

« Hydrosystème et transport sédimentaire : une approche par bassin versant côtier »

Résumé

Mots clés : *Syndicat mixte, Bassins versants, Ruissellement, Précipitation, Valleuses, Craie, Læss, Travail du sol, Hydro système, Ruissellement érosif, Inondation, Coulées de boue, Erosion des sols, Fascines, Diagnostics, Méthode d'évaluation, Outil d'aide à la décision.*

Ce stage au sein du Syndicat Mixte des Bassins Versants de la Durdent, Saint Valery, Veulettes a permis de réaliser la mission de 4 mois. Réalisée au niveau de trois bassins versants du Pays de Caux, ce territoire est propice à la formation de ruissellement avec des précipitations fréquentes associées à un relief incisé par des valleuses. Les eaux de ruissellement s'infiltrent de moins en moins compte tenu de la nature des sols relativement imperméables même si la craie sous-jacente est poreuse. Ce sol constitué de læss est occupé par des parcelles agricoles qui ont tendance à diminuer l'infiltration à cause des techniques culturales. L'hydro système est donc favorable à la formation de ruissellement érosif à l'origine des inondations et coulées de boue. Ces événements expliquent la création du Syndicat dans les années 2000, qui a pour objectif la lutte contre l'érosion des sols et les inondations.

Le Syndicat réalise alors de nombreux types d'aménagement tels que la haie, la fascine, la noue enherbée, la bande enherbée, les talus et fossés. Ces aménagements sont destinés à éviter l'arrachement des particules, à ralentir le ruissellement et à sédimenter les particules transportées. La mission du stage s'intéresse à l'étude de la fascine afin de comprendre comment elle évolue au sein de l'hydrosystème et quelles sont les solutions à mettre en place pour sauvegarder leur fonctionnalité. L'accent de l'étude sera aussi mis sur l'impact des transferts de sédiments.

La mission se déroule en plusieurs étapes. Les premiers mois sont consacrés à l'acquisition de l'existant avec une recherche bibliographique. Puis, les missions de terrains dédiées aux diagnostics commencent. Les données sont alors traitées sous S.I.G pour établir les premiers constats avec un atlas. Ce traitement permet de fournir les résultats qui consistent à réaliser la méthode d'évaluation réutilisable sur l'ensemble du territoire. Elle attribue une note à chaque fascine diagnostiquée. Cette notation sera nécessaire pour réaliser un outil d'aide à la décision avec des propositions de solutions.

Hantz NICOLAS promotion 077

Abstract

Keywords : *Joint association, Catchment area, Runoff, Precipitation, Valleys, Chalk, Loess, Tillage, Hydro system, Erosive runoff, Floods, Mudslides, Soil erosion, Fascines, Diagnostics, Assessment method, Decision support.*

This internship in the Joint association of Durdent, Saint Valery, Veulettes catchment area permitted to realize the 4 month mission. This is done on tree catchment area in the "Pays de Caux". This territory is conducive to the creation of runoff with frequent precipitation associated with a relief incised by valleys. The water flow less and less seep in due to the nature of the soil relatively impermeable although the underlying chalk is porous. This soil made up of loess is occupied by agricultural plots which have a tendency to reduce infiltration due to tillage needed for growing crops. So this hydro system is conducive to the creation of erosive runoff responsible for the floods and mudslides. These events explain the creation of the Union in the 2000s which aim to the fight against soil erosion and floods.

So the Union will realize numerous types of development such as hedges, fascines, vegetated ditches, grass strips, slope (or banks) and ditches. Those developments are destined to avoid erosion of the upper part of the soil, to slow down the water flows and to settle the carried particles. The internship's mission focuses on the study of the fascines to understand how it evolves in the hydrosystem and what are solutions to be put in place to save their features. It will also focus on the effect of sedimentary transfer.

The mission consists of several stages. First month are dedicated to data acquisition with a bibliography research. Then the field missions dedicated to diagnostics begin. So the data are processed with SIG to establish the first findings. This process will provide results which are the assessment method reusable on the whole territory by assigning a mark to each diagnosed fascines. They will be necessary to realize a decision support toll with proposals for solutions.

Hantz NICOLAS promotion 077

Table des matières

Résumé	2
Abstract	2
Remerciement	5
Introduction	6
I. Le Pays de Caux, un territoire sujet à l'inondation et à l'érosion.	6
1. Un territoire hydrologiquement cohérent.....	6
2. Un climat tempéré doux avec une pluviométrie importante	8
3. Le Pays de Caux, la bordure d'un bassin sédimentaire fracturé.....	8
4. Un territoire majoritairement agricole	11
5. Des catastrophes naturelles fréquentes, les inondations et coulées de boue	13
II. La mission du stage : « Améliorer la durabilité d'un aménagement d'hydraulique douce, les fascines, sur le territoire du Syndicat »	16
1. La fascine, un aménagement aux multiples enjeux.....	16
2. Les étapes de la mission « diagnostic des fascines »	18
3. Mise en place d'une méthodologie réutilisable sur le territoire du Syndicat.....	18
III. La fascine, un aménagement qui nécessite un entretien plus fréquent.	21
1. Des constats chiffrés sur l'état des fascines en place	21
2. Un atlas disponible pour tous les membres et collaborateurs du Syndicat	23
IV. Les propositions envisageables sur les fascines diagnostiquées	23
1. Les entretiens à réaliser sur les fascines	24
2. Les techniques agricoles à améliorer	25
3. Les compléments d'aménagement à réaliser selon le terrain et la faisabilité	26
4. Renforcer la communication pour s'approprier les aménagements	28
5. Des améliorations de la méthode de diagnostics et d'analyse.....	28
V. Bilan du stage :	29
Conclusion :	30
Bibliographie.	31
Annexes	34
Annexe 1: La vulnérabilité des bétails	35
Annexe 2 : L'occupation des sols en Normandie	37
Annexe 3 : Les impluviums.....	38
Annexe 4 : La fiche de relevé de fascine	39
Annexe 5 : L'atlas des 52 fascines	40
Annexe 6 : La méthode SIRIS et l'évaluation de la fonctionnalité des fascines	43
Annexe 7 : Le bulletin de note des 52 fascines	49
Annexe 8 : Le plan des propositions envisageables pour les fascines diagnostiquées.....	50
Annexe 9 : GRILLE D'AUTOEVALUATION DE LA PRESENTATION DU DOCUMENT	53

Table des figures

Figure 1: Schéma explicatif d'un bassin versant (FORST, 2010)	6
Figure 2: Localisation du secteur d'étude (2015).....	7
Figure 3: Carte des cours d'eau (talwegs) et du MNT de la zone d'étude	7
Figure 4: Normale climatologique de la station de Dieppe (source météo France, 2015).....	8
Figure 5: Fréquence et intensité des évènements pluvieux en Haute-Normandie (évènements pluvieux supérieurs à 40 mm en 24h) (source AREHN 2003, modifiée)	8
Figure 4: Normale climatologique de la station de Dieppe (source météo France).....	8
Figure 6: Coupe du Bassin de simplifiée (Géli, Hannot, 2014, modifiée).....	9
Figure 7: Carte du substrat de la région Haute Normandie, d'après Quesnel, 1997.....	9
Figure 8: Schéma structural du Nord du département de Seine Maritime (In Hauchard et al., 2002 modifiée).....	10
Figure 9: Coupe schématique des formations superficielles et les échanges possible à la nappe (AESN, 2006 modifiée)	11
Figure 10: Extrait de la carte « pédologie du Pays de Caux » publiée au un millionième par l'Institut National de Recherche Agronomique modifiée (Beicip, 1974 hors série du Bulletin Seine-Normandie modifiée).	12
Figure 11: EDS et formation du ruissellement en contexte de sols limoneux cultivés (ARMAND,2009, modifié).....	14
Figure 12: Les différentes étapes de la dégradation structurale sur sols limoneux (Le Bissonnais et al., 2002 ; Boiffin, 1984) modifiée.....	14
Figure 13: Synthèse des conditions de mise en place de l'érosion.....	15
Figure 14: Les aménagements d'hydraulique douce (Gril, Le Henaff, 2010, modifié)	16
Figure 15: Coupe schématique du fonctionnement d'une fascine	17
Figure 16: Photographies de fascines diagnostiquées à l'intérieur de parcelles agricoles sensibles à la formation de ravines.....	17
Figure 17: Photographies de fascines diagnostiquées destinées à bloquer les sédiments pour protéger la voirie.....	17
Figure 18: Schéma systémique de la méthode réutilisable sur le territoire.....	18
Figure 19: Carte des communes des fascines diagnostiquées(2015)	19
Figure 20: Diagramme 1 des proportions de notes associé au diagramme des propositions de dégâts et chargement en limon pour des fascines non fonctionnelles	21
Figure 21: Diagramme 2 des proportions de fascines endommagées ou non associées à un diagramme en bâton des proportions de différents facteurs associés aux fascines endommagées (certaines fascines associent plusieurs facteurs)	22
Figure 22: Diagramme 4 des proportions de l'état des fagots	22
Figure 23: Diagramme 3 des proportions de reprises des fascines associées au diagramme des proportions des facteurs expliquant les fascines qui n'ont pas repris.....	22
Figure 24: Diagramme 5 des proportions des chargements en limon.....	22
Figure 25: Exemple de page de l'atlas des fascines	23
Figure 26: Extrait de la figure 18 les solutions envisageables.....	24
Figure 27: Schéma de synthèse montrant les localisations pertinentes aux compléments d'aménagement	27
Figure 28: Schéma d'une "Doline bétoire", dont l'origine est une racine d'altération qui a recoupé un drain karstique (Nicod J., CNRS, 1994)	35
Figure 29: Schéma des différents contextes d'apparition des bétoires (karst crayeux sous couverture d'argiles à silex, loess) (David P-Y., Moisan J., Nachbaur A., Dörfliger N.,2010).....	35
Figure 30: Coupe simplifiée du cheminement de l'eau de la bétoire au captage (Areas, 2008).....	36
Figure 31: Carte des occupations du Sol dans le département de Seine-maritime (base de données SIGES Haute Normandie)	37
Figure 32: Schéma des impluviums.....	38
Figure 33: Exemple de fiche de relevé pour les diagnostics.....	39
Figure 34: Page de l'atlas pour la commune de Sainte-Colombe	40
Figure 35: Page de l'atlas pour la fascine_76569_001 qui se situe à Sainte-Colombe.....	41
Figure 36: (Partie 1) Méthode des propositions de solutions pour la réalisation d'entretiens ainsi que la modification des pratiques agricoles et l'ajout des compléments d'aménagements	52

Figure 37: (Partie 2) Méthode des propositions de solutions pour la réalisation d'entretiens ainsi que la modification des pratiques agricoles et l'ajout des compléments d'aménagements.....	51
Figure 38: Schéma de synthèse montrant les localisations pertinentes aux compléments d'aménagement.....	52

Table des tableaux

Tableau 1 : Tableau des notes possibles de fonctionnalité des fascines.....	20
Tableau 2 : Les entretiens à réaliser sur les fascines diagnostiquées.....	24
Tableau 3 : Propositions de solution aux techniques agricoles.....	25
Tableau 4 : Tableau des conditions nécessaires pour la réalisation d'un complément d'aménagement.....	26
Tableau 5 : Tableau des types d'aménagements selon les besoins.....	27
Tableau 6 : Tableau des légendes de l'atlas.....	41
Tableau 7 : Tableau de notation pour deux facteurs (ou critères X1 et X2 avec chacun trois modalités.....)	43
Tableau 8 : Tableaux de calcul de la note initiale.....	44
Tableau 9 : Tableaux pour établir une note intermédiaire.....	45
Tableau 10 : Tableaux pour établir une note de plus value.....	46
Tableau 11 : Tableau de la notation finale de fonctionnalité des fascines.....	47
Tableau 12 : Bulletin des notes des 52 fascines.....	49

Remerciements :

Ce stage m'a permis de travailler sur des missions à caractère technique apportant une expérience sur les compétences nécessaires à l'ingénieur et /ou technicien ainsi que de me familiariser au monde du travail. Cela n'aurait pas pu être possible sans l'aide des collaborateurs, c'est la raison pour laquelle je tiens à remercier :

- Les élus du bureau : Le Président, Monsieur Fillocque, les Vice-Présidents, messieurs... et l'ensemble des élus ;
- L'équipe technique avec : la Maitre de stage Solène Gzaignes pour sa bienveillance et son aide indispensable tout au long du stage et des missions ;
- Damien Perelle, Directeur technique, pour ses précieux conseils pendant le stage ;
- Louis Cabot, stagiaire, pour les jours passés sur le terrain et les échanges de bibliographies communes ;
- Pierrick pour l'aide sur les mares et les discussions animées de biologie ;
- Patricia pour ses conseils relatifs sur les finances du syndicat ;
- Virginie pour son aide et les missions apportées ;
- Les agriculteurs de l'association Sol en Caux ;
- Les exploitants, sans eux, il n'aurait pas été possible de voir les fascines ;
- Les partenaires tels que l'AREAS pour les échanges partagés lors des rencontres et formations ;
- Mr Benoît Proudhon, mon tuteur de stage pour ses précieux conseils.

Introduction

Sur le territoire de Haute Normandie, des événements pluvieux initialement rares et violents se sont produits de plus en plus souvent jusque dans les années 2000 provoquant de graves accidents matériels et humains. Une gestion organisée des eaux de ruissellement s'imposait, c'est la raison pour laquelle les 22 syndicats mixtes des bassins versants ont été créés sur le territoire. Ces syndicats ont pour objectif de protéger les biens et les personnes. Dans le cadre de leur mission, ils luttent contre les inondations et l'érosion. Ayant vécu quelques événements d'inondations, je souhaitais participer à l'effort collectif pour limiter le ruissellement érosif, ma recherche de stage s'est donc orientée vers les syndicats en place.

Au regard des différentes structures du territoire, je me suis adressé au Syndicat Mixte des Bassins Versants Durdent, St Valery, Veulettes. Ce dernier ayant mis en place des aménagements d'hydraulique douce qui freinent les écoulements et font obstacles aux sédiments m'a intégré à l'équipe technique. Le sujet du stage s'intitule : « Hydrosystème et transport sédimentaire : une approche par bassin versant côtier ».

Dans le cas présent ce territoire comprend 3 bassins versants : Durdent, Saint Valery et Veulettes. L'hydrosystème qui est un système composé de l'eau et des milieux aquatiques associés dans un ensemble géographique délimité, fait intervenir toutes les composantes susceptibles d'agir sur l'eau, telles que la géomorphologie, l'occupation du sol, le climat, mais aussi les aménagements d'hydraulique douce.

La première partie présente le contexte de la zone d'étude située dans le Pays de Caux et permet de comprendre la mise en place des aménagements par le Syndicat pour lutter contre les inondations et l'érosion.

La mission de quatre mois présentée en deuxième partie, comprend la réalisation d'un diagnostic sur les fascines, un aménagement qui freine le ruissellement des eaux d'origine agricole, et l'analyse qui suit met l'accent sur l'influence des sédiments afin d'établir un processus pour évaluer leurs impacts sur l'efficacité des fascines. Ce stage est l'occasion d'acquérir des compétences techniques dans le domaine des risques naturels utiles pour la réalisation de mes projets professionnels futurs.

Afin de répondre au mieux à cette mission, une troisième partie propose une évaluation des fascines et les constats de leur fonctionnalité avec un atlas qui synthétise ces résultats. A l'aide des données établies, la quatrième partie envisage des solutions pour pérenniser la fonctionnalité des fascines suivie d'une autocritique du travail.

La cinquième partie constitue un bilan du travail réalisé pendant ce stage suivie de la conclusion.

I. Le Pays de Caux, un territoire sujet à l'inondation et à l'érosion.

Les activités du Syndicat se déroulent sur un seul et même territoire : Le Pays de Caux. Le stage s'intéressant entre autres aux ruissellements érosifs sur les terres agricoles, il est nécessaire de replacer le contexte hydrologique, géomorphologique, climatologique, géologique et l'occupation agricole du territoire afin de comprendre les risques d'inondation et d'érosion ainsi que les solutions d'ouvrages et d'aménagements proposées par le Syndicat.

1. Un territoire hydrologiquement cohérent

1.1 Limite géographique : les bassins versants de la Durdent, Saint-Valery et Veulettes.

Un bassin hydrologique ou bassin versant est une unité géographique délimitée par des lignes de crêtes ou de partage des eaux. Ses eaux de ruissellement se dirigent vers son aire de collecte appelée exutoire ou impluvium (voir figure 1).

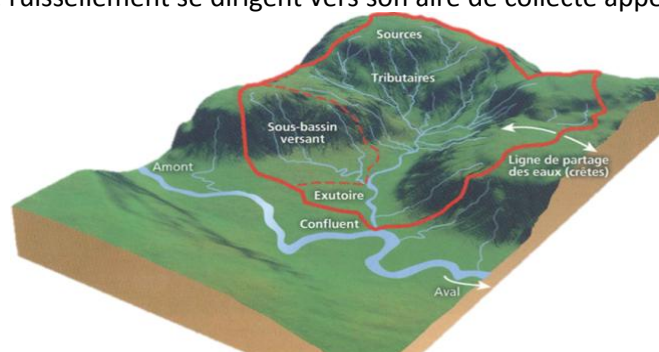


Figure 1: Schéma explicatif d'un bassin versant (Forst, 2010)

Situé en Haute Normandie dans le département de la Seine-Maritime, le territoire de l'étude est constitué de trois bassins versants dont un continental fluvial : le bassin versant de la Durdent et deux côtiers : le bassin versant de Saint Valery et celui de Veulettes (voir figure 2). Cette association de trois bassins maintient une cohérence hydrologique sur le territoire. Au total cela représente 45000 hectares et couvre 96 communes.

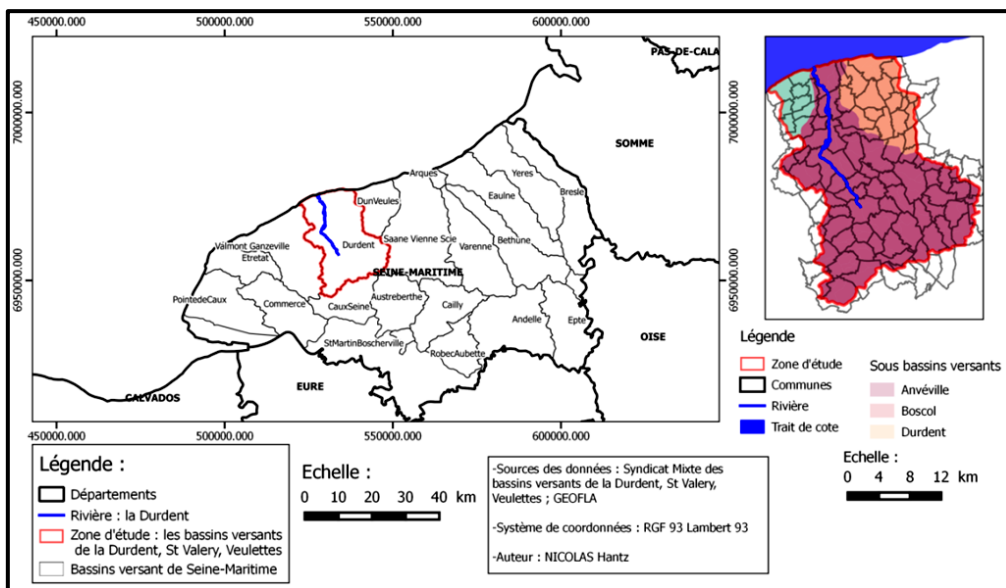


Figure 2: Localisation du secteur d'étude (2015)

1.2 Une géomorphologie caractérisée par un relief doux incisé par des vallées et des valleuses

Le pays de Caux présente un relief doux assez uniforme. Il est composé d'un plateau avec une altitude de 100 et 200 mètres (Reclu, 1877) et des vallées qui entaillent le plateau selon un axe général Nord-Sud (Sion, 1908). Le plateau de la zone d'étude est séparé en deux : le premier au Nord, le plateau maritime et le second au Sud, le plateau Sud. Le modelé du relief s'explique par les phénomènes d'érosion et par les mouvements tectoniques qu'a subis la bordure du Bassin de Paris. Les vallées incisent le plateau selon les plans de faiblesse comme les failles. De petites vallées appelées valleuses existent, elles sont souvent sèches et résultent des variations climatiques au quaternaire et des réajustements de la bordure ouest du bassin sédimentaire. Un seul cours d'eau permanent celui de la Durdent s'écoule dans la vallée du même nom jusqu'à la mer au niveau de Veulettes-sur-mer (voir figure 3).

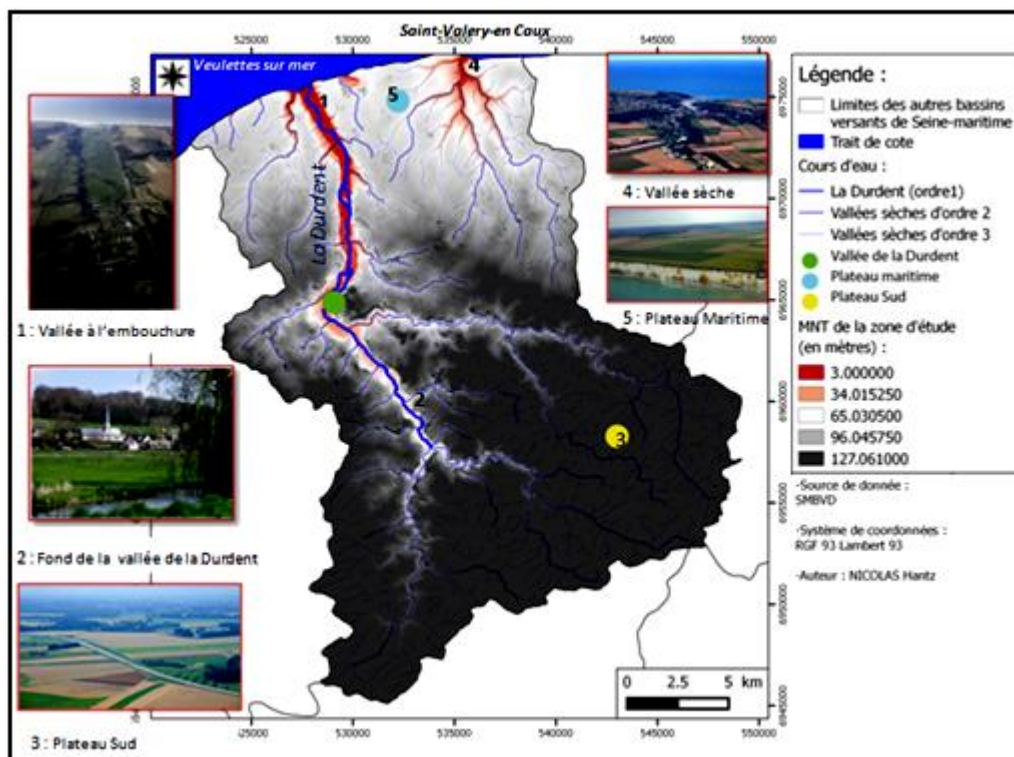


Figure 3: Carte des cours d'eau (talwegs) et du MNT de la zone d'étude

1.3. Un réseau hydrographique dense mais ne comportant qu'un seul fleuve côtier : la Durdent

Le secteur comporte très peu de cours d'eau permanent en raison de son sous-sol perméable et fissuré. Ce constat est le même en Haute Normandie où l'on ne compte que 30 cours d'eau principaux pour un linéaire d'environ 2500 km (DREAL, 2010). Comparé à la Basse Normandie, la densité des cours d'eau est trois fois moins importante. Néanmoins il y a plus de vallées sèches. La zone d'étude a un seul cours d'eau permanent : La Durdent. Il prend sa source à Héricourt-en-Caux et se jette dans la Manche à Veulette-sur-Mer. Ce cours d'eau est long de 28,216 km et est ponctué de 13 vallées sèches. Cependant le total des linéaires de tous les cours d'eau temporaire de la zone d'étude s'évalue à 894 Km. Il est donc important de noter que ces cours d'eau seront alimentés lors de pluies plus ou moins intenses, ainsi le climat devient déterminant pour activer ou non l'ensemble du réseau hydrographique. Enfin à l'aval des vallées, au niveau des impluviums, l'eau s'accumule au sein de zones humides (marécages). Sur le plateau, des réserves naturelles d'eau apparaissent sous forme de mares.

2. Un climat tempéré doux avec une pluviométrie importante

Le climat du Pays de Caux est océanique et doux, les précipitations y sont fréquentes et réparties toute l'année en raison des perturbations venant de l'Atlantique. Les hivers sont modérément froids et les étés sont tempérés par la brise marine. Ce climat est donc favorable aux développements des cultures (Frémont 1955) et la pluviométrie du Pays de Caux connaît un léger maximum d'octobre à février autour de 90 mm d'eau par mois (voir figure 4)

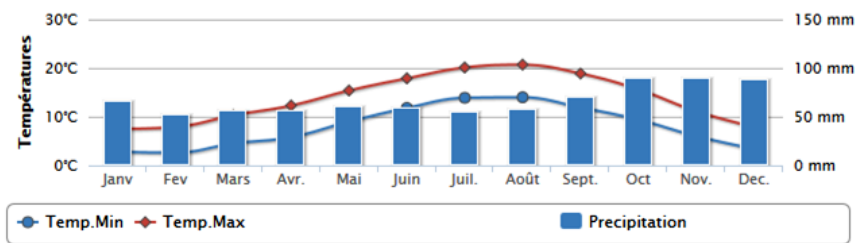


Figure 4: Normale climatologique de la station de Dieppe (source météo France, 2015)

C'est pendant cette période de 4 mois que les vallées sèches sont le plus susceptibles de concentrer les écoulements, le risque d'inondation augmente aussi. De plus pendant cette période d'automne à hiver la végétation est moins dense, les champs ne sont pas cultivés, tous ces facteurs associés à une pluviométrie plus importante vont accentuer le phénomène d'érosion. A l'échelle de plusieurs années, la pluviométrie a augmenté entre les deux décennies comme le montre la figure 5. Sur cette carte le diamètre des cercles est proportionnel à la fréquence des événements pluvieux. Les camemberts précisent la part relative de ces événements en fonction de leur intensité. Il ressort des deux cartes que la pluviométrie a pratiquement doublé de la première à la deuxième décennie, augmentant ainsi le risque d'inondation de 1968 à 2002.

