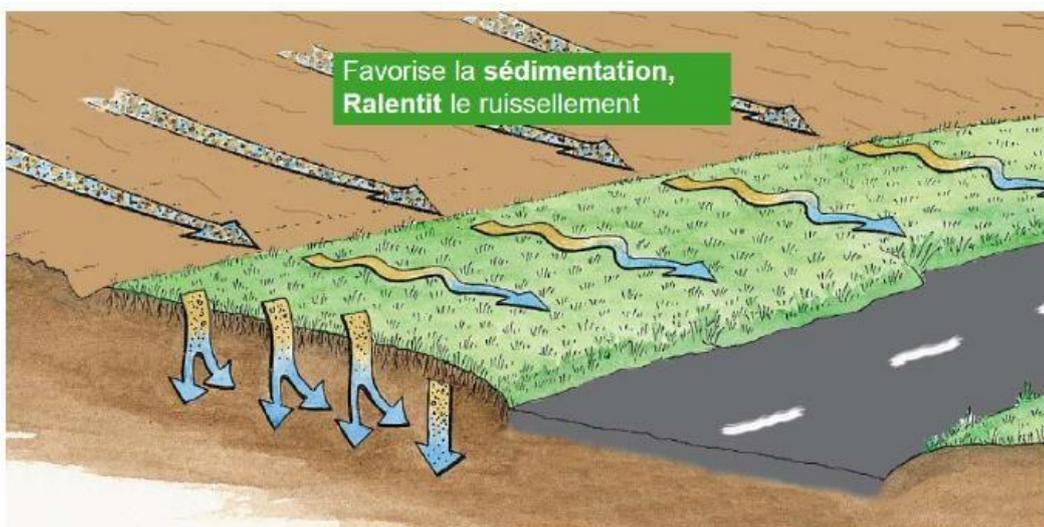
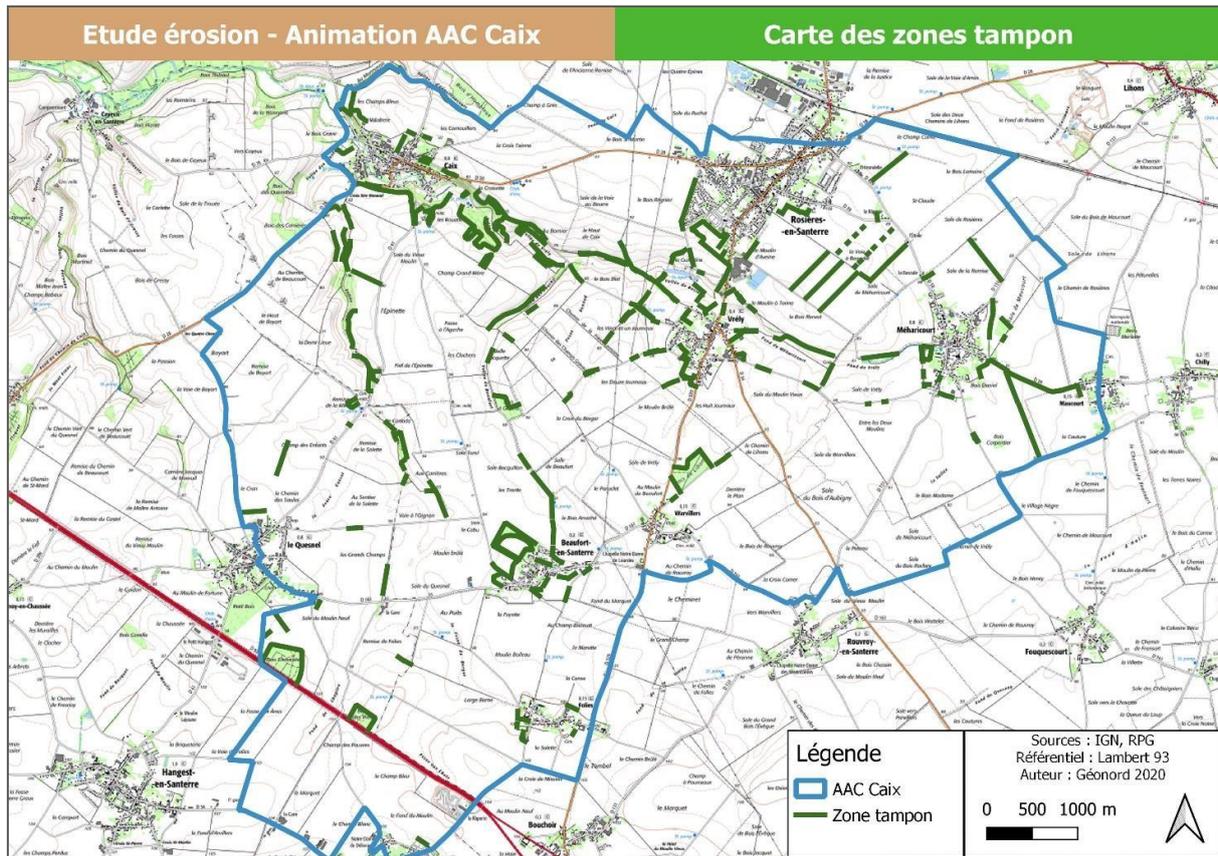


Figure 1 : Illustration de l'effet d'une bande enherbée (source : www.soltner.fr)

Un recensement des zones tampons (haies, bandes enherbées, ...) a été réalisé lors de l'arpentage de l'AAC. Ces éléments topographiques du paysage sont localisés et cartographiés sur la carte suivante. Au total 45 km de linéaires de zones tampons ont été recensés. Il s'agit principalement de haies et de surfaces boisées. Aucune bande enherbée n'a été observée.

La répartition de ces éléments est hétérogène. Elle est liée à l'historique du territoire, les éléments les plus structurants sont surtout localisés dans les talwegs. Le tableau ci-dessous détaille les types de zone tampon observés.

Type de zone tampon	Longueur (m)	Proportion
Haies entretenues	18598	40.89%
Buissons et arbustes - continus	14301	31.44%
Lisière de bois	9801	21.55%
Buissons et arbustes - discontinus	2770	6.09%
Haies entretenues + fascine	17	0.04%
Total	45487	100.00%



carte 2 : Carte des zones tampons sur l'AAC

La présence de ces éléments structurants est un atout pour le territoire car ils permettent de jouer un rôle dans la lutte contre le ruissellement et l'érosion. Pour autant, les zones tampons existantes n'ont pas forcément été mises en place pour lutter contre l'érosion, leur efficacité n'est pas optimale.

1.3. Etude climatique et suivi pluviométrique

- Analyse (répartition, durée, intensité, fréquence) des précipitations et pluies exceptionnelles depuis 25 ans ;
- Caractérisation de la saison à risque et occurrence des phénomènes intenses ;
- Définition d'une pluie projet et méthodologie employée
- Localisation du pluviomètre de terrain à mettre en place sur 4 ans via une clef de répartition.

1.4. La délimitation de la zone pour l'étude érosion

La zone d'étude est un élément important puisqu'elle conditionne la surface d'intervention. L'AAC de Caix s'étend sur 5 329 ha. Pour conserver une cohérence hydraulique, la surface étudiée devrait être élargie et sortir en partie de l'AAC. Ce bassin versant représente 4 000 ha. La modélisation des écoulements a été réalisée sur cette surface.

Dans le cadre du marché conformément au CCTP, il est prévu une étude érosion – ruissellement sur la zone de Caix 1 estimée à 400ha de superficie. A la demande du SIEP, la prise en compte du périmètre défini dans le cadre de la mise en place des Paiements pour Services Environnementaux (PSE) d'une surface de 177 ha est à prioriser dans le cadre de l'étude érosion-ruissellement.

Enfin lors des investigations de terrain sur l'ensemble de l'AAC de Caix, une zone autour

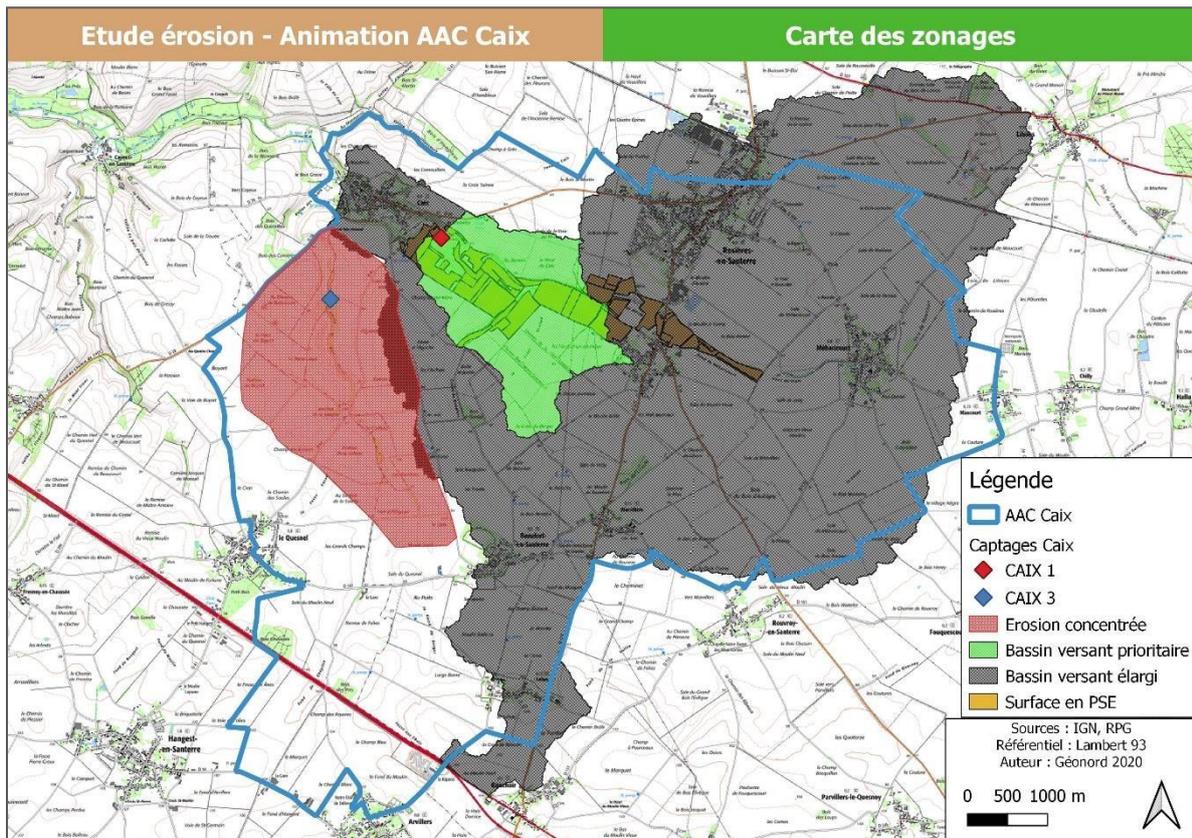
de Caix 3 était plus sujette à l'érosion que le reste du territoire. Les photos ci-dessous ont été prises dans le talweg de la zone concernée par l'érosion concentrée. On peut y voir plusieurs atterrissements en bas de la parcelle ainsi que de l'eau stagner.



Illustration 1 : Photographies des phénomènes érosifs autour de Caix 3

Afin de correspondre au cahier des charges du SIEP du Santerre, seul le bassin versant prioritaire sera étudié jusqu'à l'échelle parcellaire pour y faire des préconisations. La modélisation des écoulements sera tout même réalisée sur le bassin versant élargi. Les préconisations concerneront donc uniquement la surface prioritaire de 400ha.

À noter que l'ensemble des processus hydrauliques du territoire se gèrent au niveau du bassin versant. La zone restreinte étudiée de 400ha autour de Caix 1 se situe en aval du bassin versant hydraulique. Or les processus érosifs se gèrent généralement de l'amont vers l'aval. Il est donc possible, pour une efficacité optimale de lutte contre l'érosion-ruissellement, de traiter les zones amont par la suite.



carte 3 : Carte des différents zonages

2. Expertise du fonctionnement hydraulique à différentes échelles du Bassin Versant (BV) de Caix 1

2.1. Identification des zones d'écoulements et modélisation des écoulements théoriques sur la base d'un modèle numérique de terrain (précision 5 mètres)

Comme expliqué dans la partie précédente, La Chambre d'agriculture de la Somme a utilisé un modèle numérique de terrain qui couvre le département de la Somme et l'a traité par photogrammétrie afin de modéliser les écoulements principaux et secondaires qui peuvent potentiellement converger vers le captage de Caix 1.