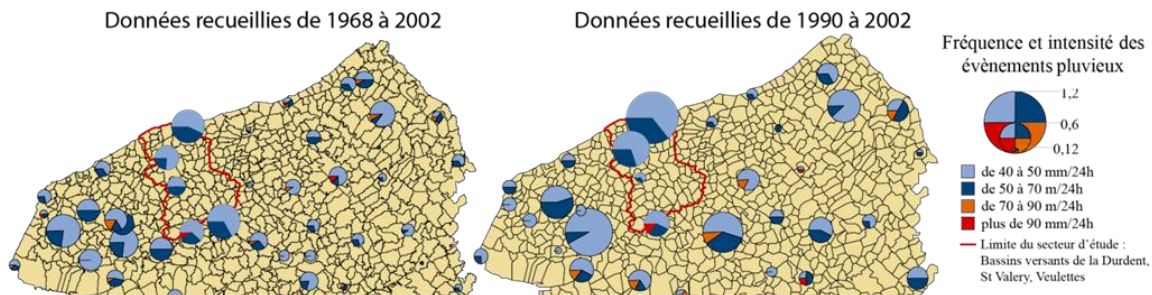


Figure 5: Fréquence et intensité des événements pluvieux en Haute-Normandie (événements pluvieux supérieurs à 40 mm en 24h) (source AREHN 2003, modifiée)

3. Le Pays de Caux, la bordure d'un bassin sédimentaire fracturé.

1.1 Les séries sédimentaires du Bassin de Paris

Ce paysage Normand s'inscrit dans une vaste structure : le Bassin sédimentaire de Paris. Cette vaste dépression s'appuie sur le Massif Armoricain à l'Ouest, le Massif Central au Sud, le Massif Ardennais au Nord-ouest et les Vosges à l'Est. Il est ouvert au Nord sur le bassin Belge et au Nord-Ouest sur la Manche. : Les séries

géologiques dans cette vaste dépression s'étendent du Permien au Quaternaire et reposent sur un socle Hercynien. Elles s'empilent les unes sur les autres disposées en auréoles concentriques (voir figure 6). Ces dépôts s'organisent successivement en fonction des avancées (transgressions) et des retraits (régressions) de la mer. Ce sont des roches d'origine marine, lacustre, lagunaire ou fluviatile au cours des temps géologiques. Les roches calcaires et les marnes sont essentiellement issues des phases de transgressions et les argiles et sables des régressions. Entre ces épisodes les surfaces émergées subissent une altération et les dépôts sont remaniés. Ces terrains subissent un soulèvement et des déformations à l'ère Tertiaire, lors de mouvements liés à la surrection des Alpes, celles-ci basculent le bassin vers l'Ouest. Au Quaternaire, l'histoire géologique est surtout liée aux variations du niveau de la mer dues aux glaciations. Globalement, la Haute Normandie présente un sous-sol composé de la partie Ouest des séries du Bassin de Paris.

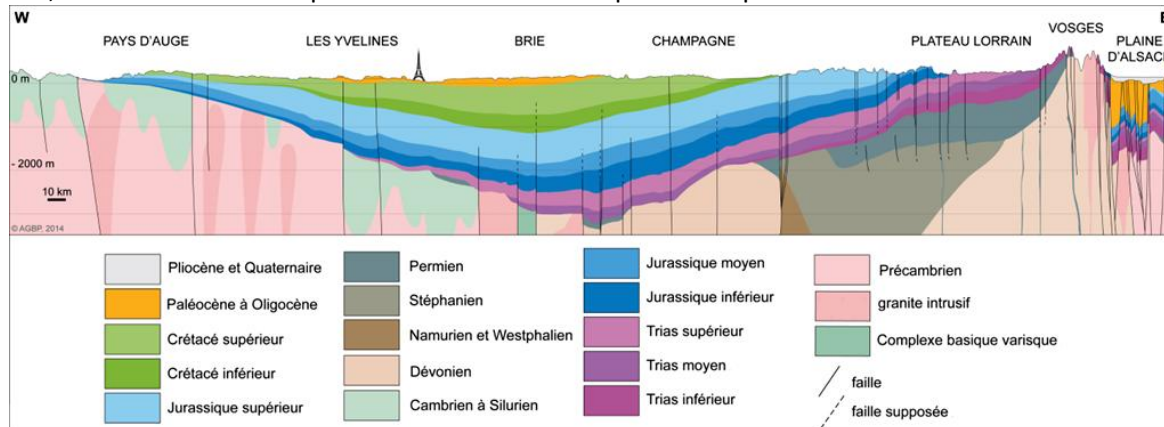


Figure 6: Coupe du Bassin de simplifiée (Géli, Hannot, 2014, modifiée).

3.2 La Géologie du Pays de Caux

En Haute Normandie comme dans le Pays de Caux, le sous-sol est principalement composé de couches calcaires dépassant la centaine de mètres d'âge Crétacé supérieur. Cette couche présente différents faciès notamment celui de la craie visible sur les côtes Normandes avec les falaises.

Cinq étages du Crétacé supérieur sont observables : le Cénomaniens, le Turonien, le Coniacien, le Santonien et le Campanien (voir figure 7). Sauf dans le Pays de Bray où il est possible d'apercevoir deux étages en plus : celui du Crétacé inférieur et du Jurassique. En ce qui concerne les formations superficielles : il s'agit de dépôt tertiaire couvrant le substrat crayeux. Ce sont des argiles à silex, des dépôts de loess (limons des plateaux) et des alluvions et colluvions.

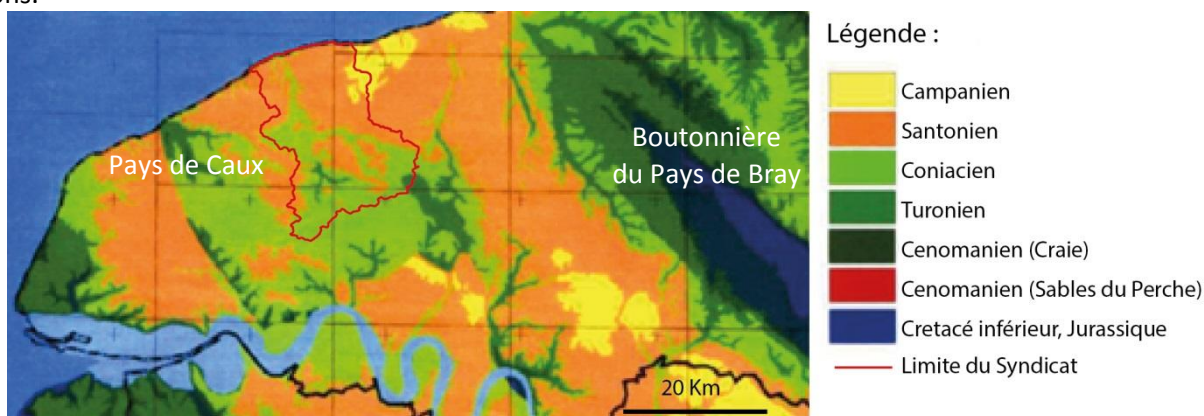


Figure 7: Carte du substrat de la région Haute Normandie, d'après Quesnel, 1997

Les argiles à silex constituent une formation qui est le produit de dissolution de la Craie au cours du Cénozoïque (Laignel, 1997 ; Laignel et Meyer, 2000 ; Laignel et al., 2002). Ils sont facilement visibles au sommet des falaises de craie. Localement il est possible de retrouver des dépôts de sables plus ou moins argileux dans des poches karstiques ou des fossés d'effondrement au sommet des argiles à silex (Laignel, 1997 ; Quesnel 1997). La couche de loess vient recouvrir la couche d'argile et les poches ponctuelles. (Laignel, 2003).

Le loess est un dépôt continental meuble d'origine éolienne. Ces dépôts se sont mis en place au cours des phases de glaciation du Pléistocène. Pendant cette période la fracturation due aux glaciations va provoquer des vallées propices aux écoulements. Ce loess recouvre la majeure partie du terrain d'étude (Lautridou, 1985).

Enfin les derniers dépôts alluvionnaires et colluvionnaires se sont déposés près des cours d'eau tels que la Seine ou la Durdent au sein du secteur d'étude. Ce sont des dépôts constitués d'un mélange d'argile à silex, craie et limon. Leurs épaisseurs et leurs natures varient selon les zones.

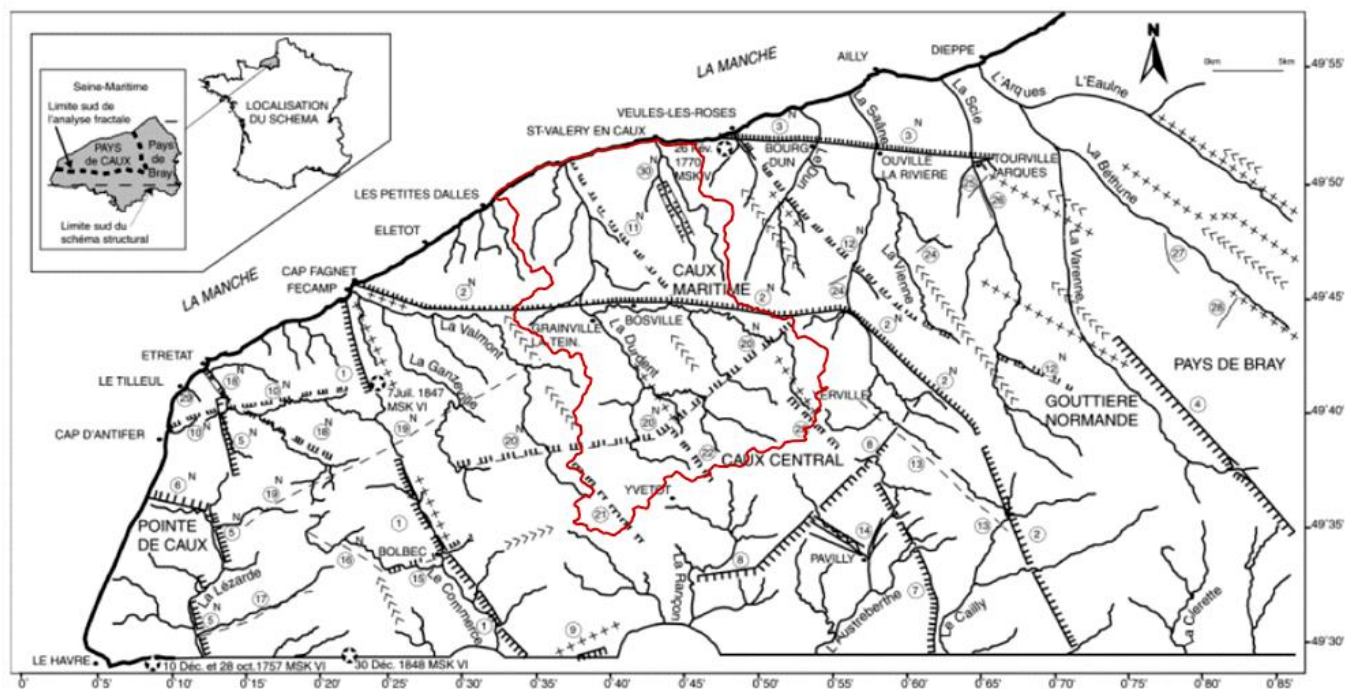
Toutes les couches ont un pendage subhorizontal et les mouvements tectoniques sont relativement de faible intensité néanmoins ils ont quand même participé à orienter les vallées du SE au NO. Cette direction se retrouve sur les failles caractéristiques telles que la faille passant par Fécamp ou encore celle du Pays de Bray.

Les schémas structuraux du Pays de Caux ont montré plusieurs directions (voir figure 8). Le bloc Cadomien qui s'étend de la zone de cisaillement Sud Armoricaire à la faille de Bray, est marqué par des directions structurales profondes qui ont joué au Tertiaire. Le plateau de Caux constitue une zone charnière à la frontière des blocs tectoniques et ardennais. Cette marge nord-ouest du bassin de Paris a été affectée par les orogènes pyrénéennes et alpines ainsi que par le fonctionnement en graben en bordure de la Manche.

Les principales directions sont (voir figure 8) :

- Des directions N120 – N130 d'origine armoricaine qui prédominent ainsi que les directions N 150-160 (Cavelier et Medioni, 1980; Chantraine et al., 1996; Doré, 1987; Lebret, 1984 ; Vigarié, 1954; Wazi, 1988).
- Des accidents secondaires de direction N30-N45 (origine varsique) (failles F1 F2 (partie orientale) F4, F5, F6, F7, F8, F9, F11, F12, F18, F30).
- D'autres accidents de direction N90-N100 (Hauchard et al. 2002, IN Fournier 2006) associés aux grandes failles de la Manche. Ils sont perpendiculaires aux directions armoricaines. (failles F2 (partie occidentale), F3, F10 et f20).

Avec la surrection alpine les pôles de subsidence du plateau de Caux vont migrer du Nord-Est vers le Sud-Est. De nouvelles poussées alpines au Quaternaire soulèvent les plateaux de Caux d'environ 50 mètres au Pléistocène en suivant les failles. Cela explique en partie la formation de vallées sèches suivant les failles. La direction des cours d'eau suit relativement bien la tectonique.



TTTT : faille avec indication du regard, TTTT : faille supposée avec indication du regard, ----- : faille, - - - - : failles supposées, ⑦ : numérotation des failles N : faille nouvelle, Ⓞ : secousse sismique (date/intensité MSK), + + + : axe anticlinal, <<< : axe synclinal, ~ : principales vallées et vallons secs, — Limite du Syndicat
 La Durdent : nom des cours d'eau, Étretat • : principaux lieux cités

Figure 8 : Schéma structural du Nord du département de Seine Maritime (In Hauchard et al., 2002 modifiée).

3.3 Le Karst de craie Normand un aquifère vulnérable.

La pluviosité moyenne du Pays de Caux assure en principe la quantité d'eau nécessaire aux cultures. La pluie dite efficace alimente l'hydrosystème continental. Une partie ruisselle puis est collectée en surface. Les eaux de ruissellement vont traverser les limons et plus lentement des formations à silex qui sont relativement imperméables. Ce ralentissement aura pour effet de créer des mares temporaires (Jardani, 2007). Une autre partie des eaux vient alimenter les nappes du sous-sol par percolation au sein des roches poreuses telles que la craie. Cette roche se démarque des autres formations carbonatées de part sa texture fine et sa porosité de matrice et constitue l'aquifère de la craie (BRGM, 2010). Sa porosité influence le drainage en profondeur selon trois types :

- Une porosité de matrice inter-granulaire : l'eau circule au sein des pores de la roche à une vitesse avoisinant le mètre par an.
- Une porosité de fracture : l'eau circule au sein des chemins créés par la fracturation plus ou moins affectée par des phénomènes de dissolution. La vitesse de l'eau est de l'ordre du mètre par mois.
- Une porosité de conduits karstiques (notamment avec les bétoires voir annexe 1) : la perméabilité y est très forte et assure un transfert des eaux de l'ordre de 100 m par heure. Cette porosité favorable à l'infiltration rapide est celle qui domine au sein du Pays de Caux. L'aquifère de la Craie est donc dit karstique.

Bien que cette roche constitue un excellent aquifère, l'organisation géologique montre qu'elle est surplombée par des niveaux d'argile à silex et de limons qui ont un impact sur l'infiltration. Ces niveaux peuvent ralentir l'infiltration des eaux dans le sous sol. Celle-ci se fera alors de manière diffuse jusqu'à ce que l'eau atteigne les niveaux de craie altérée. Ils peuvent aussi être imperméables par endroit et l'infiltration se fait alors sur des points d'engouffrement des eaux de surface qui drainent les eaux de ruissellement du bassin versant directement vers la craie ou sur des zones de dépressions le long de vallée sèche, de cours d'eau en contact avec la craie fissurée. (Voir figure 9)

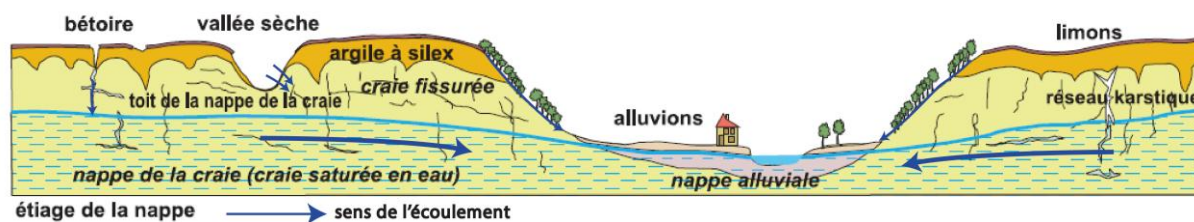


Figure 9: Coupe schématique des formations superficielles et les échanges possible à la nappe (AESN, 2006 modifiée)

Ces points d'engouffrement sont appelés bétoires (voir annexe 1). La bétoire est un objet appartenant au phénomène exokarstique qui se développe en surface en opposition au phénomène endokarstique qui est situé en profondeur dans le massif carbonaté. Cette dépression est formée par dissolution de la craie. Plus de 800 bétoires ont été répertoriées sur le territoire du Syndicat. Cet objet pose de nombreux problèmes de vulnérabilité de la nappe car il constitue un point de transfert rapide des eaux vers la nappe. Une bétoire peut donc être à l'origine de pollutions de la ressource en eau potable dans le cas où les eaux qui s'infiltrent sont turbides.

La nappe s'écoule dans la craie à des vitesses avoisinant les quelques centimètres par heure (AESN, 2006). De manière générale, c'est elle qui alimente les cours d'eau comme la Durdent. Dans le cas présent la topographie est telle que la Durdent est alimentée par la nappe et non pas l'inverse. Globalement la restitution des eaux météoritiques aux rivières est largement tamponnée de par la nature du sol propice à l'infiltration. En moyenne 85% des pluies efficaces s'infiltrent contre 15 % qui ruissellent (AESN, 2006). Néanmoins l'évolution des pratiques culturales et l'accroissement des surfaces imperméabilisées modifient les bilans hydriques actuels vers un ruissellement de plus en plus important sur les bassins versants ce qui accentue les processus d'érosion.

4. Un territoire majoritairement agricole

Le territoire se subdivise selon le relief en trois grands types d'occupation :

- Le plateau dont le sol brun est largement exploité par une agriculture intensive ces dernières décennies.
- Les fonds de vallée sont souvent urbanisés avec des zones enherbées avec des élevages ou une activité horticole.

- Les versants boisés pour la plupart sont occupés par quelques habitations plus ou moins concentrées selon la proximité du littoral. Cette répartition s'explique par la nature des sols de la zone d'étude. Il existe trois formations de sol dans le Pays de Caux (voir figure 10)

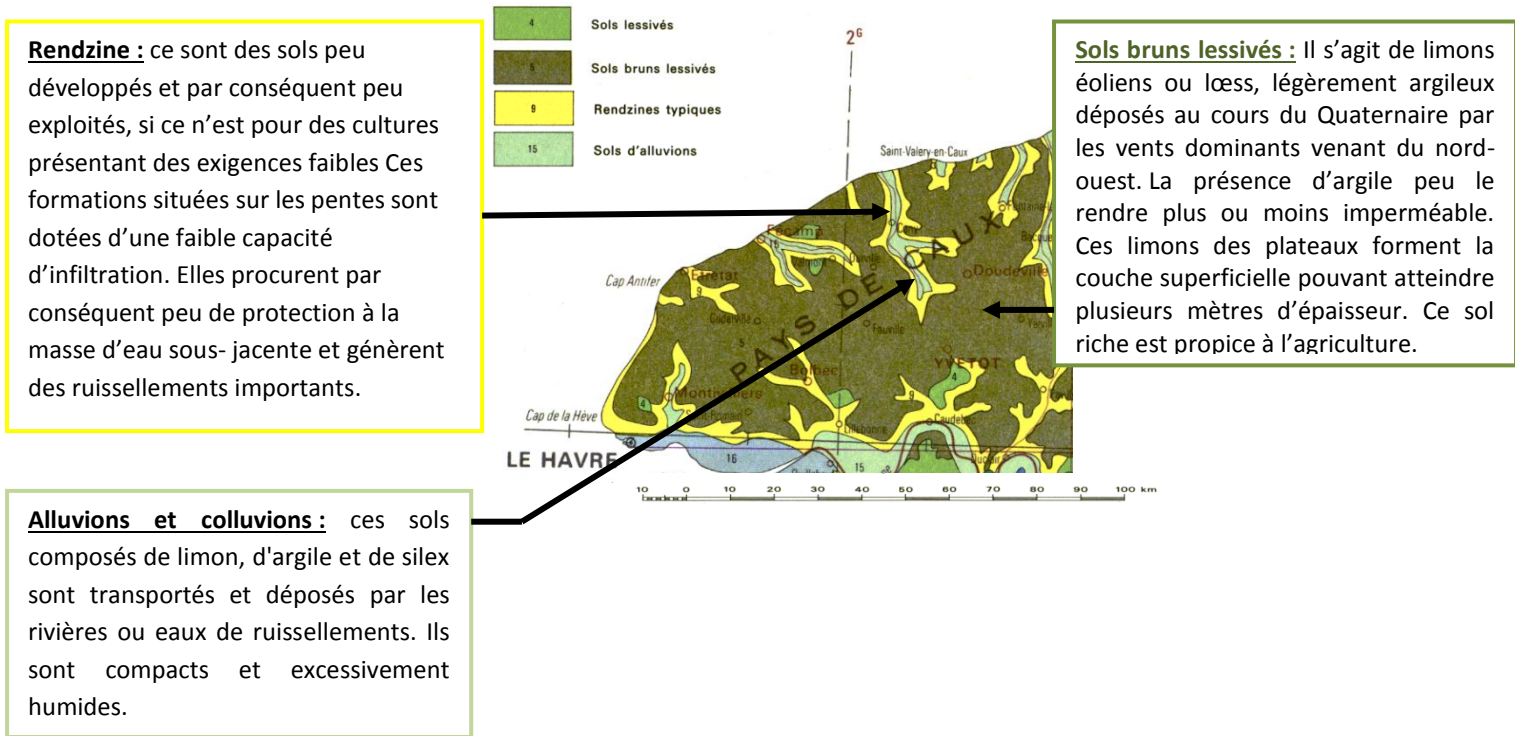


Figure 10: Extrait de la carte « pédologie du Pays de Caux » publiée au un millionième par l'Institut National de Recherche Agronomique modifiée (Beicip, 1974 hors série du Bulletin Seine-Normandie modifiée).

4.1 Un sol de plus en plus vulnérable à l'érosion

Ces sols sont particulièrement sensibles au phénomène d'érosion (Auzet, 1987 ; Auzet et al., 1990 ; Ouvry, 1992 ; Le Bissonnais et al., 1998 ; Martin et al., 1997 ; Lecomte, 1999 ; Leguédois, 2003). La perméabilité variable des argiles à silex peut leur permettre de jouer un rôle de stockage des eaux temporaires, faisant ainsi apparaître des nappes perchées au sein de la formation sus-jacente qui est le loëss. Celle-ci peut aussi faire varier sa perméabilité. Cette couche superficielle à faible teneur en argile et taux de matière organique présente un risque élevé de battance. Ce phénomène est réalisé lorsque qu'une croûte de battance se forme sur la partie supérieure du loëss le rendant quasi imperméable. Ce phénomène correspond à une dégradation structurale du sol entraînant une diminution de la capacité d'infiltration. En conséquence le ruissellement augmente. Ce type de phénomène s'observe très fréquemment sur la zone d'étude compte tenu de l'occupation des sols.

4.2 Les principales occupations du sol

En effet le phénomène de battance s'observe sur des sols peu structurés correspondant au sol qui ne sont pas protégés par la végétation (zone enherbée). Dans la majorité des cas ces sols sont situés sur des parcelles agricoles qui nécessitent un travail avant de cultiver.

Or l'occupation des sols en Haute Normandie est essentiellement agricole (voir annexe 2). Sur le territoire du Syndicat il y a en tout 76% de surfaces occupées en parcelles destinées à l'agriculture, contre 6% urbanisées, 13% de prairies et 5 % boisées (moins de 1 % du territoire est occupé par les eaux continentales) (source terrine land cover 2006). Cette situation est propice au développement de ruissellement malgré la bonne capacité de l'aquifère à infiltrer les eaux.

Dans le pays de Caux trois types d'agriculture existent : l'agriculture d'élevage qui repose sur des herbages, l'agriculture d'élevage basée sur des prairies artificielles et l'agriculture industrielle orientée vers les cultures

(Frémont 1955). Le type d'agriculture dominant correspond à l'agriculture d'industrie. L'agriculture d'élevage est moins représentée elle n'a fait que diminuer en Normandie (Joanon, 2012).

Le type d'exploitation du sol agit sur les facteurs d'érosion. En effet, l'agriculture d'élevage est moins propice au phénomène d'érosion car le sol est un pâturage donc constitué d'herbes ce qui forme un écran de protection face aux précipitations tout en renforçant la résistance du sol et en améliorant l'infiltration. L'agriculture industrielle ou fourragère favorisent en revanche le ruissellement et l'érosion car il y a moins de zone d'herbage donc l'eau a tendance à s'infiltrer plus difficilement dans le sol et aura tendance à ruisseler. La modification du paysage par l'homme va donc agir sur la formation du ruissellement. Même si les paysages agricoles sont dominants, la création de zones urbaines se rajoute. Cela empêche les eaux de se diffuser correctement et participe à la formation d'axe de ruissellement pouvant créer des inondations.

5. Des catastrophes naturelles fréquentes, les inondations et coulées de boue

La quasi-totalité du département de Seine-Maritime est concernée par un aléa érosion fort à très fort. Entre 1983 et 2003 toutes les communes du département ont fait l'objet d'au moins un arrêté de catastrophes naturelles « inondations ». Et la plupart d'entre elles ont subi des coulées de boue. Ces risques peuvent avoir un impact important sur les biens et les personnes.

Il existe quatre sortes d'inondations (AREHN, 2004) :

- Les champs d'expansion : c'est un débordement de la rivière communément appelé crue.
- Les crues de nappes : c'est un débordement de nappes alluviales. Ces dernières se situent dans les points les plus bas des vallées, ou au sein de l'écoulement latéral lorsqu'il est inondé. Si une crue de nappes se manifeste sur un plateau il ne s'agit plus de nappes alluviales mais de nappes perchées, sur des niveaux relativement imperméables d'argile à silex.
- Les coulées boueuses et les crues torrentielles : ce sont des événements soudains se manifestant par un transport de particules (mélange d'argile et silex) qui convergent au sein des vallées sèches. Les effets peuvent être dévastateurs et causer de graves dégâts sur les biens et les personnes. La différence entre les coulées de boue et les crues torrentielles est liée à l'intensité du phénomène qui est plus forte pour les crues torrentielles. Le principe de formation est relativement le même.

Comme la mission du syndicat est de lutter contre l'érosion et la prévention contre les inondations, une présentation du ruissellement s'impose. Ce dernier est à l'origine de ces aléas.

5.1 Le ruissellement érosif à l'origine des inondations et des coulées de boue

Le ruissellement consiste à la mise en mouvement d'un excès d'eau se formant à la surface du sol suite aux précipitations. Il existe deux types de ruissellements en cas de précipitation :

- Le ruissellement hortonien (Horton, 1933): celui-ci se forme lorsque l'intensité des précipitations est supérieure à la capacité d'infiltration du sol ou qu'il y a un refus d'infiltration notamment à cause des croûtes de battance (Cosandey et Robinson, 2000)
- Le ruissellement par saturation (Cappus, 1960): celui-ci se forme lorsque l'intensité des précipitations est supérieure à la capacité de stockage du sol. Les précipitations tombent sur une surface saturée et ne peuvent que ruisseler.

Le ruissellement peut même se former sans la présence de précipitation : lorsque le sol est saturé les apports d'eau souterraine peuvent dépasser le flux maximum et le flux en excès s'écoule en surface : c'est le phénomène d'exfiltration (Dunne et Black, 1970)

Ces deux types de ruissellement coexistent à toutes les échelles que ce soit celle du bassin versant ou celle de la parcelle agricole. Néanmoins la fréquence des précipitations permet de dire que les ruissellements hortonien ou par saturation sont dominants. Le ruissellement se produit en fonction de l'état structural du sol (EDS) (Boiffin, 1984; Auzet, 2000). Ce concept désigne l'état structural (motte, croûte), l'état hydrique et micro topographique du sol. La portion de sol qui reçoit la goutte de pluie va plus ou moins favoriser l'infiltration ou le ruissellement en fonction de plusieurs paramètres tels que le système poral (macropores ouverts ou fermés), la couverture végétale qui retient les gouttes, le micro relief (petits creux) (Kamphorst, 2000), l'état hydrique du sol c'est-à-dire son niveau de saturation. Ces éléments permettent de savoir quel est le type de ruissellement (hortonien ou par saturation) et si le phénomène d'érosion intervient ou non. (voir figure 11)

Le phénomène d'érosion se produit lorsqu'il y a détachement des particules. Ce processus est la conséquence de deux phénomènes (Le Bissonais et Gascuel-Odoux, 1998):

- L'impact des gouttes de pluies sur le sol qui détache les particules par désagrégation mécanique ou dispersion physico-chimique ou microfissuration par gonflement différentiel : c'est l'effet splash.
- L'action mécanique du ruissellement qui arrache sur son passage les particules de terre. Ce processus dépend de la force de cisaillement du ruissellement (liée à sa vitesse), mais aussi de la résistance du sol.

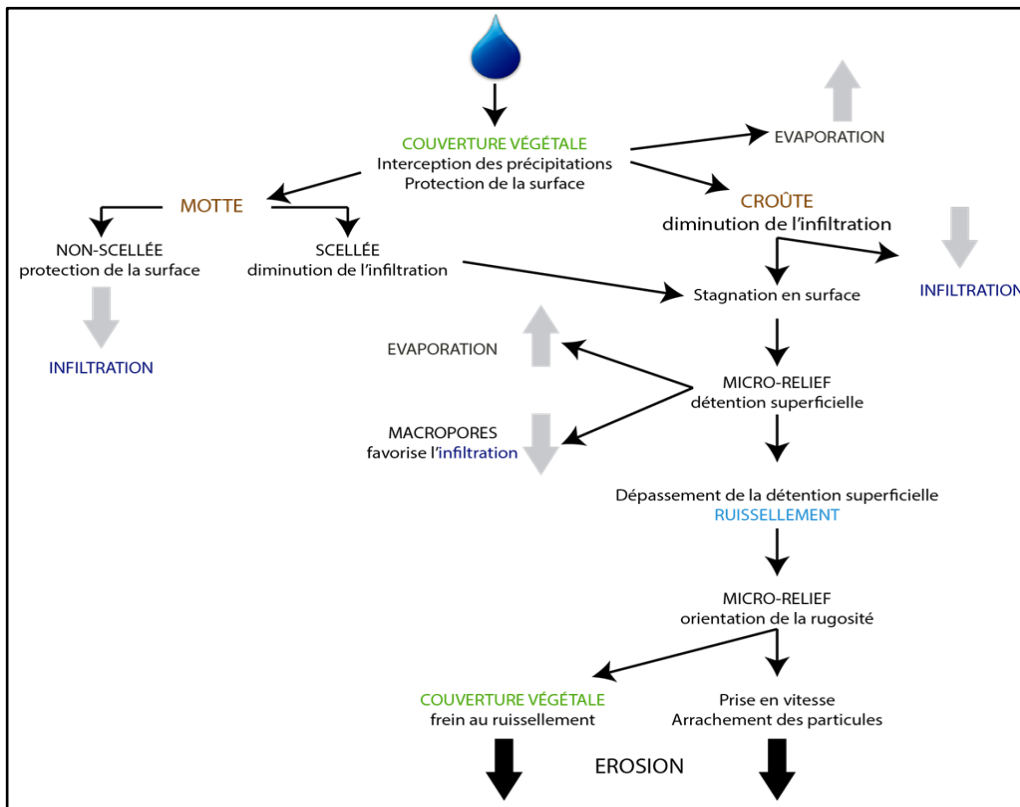


Figure 11: EDS et formation du ruissellement en contexte de sols limoneux cultivés (ARMAND,2009, modifié)

Une fois détachées les particules sont transportées, cette combinaison de détachement et transport aboutit à différents cas de figure (Auzet, 1987). Elles peuvent alors se déplacer sur de petites distances lorsque l'érosion ne se fait qu'avec les gouttes de pluies. Elles peuvent aussi parcourir de longues distances. L'érosion peut être diffuse, et les particules fines sont entraînées sans suivre un linéaire, il faut au préalable détacher les particules via un effet splash. L'érosion peut être concentrée, lorsque le ruissellement possède une force de cisaillement élevée qui vient éroder le sol sur son passage en plus de transporter les particules fines. Dans ce cas précis l'érosion est dite linéaire. Dans le premier cas les particules transportées peuvent venir combler des vides existant formant une croûte structurale, c'est de cette manière que la croûte de battance se forme (voir figure 12).

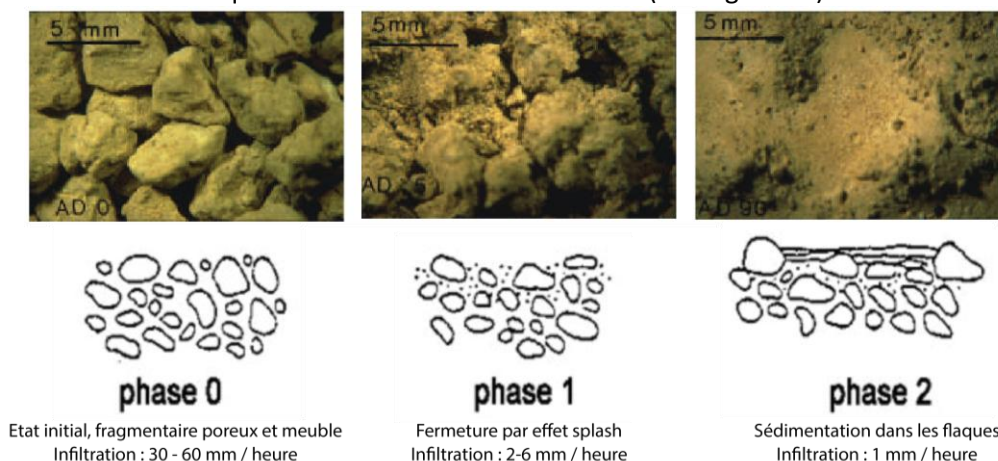


Figure 12: Les différentes étapes de la dégradation structurale sur sols limoneux (Le Bissonais et al., 2002 ; Boiffin, 1984) modifiée.

Dans le pays de Caux, les cultures dominent, les pratiques culturales et surtout le travail du sol influencent les écoulements en agissant directement sur les paramètres de l'état structural du sol. Par exemple ils concentrent rapidement le ruissellement via un vaste réseau de collecteurs (sillons, traces de roue).

Le ruissellement hortonien est celui qui prédomine dans la région en raison de la faible capacité d'infiltration des sols limoneux. L'effet splash conduit très vite à la formation d'une croûte de battance sur les terres arables.

Ce contexte contient donc les conditions naturelles et anthropiques qui favorisent l'érosion des sols (voir figure n°13).

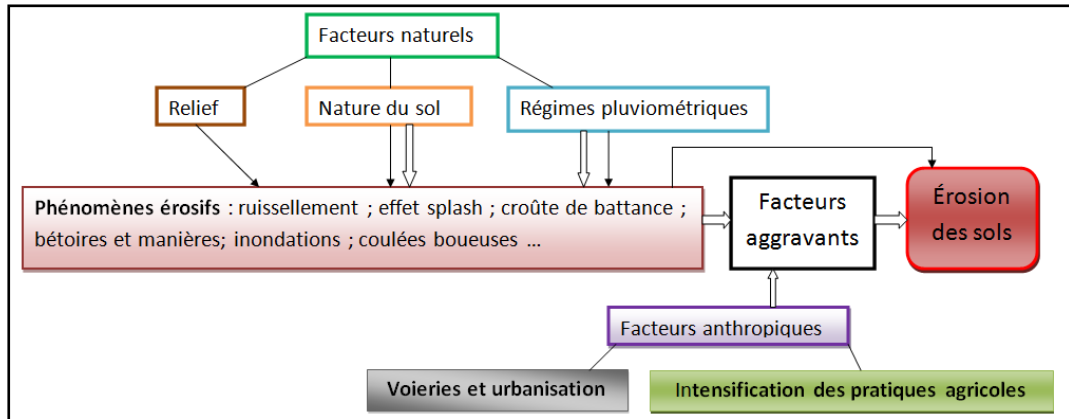


Figure 13: Synthèse des conditions de mise en place de l'érosion

5.2 Les outils déployés pour lutter contre les inondations et l'érosion par le Syndicat

Suite à l'apparition d'inondations de plus en plus fréquentes, le Syndicat est créé en 2000 pour intervenir sur les eaux d'origine agricole afin de lutter contre les inondations et le phénomène d'érosion. C'est dans cette optique qu'il réalise en tant que maître d'ouvrage et/ou maître d'œuvre de nombreux aménagements et ouvrages afin de réaliser sa mission.

5.2.1 Les ouvrages structurants

Les ouvrages structurants du Syndicat ont été utilisés pour contenir des volumes d'eau ruisselée en aval des pentes. L'ouvrage le plus commun est le bassin de rétention. Cette solution permet de retenir un volume défini d'eau ruisselée. La réalisation de ces bassins a servi à protéger de nombreux villages qui étaient victimes d'inondations. D'autres ouvrages existent tels que les barrages ou encore les digues afin de dévier les écoulements et les rediriger à un endroit précis. Tous ces aménagements sont dits structurants, c'est-à-dire que cela nécessite d'utiliser des matériaux tels que le béton pour les réaliser. Ils nécessitent d'intervenir de façon récurrente pour leur entretien notamment avec de nombreux curages dont les coûts sont importants.

5.2.2 Les aménagements d'hydraulique douce

Les aménagements d'hydraulique douce sont destinés à éviter l'arrachement des particules, à ralentir le ruissellement et à bloquer les sédiments en provoquant leurs dépôts sur des points prédéfinis afin de protéger les biens et les personnes. Contrairement à l'ouvrage structurant ils sont composés de matériaux vivants ou non provenant de la région et s'intègrent parfaitement au paysage. Ces aménagements peuvent se compléter les uns les autres. Comme le Syndicat gère les eaux d'origine agricole, leur localisation se fera très souvent sur des parcelles agricoles néanmoins ils peuvent être placés chez des particuliers. Ils s'avèrent efficaces à court et moyen terme. En effet, ils permettent de gérer les ruissellements sur de nombreuses parties du bassin à l'amont comme à l'aval. Leur coût est aussi plus faible que les ouvrages structurants. Ils sont essentiellement placés sur des points sensibles pour prévenir d'un aléa tel que le phénomène d'érosion ou protéger un enjeu en bloquant les sédiments.

L'ensemble de ces solutions luttent contre l'inondation et l'érosion en agissant directement sur les causes de ces événements c'est-à-dire sur le ruissellement. Ces aménagements sont dits curatifs. Il faudra toujours les entretenir pour garder leur fonctionnalité.

De nombreux aménagement existent (Areas, 2008) (voir figure 14):

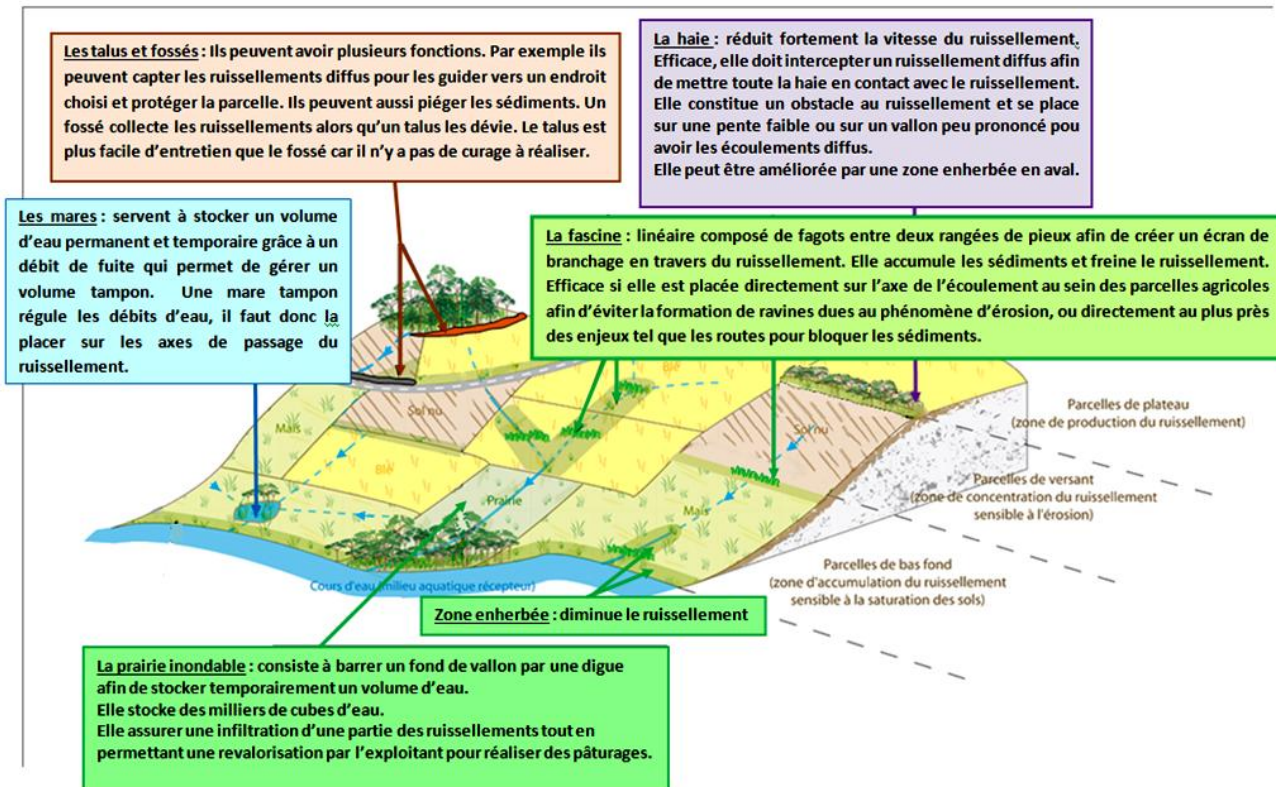


Figure 14: Les aménagements d'hydraulique douce (Grii, Le Henaff, 2010, modifié)

Pour ces aménagements le Syndicat manque de données, il souhaite trouver des solutions applicables localement pour les pérenniser et ainsi améliorer leur mission. C'est dans ce contexte que la mission du stage est profilée et qu'une problématique se met en place :

Comment pérenniser les aménagements qui gèrent le transfert sédimentaire au sein du bassin versant côtier du Syndicat ?

II. La mission du stage : « Améliorer la durabilité d'un aménagement d'hydraulique douce, les fascines, sur le territoire du Syndicat »

Le choix de l'aménagement se porte sur les fascines. La mission consiste à les diagnostiquer pour ensuite établir des plans d'action sur les bassins versants permettant de maintenir leur rôle sur les eaux de ruissellement d'origine agricole.

Pour répondre à cette mission, il faut comprendre comment l'aménagement fonctionne et établir son évolution par rapport à l'environnement qui l'entoure. Comme une fascine est un aménagement qui doit bloquer les sédiments, l'accent de cette étude sera aussi mis sur l'impact des sédiments sur ces objets, les volumes de ces derniers afin de faire un état des lieux des fascines existantes et surtout de leur fonctionnalité. Ainsi, l'étude cherchera à résoudre les deux problèmes suivants :

- **Comment évoluent les fascines, au sein de l'hydrosystème des bassins versants de la Durdent, St Valery, Veulettes et quelles sont les solutions à mettre en place pour sauvegarder leur fonctionnalité ?**
- **Quel est l'impact du transfert sédimentaire provenant de l'amont sur ces aménagements**

1. La fascine, un aménagement aux multiples enjeux

La fascine est un aménagement d'hydraulique douce linéaire composé de fagots entre deux rangées de pieux afin de créer un écran de branchages en travers du ruissellement. La fascine joue le rôle d'un frein hydraulique en travers du ruissellement et bloque les sédiments grossiers (voir figure 15). Elle est proposée sous convention ce qui permet au Syndicat de réaliser la fascine avec comme avantage une subvention possible de 60% de la part de l'Agence de l'eau de Seine-Normandie et impose l'entretien de la fascine par l'exploitant.

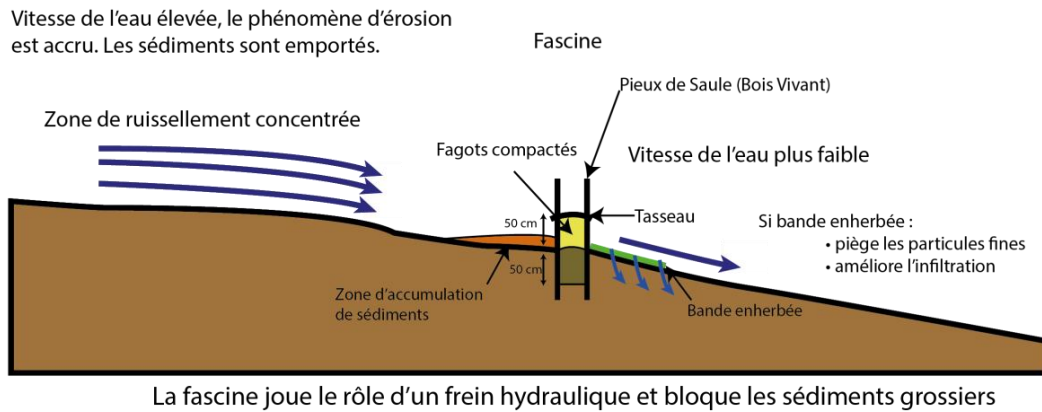


Figure 15: Coupe schématique du fonctionnement d'une fascine

Sur ce schéma les pieux sont en saule (*Salix alba*) conformément au choix du Syndicat. Cette particularité joue un rôle très important sur l'efficacité d'une fascine dans le temps.

Il existe deux types de fascine en fonction du caisson (combinaison de fagots et de pieux). Si le caisson est vivant la fascine est composée de pieux vivants (pieux capables de développer des branches et des racines en profondeur selon la méthode du bouturage). Généralement la nature des pieux choisis est le saule car ses boutures (pieux) vont croître très vite. Lorsque le caisson est en bois mort, le pieux ne reprend pas, la fascine ne développe aucune branche ni de racine. Une fascine en bois vivant améliore son effet de frein hydraulique ainsi que la résistance des pieux face au poids des sédiments. De plus elle devient plus pérenne car elle nécessitera moins d'entretien. En 2006 le Syndicat commence à implanter des fascines elles sont en majorité en bois mort. Néanmoins depuis 2008, le Syndicat ne réalise plus de fascines en bois mort et préfère celles en bois vivant

Pour permettre à une fascine d'être efficace, sa localisation doit être pertinente compte tenu de l'objectif de l'aménagement.

- Soit elle se situe en aval d'une parcelle à risque élevé d'érosion pour empêcher la formation de ravines. L'objectif est de freiner le ruissellement (voir figure 16).



Figure 16: Photographies de fascines diagnostiquées à l'intérieur de parcelles agricoles sensibles à la formation de ravines

- Soit elle se situe à proximité immédiate d'un enjeu tel qu'une route, une habitation, un bassin de rétention. L'objectif est de bloquer les sédiments (voir figure 17).



Figure 17: Photographies de fascines diagnostiquées destinées à bloquer les sédiments pour protéger la voirie

De manière générale une fascine est placée perpendiculairement à l'axe de ruissellement pour recevoir les eaux qui s'écoulent ainsi que les sédiments emportés dans l'écoulement. La pente peut être plus ou moins forte, néanmoins la fascine est plus efficace sur des vallons étriqués où l'écoulement est linéaire et propice aux phénomènes d'érosion.

2. Les étapes de la mission « diagnostic des fascines »

La mission de 4 mois s'organise en plusieurs étapes:

1^{ère} phase : Préparer la méthode à appliquer (voir figure 18)

2^{ème} phase : Réaliser les diagnostics des fascines en fonction des paramètres prédéfinis pour réaliser une première mise à jour des données, et obtenir les premiers constats.

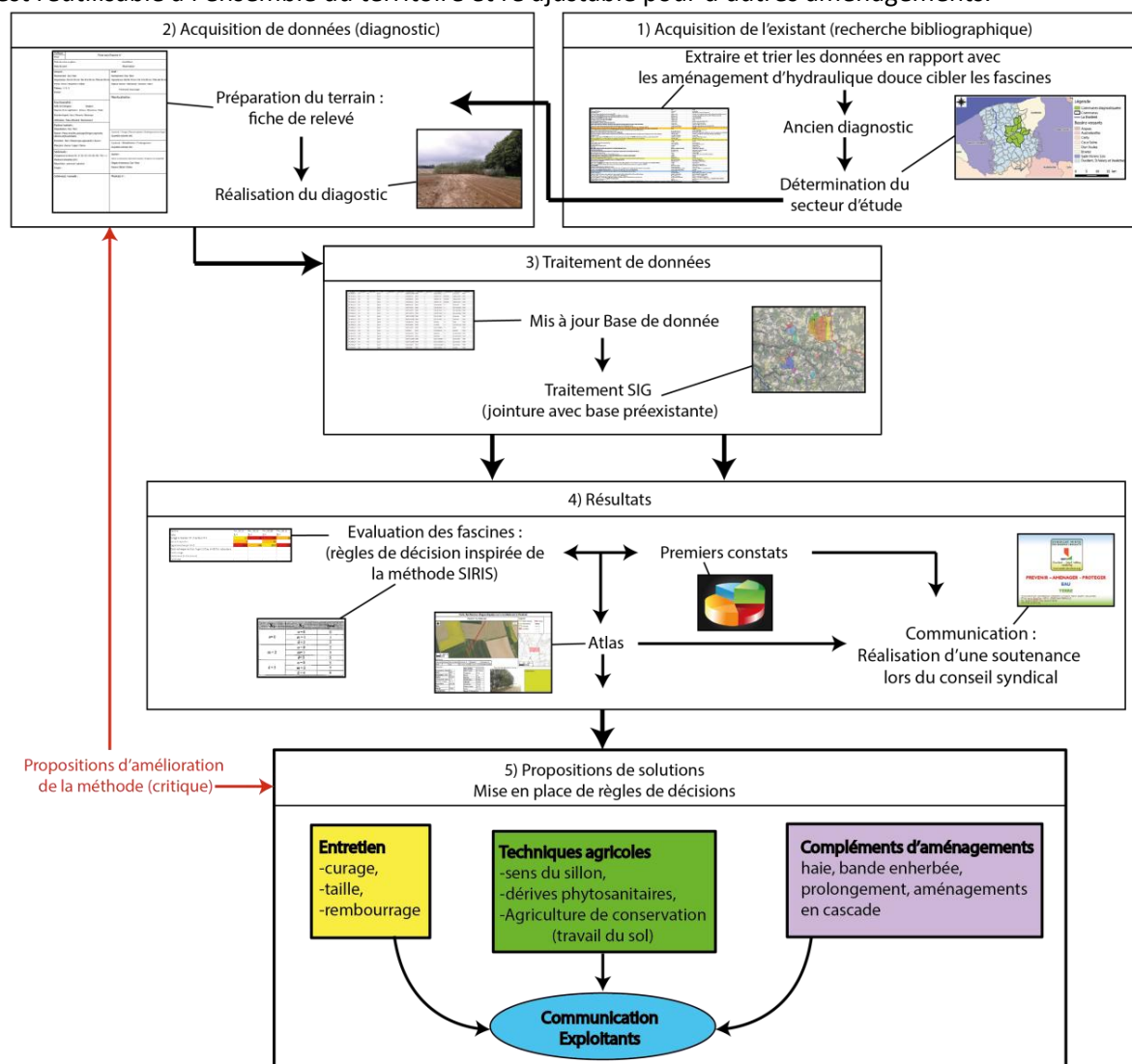
3^{ème} phase : Mettre en place une méthodologie pour évaluer les besoins d'entretiens et leviers pour optimiser la fonctionnalité des aménagements, l'acceptabilité des aménagements par les acteurs concernés (exploitants).