Trois zonages ou échelles d'étude ont ainsi été déterminés :

CRÉATION D'UN ARBRE DES ÉCOULEMENTS ADAPTÉ AU TERRITOIRE

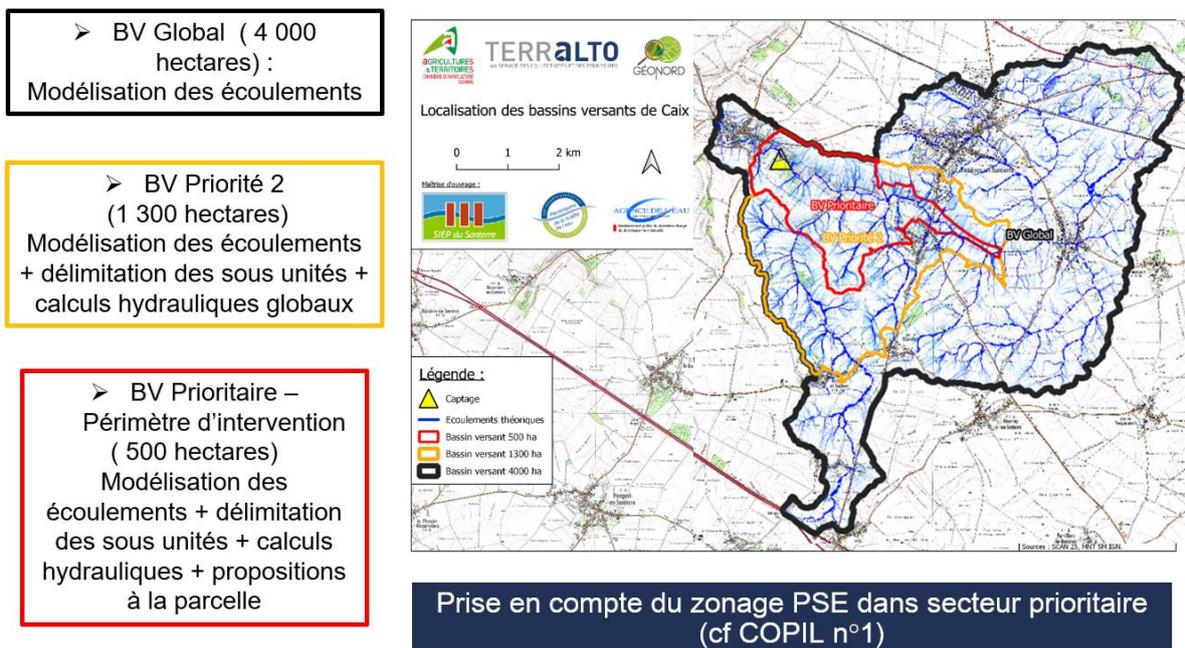


Figure 2 : Modélisation des écoulements principaux et mise en évidence des zonages associés

L'interprétation des résultats, issus du traitement par photogrammétrie du MNT (précision 5 mètres), aboutit à la définition de **trois échelles d'études du BV de CAIX 1** qui s'avèrent pertinentes :

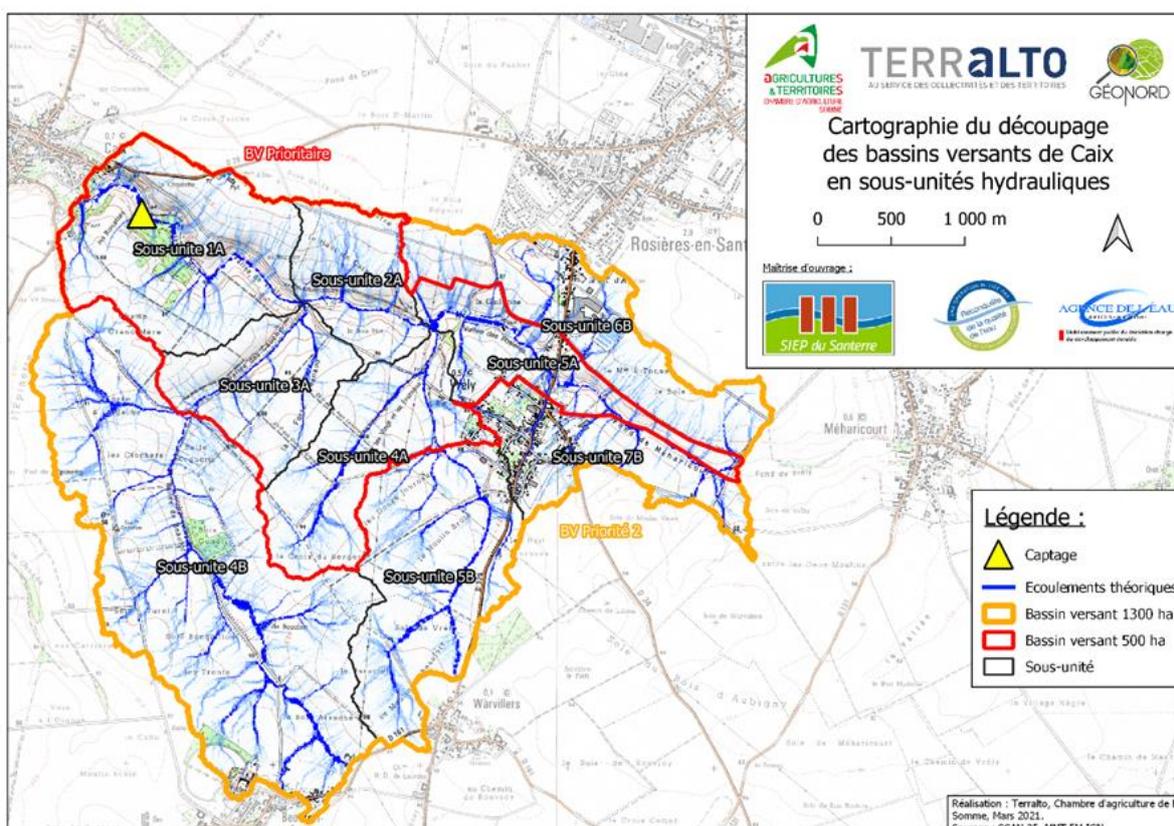
- A l'échelle macroscopique ou large, on peut mettre en évidence un bassin versant dont les limites englobent une surface de **4 000 hectares**. Pour la suite de l'étude, on l'appellera "BV Global".

On y distingue des écoulements principaux qui potentiellement serpentent des surfaces contributives au ruissellement vers le captage de CAIX 1.

Ce n'est pas l'échelle qui a été retenue pour la mise en œuvre du programme d'aménagement compte tenu des éléments définis dans le CCTP.

Il serait intéressant à la suite de cette étude de réaliser une expertise plus fine afin de prioriser chaque axe de ruissellement et d'inclure les éventuelles discontinuités hydrauliques comme les chemins, routes etc...

- À une échelle plus fine, si on prend maintenant en compte les discontinuités hydrauliques majeures et que l'on sélectionne les axes de ruissellements principaux qui sont orientés vers le captage de Caix 1, il est possible alors de discriminer **un bassin versant que l'on appellera "BV Priorité 2" d'une surface de 1300 hectares.** Pour les besoins de l'étude, ce zonage fera l'objet d'un découpage en sous-unités hydrauliques cohérentes afin d'affiner le résultat des calculs hydrauliques.
- Enfin, si on ne sélectionne que l'axe principal des écoulements théoriques qui est orienté vers le captage de Caix 1 et que l'on intègre les surfaces contributives au ruissellement vers le zonage PSE (demande du COPIL décembre 2020), nous obtenons enfin **le périmètre intitulé "zonage prioritaire" qui fera l'objet d'un programme d'aménagement comme défini par le CCTP de l'étude.** Bien qu'il soit annoncé à 400 ha dans ce document, et pour des raisons de cohérence intellectuelle, il a été décidé **d'augmenter de 100 hectares** le périmètre précédemment énoncé soit **500 hectares.**



carte 4 : Découpage en sous-unités hydrauliques cohérentes des périmètres les plus fins correspondant aux différentes délimitations du bassin versant de CAIX 1

La méthodologie appliquée dans le secteur prioritaire est synthétisée dans la figure suivante.

MÉTHODOLOGIE DÉVELOPPÉE SUR LE BV PRIORITAIRE

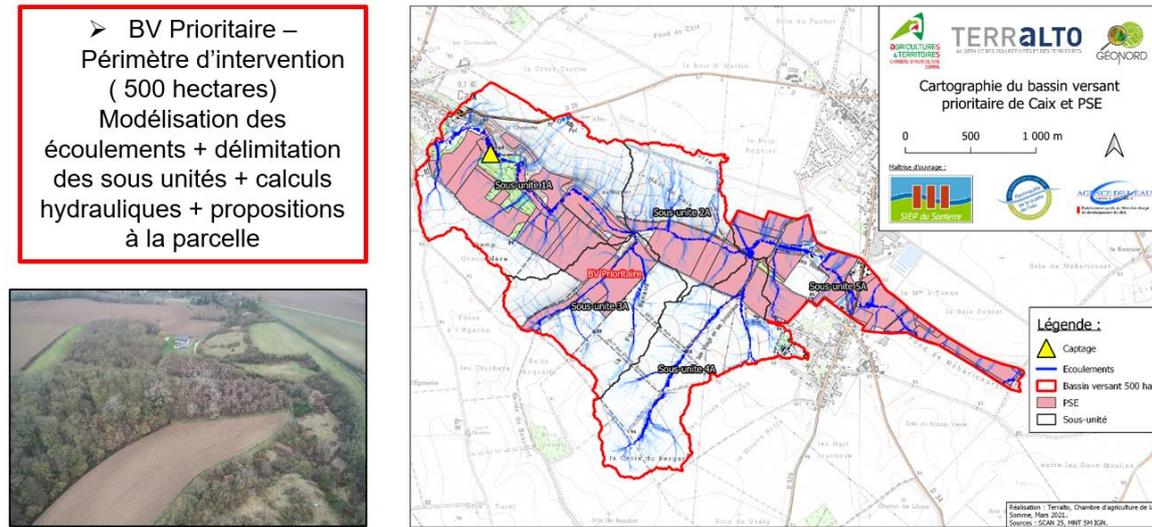


Figure 3 : Illustration de la méthodologie appliquée dans le secteur prioritaire incluant le zonage PSE

2.2. Caractéristiques du milieu physique du secteur primaire

2.2.1. La topographie

Il est admis que la topographie, c'est-à-dire les pentes, joue un rôle très important dans la genèse des processus d'érosion causés par des phénomènes de ruissellement de type hortonien ou de Dunne.

Ainsi, plus les pentes sont fortes au travers d'un bassin versant, plus les probabilités d'incision du sol et de départs de terre sont élevées. La topographie favorise en effet l'augmentation de l'énergie cinétique de l'eau à la surface du sol ce qui peut favoriser l'incision des terres labourables dans les bassins versants agricoles.

Classification des pentes pour le bassin versant de Caix

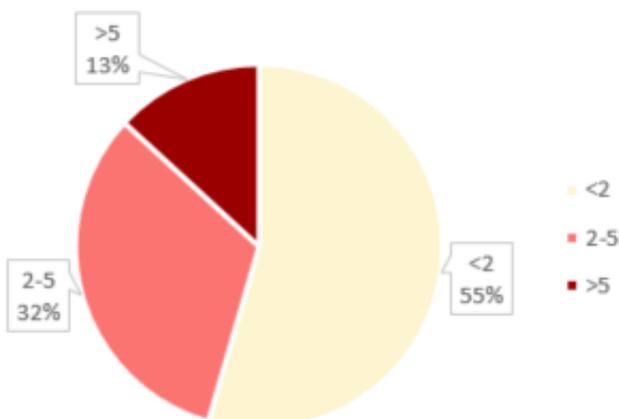
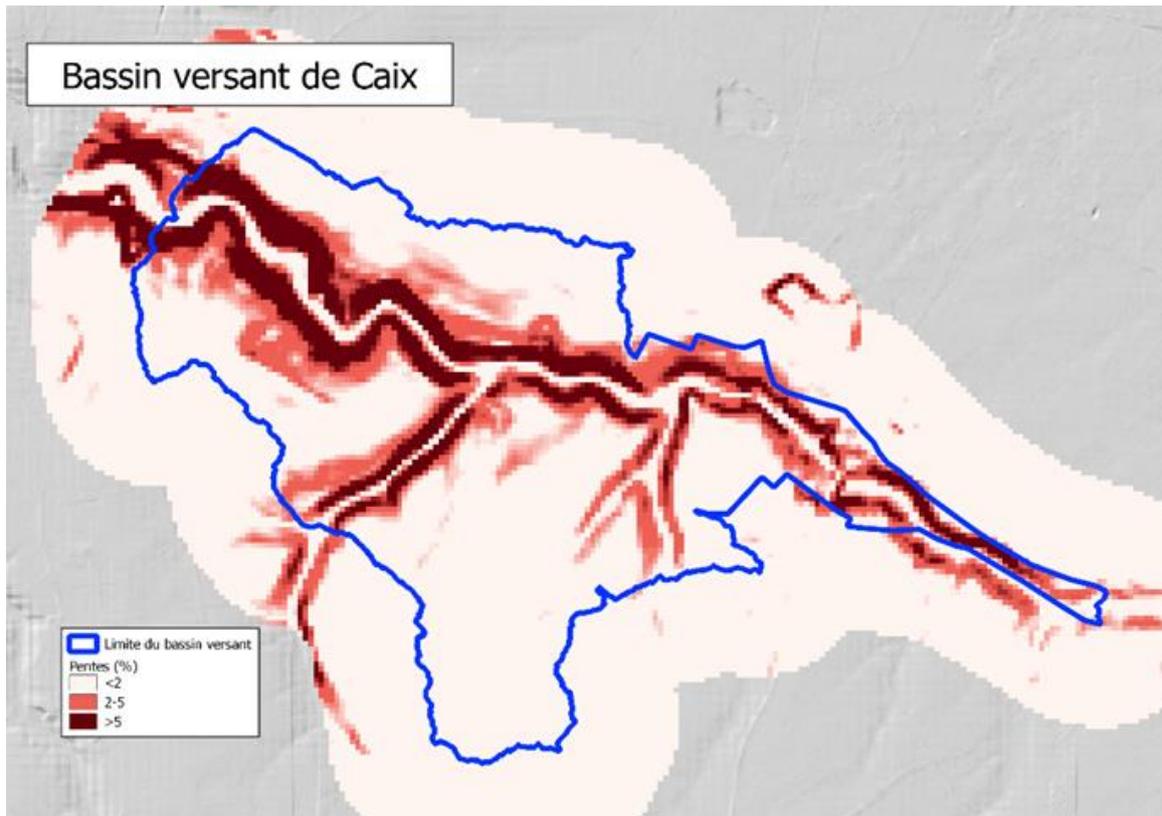


Illustration 2 : Vue des pentes à l'approche du captage de Caix

Figure 4 : Statistiques des classes de pentes observées



carte 5 : Localisation des classes de pentes à partir du MNT 5 mètres sur le secteur prioritaire du bassin versant de Caix 1

À la lecture des graphiques et cartes produites dans le cadre de cette partie, on peut mettre en évidence certains paramètres qui attestent de **la vulnérabilité du territoire à l'érosion hydrique** :

- Les surfaces où la pente est faible (inférieur à 2 %) recouvre plus de la moitié de la surface de la zone prioritaire. Comme elle est essentiellement occupée par des terres labourables, même si la pente est modeste, on peut y observer du ruissellement diffus qui peut se concentrer dans les vallées sèches qui entaillent cette zone,
- La topographie s'intensifie (entre 2 et 5 %) à mesure que l'on se rapproche des versants de ces vallées sèches. La vitesse du ruissellement peut s'y amplifier,
- Plus on se rapproche du captage et des vallées sèches, plus les surfaces présentant des classes de pentes supérieures à 5% sont importantes.