A cette fin il est nécessaire de réaliser les points suivants :

- En premier une évaluation de la fonctionnalité à partir des différents paramètres et via une méthode utilisant des règles de décision bien précises. Cette méthode attribue une note aux fascines afin qu'elles soient facilement identifiables
- Puis proposer de solutions adaptées vis-à-vis des fascines qui ont besoin d'entretien et en fonction de leur note.

3. Mise en place d'une méthodologie réutilisable sur le territoire du Syndicat

L'organisation des étapes précédentes est articulée et détaillée sur le schéma suivant. La méthode détaillée ci-dessous est réutilisable à l'ensemble du territoire et ré ajustable pour d'autres aménagements.



3.1 L'acquisition de données et mise en place de la zone d'étude

Réalisée durant le premier mois, cette étape consiste à acquérir les données suffisantes pour établir la zone d'étude en fonction des données que le Syndicat dispose et aussi en fonction des anciens diagnostics déjà réalisés. Elle aide aussi à la compréhension du fonctionnement de la fascine mais aussi des enjeux associés pour déterminer la problématique de la mission au sein d'un organisme public. Pour cela des participations avec les collaborateurs ont été nécessaires en plus de la recherche bibliographique.

Au total 52 fascines sont diagnostiquées sur 12 communes situées à l'Est du Syndicat (voir figure 19). Ce sont les communes de Sainte-Colombe, Ermenouville, Anglesqueville-La-Bras-Long, Hautot-L'Auvray, Saint-Vaast-Dieppedalle, Gonzeville, Doudeville, Routes, Veauville-Les-Quelles, Carville-Pot-de-Fer, Harcanville, Bénésville.

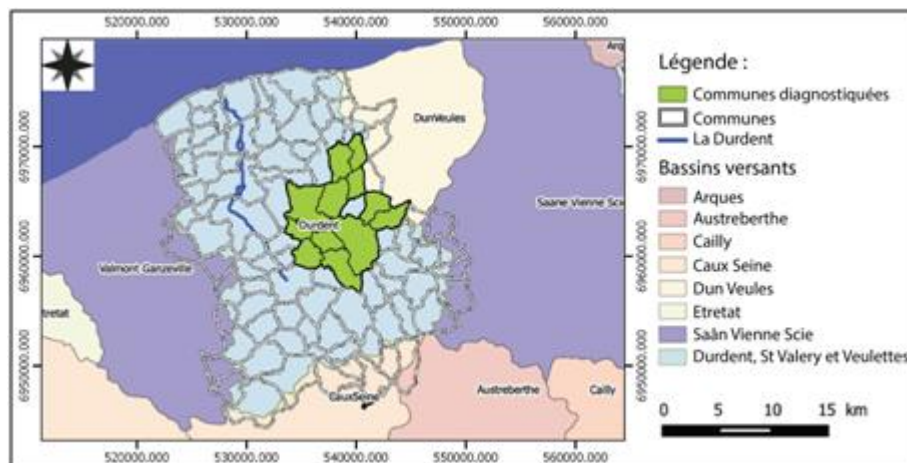


Figure 19: Carte des communes des fascines diagnostiquées(2015)

Ce choix s'explique pour de multiples raisons. Tout d'abord il s'agit d'une zone où très peu de diagnostics ont été réalisés auparavant. Il y avait donc un besoin de mise à jour de données sur ces fascines

Ensuite les fascines ont été sélectionnées en fonction de leur date d'installation. Les âges doivent être différents et variés : des fascines les plus âgées (2006) aux plus récentes (2015), afin de comparer des états différents et d'en déduire des types d'évolution à court et moyen terme.

Ce choix se base sur des systèmes hydrologiquement cohérents : en fonction des impluviums (ou aire de collecte d'un bassin versant). Sur un même impluvium, il se peut qu'une ou plusieurs fascines soient présentes. Dans le deuxième cas les fascines se succèdent et sont dites en cascades. Elles gèrent les eaux provenant du même écoulement en se succédant sur un même talweg ou sur un talweg d'ordre différent en amont (voir annexe 3). Cependant ce n'est pas toujours le cas. De nombreuses fascines isolées sont généralement sur de petits impluviums.

Enfin le dernier critère déterminant a été la commune pour uniformiser les données conformément à la table et surtout pour ne pas avoir de fascines situées sur des communes éloignées les unes des autres. En effet, les impluviums ne suivent pas les limites des communes, il faut donc les englober dans des groupes de communes.

3.2 La préparation au terrain

Une fois la zone d'étude déterminée la fiche technique de relevé est élaborée (voir annexe 4). Elle s'inspire des anciens diagnostics mais insiste sur l'étude des sédiments en amont. Elle prend en compte de nombreux paramètres tel que les informations générales sur la fascine ; l'environnement autour de la fascine (pente, ravines), le chargement en limon (hauteur de sédiments), l'état de la fascine (reprise, fagot) et une estimation des actions à réaliser (curage, rechargement en fagot, prolongement (voir annexe3 pour le détail des paramètres).

L'organisation des sorties en terrain se met en place ensuite avec en moyenne 6 à 8 fascines diagnostiquées pour une journée de terrain. Ce chiffre varie en fonction de l'accessibilité des fascines et des intempéries. Souvent les diagnostics sont réalisés sur une demi-journée pour dédier l'autre demi-journée au traitement des données sous SIG. Les diagnostics sont parfois effectués après les pluies pour évaluer directement les possibles failles de fonctionnalité. En tout 28 demi-journées ont été dédiées aux diagnostics des fascines.

3.3 Le traitement des données sous S.I.G

Le traitement S.I.G consiste en la réalisation d'une base de données jointe à l'ancienne qui prend en compte tous les paramètres du diagnostic. Sur cette base de nombreuses données sont renseignées pour chaque fascine : les références des fascines existantes (ancienne base du Syndicat), les paramètres du diagnostic et les surfaces d'impluviums. Ces dernières sont estimées en hectares sous S.I.G en utilisant les courbes de niveaux de la Carte IGN tout en prenant compte des gros obstacles visibles sur cette carte (bâtiments). Grâce à cette nouvelle base, différents travaux dont l'atlas des fascines sont réalisés (voir annexe 5).

3.4 L'évaluation des 52 fascines inspirée de la méthode S.I.R.I.S (Système d'Intégration des Risques par Interaction des Scores)

C'est une méthode en 4 étapes qui s'inspire de la méthode SIRIS (voir annexe 6).

- **La première étape** consiste à réaliser une note initiale de fonctionnalité pour savoir si une fascine est fonctionnelle ou non.
- **La deuxième étape** ajuste la note précédente de façon uniquement négative et utilise la méthode S.I.R.I.S. Cette méthode utilise des paramètres pour attribuer une note selon une logique de pénalisation. Les points attribués traduisent une perte de fonctionnalité, cela se lit donc en sens inverse d'une notation habituelle (voir annexe 6). Contrairement à la première les facteurs utilisés ne peuvent pas rendre une fascine complètement non fonctionnelle.
- **La troisième étape** consiste à réaliser une note de plus-value de la fascine en utilisant de nouveau la méthode S.I.R.I.S. Cette note se base sur la capacité d'une fascine à reprendre en végétation ou non. Elle est indépendante de la fonctionnalité car il est considéré qu'une plus-value ne peut pas détériorer une fonctionnalité.
- **La quatrième étape** consiste à compiler la note de fonctionnalité intermédiaire avec celle de la plus-value en utilisant un calcul de pondération pour une obtenir une note de fonctionnalité finale. C'est la plus-value qui pondère. La note finale est sur 20 et permet des donner différents états des fascines (voir tableau 1).

Tableau 1 : Tableau des notes possibles de fonctionnalité des fascines

Plus value établie par la méthode S.I.R.I.S et remis en pourcentage (pour la correction de la fonctionnalité par la plus value)

	plus value maximum								pas de plus value
%	0	1	2	2	3	5	5	7	9
	100	88,8	77,7	77,7	66,6	44,4	44,4	22,2	0
	1	0,88	0,77	0,77	0,66	0,44	0,44	0,22	0

Note F / 9	Note F / 10	20	18,8	17,7	17,7	16,6	14,4	14,4	12,2	10
0	10	20	18,8	17,7	17,7	16,6	14,4	14,4	12,2	10
1	8	16	15,1	14,2	14,2	13,3	11,5	11,5	9,7	8
2	6	12	11,3	10,6	10,6	10	8,6	8,6	7,3	6
2	6	12	11,3	10,6	10,6	10	8,6	8,6	7,3	6
3	4	8	7,5	7,1	7,1	6,6	5,7	5,7	4,8	4
5	3	6	5,6	5,3	5,3	5	4,3	4,3	3,6	3
5	3	6	5,6	5,3	5,3	5	4,3	4,3	3,6	3
7	2	4	3,7	3,5	3,5	3,3	2,8	2,8	2,4	2
9	1	2	1,8	1,7	1,7	1,6	1,4	1,4	1,2	1
?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

La méthode ici est un croisement par multiplication (par combinaison) pour différencier les fascines fonctionnelles des fascines non fonctionnelles

F/9 = Note intermédiaire

F/9 traduit en F/10 pour tenir compte des fascines non fonctionnelles. Pour inverser les notes afin d'avoir une meilleur lisibilité de la notation on procède à un calcul de suite arithmétique de raison 3

20 à 11.5 11.5 à 9 8.9 à 7 6.9 à 5 4.9 à 3.1 3 à 2.5 2.4 à 1.6 1.3 à 0 Gamme des notes finales

Il est alors possible d'expliquer les cas généraux des types de fascine en se basant sur les notes :

- **Lorsque la fascine n'a pas de plus-value, sa note varie de 0 à 10.** La fascine est soit très récente car elle n'a pas eu le temps de reprendre, ou elle est en bois mort et ne peut pas reprendre ou elle est endommagée et a subi des dérives phytosanitaires, l'empêchant ainsi de reprendre.
- **Lorsque sa plus-value est maximum, sa note varie de 0 à 20.** Mais selon cette méthode, la plus-value ne l'emporte pas sur la fonctionnalité car une fascine très peu fonctionnelle reste à 2 au lieu de 1.
- **Lorsque la note globale dépasse 10,** la fascine dispose forcément d'une plus-value. Dans ce cas la fonctionnalité est comprise entre 6 et 10 donc la fascine ne peut pas être trop peu fonctionnelle. Tous les types de fascines existent, sauf les fascines presque détruites ou très endommagées.
- **Lorsque la note est en dessous de 10 mais au-dessus de 3,** différents cas sont possibles. Elle peut avoir une plus-value maximum et une fonctionnalité très mauvaise ou l'inverse. En revanche elle n'aura pas les deux notes très bonnes en même temps car dans ce cas la note globale dépasse 10.
- **Lorsque la note est en dessous de 3** les dégâts et le chargement sont importants, les fagots sont également secs ou dégradés. La plus-value ne fait pas remonter la note énormément.

A partir de ces cas généraux il est possible de donner des premières règles de décision :

- **Une fascine qui aura une note au dessus de 10 n'aura pas besoin de beaucoup d'entretien contrairement à une fascine ayant une note entre 3 et 10.**
- **Une note en dessous de 3 indique que la fascine a besoin d'entretiens conséquents.**
- **Pour les fascines non fonctionnelles, l'entretien ou plutôt la réparation est inévitable.**

Cependant cette méthode a des limites et ne prend pas en compte le caractère temporel ce qui pose problème sur la précision des données et sur l'impact de la plus-value, de plus l'impact des objets présents en amont n'apparaît pas sur la fonctionnalité finale.

Il n'y a pas de note de durabilité. Pour cela il aurait fallu prendre des diagnostics à différents moments dans le temps. Ce premier constat permet de déterminer quelles sont les fascines prioritaires ou non. La comparaison dans le temps avant et après les mois pluvieux d'octobre à hiver où les pluies sont les plus fortes (en moyenne 90 mm par mois) aurait permis de préciser la durabilité et donc d'améliorer cette évaluation néanmoins ce travail nécessite une campagne sur un an au moins.

Au total les 52 fascines ont été diagnostiquées et leurs notes ont été inscrites sur un bulletin (voir annexe 7).

III. La fascine, un aménagement qui nécessite un entretien plus fréquent.

1. Des constats chiffrés sur l'état des fascines en place

Le diagnostic et l'évaluation ont permis d'établir les premiers constats nécessaires à la mise en place des travaux à entreprendre et à la gestion des futurs plans d'actions. Les constats sont présentés par thèmes : les notes, les dégâts, la reprise végétale, l'état des fagots et le chargement en limons.

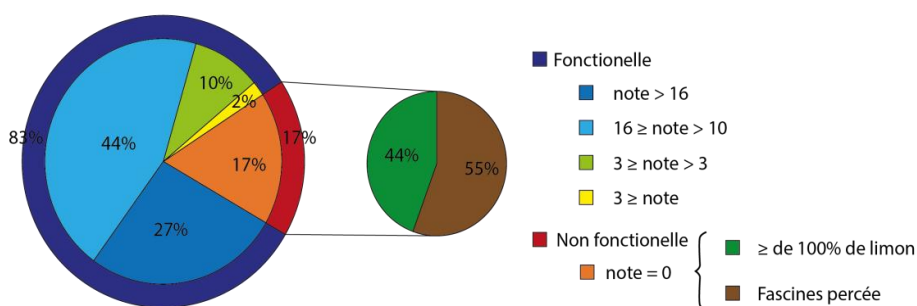


Figure 20: Diagramme 1 des proportions de notes associé au diagramme des propositions de dégâts et chargement en limon pour des fascines non fonctionnelles

- Ce diagramme 1 permet de montrer que près de 17% des fascines sont non fonctionnelles et que les dégâts occasionnés sur la fascine sont la cause majoritaire (voir figure 20). Néanmoins le chargement en limon joue lui aussi une part considérable. La plupart des fascines ont une note au-dessus de la moyenne.

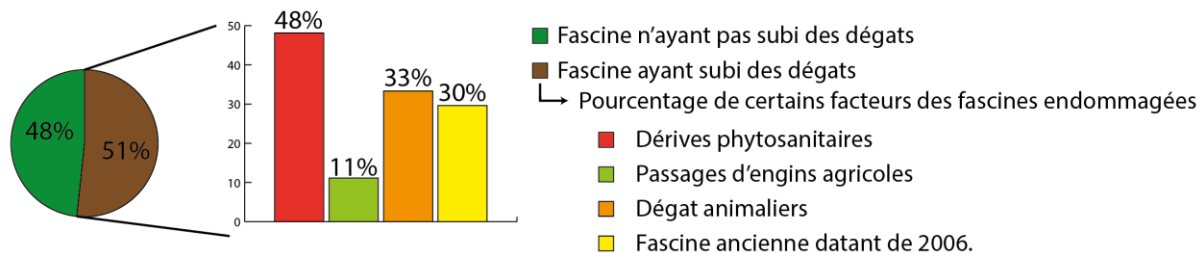


Figure 21: Diagramme 2 des proportions de fascines endommagées ou non associées à un diagramme en bâton des proportions de différents facteurs associés aux fascines endommagées (certaines fascines associent plusieurs facteurs)

- Ce diagramme 2 montre le nombre de fascines endommagées et les facteurs liés à ces dégâts (voir figure 21). La moitié des fascines sont endommagées à causes de projections de produits phytosanitaires. Les principaux dégâts vont majoritairement empêcher la fascine de reprendre (cela ne l'empêche pas de fonctionner). En ce qui concerne les dégâts mécaniques il y a 11% de dégâts liés au passage d'engin agricole et 33% de dégâts liés à des passages d'animaux. Au moins un tiers des fascines sont endommagées par les animaux, l'érosion ou la main de l'homme créant des trous qui peuvent rendre la fascine inefficace. Le passage d'engins agricoles est plus rare mais cause plus de dommages. Enfin les fascines les plus endommagées sont les plus vieilles (2006).

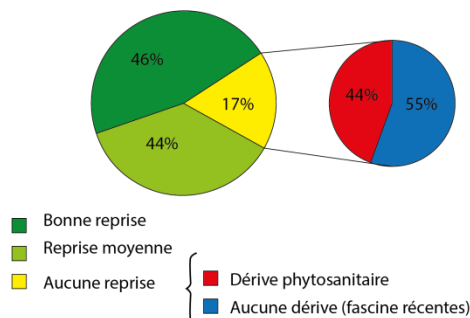


Figure 23: Diagramme 3 des proportions de reprises des fascines associées au diagramme des proportions des facteurs expliquant les fascines qui n'ont pas repris.

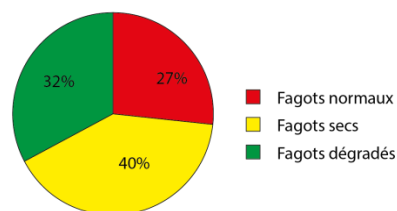


Figure 22: Diagramme 4 des proportions de l'état des fagots

- Le diagramme 3 quantifie la proportion de fascines qui n'ont pas repris (voir figure 23). Le diagramme bleu et rouge présente la raison pour laquelle la fascine n'a pas repris. Globalement la moitié des fascines n'ont pas repris car elles ont été exposées aux phytosanitaires. L'autre moitié n'a pas repris car la fascine est soit récente soit en bois mort.
- Le diagramme 4 permet de quantifier le nombre de fagots retrouvés dégradés, secs ou normaux (voir figure 22). Cette indication a un impact sur la fonctionnalité de la fascine. La quantité de fagot a aussi son importance. Lorsque les fagots sont dégradés, ils sont en général moins volumineux que lorsqu'ils sont normaux. Cela permet de donner une première indication du nombre de fagots à rajouter.
- Le diagramme 5 montre que la plupart des fascines n'ont pas besoin d'un curage dans l'urgence, sauf pour 10% d'entre-elles. Pour les fascines restantes (13%) il est vivement conseillé de le réaliser pour éviter que cela devienne urgent (voir figure 24).

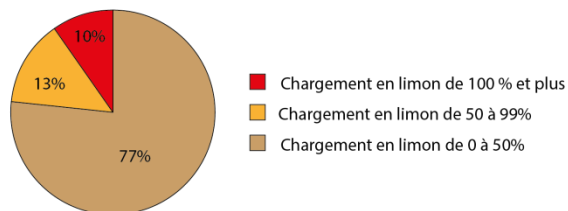


Figure 24: Diagramme 5 des proportions des chargements en limon

Les diagrammes 2, 3, 4 et 5 indiquent que de nombreuses fascines sont sujettes à des réparations ou à des curages. La note est le premier indicateur, les facteurs des diagnostics permettent d'expliquer celle-ci. Le diagnostic montre qu'au moins 40% des fascines avaient besoin d'un rechargement en fagots et 58% des fascines d'un curage. Ces chiffres concernent les fascines qui sont non fonctionnelles mais aussi les fascines fonctionnelles qui sont destinées à le devenir si la situation empire. Ces résultats ne sont valables qu'au moment du diagnostic c'est-à-dire de Juillet à septembre 2015.

2. Un atlas disponible pour tous les membres et collaborateurs du Syndicat

L'Atlas créé est un inventaire des fascines diagnostiquées. Il permet de mettre à jour les données et de faire en sorte que ces dernières soit simples d'utilisation aux membres et collaborateurs du Syndicat. L'Atlas présente chaque fascine et ses facteurs associés par page. (voir figure 25). Il résulte de la compilation des données de diagnostic, d'analyse S.I.G et d'utilisation de la méthode de notation inspirée de S.I.R.I.S.

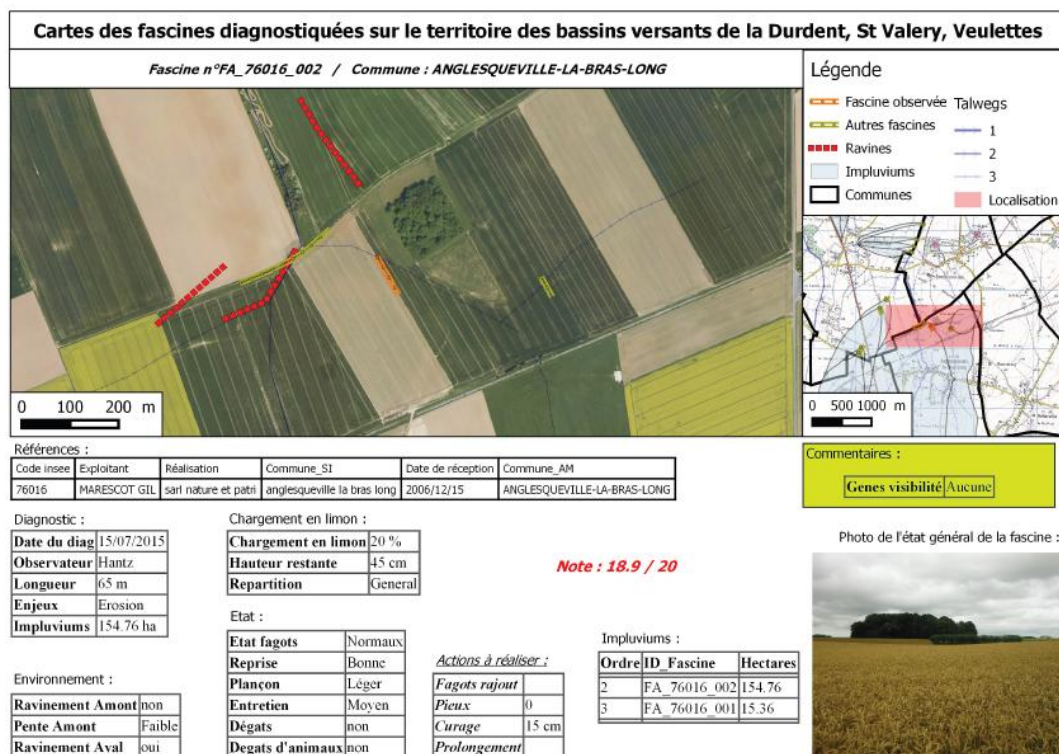


Figure 25: Exemple de page de l'atlas des fascines

Toutes les pages s'organisent de la même manière. Elles présentent deux cartes, huit tableaux et une photographie.

Les tableaux sont répartis par thèmes (annexe 5) : Il y a les références (dates, propriétaires...), les informations générales du diagnostic (date, enjeux), les facteurs environnants (ravines, pentes) le chargement en limon, l'état de la fascines (reprise végétale, dégâts), les actions à réaliser (curage, rechargement en fagot) et les impluviums (voir annexe3).

La carte au centre situe la fascine sur une photographie aérienne. Il est aussi possible de voir les vallées sèches et les ravines. La carte à droite présente permet de repérer la toponymie sur un fond de carte IGN.

Enfin une photographie de l'état général de la fascine est ajoutée et une case dédiée au commentaire permet de savoir si la fascine est une gêne ou non à la circulation. Cette case permet aussi de recevoir des annotations à la main qui peuvent s'avérer utiles pour comparer ou mettre à jour la fascine diagnostiquée.

Cet inventaire est un outil non seulement pour la lecture rapide des données mais aussi pour mettre en place des mesures de gestions du territoire.

IV. Les propositions envisageables sur les fascines diagnostiquées

Afin d'agir le plus efficacement sur les fascines selon leur fonctionnalité, trois types d'action avec leurs règles de décisions envisageables structurent la méthodologie de propositions apportées :

- Les entretiens à définir en fonction des paramètres de la fascine
- Les techniques culturales à adapter ou à redéfinir
- Les compléments d'aménagement à réaliser selon le terrain et la faisabilité

Repris dans le schéma global (figure n° 18), ces trois actions se déclinent successivement en trois étapes : (voir figure 26)

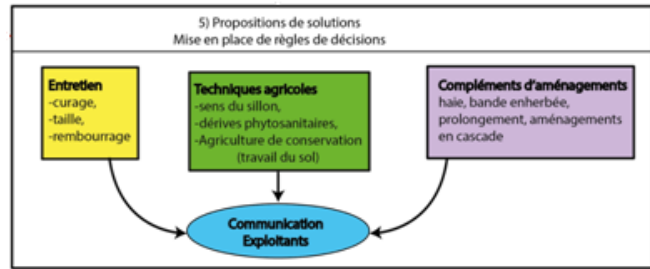


Figure 26: Extrait de la figure 18 les solutions envisageables

1. Les entretiens à réaliser sur les fascines

Ils se subdivisent en trois phases selon trois tableaux (voir tableau 2 et annexe 8):

Tableau 2 Les entretiens à réaliser sur les fascines diagnostiquées

Phase de propositions de solutions pour la réalisation d'entretiens

Note globale	actions à réaliser de manière générale (sans s'intéresser aux notes de fonctionnalité ou de plus value)	
>15	penser à rebouturer en plançons quand la reprise est bonne, cela fera passer la note à 20	
10 - 15	à surveiller (déterminer si la fascine est récente ou non)	
≤10	s'intéresser aux notes de fonctionnalité et de plus value ou voir atlas	
<5	prévoir ces fascines comme prioritaires.	

Info Atlas	Note fonctionnalité	Actions à réaliser
Pas de dégat + pas de chargement en limon + fagot normal	10	Regarder la note de plus value
Pas de dégat + pas de chargement + fagot dégradé ou sec	≤10	précédent + rechargement en fagot
Chargement > 50 ou dégat faible + possible fagot dégradé ou sec	≤6	Précédent + curage à réaliser ou dégat à réparer (trou dans les fagots)
Chargement > 50 et dégat faible+ possible fagot dégradé ou sec	<3	Précédent + prioriser pour les solution techniques agricoles et complément d'aménagement

Info Atlas	Note plus value	Action à réaliser
Bonne reprise + plancon léger	0 ou 1	Rebouturer pour combler le manque de plançons et surveiller
Bonne reprise + plancon faible ou reprise moyenne	>1	Précédent + vérifier si dégat phyto si oui : technique agricole
Mauvaise reprise + possible dégat phytosanitaire	>3	Précédent + prioriser pour les solution techniques agricoles et complément d'aménagement

La phase 1 permet de donner une action en fonction de la note finale.

- Lorsque la note est élevée (entre 10 et 15), la fascine est à surveiller et rebouturer les plançons est fortement conseillé. La taille de la fascine pour récupérer les boutures de diamètre inférieur à 4 cm s'effectue au moins tous les 3 ans.
- Lorsque la note est inférieure à 10, il faut passer au second tableau qui donne des directives à réaliser en fonction de la note de fonctionnalité intermédiaire.
- Si la note est inférieure à 3 cette fascine est à entretenir en priorité.

La phase 2 donne les directives à réaliser sur les fascines en fonction de la note de fonctionnalité intermédiaire (voir annexe 6). Il s'agit, ici d'établir les actions de curages ou de rechargements en fagots si la note est mauvaise. Dans le cas contraire où la note de fonctionnalité est correcte, le problème se situe au niveau de la reprise végétale et les directives du troisième tableau sont à suivre.

La phase 3 détermine les actions pour les fascines définies, ici, en fonction de la note de plus-value (voir annexe 6). Pour une note très faible il est nécessaire de vérifier avec la phase 2 si le problème est lié aux techniques agricoles par des projections de phytosanitaires ou si la fascine est simplement récente et n'a pas eu le temps de se développer. Les fascines ayant une plus-value supérieure à 3 sont dirigées vers l'étape 2.

2. Les techniques agricoles à améliorer

Cette deuxième étape gère les fascines qui peuvent potentiellement présenter des problèmes liés aux pratiques agricoles en amont. Ces techniques peuvent altérer le fonctionnement de la fascines jusqu'à la rendre non fonctionnelle. Elle se compose d'un tableau qui permet de déterminer les actions à réaliser en fonction des types de problèmes rencontrés (voir tableau 3 et annexe 8).

Tableau 3 : Propositions de solution aux techniques agricoles

Phase de propositions de solutions aux techniques agricoles défavorables.						
type de problèmes	Conséquence	1 : Cas possibles	2 : Réflexion et prise de décision	3 : Proposition à l'exploitant	4 : Si aucune des propositions n'est acceptées	5 : Si entretien non réalisé, ou non réalisable par l'exploitant
Type de travail du sol	Il agit sur l'arrachement des sédiments, l'infiltration et la vitesse du ruissellement	Sens du sillon dans le même sens de la pente	Proposer un autre sens au sillon (perpendiculaire au sens de la pente)	Contacter l'exploitant et l'informer des risques	Rappeler l'exploitant : phase entretien à réaliser (au minimum)	Complément d'aménagement en amont ; effectuer les mêmes étapes pour la phase "proposition de solutions aux techniques agricoles" avec un autre exploitant sur les parcelles autour et si possible en amont ; rappel à la convention
		Tassement du sol	Réduire le nombre de passage d'engins ; utiliser des pneus basse pressions ; déstructurer (binage, déchaumage)			
		Sol nu	Couvrir les sols ; déchaumage (casser la croûte de battance) ; éviter les terres fines (préférer un état de surface motteux)			
Type de pratiques culturales	Il accroît le risque d'apparition d'un ruissellement très fort	La concentration d'un même type de culture sur plusieurs parcelles	Assolement patchwork			
		Cultures défavorable (pommes de terre)	Réalisation de micro-barrages			
Traitements phytosanitaires	Ils agissent sur la reprise végétale	Fascine brûlée	Diminuer leur utilisation ou proposer une alternative propre : le désherbage	Contacter l'exploitant et rebouturage		
Si aucun problème		Passer à la phase "compléments d'aménagement"				

2.1 : Le travail du sol un facteur déterminant de la fonctionnalité des fascines.

Un des facteurs défavorables pour la fonctionnalité d'une fascine est celui de la surcharge en limons qui en dépassant la hauteur des fagots finissent par la traverser. La cause principale de cette accumulation provient des parcelles agricoles situées en amont. Ces cultures possèdent des sillons. Lorsque ceux-ci sont parallèles au sens de la pente, ils canalisent et accélèrent le ruissellement en provoquant l'arrachement des terres. Pour résoudre ce problème il est possible de changer le sens du sillon et le mettre perpendiculaire à la direction de la pente. De cette manière l'eau s'écoule de façon latérale selon une pente plus légère. La taille des sillons dépend des cultures. Ceux des champs de pomme de terre sont les plus étriqués et profonds. Les fascines situées en aval de ces cultures ont une accumulation plus importante en sédiments (2 à 50 fois plus selon les sources du Syndicat). Le sens des sillons de ces parcelles devient alors déterminant pour la fonctionnalité des fascines situées en aval.

Les pratiques culturales modifient la structure du sol ce qui agit sur le risque de ruissellement. D'une manière générale le sol doit être rugueux en mottes de 3 à 5 cm au minimum espacées les unes les autres afin de modérer la formation de battance. De plus ce type de sol offre une rugosité non négligeable pour stocker de l'eau et améliorer l'infiltration. Enfin le sol ne doit pas être tassé pour faciliter l'infiltration de l'eau et éviter la formation du ruissellement. Pour cela il faut réduire les passages d'engins ou utiliser sur les engins des pneus basse pression. Après la récolte, un déchaumage du sol permet de déstructurer le sol et recrée ainsi la rugosité nécessaire à la bonne infiltration des eaux. Lorsque le sol a développé une croûte de battance que ce soit avant ou après le semis, un binage redonne la porosité au sol.

2.2 : L'impact des cultures sur l'érosion

En Hautes Normandie les cultures les plus fréquentes sont le pois, le maïs, le colza, le lin, la betterave et les céréales d'hiver (blé, escourgeon). Même si la culture qui pose le plus de problème est celle de la pomme de terre à cause de ses sillons chaque culture a une période à fort risque d'érosion selon la date de semis et la croissance du couvert végétal. Le développement du même type de culture sur un ensemble de parcelles à la mauvaise période accroît le risque d'un ruissellement. Il vaut mieux dans ce cas répartir et alterner différentes cultures au sein d'un bloc de parcelles. La meilleure solution consiste à partager les blocs avec 50% de cultures de printemps et 50% de cultures d'hiver. Cette technique est appelée assolement patchwork.

Après la récolte, le sol est laissé à nu et généralement tassé suite aux passages des engins. Il présente alors un fort risque à l'érosion avec un transport important de sédiment lorsqu'il est exposé aux pluies. Pour limiter le risque, il est possible de réaliser une inter-culture, c'est un couvert végétal qui permet de protéger le sol du phénomène

d'érosion. La densité du feuillage empêche la goutte de toucher directement le sol l'empêchant de former une croûte de battance. De plus le ruissellement est ralenti et la résistance du sol augmente grâce au développement des racines. De nombreuses espèces telles que la moutarde ou l'avoine existent pour ces cultures.

Un dernier problème concerne l'utilisation des phytosanitaires. Ils améliorent la production des cultures mais empêchent la fascine de reprendre lorsqu'elle est maladroitement en contact avec eux. Dans ce cas la fascine est dite brûlée. Ces produits ne sont pas incontournables, des techniques alternatives comme le désherbinage c'est-à-dire un binage de l'inter-rang et une pulvérisation d'herbicides sur le rang planté peut économiser jusqu'à 60% de produit sur une culture de maïs.

A partir de ces deux premières étapes le Syndicat peut mettre en place une proposition et la soumettre à l'exploitant. L'agriculteur n'accepte pas toujours les changements de pratiques pour des raisons principalement économiques. La conjecture est relativement mauvaise, le nombre d'exploitant diminue de plus en plus dans la région. De nombreuses techniques comme le non labour ou encore l'agriculture de conservation des sols permettent de moins travailler la terre. Néanmoins ces techniques demandent une dizaine d'année pour être réellement efficace et rentable ce qui explique la réticence des exploitants.

Quel que soit la réponse, il est encore possible de proposer des compléments d'aménagements.

3. Les compléments d'aménagement à réaliser selon le terrain et la faisabilité

Les compléments d'aménagement permettent de prendre en charge une part du ruissellement en amont ou en aval de la fascine. La prise en charge des eaux et des sédiments est donc répartie à l'échelle d'un impluvium. Dans l'absolue c'est toujours utile, mais cela devient indispensable lorsque la fascine reçoit trop souvent des écoulements et que les entretiens sont trop fréquents. Plutôt que d'agir sur la fascine, l'idée est d'agir en amont avec un complément qui permet de prévenir les entretiens sur la fascine en aval et donc de réduire les coûts. Dans le cas où l'aménagement est en aval. Celui-ci agit sur la fonctionnalité en améliorant celle de la fascine. C'est une sorte de plus-value qui peut s'avérer utile en fonction des enjeux et des risques.

Le tableau 4 suivant résume les différentes conditions permettant de réaliser un complément d'aménagement. Une fois que les conditions sont respectées, il est possible de placer un aménagement.

Tableau 4 : Tableau des conditions nécessaires pour la réalisation d'un complément d'aménagement

Motivation des compléments d'aménagement	Au cours du temps la fascine va modifier les écoulements à cause de la terre qui s'accumule. La configuration des lieux change, il faut changer de solution.
	Compenser un dégât en amont qui amène les sédiments sur la fascine tel qu'une ravine
	Prendre en charge une partie des eaux et sédiments sur l'impluvium en amont de la fascine pour éviter de surcharger la fascine de sédiment. Plus l'impluvium est gros (>20 ha) plus il sera utile de l'aménager, à la fois pour compléter la fascine mais aussi pour répartir les aménagements sur le territoire et répondre à la mission du Syndicat.
Pour installer un complément d'aménagement on doit délimiter la zone dans laquelle on peut le réaliser	
Rappel des Conditions pour la mise en place ou non des aménagements (délimitation de la zone)	Respect des distances avec les habitations et les voiries, (code civil) 50 cm de distance minimum lorsque la taille de l'aménagement > 2m sinon 2 m minimum de distance
	Fascine non récente, la fascine a besoin de se développer
	Sur un même impluvium, cela délimite la zone d'aménagement (sinon cela ne complète pas la fascine)
	Agir uniquement sur des eaux d'origine agricole (compétence du syndicat)

Pour déterminer le type de complément d'aménagement il est nécessaire de tenir compte des problèmes rencontrés et des objectifs à poursuivre. Le premier problème concerne un contournement des eaux. La fascine ne reçoit pas les eaux car le modelé du paysage a évolué suite au déplacement des sédiments. Il se peut aussi que le ruissellement soit concentré ailleurs ou est devenu diffus, ne rendant de cette manière la fascine efficace que sur une partie du ruissellement. Le second problème concerne la formation de ravines qui se retrouvent avec les diagnostics. Le dernier concerne l'accumulation de sédiments. Lorsque la fascine est trop chargée le ruissellement passe par-dessus et un curage s'impose. Chaque problème dispose de plusieurs objectifs à réaliser pour le contrer. Les types d'aménagement vont dépendre de l'objectif poursuivi (voir tableau 5).

Tableau 5 : Tableau des types d'aménagements selon les besoins

Problèmes rencontrés	Objectifs poursuivis à l'Amont	Conséquences et bénéfices	Type(s) d'aménagement
L'eau contourne la fascine	Objectif dévier les écoulements et les ramener à la fascine ou les éloigner. Ne pas laisser les écoulements déborder ailleurs	Evite que le ruissellement contourne la fascine. Evite de rallonger la fascine (bénéfique en terme de coût)	Talus
	Prolonger la fascine avec un complément qui reçoit les écoulements diffus	L'ensemble du ruissellement est ralenti	Haie
Ravine	Diminuer la vitesse du ruissellement en amont de la ravine pour ne pas en recréer une autre.	Diminue la vitesse du ruissellement ainsi que la quantité de sédiments déplacé vers la fascine.	Fascines, haie
	Améliorer l'infiltration, des ruissellements venant de l'amont	Diminue la quantité d'eau reçue par la fascine, ainsi que la vitesse d'écoulement	Noüe
Accumulation de sédiments	Intercepter les sédiments transportés par le ruissellement	Freine les écoulements, donc diminue le phénomène d'érosion diffuse et l'arrachement des particules (pérennise l'aménagement)	Noüe
	Intercepter les ruissellements et freiner les écoulements	Diminue le phénomène d'érosion linéaire et donc diminue l'arrachement des particules (pérennise l'aménagement)	Haie, fascine
	Accroître la résistance du sol	Diminue le phénomène d'érosion, et donc l'arrachement des particules (pérennise l'aménagement)	Noüe, zone enherbée
	Piéger les sédiments grossiers	Les sédiments vont être accumulés contre une autre fascine. La fascine qui est complétée reçoit moins de sédiments	Fascines

Problèmes rencontrés	Objectifs poursuivis à l'Aval	Conséquence et bénéfices	Type d'aménagement
Fascine peu fonctionnelle due à une accumulation de sédiment ou un dégat	Améliorer l'infiltration et bloquer les sédiments fins	Plus valeur qui améliore la fonctionnalité de la fascine	Noüe
	Améliorer le ralentissement des écoulements, protéger un aménagement	Plus valeur qui améliore la fonctionnalité de la fascine	Haie (attention au décalage temporel : temps d'implantation = 2 - 3 ans)

Une fois que les propositions d'aménagement sont choisies, il faut vérifier qu'elles sont bien applicables sur le terrain. Les schémas associés aux tableaux permettent de savoir sur quelle localisation ils sont le plus pertinents et en fonction de quel paramètre. Contrairement au premier tableau qui présentait les conditions valables pour n'importe quel complément d'aménagement, les schémas ne s'appliquent qu'à un seul type d'aménagement (voir figure n°27). Trois types de compléments sont réalisables : la haie, la fascine, et la noue.

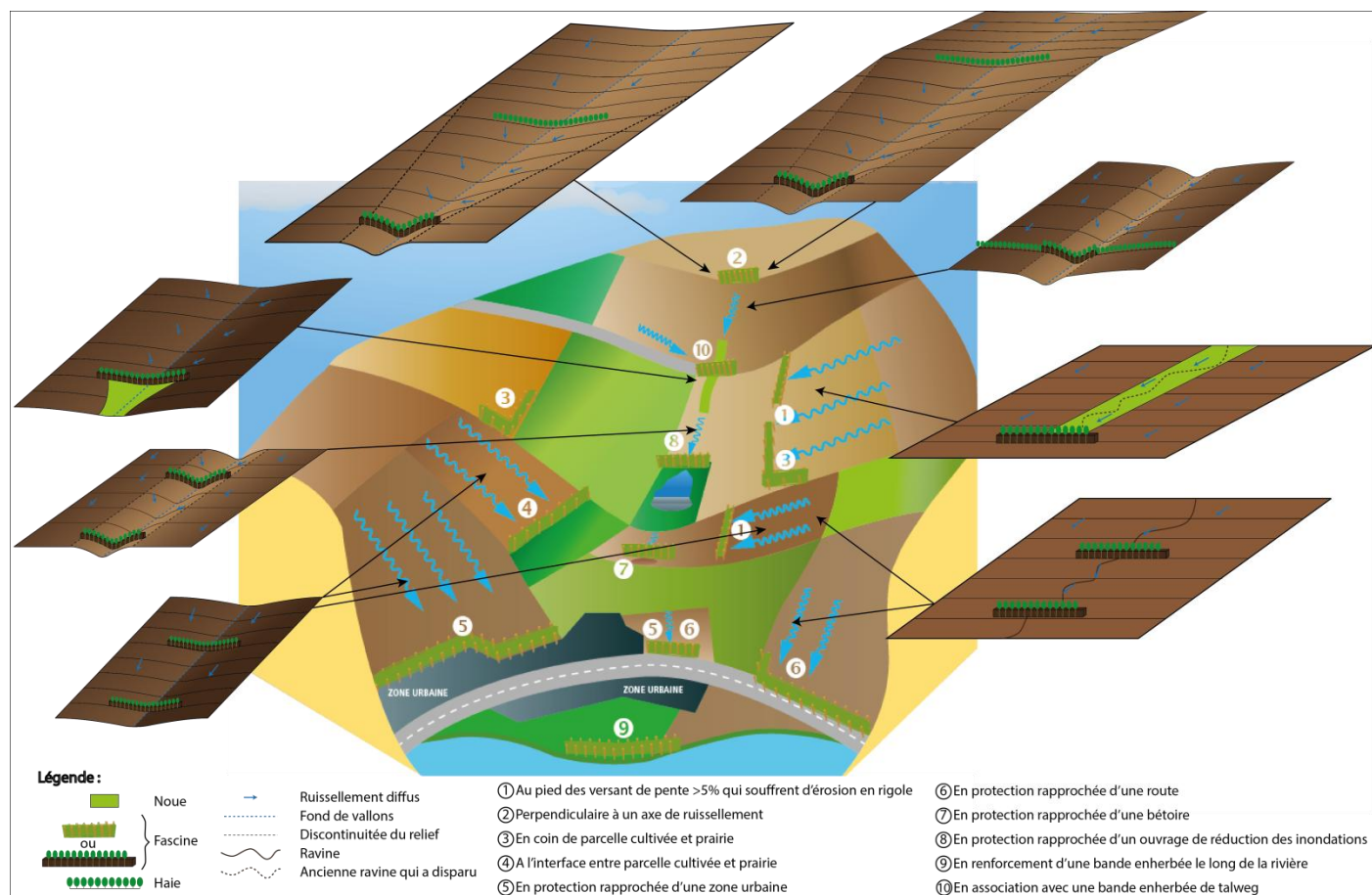


Figure 27: Schéma de synthèse montrant les localisations pertinentes aux compléments d'aménagement

- La haie est située sur des parcelles où le ruissellement est diffus. Son objectif est de réduire la vitesse du ruissellement de 0,20 m/s. Cependant elle ne peut qu'intercepter des ruissellements diffus (c'est-à-dire étalé sur une grande largeur), la morphologie du terrain ne doit pas concentrer les ruissellements. Il peut y avoir un vallon mais celui-ci sera très élargi (voir A de la figure). La haie est idéalement placée en rupture de pente juste avant que le vallon se forme pour empêcher le ruissellement de se concentrer puis de s'accélérer et d'arracher les particules avant d'arriver à la fascine. Sinon la haie se met aussi en prolongement de la fascine lorsque la morphologie du terrain présente une parcelle qui laisse trop de ruissellement diffus s'échapper autour de la fascine.
- Le complément de type fascine est situé en amont de la fascine considérée qui reçoit trop de ruissellement. Comme pour la fascine qu'elle complète, elle se positionne sur des zones où le ruissellement se concentre afin de bloquer et faire sédimenter les particules que ce dernier transporte. Cette disposition en cascade lorsqu'elle intervient sur le réseau hydrographique provenant du même impluvium (soit le même réseau, soit un réseau d'ordre inférieur). Cette deuxième fascine agit en amont et partage le ruissellement avec la fascine en aval, ce qui lui permet de recevoir moins de sédiments et d'être plus efficace plus longtemps.
- La noue est utile sur des zones sujettes à la formation de ravines en amont d'une fascine. Pour éviter aux ravines d'apparaître, cette zone enherbée diminue la vitesse de ruissellement tout en sédimentant les particules présentes. La végétation permettra aussi d'augmenter la résistance du sol. Cet aménagement peut aussi se situer juste après la fascine pour faire sédimenter les particules fines qui ont traversé la fascine.

Cette troisième étape établie, la faisabilité d'un complément d'aménagement constitue une nouvelle proposition à soumettre aux exploitants. Celle-ci s'accompagne d'ailleurs souvent d'une aide financière à la mise en place ce qui facilite les démarches.

4. Renforcer la communication pour s'approprier les aménagements

Pour que toutes ces propositions puissent se concrétiser, il faut non seulement les communiquer aux exploitants mais aussi susciter chez eux l'intérêt de changer leurs pratiques, d'entretenir leurs fascines ou autres compléments ou encore de coopérer entre eux afin d'améliorer l'efficacité de la gestion du ruissellement et de l'érosion sur le territoire du bassin versant. Plusieurs axes d'action sont envisageables :

- Une communication sur l'état des aménagements du bassin versant afin que les exploitants visualisent la vulnérabilité de certains aménagements, les enjeux et les risques associés. L'Atlas des fascines ou le bulletin des notes par exemple peuvent constituer un support. Elle peut se faire par une publication ou mieux encore par une journée d'informations ce qui permettrait non seulement une meilleure prise de conscience de l'impact de leurs aménagements mais aussi de répondre rapidement à tous.
- Une mise en place d'un cahier des charges peut suivre cette séance d'informations. Chaque exploitant disposerait ainsi des travaux à réaliser, des dates limites et de conseils pour mieux entretenir ou repérer les problèmes qui peuvent se poser sur les fascines par exemple.
- Une communication sur les pratiques agricoles sous forme d'une ou plusieurs journées d'ateliers pratiques ou stages, serait utile pour mieux expliciter ces techniques et montrer les erreurs à éviter. Ce stage de formation serait aussi l'occasion de souligner l'importance de ces changements de pratiques et ou de cultures pour lutter contre l'érosion et l'inondation et de leur proposer une alternative aux méthodes actuelles.
- Un contact plus régulier avec les exploitants sur le terrain avec la mise en place de propositions au cas par cas surtout en ce qui concerne les compléments d'aménagement. Il est important d'expliquer leur utilité en raison du coût associé, de prendre en compte les contraintes de l'exploitant et de valoriser chaque action.

5. Des améliorations de la méthode de diagnostics et d'analyse.

La méthode utilisée est réutilisable sur l'ensemble du territoire par les collaborateurs. Elle est réadaptable pour d'autres aménagements linéaires tels que les haies qui ont le plus de point commun aux fascines. Elle se déroule en

cinq étapes l'acquisition de donnée, le traitement des données, les résultats, l'évaluation et les propositions de solution. Chaque étape est améliorable.

Pour l'acquisition des données, un second diagnostic durant les mois d'automne ou d'hiver permettrait de voir si les 52 aménagements sont encore fonctionnels car ce sont les périodes où les sols sont les plus exposés à l'érosion (moins de cultures et plus de pluies). En réalisant plusieurs campagnes de diagnostics, la comparaison des notes affinerait les propositions de solution et peut aussi mettre en évidence l'action des exploitants et l'efficacité des propositions. Cette mission n'a duré que quatre mois. Avec plus de temps le nombre de fascines relevées augmentant sur le terrain aurait permis de mieux prendre en compte les impluviums. Pour le moment ils ont été estimés sur cartes, mais de nombreuses discontinuités du relief existent notamment avec les ouvrages et aménagements réalisés par l'homme comme les fossés près des routes qui peuvent dévier les eaux ou encore les zones urbaines. Cela peut plus ou moins fausser les surfaces d'impluviums.

Le traitement de données a été réalisé sous Qgis. Les données renseignées sur Excel sont transférées en Dbase sur Qgis pour y être jointes à la table de la couche des aménagements. Il pourrait être utile de réaliser des formulaires sous Access afin d'entrer automatiquement les données dans la table pour gagner du temps et éviter des erreurs d'orthographe ou de doublon. C'est utile lorsqu'il y a beaucoup de données à renseigner. Dans le cas présent, il a fallu faire preuve de rigueur et de nombreuses vérifications.

La méthode d'évaluation ne mesure que la fonctionnalité à un temps donné de la fascine. Elle n'est pas optimale car elle ne tient pas en compte de l'environnement en amont qui peut influencer sur le long terme. La note étant faite à un temps « t » elle peut être modifiée dans le futur par de nombreux phénomènes accidentels (accumulation de sédiments, dégâts liés aux animaux...) De plus, la plus-value ne considère pas que celle-ci puisse aussi compenser des dégâts à long terme (une reprise végétale importante peut combler un trou par exemple). Pour répondre à ce problème, il faut établir une durabilité à l'aménagement. Là aussi avec plus de temps, des tests sur l'impact d'une reprise végétale et des diagnostics échelonnés dans le temps en amont de la fascine afin d'évaluer le transport de particules auraient permis d'envisager une évaluation plus précise des fascines.

Pour le moment la méthode des propositions de solution se base sur la note. Mais comme la note peut évoluer de façon soudaine, la méthode d'évaluation devra s'adapter et par voie de conséquence celles des propositions aussi. Il en est de même pour les coûts qui s'établissent pour chaque fascine.

V. Bilan du stage :

Dans le cadre de la mission, ce stage au Syndicat m'a permis de collaborer avec une équipe impliquée et de partager avec elle des compétences diverses.