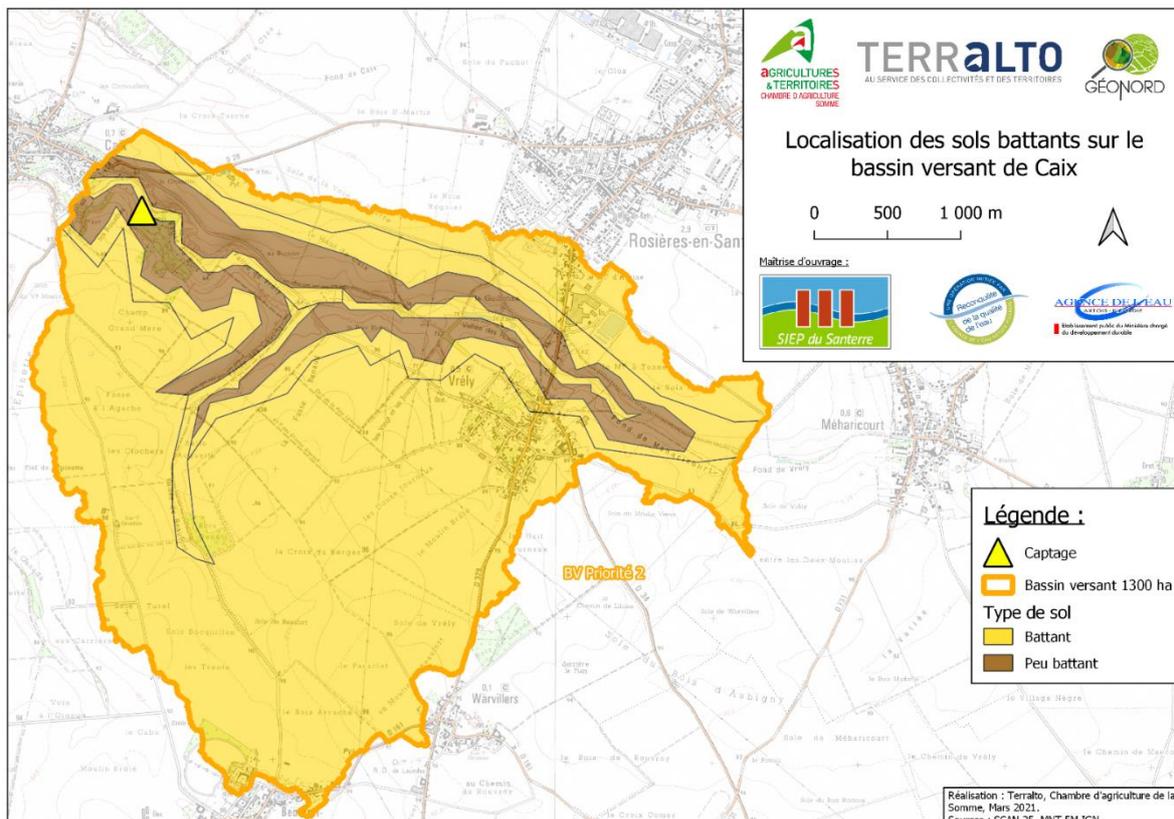
2.2.2. La texture des sols

Lorsque l'on s'intéresse à l'érosion des sols cultivés, il est indispensable de caractériser la sensibilité des sols au processus de battance qui conduit à un refus à l'infiltration de l'eau dans le sol.



Illustration 3 : Mise en évidence de phénomènes de battance affectant les surfaces cultivées du secteur prioritaire.
(Source Chambre d'agriculture de la Somme)

Pour ce faire, nous avons utilisé et croisé les informations pédologiques émanant du Référentiel Pédologique Régional de Picardie labellisé et des cartes géologiques du BRGM. Il en découle une carte qui discrimine les sols sensibles à la battance (limoneux) et ceux peu sensibles (argileux – crayeux).



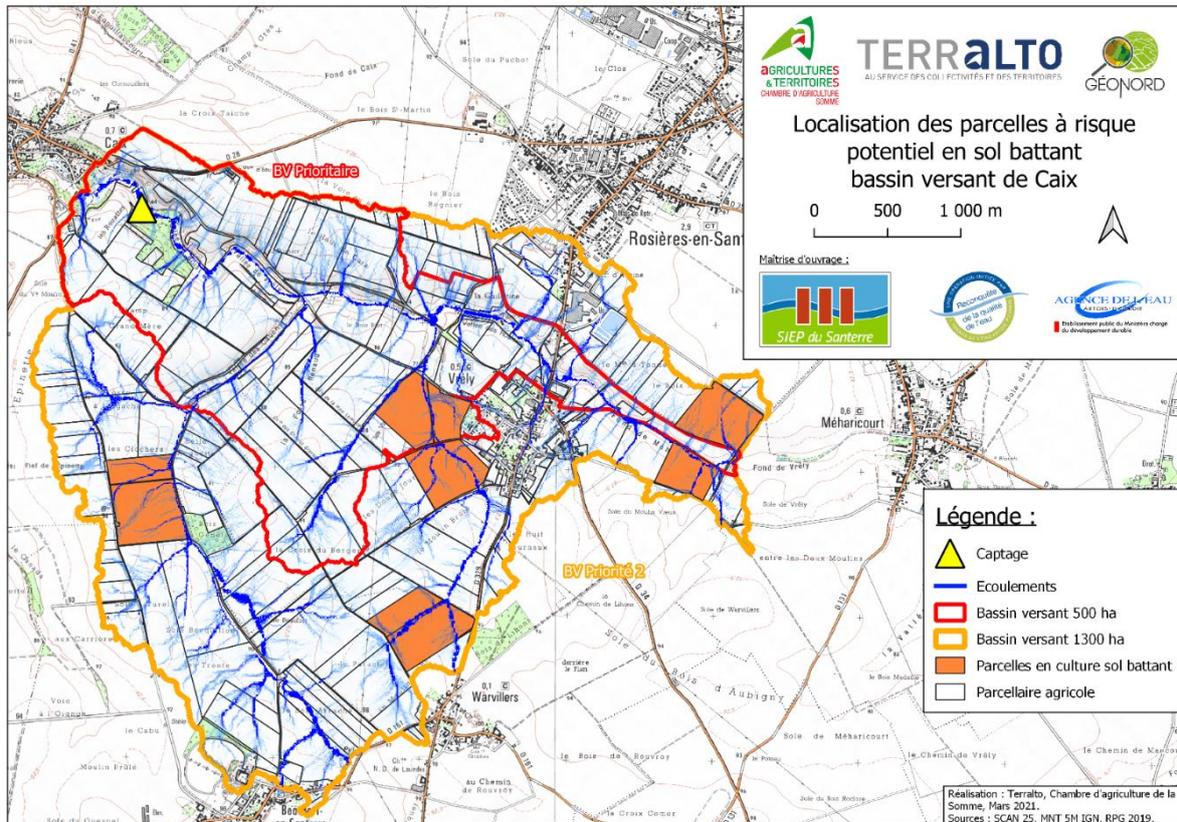
carte 6 : Carte de la sensibilité des sols à l'approche du captage de Caix 1

La majeure partie du plateau agricole étant recouvert d'un matériau limoneux de grande qualité agronomique présente une **sensibilité importante au processus de battance** (surface en jaune). À contrario, ce sont les rebords de plateau, les plus pentus, qui sont recouverts de sols peu battants à la texture plus argileuse ou de type crayeux.

Comme stipulé dans le CCTP, il convenait alors de préciser, au regard des résultats obtenus en matière de cartographie des textures de sol, une sélection de parcelles qui présente un sens de culture susceptible d'amplifier les phénomènes de ruissellement.

Pour ce faire, nous avons croisé les informations issues du Registre parcellaire Graphique,

la carte des textures des sols figurant ci-dessus et la modélisation des écoulements théoriques.



carte 7 : Détermination des parcelles à risque en sol battant où le sens de culture pratiqué est susceptible d'accentuer les phénomènes de ruissellement

Huit parcelles ont ainsi été mises en évidence et il conviendrait de sensibiliser les exploitants concernés. Toutefois, il apparaît compliqué en l'état actuel d'apporter des modifications de sens de culture sans envisager d'échanges parcellaires ou de procédure d'aménagement foncier.

L'ensemble des données collectées dans cette partie sera repris plus loin dans cette expertise hydraulique notamment au travers des calculs hydrauliques

2.3. Synthèse des résultats obtenus suite aux expertises de terrain

2.3.1. Rencontre avec le SIEP du Santerre le 4 février 2021

À l'issue de la phase 1 de cette expertise hydraulique du bassin versant de Caix, une visite du secteur prioritaire et notamment des alentours du captage de Caix, a été programmé en début du mois de février 2021.



Illustration 4 : Photographies prises sur le terrain lors du tour de plaine effectué le 4 février 2021 en présence du SIEP du Santerre

Cette visite avait pour objectif de localiser les principaux dysfonctionnements hydrauliques qui affectent le secteur prioritaire et de visualiser certains ouvrages créés en urgence suite à l'orage de 2018.

Lors de ce tour de plaine, les principaux dysfonctionnements hydrauliques recensés correspondaient essentiellement à des stagnations d'eaux et de nombreux signes de battance.

Localement, à l'approche des plus fortes pentes, des zones d'atterrissement ont été constatées.

Des photographies, illustrant les dégâts observés au niveau du captage de CAIX 1, à la suite de l'orage de 2018, ont été également recueillies.

Ces informations seront remobilisées lors de l'élaboration d'un programme d'action visant à apporter des solutions durables face à ces phénomènes d'érosion d'intensité modérée à très forte.

De plus, l'étude des arrêtés de catastrophes naturelles s'avère riche d'enseignement et témoigne de la récurrence de ces phénomènes érosifs sur ce secteur.

Inondations - Coulées de boue – Inondations (hors Tempête 1999)				
Début d'Événement	Fin d'Événement	Arrêté du	Parution au JO le	Communes concernées
07/07/2001	07/07/2001	06/08/2001	11/08/2001	Caix
22/07/2004	22/07/2004	11/01/2005	15/01/2005	Caix
28/05/2018	29/05/2018	23/07/2018	15/08/2018	Caix

Source : <https://catastrophes-naturelles.ccr.fr/>

L'événement de 2018 reste encore dans les mémoires des acteurs locaux au regard de l'ampleur et des nombreux dégâts pour les cultures en place mais aussi pour le captage de Caix 1, objet de cette expertise.

Aussi, le tableau qui recense les principaux arrêtés de catastrophes naturelles qui ont impacté la commune de Caix confirme les résultats de l'étude climatique (période à risque orage intense de mai à aout).



Illustration 5 : Photographies prises suite à l'orage de mai 2018 sur le site et dans les parcelles jouxtant le captage de Caix 1

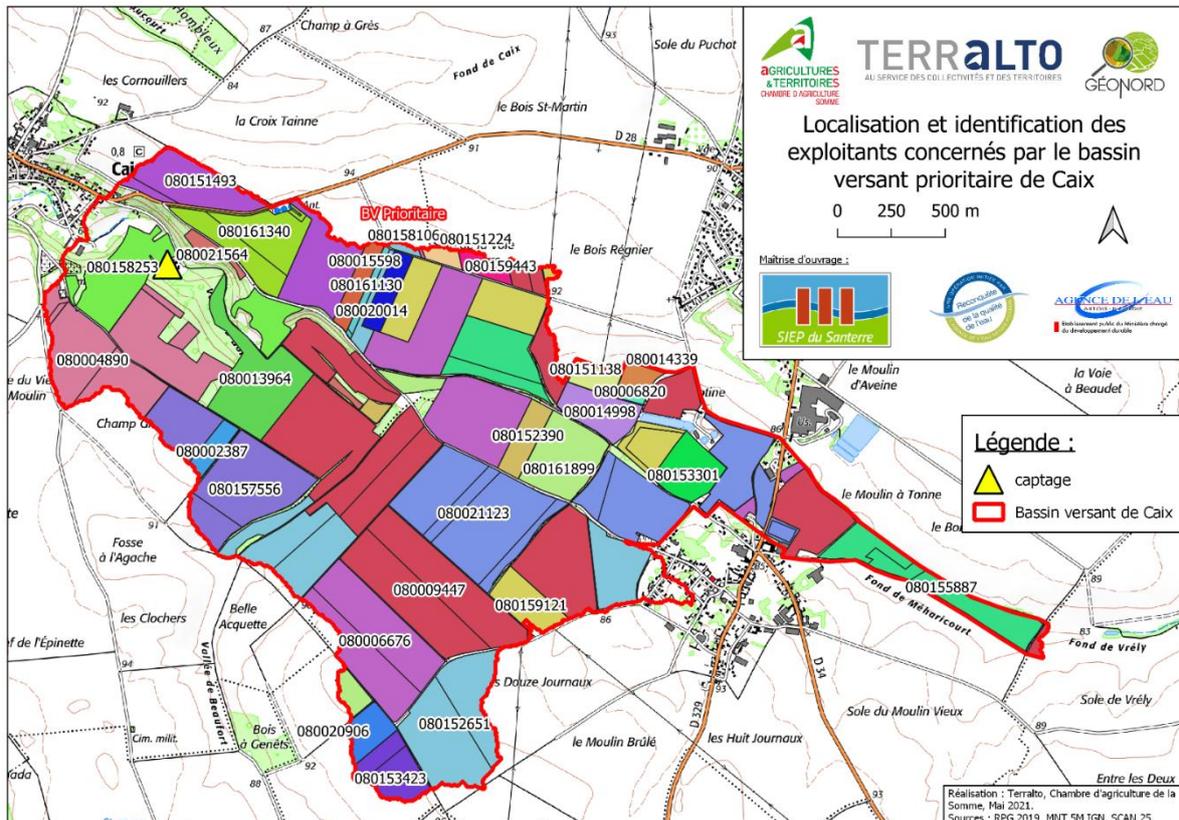


Illustration 6 : Phénomènes de battance et manifestation de l'érosion hydrique visibles sur les terres labourables à proximité du captage de Caix 1

La récurrence des phénomènes d'érosion aux abords du captage de Caix 1 et plus largement dans la zone prioritaire associée est bien une réalité. Les nombreuses photographies et retours d'expérience suite aux orages intenses l'attestent.

2.3.2. Les exploitants du secteur prioritaire

Les exploitants agricoles ont été identifiés par l'utilisation du registre parcellaire graphique via le numéro pacage. Les enquêtes réalisées auprès d'eux ont permis de dresser un "tableau général" des pratiques culturales en vue de proposer des améliorations adaptées au territoire étudié. Elles ont été effectuées en format "collectif" à l'occasion de trois réunions. Les exploitants ayant participé figurent dans une liste en annexe du rapport.



carte 8 : Identification des exploitants agricoles inclus dans le secteur prioritaire du BV de Caix 1

L'ensemble des exploitants sera identifié avant la mise en œuvre des négociations afin d'identifier de manière précise les agriculteurs concernés par l'opération (annexe du rapport). A ce stade, Il en ressort qu'une quinzaine peut être potentiellement concernée par des mesures ou actions au travers du programme qui sera proposé à l'issue de cette étude.

Il est d'usage également que les propriétaires soient identifiés par l'association SOMEA, expert reconnu en charge des négociations agricoles, au moment de la mise en œuvre du programme d'actions. Toutefois, le bureau d'études de la Chambre d'agriculture de la Somme interrogera la base de données du cadastre afin de communiquer les informations relatives à la propriété foncière, qui seront utiles pour la suite du projet d'aménagement du secteur prioritaire de Caix 1 (documents en annexe).

A l'issue des enquêtes et rencontres réalisées auprès des principaux exploitants agricoles du secteur, il en ressort que :

- Le plan de relance agricole 2021 au travers des plantations de haies doit constituer une opportunité pour l'aménagement rapide du secteur concerné,
- La souscription aux contrats agro-environnementaux liés à l'enjeu eau est une possibilité pour aider aux changements de pratiques. Ils déplorent néanmoins que les mesures les plus intéressantes ne soient plus contractualisables (mesure à 600 euros/ha –implantation couvert),

- Le miscanthus peut constituer une alternative à l'érosion dans certaines parcelles notamment en pente mais le débouché de cette culture demeure une contrainte,
- Il faut continuer l'amélioration des pratiques culturales en matière de réduction des phénomènes d'érosion mais que l'aménagement du territoire doit rester une priorité si on veut obtenir des résultats durables et non conjoncturels à une culture donnée.

Ces informations d'ordre général seront complétées et affinées lors de la phase de négociations. En effet, il sera important à ce stade précis de l'opération de préciser comment se déclinent les améliorations de pratiques culturales mises en œuvre chez les différents exploitants agricoles du secteur prioritaire concernés.

Un questionnaire simple qui synthétise les pratiques culturales favorables à la maîtrise des ruissellements servira de support pour recueillir ce type d'informations dans le cadre de rencontres individuelles, en introduction notamment des négociations.

3. Mise en œuvre d'un programme de travaux de lutte contre l'érosion à l'échelle du secteur prioritaire du bassin versant de Caix 1

3.1. Estimation des débits et volumes ruisselés

3.1.1. Présentation de la méthode des volumes du CEMAGREF

Dans le cas des petits bassins versants agricoles du Nord-Ouest de la France, en région limoneuse où plus de 90 % de la surface est occupée par des terres de labour, la méthode rationnelle et la méthode des volumes permettent de calculer respectivement le débit de pointe et le volume total ruisselé.

Pour utiliser ces méthodes, il est nécessaire de déterminer :

- Les intensités de pluies de fréquence rare. Les données du poste Météo France de Rouvroy les Merles ont été retenues suite au COPIL du 17 décembre 2020 car elles sont les plus représentatives du secteur étudié pour les pluies intenses de printemps/été ;
- Les coefficients de ruissellement adaptés à chaque occupation du sol, aux textures et aux pentes ;
- Les temps de concentration pour les sous-unités hydrauliques définies en partie n°2.

3.1.2. Données pluviométriques

L'analyse climatologique (Partie 1 ; contexte climatique de la présente étude) a révélé la pertinence des données météorologiques du poste de Rouvroy les Merles pour la modélisation des phénomènes hydrauliques du bassin versant de Caix.

Les calculs hydrauliques seront réalisés à partir d'une pluie de projet vicennale faisant suite à la demande du COPIL de rendu de phase 1 de cette présente étude (**décision soumise et approuvée par le COPIL du 17 décembre 2020**).

Météo France distribue des données météorologiques précises sur un échantillon de 21 années (1995-2016) pour la station de Rouvroy les Merles permettant la réalisation d'une analyse statistique fiable et la définition des coefficients de Montana nécessaires à la modélisation hydraulique.

Le tableau suivant reprend les hauteurs de pluies correspondant aux durées de retour de fortes précipitations au poste de Rouvroy les Merles.

Les données hydrauliques sont estimées à partir des pluies de projet.

Fréquence de retour	Durée de l'épisode pluvieux intense		
	30 minutes	1 heure	24 heures
5 ans	17.8 mm	20.8 mm	45.0 mm
10 ans	21.7 mm	25.7 mm	56.1 mm
20 ans	25.8 mm	31.1 mm	69.4 mm
50 ans		36.3 mm	74.4 mm
100 ans		41.1 mm	81.9 mm

Tableau 1 : Durées de retour de fortes précipitations sur la période 1995-2016 au poste de Rouvroy les Merles (60) - Méthode du renouvellement (Source Météo France)

La formule de Montana permet de manière théorique de relier une intensité de pluie recueillie au cours d'un épisode pluvieux avec sa durée t : $I(t) = a.t - b$

Les intensités de pluie $i(t)$ s'expriment en millimètres par heure et les durées t en minutes.

Les coefficients de Montana (a, b) – Formule des intensités – sont calculés par un ajustement statistique entre les durées et les intensités de pluie ayant une fréquence donnée. Cet ajustement est réalisé à partir des pas de temps (durées) disponibles entre 6 minutes et 30 minutes ; et entre 15 minutes et 6 heures.

Durée	6 à 30 min		15 à 360 min	
Fréquence	a	b	a	B
20 ans	270	0.476	583	0.721

Tableau 2 : Coefficients de MONTANA pour le poste de Rouvroy les Merles (Météo France)

Le tableau ci-dessus précise les valeurs des coefficients a et b pour des pluies de durées variables.

Ainsi, pour une pluie de fréquence décennale, l'intensité moyenne de la pluie de durée t , correspond à :

$$15 \text{ min} < t < 360 \text{ min}, F_{20} : I \text{ (mm/h)} = 583 t - 0,721 \text{ (t en minute)}$$

$$6 \text{ min} < t < 30 \text{ min}, F_{20} : I \text{ (mm/h)} = 270 t - 0,476 \text{ (t en minute)}$$

La hauteur de pluie pendant la période intense est donc :

$$15 \text{ min} < t < 360 \text{ min}, F_{20} : P \text{ min} = (583/60) t (1 - 0,721) \text{ (t en minute)}$$

$$6 \text{ min} < t < 30 \text{ min}, F_{20} : P \text{ min} = (270/60) t (1 - 0,476) \text{ (t en minute)}$$

La hauteur de pluie totale, d'après le CEMAGREF, peut être estimée pour une durée $D = 2 t$:

$$15 \text{ min} < t < 360 \text{ min}, F_{20} : P \text{ totale (mm)} = (583/60) (2t) (1 - 0,721)$$

$$6 \text{ min} < t < 30 \text{ min}, F_{20} : P \text{ totale (mm)} = (270/60) (2t) (1 - 0,476)$$

3.1.3. Choix des coefficients de ruissellement

Sur une parcelle donnée, le ruissellement dépend de très nombreux facteurs. Pour ne citer que les principaux paramètres :

- l'occupation du sol (bois – prairie – culture),
- l'état de dégradation de la surface du sol (battance),
- la densité du couvert végétal ou la présence de résidus de culture,
- l'humidité du sol (en liaison avec l'historique climatique),
- les pratiques culturales et les successions culturales,
- la pente,
- le type de sols (composition granulométrique et teneur en matière organique),
- la pluie par sa hauteur et son intensité.

Comme la plupart de ces facteurs évoluent dans le temps, l'évaluation des ruissellements à l'échelle d'un bassin versant est extrêmement délicate. Afin d'appréhender ces phénomènes, un coefficient de ruissellement moyen par sous-unité hydraulique a été calculé en s'appuyant sur le type de sol, l'occupation du sol, la pente des parcelles, le type de pluie.

Leurs effets se trouvent amplifiés s'ils se conjuguent avec d'autres paramètres en situation défavorable, comme par exemple : un sol peu couvert, avec croûte de battance développée, une faible rétention superficielle dans les flaques, ou encore un sol humide avant la pluie.

Le choix des coefficients de ruissellement de base repose sur les références régionales acquises par le SRAE de Haute Normandie et l'AREAS sur le bassin versant de Blosserville-sur-Mer qui comporte des sols particulièrement vulnérables au ruissellement.

Les résultats inscrits dans ce tableau donnent les valeurs moyennes des coefficients de ruissellement mesurés. Les chiffres entre parenthèses indiquent les fourchettes de variation de ces coefficients, en fonction de la nature des cultures ou des pratiques agronomiques.

Ces deux résultats traduisent la capacité de rétention superficielle de l'excès d'eau non infiltré ou de « volume des flaques » pour un type de sol et de pente donné.

On peut considérer que la valeur inférieure de la fourchette s'applique aux parcelles offrant une capacité de rétention en surface élevée, c'est-à-dire soit aux limons moins battants, soit aux semis réalisés en majorité perpendiculairement à la pente ou dans des parcelles dont les pentes moyennes sont comprises entre 1 et 2 %. Quant à la valeur supérieure de la fourchette, elle correspond aux sols très battants, cultivés dans le sens de la pente (2 à 5 %), ainsi qu'aux parcelles de pente supérieure à 5 % avec des sols moins battants.

Occurrence de la pluie	Décennale		Bisannuelle	
	Orage de printemps (1 h) 24,5 mm	Pluie hivernale (24 h) 36,1 mm	Orage de printemps (1 h) 15,7 mm	Pluie hivernale (24 h) 26,4 mm
I – Sous culture				
I.1) Cultures sarclées (%) <i>Betteraves Maïs Pommes de terre</i> <i>Betteraves binées</i>	43 (32 à 55) 5		31 (31 à 50)	
I.2) Cultures à petites graines (%) <i>Blé Escourgeon Orge Colza Pois Lin</i>	17 (12 à 23)	13 (5 à 21)	9 (4 à 15)	8 (4 à 20)
II – Interculture				
2.1) Avec résidus (%) <i>Déchaumage de céréales avec ou sans repousses</i>		3 (1 à 5)		0
2.2) Sans résidus (%) <i>Chantier de récolte</i>		26 (15 à 38)		19 (15 à 25)

Tableau 3 : Coefficients de ruissellement sur des sols de limons battants en Pays de Caux, sur pentes comprises entre 2 et 5 % et labour dans le sens de la pente

Ce tableau a servi de base pour l'estimation des coefficients de ruissellement spécifiques aux sols rencontrés dans la Somme et pour le territoire concerné.

Deux grandes classes de sols ont été retenues en fonction de leurs aptitudes au ruissellement :

- **les sols battants** (taux d'argile < 18 % comme les limons de plateaux, les limons colluvionnés),
- **les sols plus argileux ou peu battants** comme les sols de rebord de plateau ou les sols de craie.

Les valeurs des coefficients de ruissellement retenues pour ce bassin versant varient donc en fonction du type de sol, de la pente et doivent être pondérées suivant l'occupation du sol, en tenant compte de la proportion plus ou moins grandes de cultures sarclées comme par exemple les betteraves, pommes de terre, maïs, légumes, par rapport aux autres cultures (céréales d'hiver) et aux surfaces fourragères (prairies permanentes, ray grass...).

Le COPIL a décidé de retenir le taux de cultures de printemps observé récemment sur le secteur prioritaire du BV de Caix à savoir 46,2 % de la sole cultivée (source RPG 2019). Aussi, le scénario tiendra compte des facteurs « milieu » et « agricoles » caractérisant au mieux le territoire étudié.

Le tableau n° 4 (ci-dessous) donne des coefficients de ruissellement (%) sur limons battants en fonction de la pente. Ensuite, le coefficient de ruissellement moyen du bassin versant est pondéré en fonction des autres modes d'occupation du sol : surfaces en bois, en prairies, zone urbanisée et voirie, auxquels est également appliqué un pourcentage de ruissellement :

- Forêt et prairies (P) : coefficient de ruissellement = 0 %
- Voirie (V) : coefficient de ruissellement = 80 %
- Zone urbanisée dense (ZUD) : coefficient de ruissellement = 20 %
- Zone urbanisée peu dense (ZU) : coefficient de ruissellement = 20 %
- Terres labourées (TL) : coefficient de ruissellement = X % calculé suivant la méthode décrite précédemment.

Pente < 2%			Pente 2 - 5%			Pente 5 - 10%		
CPG	CS	C%	CPG	CS	C%	CPG	CS	C%
1	0	6	1	0	12	1	0	23
3 / 4	¼	9	¾	¼	17	¾	¼	31
2 / 3	1/3	11	2/3	1/3	19	2/3	1/3	34
1 / 2	½	13	½	½	22	½	½	39
1 / 3	2/3	15	1/3	2/3	25	1/3	2/3	44
1 / 4	¾	17	¼	¾	27	¼	¾	47
0	1	20	0	1	32	0	1	55

Tableau 4 : Coefficient de ruissellement (%) sur limons battants

3.1.4. Estimation du temps de concentration

Pour calculer le débit de pointe, il est nécessaire d'estimer les temps de concentration sur le bassin versant.