La réalisation de la mission n'aurait pas été possible sans les compétences acquises à l'institut LaSalle, notamment en ce qui concerne, le traitement des données sous S.I.G, mais aussi la compréhension du contexte de l'étude. Pour cette partie les cours à LaSalle ont été utiles notamment ceux de géomorphologie, de sédimentologie, de géologie du Bassin de Paris, d'hydrogéologie, et les cours de S.I.G. En ce qui concerne la réalisation du terrain, les cours de LaSalle ont été utiles surtout pour la lecture du paysage et la réalisation de la fiche de relevé. L'expérience acquise lors des sorties géologiques (gestion du matériels, lecture des cartes IGN et organisation des sites à diagnostiquer) a facilité la préparation des sorties terrains. L'expérience de la phase terrain du mémoire d'initiation à la recherche s'est avérée utile pour la réalisation de la méthode d'acquisition des données avec par exemple la réalisation de la fiche de relevé, son utilisation et l'organisation sur le terrain.

En plus de l'apport des compétences techniques, la mission a développé de nouvelles compétences selon trois grandes catégories.

D'abord mes compétences informatiques se sont renforcées avec la maîtrise du logiciel Qgis et m'ont aidé à réaliser un atlas qui génère plusieurs cartes de façon automatique permettant de gagner beaucoup de temps. Lors de l'élaboration de la méthode de notation, des compétences mathématiques ont été nécessaires pour adapter la méthode S.I.R.I.S à l'évaluation des fascines ce qui a imposé une recherche personnelle. Au cours de cette mission, deux formations sur site de deux jours chacune proposée à l'équipe technique m'ont permis de maîtriser l'utilisation du logiciel Joomla (création et gestion d'un site internet) et l'utilisation du logiciel PostGIS. Avec Qgis, ce dernier

constitue une extension de SGBD PostgreSQL lui permettant d'être utilisé sur des S.I.G. Les missions annexes qui m'ont été confiées, comme la réalisation de relevés topographiques sur une parcelle pour un projet de réalisation de mares ou encore la réalisation de cartes mettant en évidence des aménagements pour compléter les dossiers de certains notaires ont aussi été l'occasion de développer des compétences techniques.

La seconde catégorie concerne les connaissances autour des thèmes de l'érosion et de la lutte contre l'inondation sur le territoire du Pays de Caux. En rapport avec les activités du Syndicat, des sorties sur le site d'expérimentation de l'Areas entre autres m'ont montré les types d'aménagement et ouvrages réalisés sur le territoire mais aussi renforcé la compréhension de tous les contextes de la région. Les connaissances plus réglementaires pour comprendre la structure et le fonctionnement du Syndicat qui est public se sont enrichies par la recherche de données (cf rapport d'entreprise).

Enfin la troisième catégorie concerne les compétences relationnelles. Afin de pouvoir travailler avec l'équipe technique, des compétences en gestion du travail se sont mises en place, grâce à la mise en commun d'un agenda interactif collaboratif. Il y a aussi eu la participation à des réunions au sein du syndicat et à des expositions réalisées par des associations locales telles que l'association Sol en Caux pour promouvoir l'agriculture de conservation. D'autres rencontres ont été réalisées avec les exploitants ou des propriétaires selon les projets. Ces réunions et rencontres n'ont pas forcément un lien direct avec la mission mais dans tous les cas elles ont mis en évidence des exemples d'activités du Syndicat et précisé les différentes missions de l'équipe technique tout en favorisant les échanges. Ce stage m'a permis de prendre conscience de différents mode de communication tant au niveau du travail avec l'équipe du Syndicat qu'au niveau des différents intervenants. La présentation orale du travail réalisé pendant le stage lors du conseil syndical soit l'ensemble des élus du Syndicat a été l'occasion d'apporter une contribution aux actions du Syndicat.

Ce stage professionnel, au cœur d'un territoire rural, est une expérience très enrichissante qui pourra être réinvesti dans mon projet personnel.

Conclusion :

Compte tenu du ruissellement érosif intense dans le Pays de Caux, ce stage de 4 mois avec l'équipe technique du Syndicat Mixte des Bassins Versants de la Durdent, Saint Valery, Veulettes a été l'occasion de découvrir l'évolution des solutions apportées sur ce territoire pour la lutte contre les inondations et coulées boueuses dans le cadre de la protection des biens et des personnes.

Face aux risques, la première action fut de réaliser des ouvrages de rétention agissant sur la conséquence du ruissellement, mais cette méthode coûteuse s'est avérée difficile à entretenir et parfois inopérante pour solutionner un problème très localisé en amont d'une parcelle agricole. Dès lors, la mise en place des aménagements d'hydraulique douce ont permis de freiner les écoulements et de bloquer les sédiments grossiers de manière efficace. Ils sont complémentaires des ouvrages situés en aval et améliorent la gestion du ruissellement sur un plus grand territoire. Néanmoins, ces structures comme les fascines dont le coût d'installation reste élevé, ont une fonctionnalité très variable. L'évaluation des fascines réalisée pendant le stage indique que le cas le plus fréquent d'une fonctionnalité inefficace a pour origine l'appropriation de la fascine par l'exploitant. Plusieurs solutions sont alors envisageables pour améliorer la situation mais elles nécessitent des interventions d'entretiens ou l'ajout de compléments ce qui accroît les coûts.

A ce niveau de l'étude, l'implication du Syndicat est remarquable non seulement par leurs relations au cœur du territoire avec les exploitants mais aussi dans la volonté de pérenniser ces aménagements pour une meilleur gestion des risques et de maintenir l'efficacité de leurs projets. Participer à l'élaboration de plan d'actions envisageables sur ce territoire a été très enrichissant et formateur.

D'ailleurs cela a ouvert sur de nouvelles perspectives sur la gestion du ruissellement érosif. En effet, plutôt que d'agir de manière curative en bloquant les sédiments, et en réduisant le ruissellement avec des aménagements ou des ouvrages, il est possible de repenser complètement la manière dont celui-ci est ralenti en agissant directement sur les pratiques agricoles. L'agriculture de conservation des sols développée dans d'autres pays depuis des dizaines d'année notamment aux Etats Unis et en Amérique latine a démontré qu'elle limitait l'érosion des sols.

Ce choix de pratiques culturales protégeant les sols du ruissellement et de l'érosion est encore limité sur le territoire et soulève de nombreux problèmes économiques.

Le paysage et les sols subissent les transformations climatiques, les actions du Syndicats sont primordiales pour limiter les risques mais sont aussi à soutenir à tous les niveaux.

Bibliographie.

AREAS (Association régionale pour l'Etude et l'Amélioration des Sols), 2008. Un large Champ de solutions pour les agriculteurs, 20 fiches érosions. 62 p.

AREHN (Agence régionale de l'environnement de Haute-Normandie), 2003. Les climats IN : Le Tableau de bord régional de l'environnement pour un développement durable [en ligne]. Date de consultation : 02/09/2015. Disponible sur : <http://www.arehn.asso.fr/tabord/pdf/010201.pdf>

ARMAND R., 2009. Étude des états de surface du sol et de leur dynamique pour différentes pratiques de travail du sol. Mise au point d'un indicateur de ruissellement. Thèse de doctorat de géographie, Université de Strasbourg, 209 p.

AUROUSSEAU P., GASCUEL-ODOUX C., SQUIVIDANT H., 1995. Méthode d'évaluation d'un risque parcellaire pour la contamination des eaux superficielles par les pesticides [en ligne]. Date de consultation : 20/09/2015, Disponible sur : <http://viviane.roazhon.inra.fr/spanum/publica/risque/pest-2.htm>

AUZET A.-V., 1987. L'érosion des sols cultivés en France sous l'action du ruissellement. *Ann.Géog.* n°537, pp. 529-556.

AUZET A.-V., 1987. L'érosion des sols par l'eau dans les régions de grandes cultures : aspect agronomiques, Rapport Ministère de l'Environnement – Ministère de l'Agriculture, Strasbourg, CEREG-URA 95 CNRS, p. 1-39.

AUZET A.-V., BOIFFIN J., PAPPY F., MAUCORP J., OUVRY J.-F., 1990. An approach to the assessment of erosion forms and erosion risk on agricultural land in the Northern Paris Basin, France. In Boardman J., Foster D.-L. and Dearing J.A., eds, *Soil erosion and agricultural land*. Wiley, Chichester, pp. 383-400.

AUZET A.-V., 2000. Ruissellement, érosion et conditions de surface des sols à l'échelle de versants et petits bassins versants. Mémoire de HDR, CEREG, ULP (Strasbourg), 79 p.

BEICIP., 1974. Pédologie du bassin Seine-Normandie au 1:1 000 000^e d'après la Carte Pédologique de la France au millionième publié par l'Institut National de la Recherche Agronomique /IN : « Seine – Normandie » LES BASSINS DE LA SEINE ET DES COURS D'EAU NORMANS ATLAS, 6 pl.

BOIFFIN J., 1984. La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies. Thèse de doctorat, Sciences agronomiques, INA Paris-Grignon, 423 p.

CALANDRE P., JACONO D., 2006. PROTECTION ET GESTION DES RIVIÈRES DU SECTEUR SEINE-AVAL, Bassin Seine-Normandie. Agence de l'eau Seine-Normandie, 142 p.

CAPPUS, P., 1960. Bassin expérimental d'Alrance- étude des lois de l'écoulement- application au calcul et à la prévision des débits. *La Houille blanche*, n°A, pp. 493-520.

CAVELIER C., MEDIONI R., 1980. Carte géologique de Rouen à 1/250000 et notice explicative. BRGM, Orléans, 45 p.

CGDD (Commissariat Général au Développement Durable), SOeS (Service de l'Observation et des Statistiques), 2012. Extrait de carte de l'occupation des sols, Corine Land Cover, Vue sur le site SIGES Seine-Normandie, Date de consultation : 15/10/2015. Disponible sur : <http://sigessn.brgm.fr/?page=carto&mapid=5>

CHAÏB J., THORES J.-P., 2004. Inondations : risque zéro, AREHN, ISBN : 2-9516913-5-12, 33 p.

CHANTRAINE J., AUTRAN A., CAVELIER C., 1996. Carte géologique de la France au 1:1 000 000e et notice explicative. BRGM, Orléans, 8 p.

COSANDEY C., ROBINSON M., 2000. Hydrologie continentale. Armand Collin, 360 p.

DAVIDP.-Y., MOISAN J., NACHBAURA., DÖRFLIGER N., 2010. – Aménagement des bétouilles en Haute-Normandie – Etat de l'art et préconisations de bonnes pratiques. Rapport final, Rap. BRGM/RP-58795-FR, 218 p.

DORÉ F., 1987. Guide géologique régional Normandie–Maine. Masson, Paris, 2^{ème} édition, 216 p.

DUNNE T., BLACK R., 1970. An experiment investigation of runoff production in permeable soils. *Water Resources Research*, n°6(2), pp. 478-490.

FORSTC., 2010 Pourquoi restaurer ? La dynamique fluviale, à l'origine de la biodiversité et du bon état écologique/IN : Le recueil d'expériences sur l'hydromorphologie des cours d'eau. ONEMA, 7p.

FOURNIER M., 2006. Identification des modalités de transport et de la vulnérabilité du karst de la craie. Application de nouveaux outils statistiques d'analyse des données au système du Hannetot (Seine-Maritime, France). Thèse de doctorat d'hydrogéologie karstique : Université de Rouen, 228 p.

FRÉMOND A., 1955. La région du Havre : population, structure graire, économie rurale, habitat rural, Mémoire pour le diplôme d'études supérieures de géographie, Paris.

GÉLY J.-P., HANOT F., 2014. Coupe du Bassin parisien simplifiée - Coupe géologique du Bassin parisien et du Fossé rhénan. Bull. Inf. Géol. Bass. Paris, Mémoire hors-série n°9, 1 pl.

Gril J.-J., Le Hénaff G., Faidix K., 2010. - Mise en place de zones tampons et évaluation de l'efficacité de zones tampons existantes destinées à limiter les transferts hydriques de pesticides : guide de diagnostic à l'échelle du petit bassin versant. Rapport Irstea-MAAP, 42 p.

HAUCHARD E., LAIGNEL B., DELAHAYE D., 2002. Proposition d'un nouveau schéma structural du Nord-Ouest du bassin de Paris reposant sur l'analyse fractale des réseaux de thalwegs et les données récentes de la géologie régionale. *C. R. Geoscience*, n°334(4), pp. 295-302.

HORTON R.-E., 1933. The role of infiltration in the hydrological cycle. *Transactions of American Geophysical Union*, n°14, pp. 446-460.

JARDANI A., 2007. – Nouvelles approches géophysiques pour l'identification des dolines et des cavités souterraines dans un contexte karstique –.Thèse, Université de Rouen, 210 p.

KAMPHORST E.-C., 2000. Predicting depression storage from soil surface roughness. *Soil Science Society of America Journal*, n°64, pp. 1749-1758.

LAIGNEL B., 1997. Les altérites à silex de l'Ouest du Bassin de Paris: caractérisation lithologique, genèse et utilisation potentielle comme granulats. Thèse de doctorat, Université de Rouen. BRGM, Orléans, n°264, 219 p.

LAIGNEL B., MEYER R., 2000. Désilicification des silex des formations résiduelles à silex de l'ouest du Bassin de Paris. *Bull. Soc. Géol. Fr.* n°171(5), pp.569-576.

LAIGNEL B., QUESNEL F., MEYER R., 2002. Classification and origin of the clay with flints of the western Paris Basin (France). *Zeitschrift für Geomorphologie*, n°46 (1), pp. 69–91.

- LAIGNEL B.**, 2003. Caractérisation et dynamique érosive de systèmes géomorphologiques continentaux sur substrat crayeux. Exemple de l'Ouest du Bassin de Paris dans le contexte nord-ouest européen. Mémoire HDR, Université de Rouen, 138 p.
- LAUTRIDOU J.-P.**, 1985. Le cycle périglaciaire pléistocène en Europe du Nord-Ouest et plus particulièrement en Normandie. Thèse de doctorat, Université de Caen, 908 p.
- LE BISSONNAIS Y., BENKHADRA H., CHAPLOT V., FOX D., KING D., DAROUSSIN J.**, 1998. Crusting, runoff and sheet erosion on silty loamy soils at various scales and upscaling from 2 to small catchments. *Soil and Tillage Research*. n°46, pp. 69–80.
- LE BISSONNAIS Y., GASCUEL-ODOUX C.**, 1998. « L'érosion hydrique des sols cultivés en milieu tempéré », dans Stengel Pierre et Gelin Sandrine (dir.), *Sol : interface fragile*, Paris, INRA Editions, p. 129-144.
- LEBRET P.**, 1984. La bordure nord de la province normande, évolution quaternaire, sédimentation loessique et tectonique récente. Thèse de doctorat, Université de Rouen, 195 p.
- LECOMTE V.**, 1999. Transfert de produits phytosanitaires par le ruissellement et l'érosion de la parcelle au bassin versant : Processus, déterminisme et modélisation spatiale. Thèse de l'École Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts, Orléans, 202 p.
- LEGUÉDOIS S.**, 2003. Mécanismes de l'érosion diffuse des sols - Modélisation du transfert et de l'évolution granulométrique des fragments de terre érodés. Thèse de doctorat, Université d'Orléans, 157 p.
- MARTIN P., LE BISSONNAIS Y., BENKHADRA H., LIGNEAU L., OUVRY, J.-F.**, 1997. Mesures du ruissellement et de l'érosion diffuse engendrés par les pratiques culturales en pays de Caux (Normandie). *Géomorphologie*. n° 2, pp. 143–155.
- METEO France.**, 2015. Prévision Météo Dieppe (76200)/N : METEO France [en ligne]. Date de consultation : 14/09/2015. Disponible sur <http://www.meteofrance.com/previsions-meteo-france/dieppe/76200>
- OUVRY J.F.**, 1992. L'évolution de la grande culture et l'érosion des terres dans le Pays de Caux. *Bull. Ass. Géog. Fr.* n°2, pp. 107-114.
- QUESNEL F.**, 1997. *Cartographie numérique en géologie de surface - Application aux altérites à silex de l'Ouest du Bassin de Paris*. Thèse de doctorat, Université de Rouen, BRGM, Orléans, 255 p.
- RECLUS E.**, 1877. Nouvelle Géographie universelle, tome 2 : la France, Paris, Hachette. 959 p.
- SION J.**, 1908. Les paysans de la Normandie orientale. Etude géographique sur les populations rurales du Caux et du Bray, du Vexin normand et de la vallée de la Seine, Paris, Armand Colin. 544 p.
- VIGARIÉ A.**, 1954. Observations sur les caractères structuraux et morphologiques de la région de Rouen, *Ann. Géogr.* n°2, pp. 2–32.
- WAZI N.**, 1988. Le Crétacé du Roumois (Vallée de l'Oison) et le tertiaire-quaternaire des régions voisines de la basse vallée de la Seine (Haute-Normandie). Stratigraphie et tectonique. Thèse de doctorat, Université de Rouen, 552 p.

Annexes

Annexe 1: La vulnérabilité des bétoires

La bétoire (du terme cauchois « bois-tout ») est une forme de l'exokarst de Haute Normandie qui constitue un point d'engouffrement des eaux de surface vers les eaux souterraines situées dans les nappes de la craie. Ce sont des points naturels qui peuvent atteindre plusieurs dizaines de mètres de diamètre et de profondeur sauf si elles sont partiellement ou complètement rebouchés (interventions de l'homme). Néanmoins la morphologie de la bétoire (diamètre et profondeur) n'est pas liée à sa capacité d'absorption. La formation d'une bétoire fait intervenir des processus chimiques (dissolution de la craie) et des processus physiques (fracturation, et détente de la roche).

De manière générale une bétoire se forme sur un sol qui présente des discontinuités. Elle peut se développer sur un sol qui a subi des processus tectoniques au gré des différents objets tectoniques tels que les diaclases (De La Quèrière, 2000) ou les failles (Rodet, 1991). Sa genèse peut aussi être liée à des contacts stratigraphiques au niveau de passage latéral de faciès (Rodet, 1991). Enfin elle peut avoir pour origine l'effondrement de l'endokarst c'est-à-dire l'effondrement du toit d'un drain karstique (voir figures n° 28 et 29) (karst souterrain) Rodet, 1991. A la faveur d'une zone fracturée, l'eau d'infiltration chargée en gaz carbonique entraîne la dissolution de la Craie. Ce phénomène va s'amplifier et créer une cavité. L'eau de surface peut alors rejoindre la nappe souterraine à de grande vitesse de l'ordre de 100m/h.

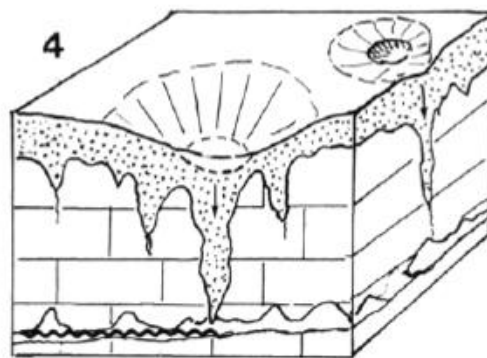


Figure 28: Schéma d'une "Doline bétoire", dont l'origine est une racine d'altération qui a recoupé un drain karstique (Nicod J., CNRS, 1994)

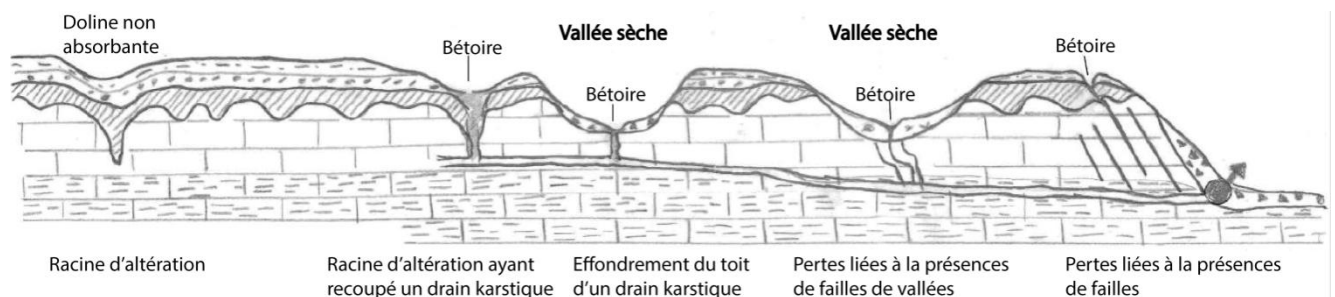


Figure 29: Schéma des différents contextes d'apparition des bétoires (karst crayeux sous couverture d'argiles à silex, loess) (David P-Y., Moisan J., Nachbaur A., Dörfliger N., 2010)

Les bétoires peuvent être pénétrables mais sont majoritairement comblées par la formation superficielle d'argile à silex. En Haute Normandie le nombre de bétoires recensé augmente à chaque fois le nombre total recensé s'élève à 14 000 à ce jour (SIGES Seine-Normandie, 2015).

Ce grand nombre de bétoires qui constitue un passage rapide et concentré des eaux vers la nappe souterraine a un impact sur la vulnérabilité des eaux souterraines. Or en Haute Normandie, l'essentiel de l'exploitation en eau potable provient de l'exploitation de la nappe de la craie. La bétoire peut être à l'origine de pollution de la ressource en eau potable car elle sert de transfert immédiat à ces eaux qui sont plus ou moins chargées en particules de terre et produits phytosanitaires. Lorsque l'argile et le limon sont entraînés à travers les bétoires jusque dans les réseaux karstiques, l'eau des captages devient inévitablement trouble (voir figure n° 30). L'eau est alors dite turbide et elle est impropre à la consommation car les particules de terres sont aussi souvent accompagnées de parasites provenant de déjections animales (J. Chaïb et J.-P. Thores 2004). Lors des épisodes de

turbidités qui ont lieu dans les mois d’hiver ou les eaux chargées en limons sont les plus importantes, il est déjà arrivé que plusieurs milliers de personnes soient privées d’eau potable. En Seine-Maritime, les problèmes de turbidité affecteraient plus de 105 000 habitants de manière chronique et environ 74 000 de manière ponctuelle. Cette fragilité des captages face aux pollutions oblige les syndicats à trouver des solutions curatives et préventives.

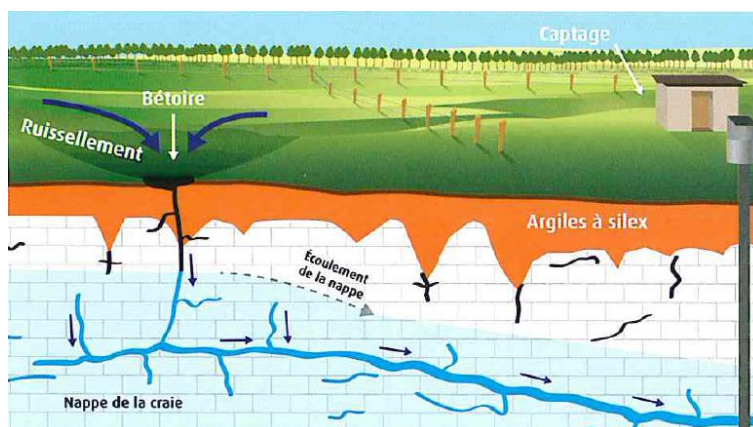


Figure 30: Coupe simplifiée du cheminement de l'eau de la béttoire au captage (Areas, 2008)

La première solution consiste à protéger la béttoire des phénomènes de turbidité en réalisant une zone enherbée en amont de la béttoire et en aménageant la béttoire d'un fossé-talus qui ceinture cette dernière. Cette zone enherbée aura pour objectif de sédimenter les particules de terre présentes au sein des écoulements avant que ceux-ci n'atteignent la béttoire. La zone ceinturée permettra de dévier une partie des eaux, tout en laissant les eaux s'infiltrer de façon plus lente.

La solution pour protéger la béttoire des produits phytosanitaires est plus complexe. Elle nécessite de combiner plusieurs aménagements positionnés le long de la direction préférentielle du ruissellement. Ces sont principalement des aménagements d'hydraulique douce tels que les fascine, haie et des zones enherbées, disposés les uns après les autres, en fonction des possibilités que la morphologie offre.

Outre l'enjeu lié à la vulnérabilité de la ressource en eaux, les béttoires vont également présenter des risques géotechniques vis-à-vis des infrastructures situées à proximité. Ces infrastructures peuvent se déstructurer à cause du soutirage des formations en profondeurs (Topin, 2007). Dans ces cas précis il sera utile de combler la béttoire pour diminuer le risque de déstructuration. Cependant si tel est le cas elle ne participera plus à l'infiltration des eaux de surface ce qui favorisera une accumulation du ruissellement et les risques d'érosion et d'inondation associés. Il faudra donc envisager d'autres possibilités que les solutions curatives.