Le temps de concentration correspond au temps que va mettre une goutte d'eau pour parcourir la longueur du chemin hydraulique le plus long sur le bassin versant d'amont en aval, à partir de l'instant où le sol est à saturation.

Il existe de nombreuses méthodes pour estimer cette valeur.

Sur les petits bassins versants agricoles, en région de grandes cultures et là où les obstacles aux écoulements sont peu nombreux, trois méthodes peuvent être utilisées pour estimer le temps de concentration :

* 1) La formule de Kirpich : $T_c K = 0,02 \cdot L^{0,77} \cdot I^{-0,385}$

avec T_c : temps de concentration (en mn)

L (en m) : du chemin hydraulique

I (en m/m) : moyenne de ce chemin hydraulique

$T_c K$ est fonction de la longueur et de la pente moyenne du talweg, mais indépendant de la surface du bassin versant.

$T_c K$ est utilisé par le Soil Conservation Service (SCS) aux USA sur tous les bassins versants où des ravines d'érosion se développent.

* 2) La formule de Ventura : $T_c V = 7,62 \cdot (A/I)^{1/2}$

avec T_c (en mn) = Temps de concentration

A (en km²) = Surface du bassin versant

I (en m/m) = Pente moyenne du chemin hydraulique

$T_c V$ dépend de la surface et de la pente moyenne du talweg, mais ne tient pas compte de sa longueur.

* 3) La formule de Passini : $T_c P = 6,00 \cdot (A/L)^{1/3} / (I)^{1/2}$

T_c (en mn) = Temps de concentration

A (en km²) = Surface du bassin versant

L (en km) = Longueur du chemin hydraulique

I (en m/m) = Pente moyenne de ce chemin

T_c présente l'avantage d'être fonction des trois principaux paramètres (surface, longueur, pente).

Suivant la forme plus ou moins allongée des bassins versants, l'une ou l'autre des formules est la mieux adaptée.

En l'absence de connaissance scientifique rigoureuse pour cette région, nous avons choisi d'estimer **T_c comme étant la moyenne des trois valeurs obtenues par chacune de ces formules.**

3.1.5. Estimation des débits

L'estimation du débit de fréquence décennale sur les petits bassins versants agricoles est peu usitée en France. Aussi nous avons choisi une méthode assez proche du SCS qui fait appel à la méthode rationnelle en adoptant un coefficient de ruissellement à chaque bassin versant en fonction de son type de sol, de sa pente et surtout de l'occupation du sol.

$Q_{p10} = 2,78$. CIA

Q_{p10} = (l/s) débit de pointe de fréquence décennale

C (%) = coefficient de ruissellement pour une pluie orageuse de F10 (fréquence décennale)

I (mm/h) = intensité moyenne de l'orage de durée égale au temps de concentration T_c sur le terrain.

A (ha) = surface du bassin versant.

3.1.6. Estimation des volumes ruisselés

Sur les petits bassins versants ruraux les estimations restent délicates. Le CEMAGREF dans ses recommandations pour "la maîtrise du ruissellement et de l'érosion en vignoble de coteau - guide à l'usage des aménagements " préconise :

*soit la méthode des "Volumes" :

$V = Q_p \times T_c$ avec temps de montée de la crue = temps de décrue

ou $V = 3/2 Q_p \times T_c$ avec le temps de décrue = 2 fois le temps de montée de la crue

*soit d'utiliser l'hydrogramme de crue de la formule de Socose :

$V_{p10-1h} = P_{10}(1h) \times \text{coefficient de ruissellement} \times \text{surface du bassin versant}$.

Dans le cas présent, il nous paraît judicieux de suivre les recommandations du CEMAGREF et de retenir la méthode dite « des volumes », soit la formule :

$V = Q_p \times T_c$

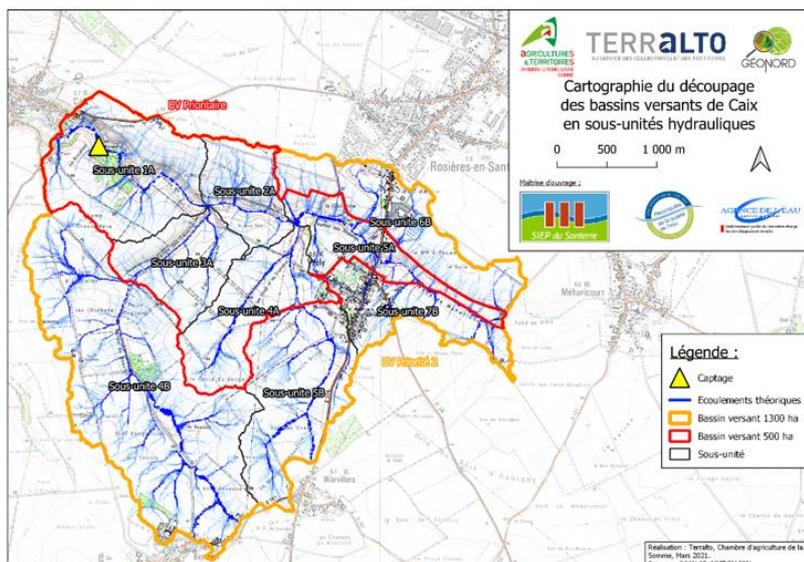
L'hypothèse retenue est celle d'une pluie vicennale d'une durée d'une heure donnant **31,1 mm**.

Cette méthodologie conduit à l'élaboration d'un scénario, en termes de volume à gérer, par sous-unité hydraulique pour les sous-unités du secteur prioritaire déterminé.

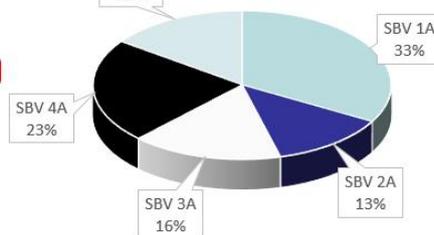
3.1.7. Estimation des volumes générés aux exutoires des sous-unités

Suite à la mise en œuvre des calculs hydrauliques, avec application des règles de décisions déterminées par le COPIL, il est possible d'estimer un volume généré global pour une pluie projet d'occurrence vicennale de **14 500 m³ pour le secteur prioritaire et de 40 161 m³ si on étudie le territoire à l'échelle du BV de Caix de priorité 2.**

Il se décompose de la manière suivante :



Volume généré pour P20 (secteur prioritaire)



Volume généré pour pluie projet retour 20 ans et % CP moyen (46 %).

Secteur Prioritaire : 14 500 m³

BV Priorité 2 : 40 161 m³

Illustration 7 : Résultats des calculs hydrauliques selon une pluie projet vicennale à l'échelle du secteur prioritaire et du BV de priorité 2 de Caix

D'après ce graphique, on constate plusieurs choses :

- Les sous-unités hydrauliques situées à l'aval du secteur prioritaire génèrent des volumes importants malgré leur faible superficie.
- Le secteur prioritaire génère 36 % des volumes du bassin versant de priorité 2 du captage de Caix 1

En priorité, les aménagements d'hydraulique douce seront proposés lorsque les volumes en jeu sont peu importants de façon à ce qu'ils jouent un frein hydraulique dès l'amont du bassin versant. Les ouvrages de rétention plus imposants seront quant à eux suggérés pour stocker les volumes excédentaires résiduels non gérés par aménagements précédemment évoqués et localisés sur des principaux nœuds hydrauliques.

3.2. Présentation des aménagements-type et propositions par sous bassin versant

3.2.1. Propositions d'améliorations des pratiques agronomiques

Les principales propositions agronomiques que l'on peut synthétiser lorsque l'on s'intéresse aux problématiques d'érosion apparaissent dans le tableau ci-après.

Moyens de lutte contre le ruissellement	Facteurs favorisant la production de ruissellement	Actions agronomiques à mettre en oeuvre
Améliorer l'infiltration	Tassement, compactage (réduction de la porosité du sol)	Utilisation de roues jumelées ou pneus basse pression. Utilisation d'effaceurs de traces pour griffer le sol après le tracteur). Décompactage. Limiter le recours aux rouleaux lisses après les semis de printemps.
Limiter l'affinement du sol	Utilisation d'outils animés du type herse rotative, la multiplication des passages d'outils	Utilisation raisonnée d'outils animés en sol limono-battant. Préférer une préparation grossière du lit de semences.
Limiter la battance	Sols nus lors d'intercultures longues (durant l'hiver par ex.)	Implantation généralisée de couverts végétaux en intercultures longues, maintien des résidus de culture en surface
	Manque de matière organique et de calcium	Favoriser et maintenir un bon entretien humique et calcique pour améliorer la stabilité structurale des sols
Freiner les ruissellements	Sens de culture accélérant le ruissellement	Sens de culture à modifier
	Mise en cultures de zones sensibles – Destruction d'éléments paysagers existants	Enherbement, maintien des prairies, des haies, des talus, des fossés...
	Sole importante en cultures de printemps	Assolement concerté pour une meilleure répartition géographique des cultures d'hiver et de printemps, binage tardif des betteraves (en juin)

Tableau 5 : Principales propositions agronomiques pour lutter contre le ruissellement et l'érosion des sols

L'expertise terrain réalisée dans le cadre de l'étude ainsi que les enquêtes effectuées auprès de la profession agricole nous amènent à cibler quelques priorités dans la mise en oeuvre de solutions agronomiques.

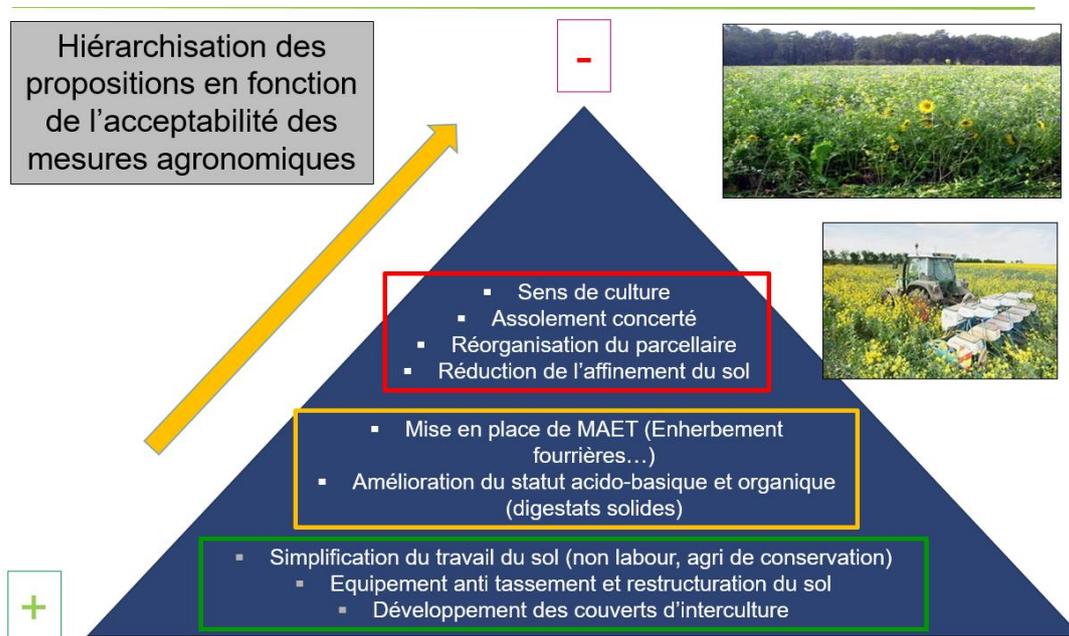


Figure 5 : Hiérarchisation des solutions agronomiques à mettre en oeuvre sur le territoire du BV de Caix 1.

Ainsi, à la lecture de cette illustration, il faut comprendre par exemple que les agriculteurs consentent facilement à mettre en place des couverts d'interculture mais expriment à contrario des résistances à mettre en oeuvre un assolement concerté ou à réduire l'affinement du sol en raison de contraintes agronomiques (rhizoctone – gale sur pomme de terre par exemple).

Toutefois, ces alternatives agronomiques au ruissellement ne sont pas à négliger.

En effet, sur les terres de culture, les quantités d'eau pouvant être infiltrées sont loin d'être négligeables mais leur capacité d'absorption est insuffisante pour se prémunir totalement contre les conséquences du ruissellement et de l'érosion des sols. Par exemple, l'infiltration de 1 mm en moyenne sur le bassin versant de Caix (Terres labourables de 454 ha sur secteur prioritaire) permet de réduire le volume des écoulements de 10 m³/ ha, soit **4 540 m³** sur l'ensemble du bassin versant. Si on traduit ce volume en coût de réalisation d'ouvrages, en se basant sur une dépense moyenne de 15,24 € / m³ stocké, cela représente une économie potentielle sur les travaux d'aménagement de plus de **69 190 €**.

Malgré la mise en œuvre de bonnes pratiques culturales, il restera des écoulements inévitables à gérer. Aussi doit-on envisager en priorité la mise en place d'un nouveau réseau d'aménagements d'hydraulique douce pour permettre la maîtrise des écoulements exceptionnels, accompagné d'ouvrages structurants le cas échéant.

3.2.2. Les aménagements d'hydraulique douce

Principe d'aménagement

L'aménagement hydraulique d'un bassin versant, pour être efficace, doit commencer à l'amont de celui-ci, dès l'apparition des phénomènes de ruissellement puis d'érosion, avant que les écoulements ne commencent à se concentrer. Ainsi, la taille des ouvrages situés le plus en aval sera minimisée et leur risque d'envasement par les limons transportés par les eaux superficielles limité d'autant. Le coût de leur entretien s'en trouvera également réduit. Divers types d'aménagements sont proposés sur la zone étudiée. Le choix d'un ouvrage dépend des paramètres suivants :

a) De son rôle :

- guider le ruissellement,
- protéger les zones sensibles de l'érosion,
- gérer les débits par le stockage temporaire des écoulements,
- favoriser l'infiltration sur place,
- provoquer la sédimentation.

Certains ouvrages remplissent plusieurs fonctions ;

b) De la capacité de rétention nécessaire (fossé d'infiltration, mare tampon, digue de retenue d'une zone inondable) ;

c) De la possibilité de créer un débit de fuite pour la vidange de l'ouvrage. Les ouvrages dits « tampon » tels que les mares, bassins d'orages, digues sont équipés d'une canalisation permettant de vider l'ouvrage dans un délai de 24 heures et ainsi de conserver sa capacité de recevoir le ruissellement produit en cas de nouvel orage ;

d) De l'emprise disponible pour la réalisation de l'ouvrage ;

e) Des possibilités d'entretien et notamment de curage. Un fossé en bord de route est plus facile à curer régulièrement qu'une mare ou un bassin tampon au milieu d'un bloc de parcelles ;

f) Du niveau de sécurité requis : prendre soin d'installer les ouvrages faisant digue plutôt à l'amont ou au milieu des bassins versants et les ouvrages creusés en aval.

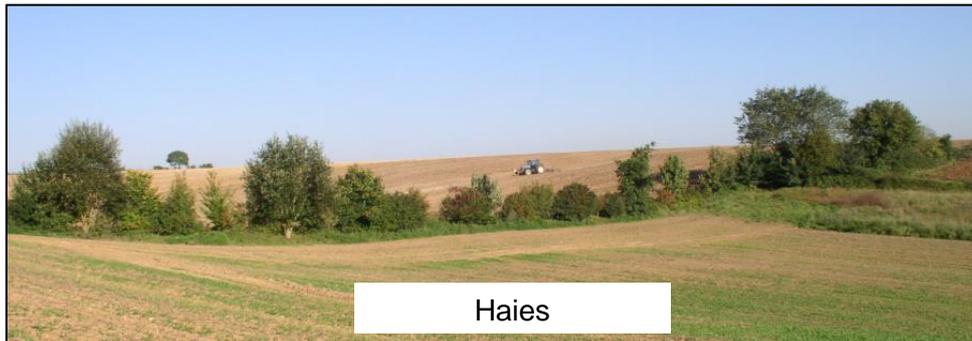
Les ouvrages d'hydraulique douce



Fascine



Bandes enherbées



Haies



Haie de miscanthus

Les formes et dimensions sont calculées pour un débit donné en fonction du type de végétation, de la fragilité du sol et de la pente, afin d'éliminer les risques de ravinement.

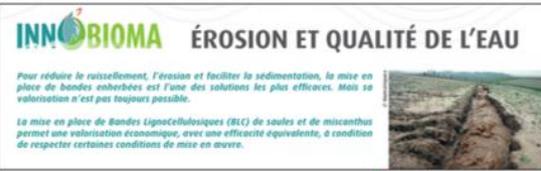
La haie, située sur les passages d'eau naturels, nécessite le plus grand soin lors de son implantation.

Les fascines sont proposées essentiellement en bordure de champ ou en interparcellaire en travers des axes générateurs de départs de terre qui sont généralement marqués au niveau topographique.

Les bandes enherbées peuvent être pâturées, déclarées en jachère, ou encore prises en compte dans le cadre des Mesures Agro-Environnementales. Elles peuvent également être traversées par le matériel si les conditions du sol le permettent. Il est à noter qu'à la demande du SIEP du Santerre, **des bandes de miscanthus** ont été proposées dans le programme d'action ou avant-projet sommaire dans le zonage PSE.

Les recherches bibliographiques portant sur l'effet de l'implantation de parcelles ou bandes de miscanthus vis-à-vis du ruissellement montrent que l'on peut obtenir dans des situations favorables une efficacité quasi équivalente à la mise en place de fascines et supérieure aux bandes enherbées (voir page suivante).

Recherche bibliographique de l'effet de l'implantation de bandes/parcelles de miscanthus sur ruissellement.



Bandes LignoCellulosiques



Des campagnes de mesures ont été menées pour comparer les valeurs de capacité d'infiltration, de ralentissement des écoulements et de sédimentation. Elles ont été réalisées pour 4 principaux types de BLC d'âges différents et selon des techniques d'implantation et de récolte diverses.

- Les pratiques testées en 2017 :
- Herbe témoin.
 - Saules en taillis très courte rotation (TTCR) sur sol nu (6 ans).
 - Saules en taillis très courte rotation (TTCR) avec couvert herbacé (3 et 6 ans).
 - Miscanthus peu dense : 11 350 pieds/ha (6 ans).
 - Miscanthus implantation dense : 19 500 pieds/ha (6 ans).

Les résultats sont présentés par rapport au témoin herbe (=100 %).

- Les saules avec un couvert herbacé offrent des résultats semblables à ceux des bandes enherbées.
- Pour les miscanthus, le couvert très dense obtenu au bout de 6 ans donne les meilleurs résultats, proches de ceux obtenus avec des fascines. C'est le type de BLC le plus efficace pour ralentir les écoulements.

À noter

Les résultats avec des saules sur sol nu ne permettent jamais d'atteindre un résultat suffisant. C'est également le cas du Miscanthus peu dense les premières années.

Illustration 8 : Résultats de la recherche bibliographique portant sur la réduction du ruissellement par la culture du Miscanthus (Source AREAS)

Les ouvrages de régulation au fil de l'eau

Les **noeux enherbés** permettent également de filtrer les ruissellements lorsqu'ils sont peu abondants et sont faciles d'entretien.



L'aménagement des cavées naturelles et des bois qui jouent un rôle important dans le transfert hydraulique du ruissellement entre chaque sous-unité du bassin versant étudié nécessite la mise en place d'ouvrage spécifique comme des seuils.

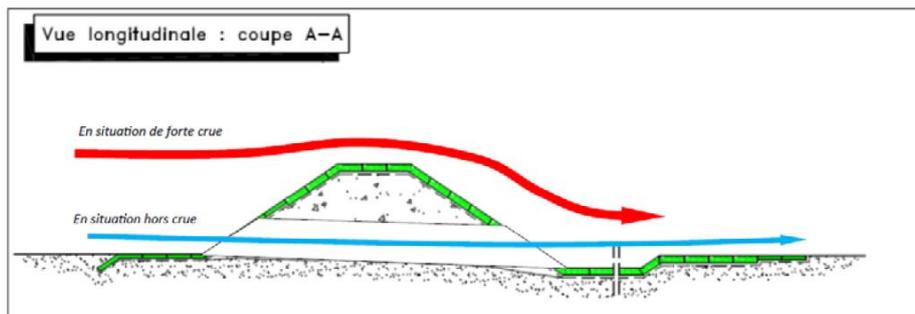


Illustration 9 : Fonctionnement d'un seuil – Vue en coupe



Seuils en gabion



Seuils en bois

La création de ces seuils vise à ralentir les écoulements dans des zones encaissées. Ils doivent participer à l'écrêtement des débits de pointe lors des précipitations intenses. Ils ont été proposés dans des secteurs non classés en cours d'eau permanent et facile d'accès afin de favoriser leur entretien.

Atouts des aménagements de ralentissement / filtration

- ✓ peu d'emprise, peu ou pas de génie civil, faciles à installer
- ✓ efficacité (quasi) immédiate
- ✓ efficaces contre les coulées de boues (filtration et retard de pic de ruissellement)
- ✓ charge d'entretien réduite
- ✓ paysagers (Trame Verte)

Les zones de rétention du ruissellement (ZRR)

L'objectif premier de ces ouvrages est de réduire les volumes ruisselants. Ils offrent l'avantage de pouvoir accueillir des volumes importants. Inversement, ils sont coûteux à entretenir, surtout si aucune modification n'a été apportée aux pratiques culturales pour limiter la production de sédiments en amont.

Ils sont de préférence installés dans des herbages, ce qui permet de filtrer les eaux de ruissellement et ainsi de favoriser la sédimentation en amont de l'aménagement.

Leur inconvénient majeur réside dans le fait qu'ils ne peuvent être vidés et ne jouent pleinement leur rôle qu'une fois l'eau infiltrée. Or, cette capacité d'infiltration est très réduite, de l'ordre de 10^{-6} m/s dans les limons (environ 3.6 mm/h/m²). Cette contrainte est limitée en été car l'évaporation dépasse l'infiltration ; de ce fait, l'ouvrage se vide rapidement et devient à nouveau opérationnel.

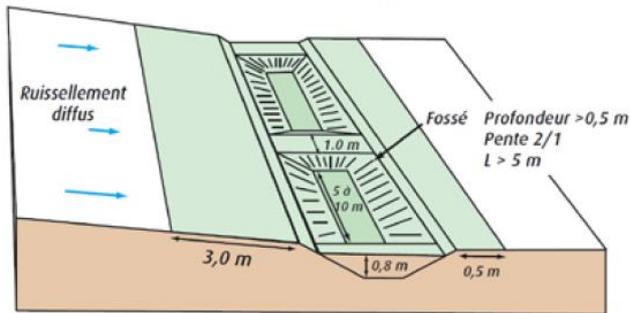
Ces ouvrages sont moins adaptés dans des conditions de longues pluies hivernales répétées. Dans ces conditions, ils peuvent être associés à des ouvrages tampons offrant une plus grande capacité de stockage.

D'une manière générale, les ZRR contribuent au stockage (rôle tampon) et à l'infiltration du ruissellement.

Plus généralement, parmi les ZRR, on retrouve :

- des merlons, des diguettes avec une zone inondable en amont,
- des fossés à redents, des saignées,
- des fossés-talus busés. Dans ce cas, le fossé permet de piéger les sédiments et de limiter l'extension des volumes retenus en amont du talus,
- des mares-tampon comportant un niveau permanent en eau,
- des zones de stockage tel que l'aménagement d'une cavée naturelle,
- de zones temporaires d'écrêtement des volumes.

FOSSÉ À REDENTS



Fossé à redents



Illustration 10 : Vue d'une zone de rétention du ruissellement

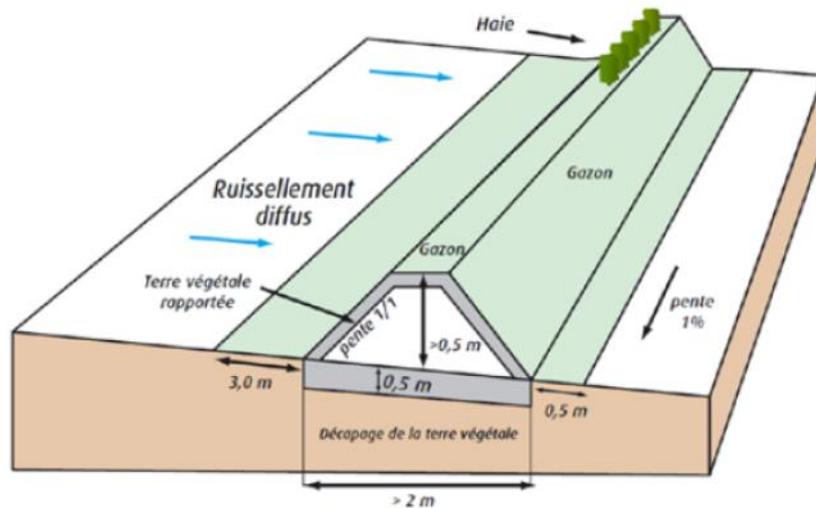


Illustration 11 : Représentation schématique d'un merlon en coupe

Atouts des zones de rétention de ruissellement - ZRR

- ✓ nécessaires pour la gestion des volumes excédentaires générés par des pluies d'orage
- ✓ aménagement de prairies ou de dépressions naturelles existantes
- ✓ efficaces contre les inondations (limitation des volumes à l'exutoire) et les coulées de boues (filtration et retard de pic de ruissellement)
- ✓ paysagers (Trame Verte et Bleue)

Les ouvrages curatifs ou structurants

En dernier lieu, des ouvrages structurants feront également l'objet de proposition afin de gérer les volumes résiduels. Ces ouvrages seront précédés par des ouvrages d'hydraulique douce afin de limiter leur comblement ou envasement par des sédiments entraînés par le ruissellement.

3.3. Définition et présentation du programme d'actions sur le secteur prioritaire du BV de Caix

Les dysfonctionnements hydrauliques liés au ruissellement sont conditionnés par de multiples facteurs : la topographie, la pédologie, la présence ou non d'éléments structurant le paysage (haies, bosquets, talus, mares, fossés, voiries...), l'occupation du sol agricole ou urbanisée, les pratiques culturales.

Ce chapitre présente une palette de propositions techniques à mettre en œuvre pour lutter contre l'érosion en tenant compte de particularités physiques propres à chaque sous-unité hydraulique et s'adaptent à chacune d'entre elles.

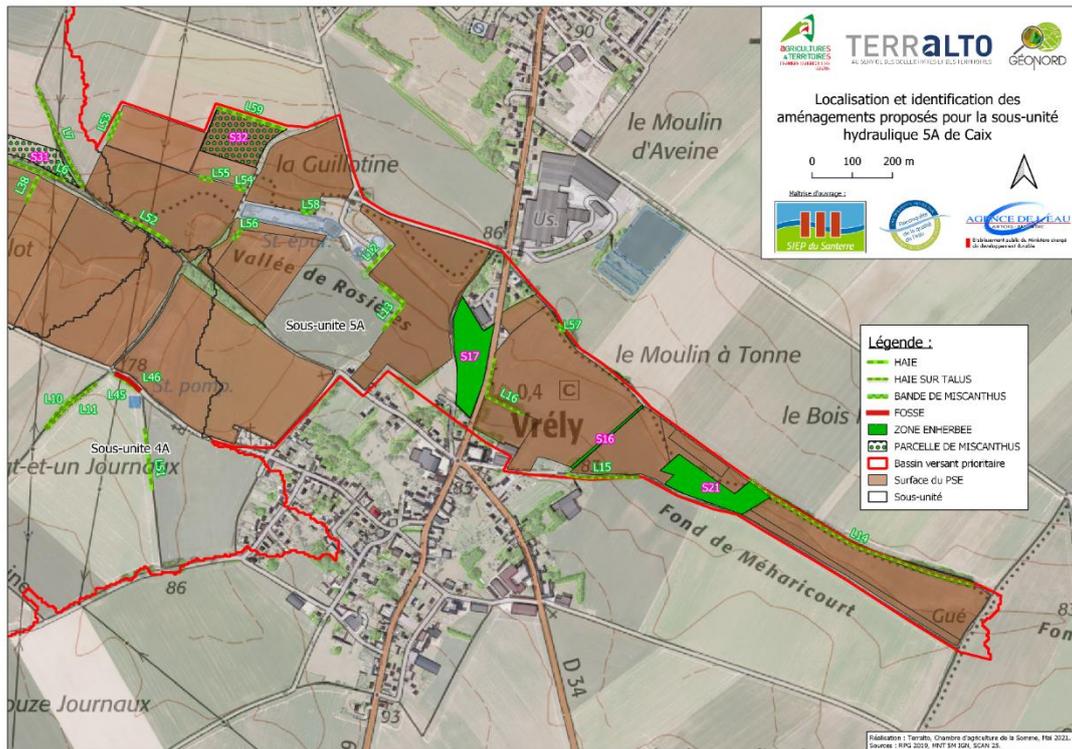
Toutefois, certaines actions peuvent être communes à l'ensemble des sous-unités hydrauliques. Ces actions ont un caractère fondamental dans la lutte contre l'érosion et constituent l'une des priorités à mettre en œuvre. Elles ne seront pas rappelées systématiquement dans la suite de l'étude mais devront nécessairement être prises en compte lors de la phase d'aménagement du bassin versant.