Annexe 2 : L'occupation des sols en Normandie

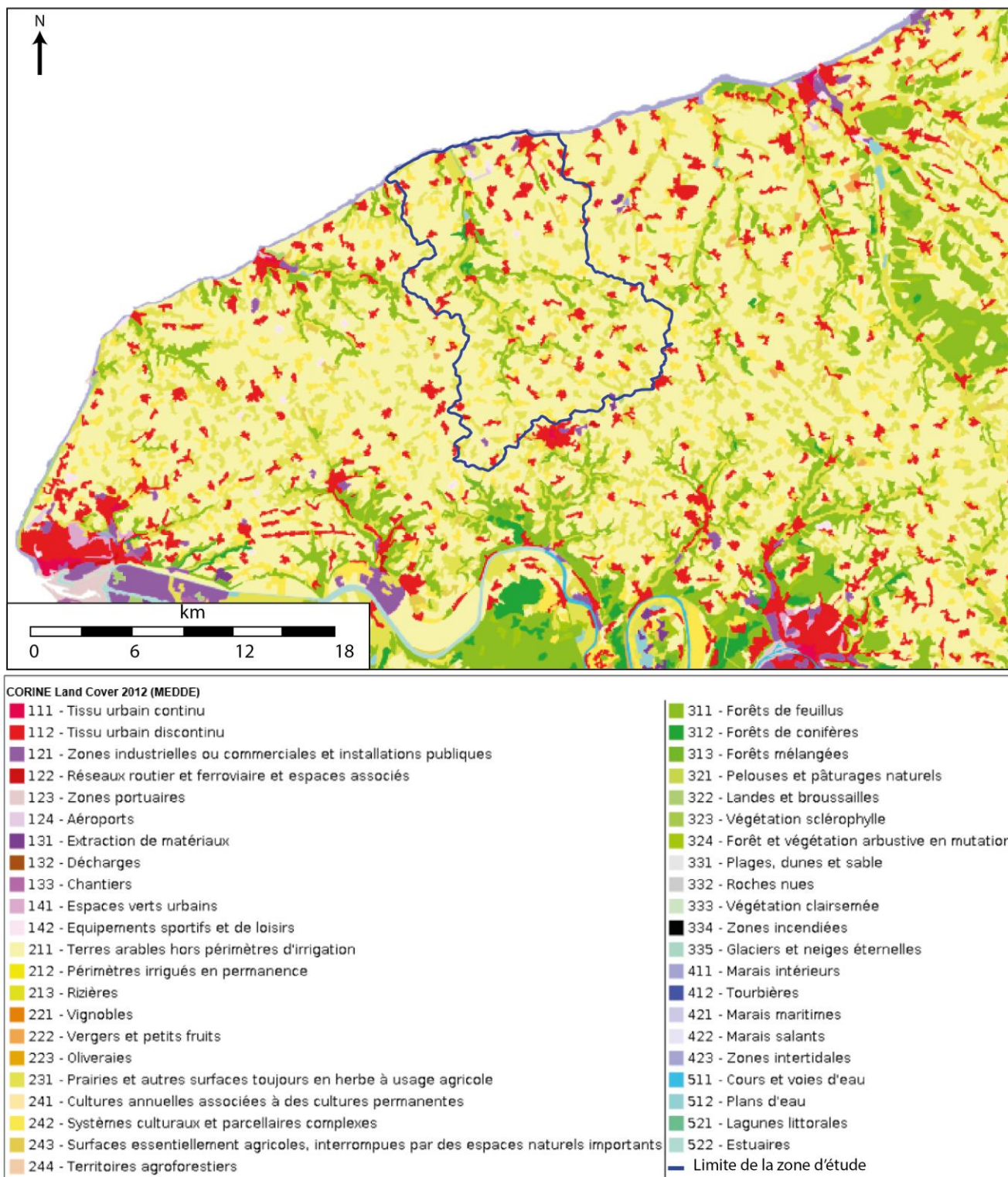


Figure 31: Carte des occupations du Sol dans le département de Seine-Maritime (base de données SIGES Haute Normandie)

Les terres arables représentent plus de 70% de la surface du Pays de Caux. Ces zones agricoles sont parcellaires mais l'agriculture domine sur les espaces agro-forestiers. Ce territoire est assez peu industrialisé et les activités commerciales sont faiblement représentées. L'urbanisation est concentrée dans les fonds de vallée et les zones forestières sont par petits bosquets concentrés mais éparées sur le plateau (voir figure n°31) (DREAL, 2006).

Les espaces agricoles sont donc assez ouverts sur le plateau. Les pratiques agricoles à forts rendements sont majoritaires. L'élevage laitier traditionnel situé plus dans les vallées est en diminution ce qui diminue les surfaces enherbées associées. La combinaison de ces facteurs agit sur la qualité des sols et augmente par voies de conséquences l'érosion des surfaces et le risque d'inondation ou de coulées boueuses avec le ruissellement.

Annexe 3 : Les impluviums

Certaines fascines présentent un impluvium contenant d'autres fascines diagnostiquées en amont. L'ensemble de ces fascines sont dites en cascade. L'Atlas met en valeur cette disposition en mettant en évidence l'ensemble des fascines qui sont en cascade sur une même carte plutôt qu'uniquement la fascine diagnostiquée.

Il met aussi en évidence, la surface en hectare de l'impluvium de chaque fascine en amont dans un tableau appelé « Impluviums ». Au sein de ce tableau l'ordre des fascines est affiché. La ligne la plus haute correspond à la fascine qui est diagnostiquée. Ensuite les ordres en dessous s'incrémentent et correspondent aux fascines qui suivent en amont par rapport à la fascine mis en évidence dans l'atlas. La valeur en hectare de chaque impluvium des fascines en amont diminue au fur et à mesure. Cela s'explique car l'impluvium de chaque fascine possède la surface d'impluvium des fascines en amont en plus de la surface que l'aménagement gère sans complément. Ce qui signifie que la fascine en cascade la plus à l'aval se verra attribuer la plus grande surface d'impluvium, et la fascine la plus en amont aura la plus petite valeur d'impluvium. Pour les fascines intermédiaires s'il y en a, la valeur d'impluvium diminue petit à petit par rapport à la fascine de l'aval.

En ce qui concerne l'affichage des ordres. Si l'ordre est égale à 1 en haut du tableau alors il y a possibilité qu'il y est une ou plusieurs fascines en cascade qui s'inscrivent dans les cases de dessous. Si c'est le cas, elles seront toutes affichées à la suite. En revanche s'il est au-dessus de 1. Le tableau n'affichera que les fascines d'ordre supérieur à l'ordre de la fascine diagnostiquée, mais il existera forcément au moins une fascine d'ordre inférieur qui aura sa fiche dans l'atlas. Toutes les fascines suivent le même principe.

Le cas de deux fascines qui ont le même ordre sur un même impluvium n'a jamais été rencontré au cours du diagnostic Néanmoins dans la réalité il est possible de rencontrer ce cas (voir figure 32).

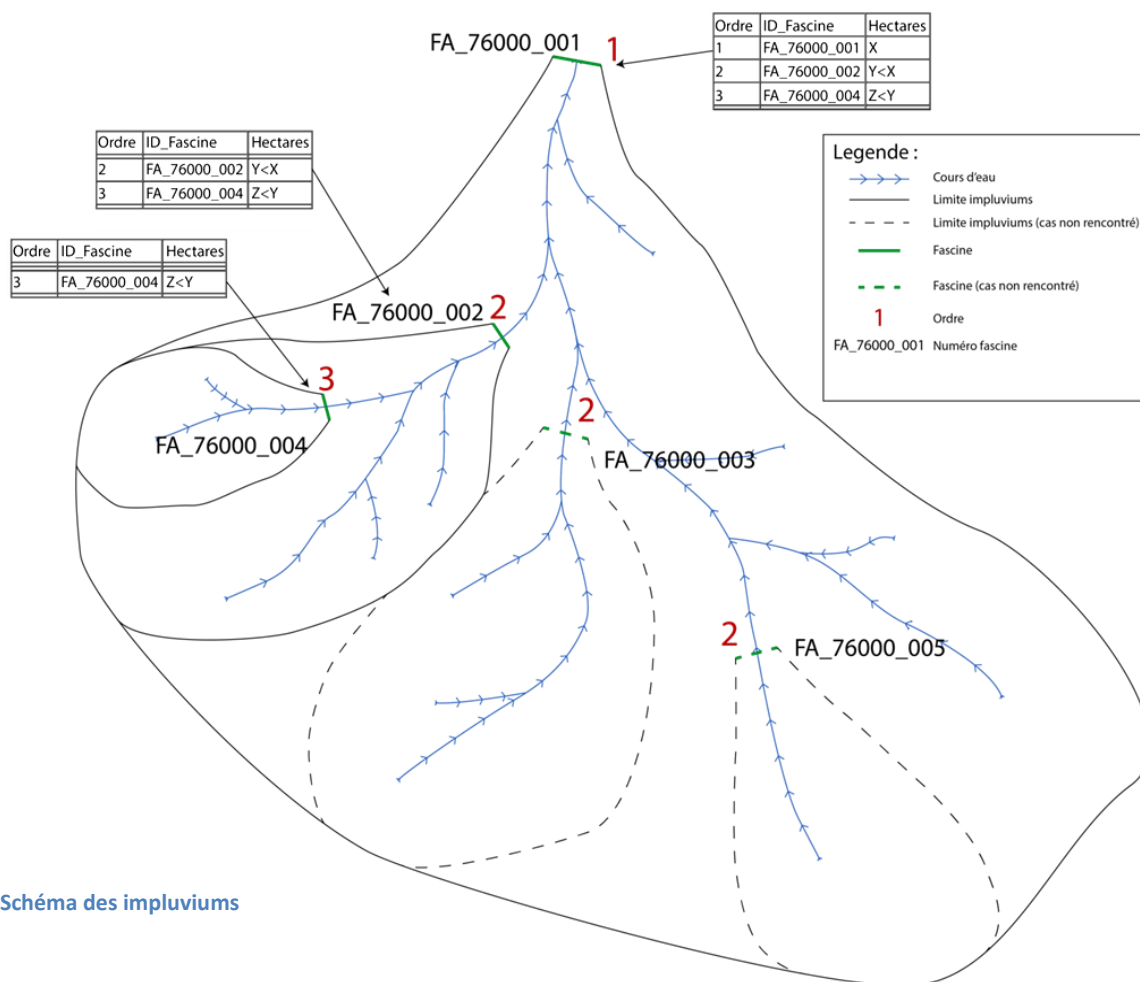


Figure 32: Schéma des impluviums

Annexe 4 : La fiche de relevé de fascine




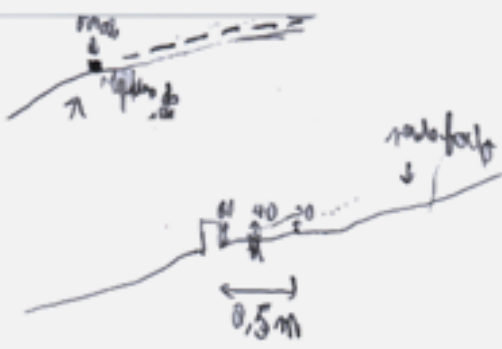
Publique	Fiche suivi Fascine n° 39 Commune ROUTES	
Privé		
Date de mise en place : 24/04/2014		Identifiant : FA-76542-003
Date de suivi : 28/08/2015		Observateur : Hantz NICOLAS
Amont : Ravinement : Oui / <input checked="" type="radio"/> Non Importance : De 0 à 10 cm / De 10 à 50 cm / Plus de 50 cm Pente : <input checked="" type="radio"/> Forte / Moyenne / Faible Talweg : 1 / 2 / 3 Forme : 		Aval : Ravinement : Oui / <input checked="" type="radio"/> Non Importance : De 0 à 10 cm / De 10 à 50 cm / Plus de 50 cm Enjeux : Route / Habitation / <input checked="" type="checkbox"/> Erosion / Haie / Protection d'ouvrage
Fonctionnalité : taille (m): longueur : 15m largeur : 35cm Reprise de la végétation : Bonne / Moyenne / Nulle Etat des fagots : <input checked="" type="checkbox"/> Secs / Pourris / Normaux Infiltration : Talus effondré / Ravinement		Plan/localisation : 
Facteur humain : Dégradation : <input checked="" type="checkbox"/> Oui / Non Nature : Pieux arrachés, passage d'engins agricoles, dérives phytosanitaires Entretien : Bon / <input checked="" type="checkbox"/> Moyen (pas approprié) / Aucun Plançons : Aucun / <input checked="" type="checkbox"/> Légers / Dense		A prévoir : Curage / Pieux à rajouter / Rechargement en fagot Quantité : 10 cm à curer
Sédiments : Chargement en limon (%) : <input checked="" type="checkbox"/> 10 / 20 / 40 / 50 / 60 / 80 / 100 / ++ Hauteurs restantes (cm) : 60 cm Répartition : ponctuel / <input checked="" type="checkbox"/> général		A prévoir : Réhabilitation / Prolongement Quantité estimée (ml) :
Autres : Gêne occasionnée : Sécurité routière / Emprise sur propriété Dégâts d'animaux : Oui / <input checked="" type="checkbox"/> Non Nature : Bétail / Gibier		Photo(s) n° : 
Schéma : 		

Figure 33: Exemple de fiche de relevé pour les diagnostics

Annexe 5 : L'atlas des 52 fascines

Présentation de l'atlas

L'atlas est un inventaire des fascines diagnostiquées. C'est le résultat de la compilation des données de diagnostic, d'analyse SIG et d'utilisation de la méthode de notation inspirée de SIRIS. Chaque page du diagnostic présente une fascine. Les fascines sont rangées, dans l'Atlas, par commune. Les 52 fascines sont réparties dans 12 communes. Chaque groupe de fascines est préalablement introduit par une page qui présente une carte de la commune où sont replacées les fascines de cette commune.

Les pages qui suivent la page de la commune (voir figure n°34) sont dédiées aux fascines. Chacune d'entre-elles présente deux cartes, huit tableaux et une photographie (voir figure n°35).

Les tableaux sont répartis par thème dans trois grands ensembles.

- Le premier concerne les références de la fascine en haut à gauche ;
- Le deuxième concerne les tableaux qui reprennent les facteurs du diagnostic avec en premier les informations générales sur la fascine, puis l'environnement autour de la fascine, le chargement en limon, l'état de la fascine et les actions à réaliser (voir tableau 6 pour comprendre la signification de chaque critère)
- Le troisième ensemble concerne le tableau des impluviums qui est obtenu après analyse des cartes sous S.I.G en utilisant les sources de cartes IGN. Ils ont été estimés à la main sur QGIS en utilisant les courbes de niveaux. (voir « Les impluviums de l'atlas » pour comprendre la signification des tableaux des impluviums)

La note sur 20 est inscrite en rouge. Elle correspond à la note finale.

La carte au centre situe la fascine sur une photographie aérienne. Cette carte a été choisie pour représenter la fascine entourée des parcelles agricoles. Il est aussi possible de voir les vallées sèches et les ravines.

Une « mini carte » présente la fascine sur un fond de carte IGN pour pouvoir la repérer en fonction de la toponymie. Sur cette même carte les impluviums ont été rajoutés pour apprécier la quantité de ruissellement que reçoivent les fascines.

Une photographie est ajoutée à chaque fois pour représenter l'Etat général de la fascine observée durant la période de Juillet à Septembre 2015. La partie commentaire indique si la fascine présente une gêne de visibilité aux automobilistes (uniquement pour les fascines proches de la voirie).

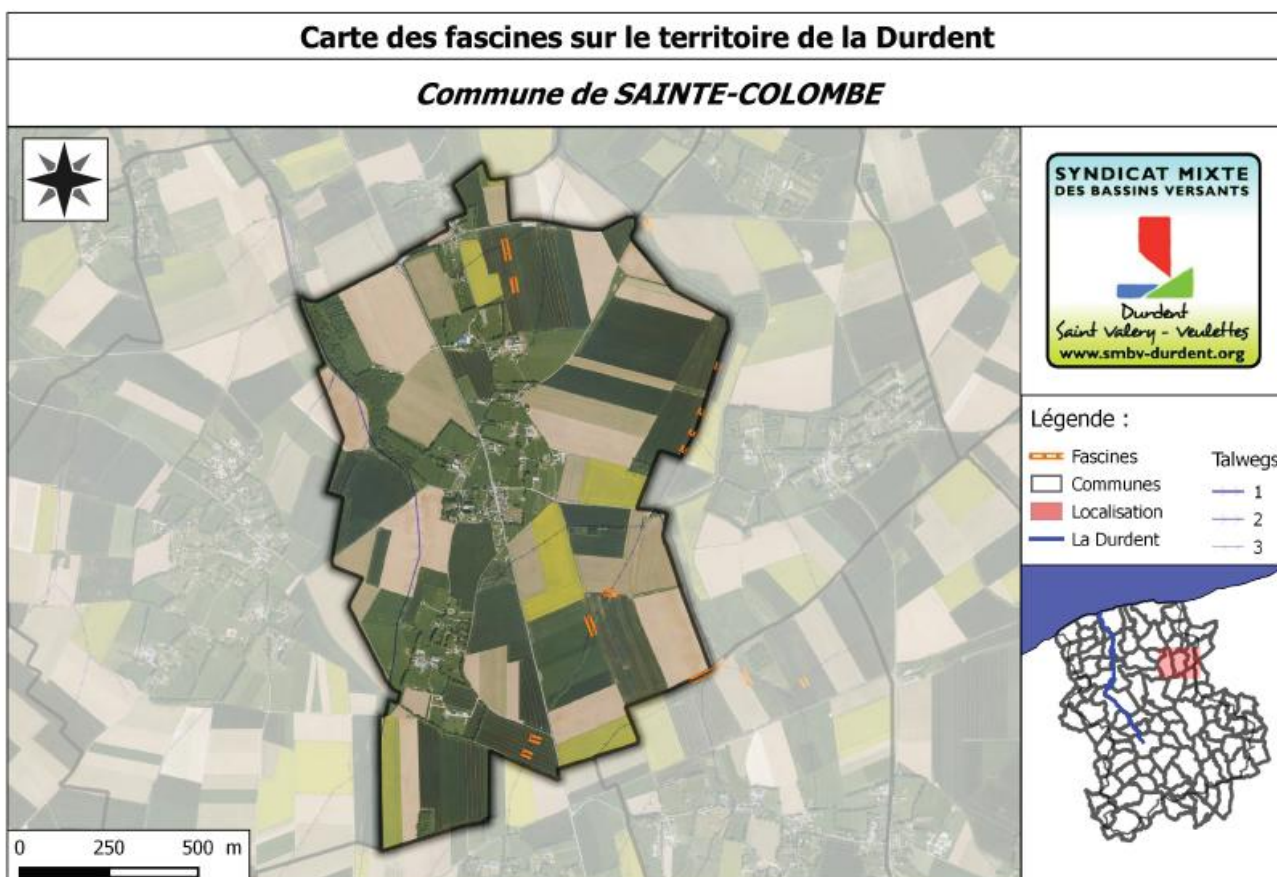


Figure 34: Page de l'atlas pour la commune de Sainte-Colombe

Cartes des fascines diagnostiquées sur le territoire des bassins versants de la Durdent, St Valery, Veulettes

Fascine n°FA_76569_001 / Commune : SAINTE-COLOMBE



Légende

- Fascine observée Talwegs
- Autres fascines
- Ravines
- Impluviums 1
- Impluviums 2
- Impluviums 3
- Communes
- Localisation

0 500 1000 m

Références :

Code insee	Exploitant	Réalisation	Commune_SI	Date de réception	Commune_AM
76569	SCEA d ARNOUVILLE	sarj nature et patri	emenouville	2006/12/15	SAINTE-COLOMBE

Commentaires :

Genes visibilité: Aucun

Diagnostic :

Date du diag	15/07/2015
Observateur	Hantz
Longueur	23 m
Enjeux	Erosion
Impluviums	187.23 ha

Chargement en limon :

Chargement en limon	100 %
Hauteur restante	0 cm
Repartition	General

Note : 0 / 20

Etat :

Etat fagots	Pourris
Reprise	Nulle
Plançon	Aucun
Entretien	Aucun
Dégats	oui
Dégats d'animaux	oui

Actions à réaliser :

Fagots rajout	2.82 m ³
Pieux	
Curage	50 cm
Prolongement	

Impluviums :

Ordre	ID Fascine	Hectares
2	FA_76569_001	187.23
3	FA_76569_005	134.71
4	FA_76569_006	131.43

Environnement :

Ravinement Amont	non
Pente Amont	Moyenne
Ravinement Aval	oui

Photo de l'état général de la fascine :



Figure 35: Page de l'atlas pour la fascine_76569_001 qui se situe à Sainte-Colombe

Les légendes de l'atlas :

Tableau 6 : Tableau des légendes de l'atlas

Légendes de l'Atlas	
Communes_SI	Communes_Siège
Communes_AM	Communes_Aménagement
- Diagnostic : Toutes les photographies de fascines ont été prises à la date du diagnostic	
Désignation	Description
Date du diag	Date à laquelle le diagnostic est réalisé
Observateur	Personne(s) ayant effectuées(s) le diagnostic
Longueur	Longueur en mètre de la fascine
Enjeux	Raison pour laquelle la fascine est installée – Erosion ; Protection Ouvrage ; Route -
Impluviums	surface totale en hectare de l'impluvium pour la fascine considérée
Ravinement Amont	Ravinement situé en amont de la fascine – oui ; non-
Pente Amont	Inclinaison de la pente en amont de la fascine – Faible ; Moyenne ; Forte -
Ravinement Aval	Ravinement situé en aval de la fascine – oui ; non-
Chargement en limon	Pourcentage de limons situés au contact de la fascine en amont par rapport à la hauteur totale du fagot coté aval
Hauteur restante	Hauteur en centimètre de fagot restant en amont par rapport au chargement en limon
Repartition	Répartition des limons en amont contre la fascine – Général ; Ponctuel -
Etat Fagots	État des fagots – Pourris ; Secs ; Normaux -
Reprise	Reprise des pieux (cas de la fascine bois vivant) mais aussi de la végétation dans son ensemble (plançons) – Nulle ; Moyenne ; Dense -
Plançon	Estimation de la densité de plançons – Aucun ; Léger ; Dense -
Entretien	État de l'entretien – Aucun ; Moyen ; Bon -
Dégats	Détermine si des dégats d'origine humaine sont présents – Oui ; Non -
Dégats d'animaux	Détermine si la fascine a subi des dégats d'animaux – Oui ; Non -
Fagots rajout	Quantité en m ³ de fagots à rajouter
Pieux	Nombres de pieux à rajouter
Curage	Profondeur / Hauteur en centimètre du curage minimum à réaliser en amont de la fascine
Prolongement	Longueur de fascine en mètre à ajouter
Genes Visibilité	Type de gênes que la fascine provoque – Aucune ; Securite_rout -

Explication du traitement sous S.I.G :

L'atlas a été réalisé sous le logiciel QGIS. Les données sources proviennent des données du Syndicat ainsi que de la base de données des fascines diagnostiquées. L'Atlas permet de réaliser toutes les cartes de façon automatique, ce qui est utile pour ne pas réaliser chaque page une par une, cela représente un gain de temps.

Une fois la mise en forme réalisée (placement des cartes, type de données à visualiser), il suffit de lancer l'Atlas pour que les 52 cartes se créent. Toutes les données des tableaux se mettent à jour à chaque changement de page. Les cartes, la photographie, la note et le titre sont également mis à jour. Cette réalisation a demandé de savoir coder des tableaux en HTML pour pouvoir réaliser des tableaux verticaux.

En ce qui concerne les cartes elles se présentent sous deux formes selon que la fascine soit disposée en cascade avec d'autres fascines ou non. Si la fascine est seule sans autre fascine en amont qui partage son impluvium alors la fascine sera centrée sur la carte. Si la fascine fait partie d'un groupe de fascines en cascade, la carte indique les fascines en cascade. Il suffit de regarder la fascine de couleur orange pour la différencier des autres fascines en cascade. L'impluvium est dessiné sur la « mini carte » ce qui impose aussi une mise à jour en fonction de la grande carte.

Annexe 6 : La méthode SIRIS et l'évaluation de la fonctionnalité des fascines

I. Principes de la méthode SIRIS :

La méthode **S.I.R.I.S. (Système d'intégration des Risques par Interactions des Scores)** transforme des critères de décision quantitatifs ou qualitatifs, en variables qualitatives ordonnées (Aurousseau et al., 1995). Cette stratégie ne limite pas l'information aux seules variables quantitatives. Il est possible d'ajouter des critères quelle que soit la nature de ces critères. Cette option est donc adaptable aux fascines où de nombreux facteurs sont déterminés par l'observation.

On procède ensuite à un classement des critères par ordre de gravité et à un choix de modalités dans les facteurs également rangées par ordre d'importance dans un système de pénalisation (non défavorable, moyennement défavorable, . . . , défavorable). Aux modalités défavorables sont attribuées des pénalités dont le total conduit à un rang sur une échelle d'aléa. La conjonction de modalités défavorables amplifie ainsi la pénalisation. Le classement obtenu donne alors une indication d'ordre ; celle-ci permet uniquement de dire qu'une situation de rang x est plus pénalisée qu'une situation de rang $x-10$. Ce processus d'auto-pénalisation permet de prendre en compte différents facteurs aggravant la fonctionnalité des fascines plus qu'une simple addition. Pour une fonctionnalité de fascine, la note attribuée à la modalité d'état d'un facteur (comme la charge en limon) qui sera additionnée aux autres notes, dépend à la fois de la conjonction des facteurs (comme les dégâts) et de l'importance du facteur (le rang) à évaluer.

Par exemple prenons deux critères X_1 et X_2 , X_1 est plus important que X_2 . Pour chaque critère il y a trois classes « 0 » non défavorable ; « m » moyennement défavorable » et « d » défavorable, on obtient le tableau 7 suivant :

Tableau 7 : Tableau de notation pour deux facteurs (ou critères X_1 et X_2 avec chacun trois modalités

X_1	X_2	Totale=>note	
« 0 » = 0	« o » = 0	0	Faible pénalité = Plus efficace ou
	« m » = 1	1	fonctionnelle
	« d » = 2	2	
« m » = 2	« o » = 0	2	+ 1
	« m » = 1 $\uparrow = (3-1)/2$	3	
	« d » = 3 $\uparrow = (2+1)$	5	
« d » = 5 = (4+1)	« o » = 0	5	+ 1
	« m » = 2 $\uparrow = 4/2$	7	
	« d » = 4 $\uparrow = (3+1)$	9	

Forte pénalité = Très peu efficace

Dans ce principe, la première règle est que les pénalités s'aggravent au fur et à mesure qu'elles interagissent. La classe « o » a toujours une pénalité nulle. La deuxième règle est la règle de dissymétrie avec la modalité « m » = $d/2$ si d est pair et « m » = $(d-1)/2$ si d est impair. La première pénalité « d » est définie comme étant égale à 2. Pour terminer, la dernière modalité « d » de la colonne qui précède se voit pénaliser par la dernière modalité « d » de la colonne qui suit selon : « d » de X_1 = « d » de X_2 + 1.