Ces actions concernent d'abord **le maintien des éléments existants et des pratiques culturales** contribuant à la lutte contre l'érosion.

- **Les éléments paysagers** tels que les haies, les bosquets, les talus, les dépressions topographiques, les fossés constituent des obstacles hydrauliques naturels pouvant freiner significativement les eaux de ruissellement. Ces éléments naturels assurent une discontinuité hydraulique et ralentissent le ruissellement. Ils ont été recensés et cartographiés. La situation des obstacles hydrauliques existants est reprise dans l'atlas avec les aménagements préconisés.

Certaines sous-unités hydrauliques sont occupées à plus de 95 % pour des terres labourables. Les pratiques culturales ont, par conséquent, une influence directe sur la gestion des eaux de ruissellement.

- **Les modifications de sens de culture** peuvent s'appuyer également sur une réorganisation du parcellaire (5 propositions sur des îlots de grande surface) ce qui les rend plus facile à mettre en œuvre.
- **Le choix d'un sens de travail perpendiculaire à la pente** limite les écoulements sur les parcelles cultivées quand la pente est modérée. Toutefois, la géométrie des parcelles peut contrarier les modifications de sens de culture. Des propositions spécifiques seront donc faites pour réduire les risques lorsque la mise en œuvre d'un autre sens de culture n'est pas possible.
- **Le maintien des surfaces enherbées** telles que les prairies, les bandes enherbées, les parcelles de miscanthus ou les jachères. En plaine, elles sont souvent positionnées dans des zones à forte pente. Ces surfaces en herbe ou en miscanthus, qu'elles soient situées en plaine ou en périphérie des villages, constituent toujours des freins hydrauliques efficaces favorisant l'infiltration de l'eau et réduisant les volumes d'eaux de ruissellement à l'aval.



carte 10 : Cartographie des propositions pour la sous-unité 5A du secteur prioritaire avec mise en évidence du zonage PSE sans écoulements théoriques

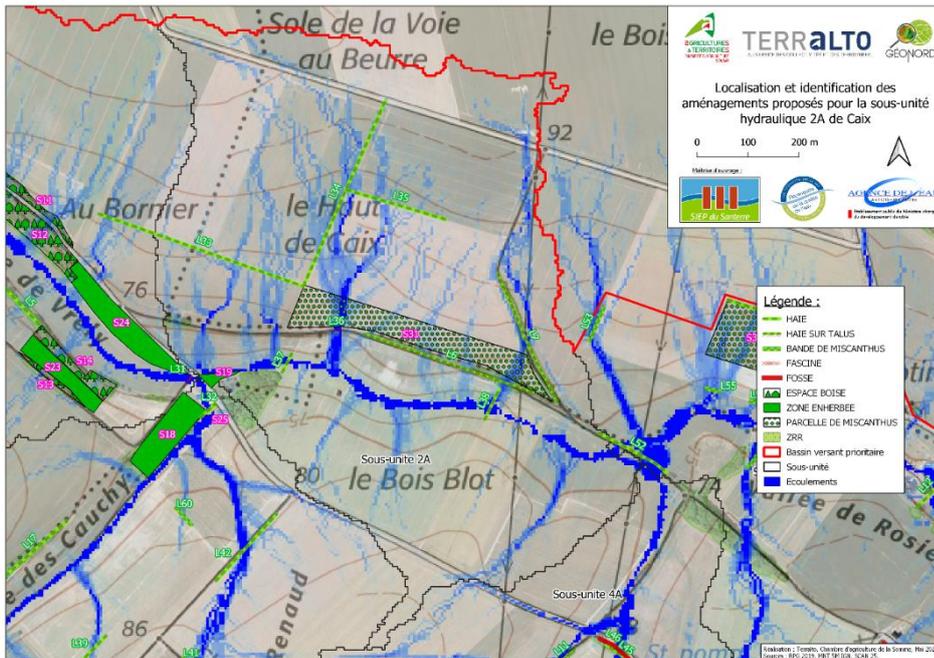
zonage PSE sans écoulements théoriques

3.4.4. Sous-unité n°2A (Le Haut de Caix)

Cette sous-unité englobe les parcelles contributives au ruissellement localisées aux toponymes "Le Haut de Caix" et du "Bois Blot".

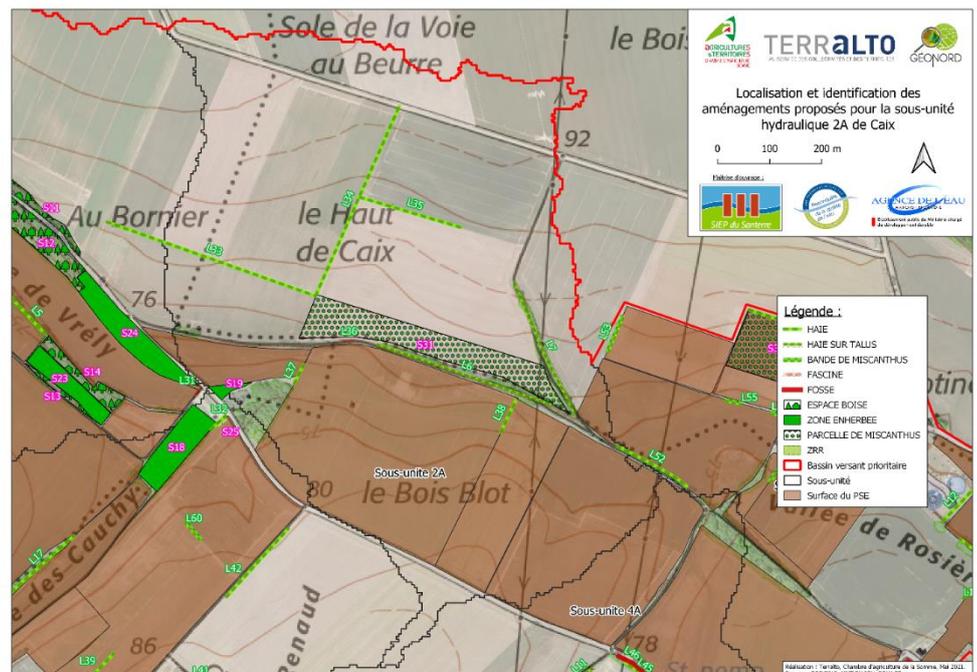
Son exutoire est commun à la sous-unité 3A. Les volumes excédentaires non infiltrés sont basculés dans la sous-unité 1A.

Cette sous-unité génère 16 % du volume des ruissellements générés pour une pluie de retour 20 ans au niveau du secteur prioritaire du BV de Caix 1.



carte 16 : Cartographie des propositions pour la sous-unité 2A du secteur prioritaire avec écoulement

carte 15 : Cartographie des propositions pour la sous-unité 2A du secteur prioritaire avec mise en évidence du zonage PSE sans écoulements théoriques



3.4.5. Sous-unité n°1A (Captage de Caix 1) :

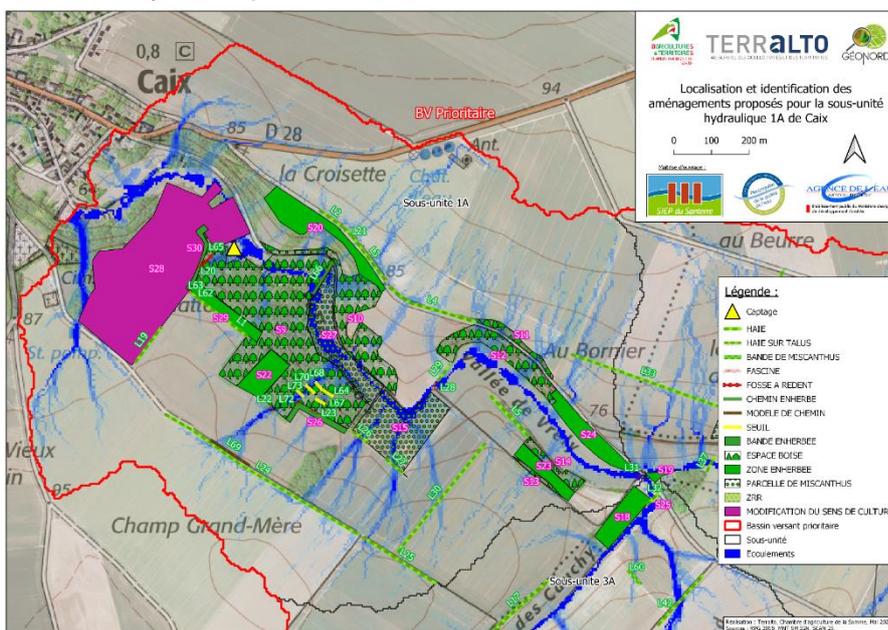
Cette sous-unité est située à l'aval du secteur prioritaire du captage de Caix. Sa situation géographique l'expose à recevoir les ruissellements non gérés de l'ensemble des sous-unités hydrauliques citées précédemment.

Ces ruissellements peuvent se concentrer dans la vallée de Vrély puis la vallée du Bois.

Du ruissellement diffus peut également provenir des parcelles culturales localisées au toponyme "Champ Grand-mère".

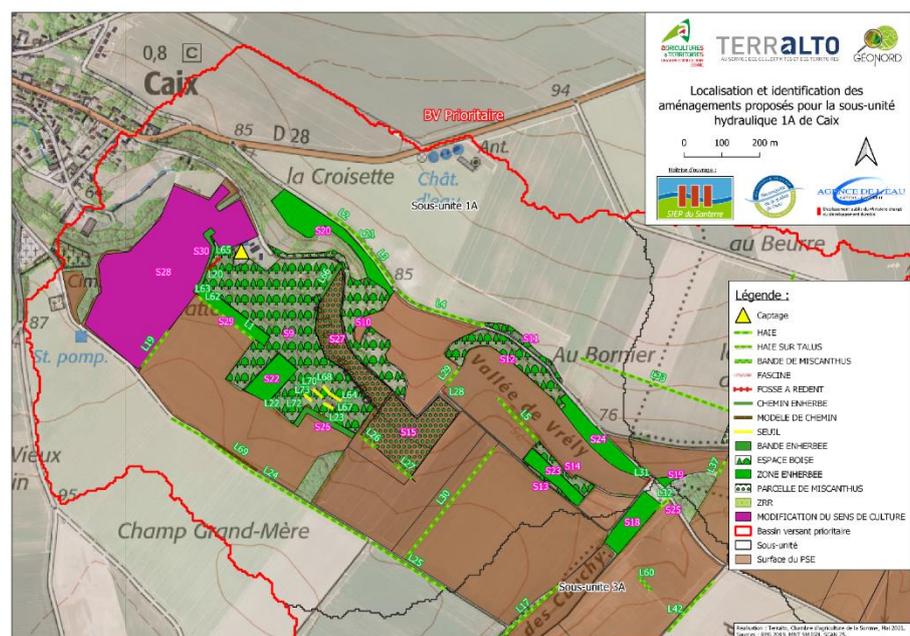
Cette sous-unité génère 33 % du volume des ruissellements générés pour une pluie de retour 20 ans au niveau du secteur prioritaire du BV de Caix 1 ce qui correspond à la sous-unité la plus contributrice en terme de volume à gérer.

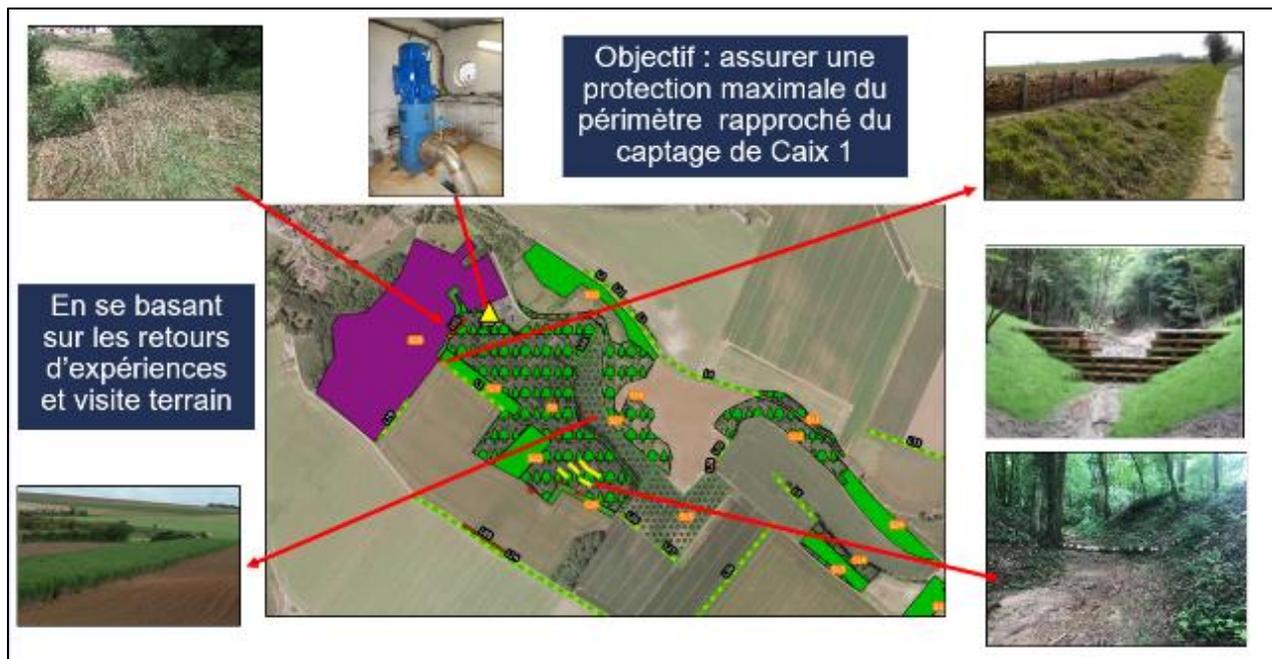
Compte tenu de cette situation particulière, une expertise fine a été réalisée pour identifier les sources principales de ruissellement et ainsi définir les solutions les plus adaptées au contexte hydraulique du territoire.



carte 17 : Cartographie des propositions pour la sous-unité 1A du secteur prioritaire avec écoulement

carte 18 : Cartographie des propositions pour la sous-unité 1A du secteur prioritaire avec mise en évidence du zonage PSE sans écoulements théoriques





3.5. Récapitulatif des travaux prévus dans le cadre de l'avant-projet

		Typologie	Typo	Nombre	Longueur (ml)	Surface (ha)	Volume géré	Coûts
Création	Filt	Fascines	Fascines	17	513	0	211	28 226 €
		Haies	Haie	26	4782	0	2888	43 039 €
		Enherbements et bois	Herb. et Bois	8	0	8,91	4586	4 456 €
		Parcelleaire	Parcelleaire	0	0	0	0	- €
	Ret	Bassins et dépressions	Bass. et Dep.	0	0	0	0	- €
		Digues	Dig.	0	0	0	0	- €
		Modélés et saignées	Mod. et Saig.	1	31	0	3269	565 €
	Reg	Chemins et cavées	Chem.	0	0	0	0	- €
		Mares	Mares	0	0	0	0	- €
		Merlons Seuils et Talus	Merl. Seui. Talus	5	114	0	1163	47 914 €
		Noues et fossés	No. et Fos	2	88	0	53	971 €
		Noues et fossés à redents	No. et Fos Red	0	0	0	0	- €
ZRR	ZRR	1	0	0,01	115	2 396 €		
Maintenance et Réhabilitation	Filt	Fascines	Fascines	0	0	0	0	- €
		Haies	Haie	11	2080	0	496	- €
		Enherbements et bois	Herb. et Bois	15	94	25,77	7758	- €
		Parcelleaire	Parcelleaire	0	0	0	0	- €
	Ret	Bassins et dépressions	Bass. et Dep.	0	0	0	0	- €
		Digues	Dig.	0	0	0	0	- €
		Modélés et saignées	Mod. et Saig.	1	118	0	294	- €
	Reg	Chemins et cavées	Chem.	0	0	0	0	- €
		Mares	Mares	0	0	0	0	- €
		Merlons Seuils et Talus	Merl. Seui. Talus	7	1900	0	1256	- €
		Noues et fossés	No. et Fos	0	0	0	0	- €
		Noues et fossés à redents	No. et Fos Red	0	0	0	0	- €
ZRR	ZRR	0	0	0	0	- €		
				94	9720	34,69	22089	127 567 €

Tableau 6 : Synthèse des propositions d'aménagement pour le secteur prioritaire du BV de Caix 1

3.6. Estimation financière

Le tableau suivant propose une estimation financière de l'avant projet sommaire proposé (sur la base des prix unitaires émanant de l'AREAS et de SOMEA. Il précise les montants liés aux investissements (création et réhabilitation d'ouvrages) ainsi que les coûts projetés en terme d'entretien (ligne en vert).

Type d'aménagement	Montant	Quantité	Type de travaux	Financier	Taux financement	Reste à charge	Année de réalisation
Investissements							
Aménagements d'Hydraulique Douce							
Création	zones enherbées et boisements	4 456 €	8,91 ha	Remise en herbe	Dans le cadre des MAE (ETAT/FEDER) (entre 447 et 600 € de création de couvert par ha et par an pour l'agriculteur)	- €	2021
	haies et fascines	71 265 €	5295 m	Implantation de haies et de fascines	AEAP+FEDER	60%+20%	14 253 € 2022
	Aménagement du parcellaire	- €	10,14 ha	Redécoupage du parcellaire			- € 2022/2023
Réhabilitation et maintien	haies et fascines existantes	- €	2080 m	Restauration des haies existantes	AEAP+FEDER	60%+20%	- € 2021
	zones enherbées et boisements existants	- €	25,77 ha	Maintien			- € 2021
Ouvrages structurants							
Création	bassins	- €	0, ha	Mise en place des ouvrages dits structurants	AEAP	40%	- € 2024
	digues et modelés divers	565 €	31 m	Mise en place des ouvrages dits structurants	AEAP	40%	339 € 2023
Réhabilitation et maintien	bassins existants	- €	0, ha	Réhabilitation des ouvrages structurants existants	AEAP	40%	- € 2021
	digues et modelés divers	- €	118 m	Réhabilitation des ouvrages structurants existants	AEAP	40%	- € 2021
Aménagements de Régulation et de Transfert							
Création	noues et fossés	1 530 €	125 m	Mise en place des ouvrages de régulation	AEAP+FEDER	60%+20%	306 € 2023
	merlons, seuils et talus	47 914 €	114 m	Mise en place des ouvrages de régulation	AEAP+FEDER	60%+20%	9 583 € 2023
	mares	- €	0, ha	Création de mares de régulation	AEAP+FEDER	60%+20%	- € 2024
	Zones de Rétention du Ruissellement	2 396 €	0,01 ha	Mise en place des ouvrages de régulation	AEAP+FEDER	60%+20%	479 € 2024
Réhabilitation et maintien	noues et fossés existants	- €	m	Réhabilitation des ouvrages structurants existants	AEAP+FEDER	60%+20%	- € 2021
	merlons, seuils et talus	- €	1900 m	Réhabilitation des ouvrages structurants existants	AEAP+FEDER	60%+20%	- € 2021
	mares	- €	0, ha	Réhabilitation des ouvrages structurants existants	AEAP+FEDER	60%+20%	- € 2021
	Zones de Rétention du Ruissellement	- €	0, ha	Maintien des ouvrages structurants existants			- € 2021
Acquisition foncière							
		229 €	/	2€/m ² acquis	AEAP	40%	138 € 2022
Frais annexes : bornage, maîtrise d'œuvre...							
		10 469 €	/	1500€ pour le bornage, 7% pour la maîtrise d'œuvre...	AEAP	40%	6 281 € 2022
Fonctionnement (Entretien)							
Entretien de noues et fossés							
	813 €	125 m	1 entretien prévu dans les 5 ans	AEAP	(3€/ml an sur 3 ans dans le cadre d'un plan gestion)	438 €	A partir de 2024
Entretien de bassins, mares et ZRR							
	75 €	,01 ha	1 entretien prévu dans les 5 ans		0%	75 €	A partir de 2024
Entretien des haies et des fascines							
	6 335 €	6335 m	1 entretien prévu dans les 5 ans	AEAP	(3€/ml an sur 3 ans dans le cadre d'un plan gestion)	1 267 €	A partir de 2024
Total	Investissement	138 824 €					31 379 €
	Fonctionnement	7 222 €					1 779 €

A ces coûts d'aménagement ont été ajoutés des frais annexes :

- frais d'acquisition foncière : estimés à 2 €/m²
- frais de maîtrise d'œuvre : estimés à 7 % du coût total des travaux d'aménagement
- frais divers tels que le bornage, les actes notariés : estimés à 1500 € par ouvrage borné.

Le calcul du coût total des travaux d'aménagement et l'estimation des frais annexes permet d'identifier **deux indicateurs** :

- le coût moyen des aménagements hors frais annexes (243 €/ha)
- le coût moyen des aménagements tous frais compris (263 €/ha)

3.7. Scénario d'aménagement

Suite aux estimations de débits et volumes ruisselés en partie 2 du présent rapport, un scénario d'aménagements et d'estimation de coûts a été réalisé et présenté. Ce scénario sera appelé pour la suite de l'étude : avant-projet sommaire n°1 ou AVPS 1.

Ce scénario tient compte des règles de décisions décidées et validées lors du Copil n°1 du 17 décembre 2021. Pour rappel, en ce qui concerne le BV du SIEP de Caix, il fallait produire 1 scénario optimisé selon une pluie projet vicennale (station Rouvroy les Merles) et basé sur un taux de culture de printemps représentatif du territoire étudié (RPG 2019, 46 %).

Au final, l'avant-projet sommaire n°1 présente **un taux de rétention de 153 %** si on englobe l'ensemble des propositions d'actions (maintien + création).

Même si ce taux de rétention peut être considéré comme très sécuritaire, l'expérience montre qu'à l'issue des négociations, ce taux est parfois revu nettement à la baisse. L'objectif que l'on pourrait assigner dans le cadre de l'obtention des accords avec les propriétaires et exploitants serait d'aboutir à un programme de travaux qui atteigne **un taux de rétention minimum de 80 % (par les ouvrages d'hydrauliques douce et de régulation au fil de l'eau)**.

À noter, la Chambre d'agriculture de la Somme s'était engagée à fournir des indicateurs au SIEP sur la contribution du miscanthus à la réduction des volumes à gérer.

Ainsi, selon les calculs hydrauliques, on peut affirmer que les propositions de maintien de miscanthus (parcelles en place) permettent de gérer 10 % des volumes selon une pluie projet de retour 20 ans. Quant aux propositions de création de parcelles ou bandes de miscanthus, elles permettraient de gérer 12 % supplémentaires ce qui n'est pas négligeable.

Enfin, la part contributive imputable à l'amélioration des pratiques culturales a été estimée selon une base prudente et réaliste (+ 0,5 mm au m² d'infiltration). L'ensemble des améliorations de pratiques culturales, décrites dans les parties précédentes, seraient susceptibles de réduire le volume des eaux de ruissellements générés au travers du secteur prioritaire à hauteur de 16 à 20 %.



Programme de lutte contre le ruissellement et l'érosion des sols
Ensemble du BV prioritaire de Caix 100% de réalisation des nouveaux AHD
Scénario d'aménagement n°1 : Pluie d'occurrence 20 ans et 46,24% CP(max)

Caractéristiques globales

Surface totale du bassin versant :	526	ha
Pluie de projet retenue :	31,1	mm.h ⁻¹ (fréquence vicennale)
Volume à gérer :	14500	m ³
Volume retenu :	22212	m ³

Taux de rétention du scénario : **153 %**

Estimation des volumes supplémentaires retenus par les pratiques agricoles actuelles :
2273 m³ soit 16% des volumes à gérer

Nombre de propositions d'aménagement :	96
dont propositions d'aménagements de ralentissement / filtration :	78
dont propositions d'aménagements de rétention :	2
dont propositions de mesures de maintien / entretien :	34
dont propositions de mesures propres au réseau de collecte des EP :	0

Caractéristiques détaillées par types d'aménagements

Catégories d'aménagements	Volume retenu m ³	Taux de rétention	Coût (€)	Coût (€/m ³ retenu)	Proportions des dépenses
Aménagements de ralentissement / filtration	7 786	54%	75 721 €	9,7	59%
Ouvrages de rétention (y compris tamponnement)	3 269	23%	565 €	0,2	0%
Aménagements de régulation et de transfert	1 353	9%	51 840 €	38,3	40%
Maintien d'aménagements existants	8 254	57%	- €	0,0	0%
Discontinuités hydrauliques existantes	294	2%	- €	0,0	0%
Aménagements de régulation existants	1 256	9%	- €	0,0	0%
TOTAL	22 212	153%	128 126 €	5,8	100%

Catégories d'aménagements	Nombre	Mesure	Coûts
Aménagements de ralentissement / filtration			
Fascines	17	513 mètres	28 226 €
Hales	26	4782 mètres	43 039 €
Enherbements et bois	8	9 ha	4 456 €
Parcelleaire	1	10 ha	0 €
Ouvrages de rétention			
Bassins et dépressions	0	0 ha	0 €
Digues	0	0 mètres	0 €
Modelés et saignées	1	31 mètres	565 €
Aménagements de régulation et de transfert			
Chemins	0	0 mètres	0 €
Mares	0	0 ha	0 €
Merlons Seuls et Talus	5	114 mètres	47 914 €
Noues et fossés	2	88 mètres	971 €
Noues et fossés à redents	1	37 mètres	559 €
ZRR	1	0 ha	2 396 €
Entretien/Réhabilitation d'aménagements existants			
Fascines	0	0 mètres	0 €
Hales	11	2080 mètres	0 €
Enherbements et bois	15	26 ha	0 €
Parcelleaire	0	0 ha	0 €
Bassins et dépressions	0	0 ha	0 €
Digues	0	0 mètres	0 €
Modelés et saignées	1	118 mètres	0 €
Chemins	0	0 mètres	0 €
Mares	0	0 ha	0 €
Merlons Seuls et Talus	7	1900 mètres	0 €
Noues et fossés	0	0 mètres	0 €
Noues et fossés à redents	0	0 mètres	0 €
ZRR	0	0 ha	0 €
	96	TOTAL	128 126 €

Estimation des frais annexes
Acquisition foncière (2€ / m ²)
229 €
Maîtrise d'œuvre (7%)
8 969 €
Frais divers (actes)
1 500 €
TOTAL
10 698 €