Cette méthode S.I.R.I.S est relativement simple mais dans notre cas de fonctionnalité des fascines, il est nécessaire de l'adapter car certains facteurs vont agir en pénalité comme la charge en limon ou les dégâts d'autres vont uniquement influencer la fonctionnalité en intervenant sur l'état observé à un moment dépendant de l'âge de la fascine comme l'état du fagot ou la reprise végétale.

Pour tenir compte de tous ces éléments et attribuer une note reflétant au mieux la fonctionnalité des fascines diagnostiquées, une méthode en 4 étapes s'impose.

II. Evaluation des fascines diagnostiquées :

La fonctionnalité de la fascine s'évalue en suivant 4 grandes étapes qui utilisent plusieurs facteurs et critères obtenus par le diagnostic des fascines.

Etape 1 : Établir une note initiale de fonctionnalité aux fascines

La première étape consiste à déterminer si la fascine est non fonctionnelle ou fonctionnelle. Les facteurs pris en compte sont le chargement en limon et les dégâts.

- Lorsque le chargement en limon est supérieur à 100%, les limons débordent et la fascine n'est pas efficace.
- De même lorsque les dégâts sont très importants jusqu'à percer une fascine (affouillement), l'eau et les sédiments ne sont plus freinés.

Suite au choix des deux facteurs l'étape se complexifie car chaque facteur possède des critères qui permettent d'attribuer à la fascine une note.

Le calcul se traduit par une méthode simple de combinaison de note. Chaque facteur est noté de 0 à 2 correspondant aux critères, le 0 étant la valeur attribuée au critère de non fonctionnalité (voir tableau 8) Les critères des deux facteurs vont alors être multipliés dans tous les cas possibles (voir tableau 8). Cette méthode permet de garder une note invariable au critère de non fonctionnalité (car le 0 est une valeur qui lorsque elle est multipliée reste à 0).

Tableau 8 : Tableaux de calcul de la note initiale

Chargement en limon	note	Dégâts	note
0%-10%	2	aucun	2
50% - 99%	1	faible	1
100% et plus	0	détruite	0

Cas possible			Note final	Explication
0*0 ou 0*1 ou 0*2	100 et détruite	100/détruite et everything	0	non fonctionnelle
1*1	faible et 50		1	peu fonctionnelle
1*2	faible et 0	50 et aucun	2	moins fonctionnelle
2*2	0 et aucun		4	fonctionnelle

On obtient ainsi une première estimation de fonctionnalité selon le modèle :

- fonctionnelle (non dégradée),
- moins fonctionnelle (légèrement dégradée),
- peu fonctionnelle (dégradée) et
- non fonctionnelle.

La fonctionnalité maximum concerne une fonctionnalité sans plus-value, c'est-à-dire une fonctionnalité équivalente à la fascine qui vient d'être installée.

Cette première étape est primordiale pour la suite de la méthode qui utilise des facteurs qui vont influencer la fonctionnalité de la fascine sans jamais la rendre complètement non fonctionnelle.

Deux facteurs agissent sur cette fonctionnalité initiale :

- Le facteur qui a une influence négative, c'est l'état du fagot.
- Les facteurs qui ont une influence positive (une plus-value) sont la reprise végétale et le nombre de plançon.

Etape 2 : Pour tenir compte de l'influence négative.

Cette étape ajuste la note préexistante de la première étape pour affiner la fonctionnalité. Le facteur fagot dispose de critères qui ne peuvent pas rendre une fascine non fonctionnelle (voir tableau 9). La méthode utilisée pour ajuster la note précédente est issue de la méthode S.I.R.I.S.

Cette méthode utilise des paramètres pour attribuer une note selon une logique de pénalisation. Les points attribués traduisent une perte de fonctionnalité, cela se lit donc en sens inverse d'une notation habituelle.

Les facteurs utiles pour la méthode sont l'état fagot et la note de l'étape 1. Cette ancienne note est la fonctionnalité initiale pour plus de clarté. Pour le facteur fonctionnalité initiale, les critères pris en compte sont les 3 premiers : le critère fonctionnel, moins fonctionnel et peu fonctionnel. Le critère non fonctionnel n'est pas pris en compte car il n'est pas possible de dégrader une fonctionnalité qui n'est pas existante. L'état fagot est choisi en classe 2 car il est moins important que la fonctionnalité initiale.

Tableau 9 : Tableaux pour établir une note intermédiaire

ordre de gravité / Classe	Nom du facteur	critère	modalités
1	Fonctionnalité intermédiaire	(fonctionnelle)	note_o
		(moins fonctionnelle)	note_m
		(peu fonctionnelle)	note_d
2	Etat fagot	Normal	fagot_o
		Sec	fagot_m
		Dégradé	fagot_d

Classe 1 : fonctionnalité initiale	Classe 2 : Etat fagot	Rang / total	
note_o = 0	fagot_o = 0	0	fonctionnelle
	fagot_m = 1	1	
	fagot_d = 2	2	
note_m = 2	fagot_o = 0	2	
	fagot_m = 1	3	
	fagot_d = 3	5	
note_d = 5	fagot_o = 0	5	
	fagot_m = 2	7	
	fagot_d = 4	9	

Les chiffres obtenus dans la case Rang qui vont de 0 (fonctionnelle) à 9 (peu fonctionnelle) correspondent à la note de fonctionnalité intermédiaire qui ne prend pas en compte de plus-value. Cette note serait un bon exemple de note à attribuer pour une fascine récente ou une fascine en bois mort.

Néanmoins, les fascines évoluent dans le temps et une reprise de la végétation pour les fascines en bois vivante avec un nombre important de plançons peuvent améliorer la fonctionnalité de la fascine.

Etape 3 : Pour tenir compte des plus-values.

Une note indépendante de la note de fonctionnalité sera attribuée pour évaluer les types de plus-values possibles. La méthode utilisée est la méthode S.I.R.I.S. L'état non défavorable est celui qui possède le plus de plus-value possible. Le facteur reprise végétale est de première classe car c'est celui qui détermine si l'ensemble de la fascine reprend (plançon compris). Le second facteur ne concerne que la densification des plançons. (Voir tableau 10)

Tableau 10 : Tableaux pour établir une note de plus value

ordre de gravité / Classe	Nom du facteur	critère	modalités
1	Reprise végétales	Bonne	rep_o
		moyen	rep_m
		Aucune	rep_d
2	Plançons	Dense (>4 plançons par mètre)	plan_o
		léger (2> plançons >4 par mètre)	plan_m
		Aucun (<2 plançons par mètre)	plan_d
Classe 1 : Reprise	Classe 2 : Plançon	Rang / total	
rep_o = 0	plan_o = 0	0	Plus value très bonne (bonne reprise, beaucoup de plançons)
	plan_m = 1	1	
	plan_d = 2	2	
rep_m = 2	plan_o = 0	2	
	plan_m = 1	3	
	plan_d = 3	5	
rep_d = 5	plan_o = 0	5	pas de plus value (état initial, sorte de bois mort)
	plan_m = 2	7	
	plan_d = 4	9	

La note, ici, indique une note de plus-value.

Etape 4 : L'attribution d'une note de fonctionnalité finale

Il est maintenant possible de mettre à jour la note. Pour cela la note des plus-values va être pondérée à la note de fonctionnalité intermédiaire selon la formule suivante $x = x + y*x$ (avec x la note de fonctionnalité et y la pondération).

Le tableau va se présenter de la manière suivante.

Remarques :

- Pour prendre en compte le cas de la non fonctionnalité la note de l'étape 2 est remise sur 10 en rajoutant 1 et inversée pour rendre le sens de lecture logique à chaque chiffre (le 0 dans la méthode SIRIS est la meilleure note possible, mais pour plus de clarté la note fonctionnalité aura pour borne minimale 0 et maximale un 10). La note égale à 0 correspond à la note établie lors de l'étape 1, c'est le cas non fonctionnel.
- Ce cas « non fonctionnel » ne peut pas être pris en compte dans la pondération, car le résultat est invariable. Toutes les fascines qui sont non fonctionnelles ne se verront pas attribuer une note de plus-value.

Ce tableau fournit une note globale sur vingt pour chaque fascine de fonctionnalité finale. Les notes communes sont colorées à l'intérieur du tableau 11.

Tableau 11 : Tableau de la notation finale de fonctionnalité des fascines

Plus value établie par la méthode S.I.R.I.S et remis en pourcentage (pour la correction de la fonctionnalité par la plus value)

		plus value maximum							pas de plus value	
		0	1	2	2	3	5	5	7	9
%		100	88,8	77,7	77,7	66,6	44,4	44,4	22,2	0
		1	0,88	0,77	0,77	0,66	0,44	0,44	0,22	0

Note F/9	Note F/10	20	18,8	17,7	17,7	16,6	14,4	14,4	12,2	10
0	10	20	18,8	17,7	17,7	16,6	14,4	14,4	12,2	10
1	8	16	15,1	14,2	14,2	13,3	11,5	11,5	9,7	8
2	6	12	11,3	10,6	10,6	10	8,6	8,6	7,3	6
2	6	12	11,3	10,6	10,6	10	8,6	8,6	7,3	6
3	4	8	7,5	7,1	7,1	6,6	5,7	5,7	4,8	4
5	3	6	5,6	5,3	5,3	5	4,3	4,3	3,6	3
5	3	6	5,6	5,3	5,3	5	4,3	4,3	3,6	3
7	2	4	3,7	3,5	3,5	3,3	2,8	2,8	2,4	2
9	1	2	1,8	1,7	1,7	1,6	1,4	1,4	1,2	1
?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

La méthode ici est un croisement par multiplication (par combinaison) pour différencier les fascines fonctionnelles des fascines non fonctionnelles

F/9 = Note intermédiaire

F/9 traduit en F/10 pour tenir compte des fascines non fonctionnelles. Pour inverser les notes afin d'avoir une meilleur lisibilité de la notation on procède à un calcul de suite arithmétique de raison 3

20 à 11.5 11.5 à 9 8.9 à 7 6.9 à 5 4.9 à 3.1 3 à 2.5 2.4 à 1.6 1.5 à 0 Gamme des notes finales

III. Lecture et analyse des notes attribuées aux fascines

1. Les groupes de couleurs

Les groupes de couleurs sont généralement concentrés sur deux lignes mais présents sur beaucoup de colonnes surtout pour les notes 4, 6, 8 et 2. Pour les notes 1, 3 et 10, les colonnes sont moins nombreuses. Pour les notes 1, 2 et 3, les lignes sont moins nombreuses. On obtient ainsi 8 groupes de fonctionnalité.

Ces groupes de couleur traduisent le fait qu'une fascine ayant une note globale x peut très bien être une fascine qui possède une bonne plus-value et une mauvaise fonctionnalité intermédiaire ou inversement.

Par exemple la note 4 s'observe lorsque la plus value est maximum et que la fonctionnalité intermédiaire est très défavorable. Mais elle s'observe aussi lorsque la plus value est très mauvaise et que la fonctionnalité est moyennement défavorable. Une fascine qui a une mauvaise fonctionnalité intermédiaire compensera une partie de sa fonctionnalité grâce à la plus value.

Sans plus value on remarque que la dernière colonne est identique à la note de fonctionnalité initiale.

Les groupes de couleur de la gauche vers la droite poursuivent une direction ascendante dans le tableau. Ils montrent une progression proportionnelle vers le haut puisque le calcul est une pondération. La note 4 ne s'observe que 2 fois mais avec une tolérance de 1 autour, elle est observée 11 fois. La plus-value varie énormément de 44% à 100%, alors que la note de fonctionnalité varie de un ou deux points. Au final d'un bout à l'autre sur une même ligne la valeur de la note globale double. Cette organisation s'observe sur toutes les lignes et la progressions ne diffère pas énormément d'une ligne à l'autre.

2 L'interprétation d'une note

Il est possible d'expliquer les cas généraux des types de fascines par note.

- Lorsque la fascine n'a pas de plus value, sa note varie de 0 à 10.

La fascine est soit:

- très récente car elle n'a pas eu le temps de reprendre
 - en bois mort et ne peut pas reprendre.
 - endommagée et a subi des dérives phytosanitaires, l'empêchant ainsi de reprendre
- Lorsque sa plus value est maximum, sa note varie de 0 à 20. L'impact de la plus value peut doubler la note. Mais selon cette méthode la plus value ne l'emporte pas sur la fonctionnalité car une fascine très peu fonctionnelle reste à 2 au lieu de 1.
 - Lorsque la note globale dépasse 10, la fascine dispose forcément d'une plus-value. Dans ce cas la fonctionnalité est comprise entre 6 et 10 donc la fascine ne peut pas être trop peu fonctionnelle. Tous les types de fascines existent, sauf les fascines presque détruites ou très endommagées. En effet, s'il y a des dérives phytosanitaires ceux-ci seront ponctuels et n'affecteront pas l'ensemble de la fascine. Le chargement en limon est alors entre 0 et 50% lorsqu'il n'y a pas de dégâts. S'il y a des faibles dégâts, le chargement en limon peut être supérieur. Sinon la note globale passe sous la barre des 10 malgré le fait qu'il y est une plus-value ou non.
 - Lorsque la note est en dessous de 10 mais au dessus de 3, différents cas sont possibles. Elle peut avoir une plus value maximum ou minimum et une fonctionnalité très bonne ou très mauvaise. En revanche elle n'aura pas les deux notes très bonnes en même temps car dans ce cas la note globale dépasse 10. En général quand la fonctionnalité est bonne elle est compensée par une bonne plus value et vice versa. Pour préciser l'état réel de la fascine, il est nécessaire de regarder la note de fonctionnalité et la note de plus value.
 - Lorsque la note est en dessous de 3 les dégâts et le chargement sont importants, les fagots sont également secs ou dégradés. La plus value ne fait pas remonter la note énormément.

A partir de ces cas généraux il est possible de donner des premières règles de décision :

- **Une fascine qui aura une note au dessus de 10 n'aura pas besoin de beaucoup d'entretien contrairement à une fascine ayant une note entre 3 et 10 qui aura besoin de plus d'entretien.**
- **Une note en dessous de 3 indique que la fascine a besoin d'entretiens conséquents.**
- **Pour les fascines non fonctionnelles, l'entretien ou plutôt la réparation est inévitable.**

Néanmoins certain cas ne sont pas présentés par ce tableau qui présente certaine limite.

Annexe 7 : Le bulletin de note des 52 fascines

Tableau 12 : Bulletin des notes des 52 fascines

ID_AMGNT	FA_76016_001	FA_76016_002	FA_76016_003	FA_76077_001	FA_76077_002
Note finale (méthode inspirée de SIRIS)	0	18,889	0	14,4444	14,444
hauteur de curage à réaliser (diagnostic)	40 cm	15 cm	10 cm	40 cm	20 cm
hauteur des fagots à rajouter (diagnostic)	5.53 m ²		7.23 m ²		
Prolongement à réaliser (diagnostic)			100 m		
Techniques culturales inappropriées ? (diagnostic)				Légères dérives phytosanitaires	

ID_AMGNT	FA_76161_001	FA_76161_002	FA_76161_003	FA_76161_004	FA_76161_005	FA_76219_001	FA_76219_004	FA_76219_005	FA_76219_006
Note finale (méthode inspirée de SIRIS)	0	14,4444	16	8,6667	16,6667	0	12	13,3333	8
hauteur de curage à réaliser (diagnostic)	40 cm	10 cm	10 cm	30 cm		40 cm		25 cm	10 cm
hauteur des fagots à rajouter (diagnostic)	3.22 m ²		3.3 m ²						
Prolongement à réaliser (diagnostic)						10 m			
Techniques culturales inappropriées ? (diagnostic)	Dérives phytosanitaires								Dérive phytosanitaire

ID_AMGNT	FA_76241_001	FA_76241_002	FA_76241_003	FA_76241_004	FA_76241_005	FA_76241_006	FA_76309_001	FA_76309_002	FA_76309_003
Note finale (méthode inspirée de SIRIS)	1	17,77778	18,8888	18,8888	18,8888	18,8888	13,3333	11,55556	16,66666
hauteur de curage à réaliser (diagnostic)							10 cm	20 cm	
hauteur des fagots à rajouter (diagnostic)	1.65 m ²							1.2 m ²	
Prolongement à réaliser (diagnostic)									
Techniques culturales inappropriées ? (diagnostic)							Dérives phytosanitaires	Dérives phytosanitaires	

ID_AMGNT	FA_76340_001	FA_76340_002	FA_76340_003	FA_76346_001	FA_76542_001	FA_76542_002	FA_76542_003	FA_76542_004	FA_76569_001
Note finale (méthode inspirée de SIRIS)	8	11,333	0	4	16	17,777	13,333	12	0
hauteur de curage à réaliser (diagnostic)	25-50 cm	15 cm	10 cm	30 cm		20 cm	10 cm	40 cm	50 cm
hauteur des fagots à rajouter (diagnostic)	2.73 m ²	0.88 m ²			3.15 m ²				2,82 m ²
Prolongement à réaliser (diagnostic)									
Techniques culturales inappropriées ? (diagnostic)				Dérives phytosanitaires		Légères dérives phytosanitaires	Dérive phytosanitaire		

ID_AMGNT	FA_76569_002	FA_76569_003	FA_76569_004	FA_76569_005	FA_76569_006	FA_76652_001	FA_76652_002	FA_76652_003	FA_76652_004
Note finale (méthode inspirée de SIRIS)	0	16	16	20	17,777	15,11	12	12	20
hauteur de curage à réaliser (diagnostic)	30 cm	10 cm	10 cm						
hauteur des fagots à rajouter (diagnostic)	4.08 m ²					1.21 m ²	6.64 m ²		4.76 m ²
Prolongement à réaliser (diagnostic)							10 m		
Techniques culturales inappropriées ? (diagnostic)	Passage d'engins agricoles, dérives phytosanitaires					Légères dérives phytosanitaires	croute de battance		

ID_AMGNT	FA_76652_005	FA_76652_006	FA_76652_007	FA_76652_008	FA_76652_009	FA_76652_010	FA_76652_011	FA_76730_001	FA_76730_002
Note finale (méthode inspirée de SIRIS)	0	14,222	13,333	14,222	10,6666	16,666667	12,2222	0	4,3333
hauteur de curage à réaliser (diagnostic)	60 cm		30 cm		10 cm	10 cm		50 cm	
hauteur des fagots à rajouter (diagnostic)	1.13 m ²	1.02 m ²	1.5 m ²					6.25 m ²	5 m ²
Prolongement à réaliser (diagnostic)	15 m								
Techniques culturales inappropriées ? (diagnostic)				Dérive phytosanitaire	Dérive phytosanitaire			Dérive phytosanitaire	

ID_AMGNT	FA_76730_003	FA_76730_004
Note finale (méthode inspirée de SIRIS)	17,7777778	12
hauteur de curage à réaliser (diagnostic)		
hauteur des fagots à rajouter (diagnostic)	0.75 m ²	0.35 m ²
Prolongement à réaliser (diagnostic)		
Techniques culturales inappropriées ? (diagnostic)		

Légendes :

Note	
hauteur de curage à réaliser	> ou = 40 cm >10 cm < ou = 10 cm
Hauteur des fagots	> ou = 5 m ² > 3 m ² < ou = 3 m ²
Prolongement	> ou = 50 m > 10 m < ou = 10 m

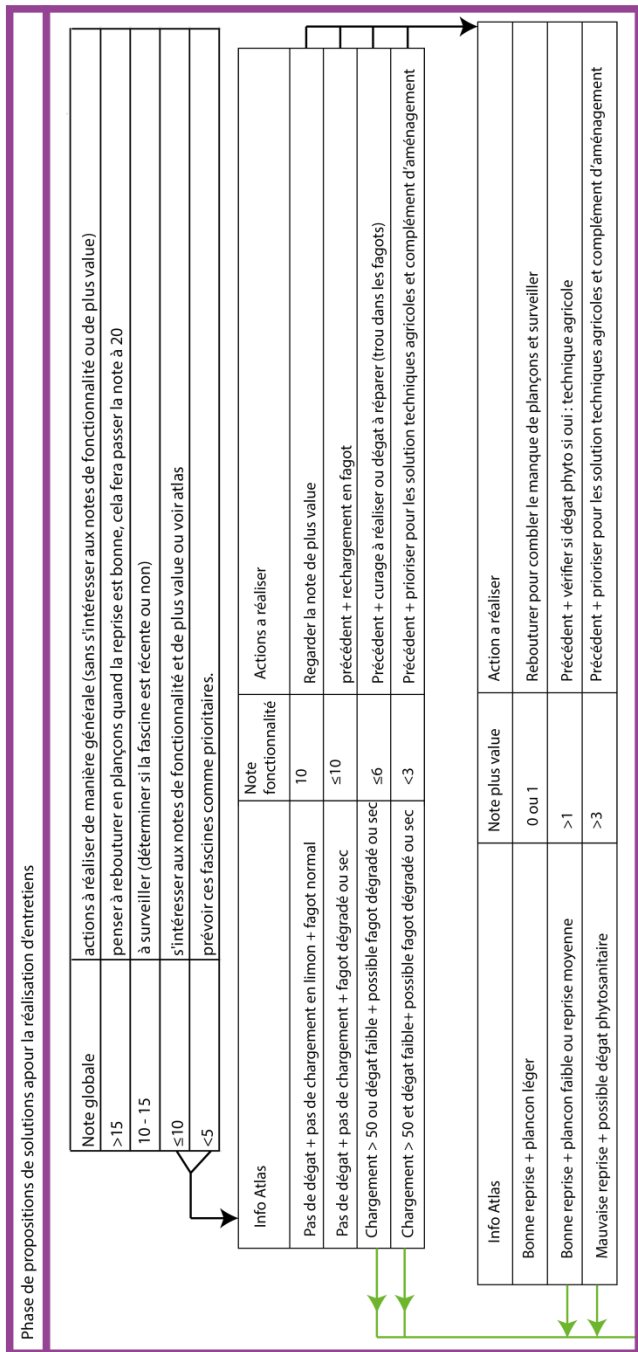
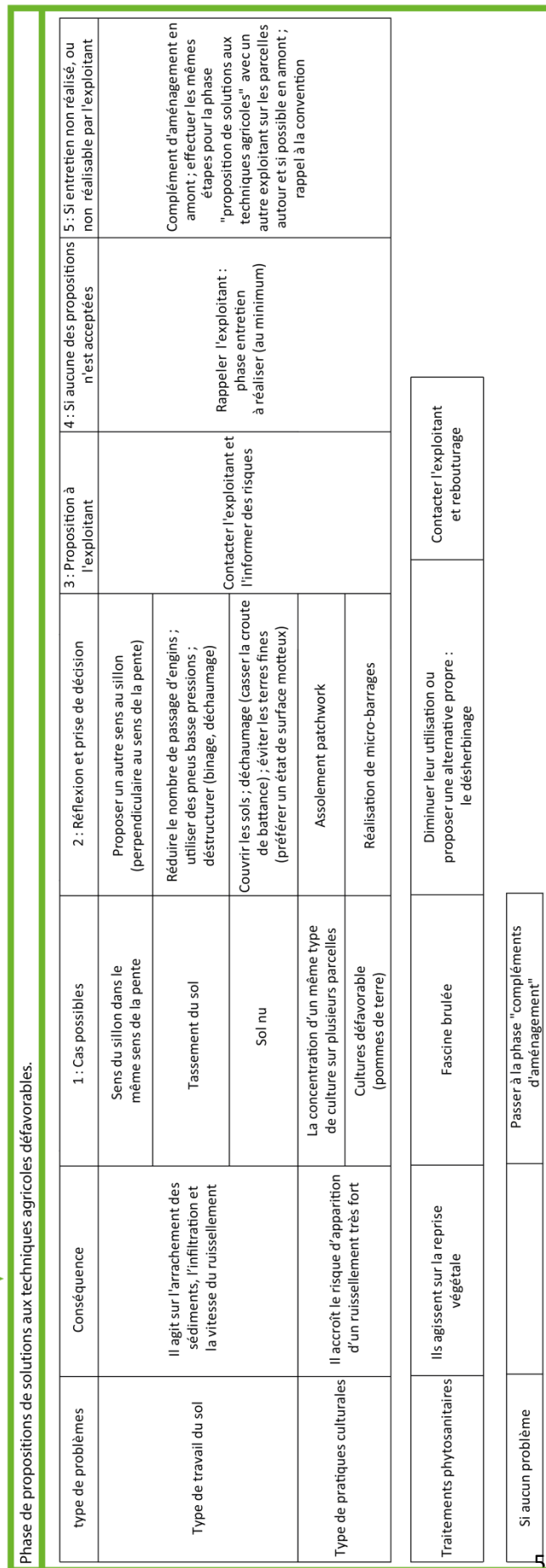


Figure 36: (Partie 1) Méthode des propositions de solutions pour la réalisation d'entretiens ainsi que la modification des pratiques agricoles et l'ajout des compléments d'aménagements





Les compléments d'aménagements



Motivation des compléments d'aménagement	Au cours du temps la fascine va modifier les écoulements à cause de la terre qui s'accumule. La configuration des lieux change, il faut changer de solution.
	Compenser un dégât en amont qui amène les sédiments sur la fascine tel qu'une ravine
	Prendre en charge une partie des eaux et sédiments sur l'impluvium en amont de la fascine pour éviter de surcharger la fascine de sédiment. Plus l'impluvium est gros (>20 ha) plus il sera utile de l'aménager, à la fois pour compléter la fascine mais aussi pour répartir les aménagements sur le territoire et répondre à la mission du Syndicat.
Pour installer un complément d'aménagement on doit délimiter la zone dans laquelle on peut le réaliser	
Rappel des Conditions pour la mise en place ou non des aménagements (délimitation de la zone)	Respect des distances avec les habitations et les voiries, (code civil) 50 cm de distance minimum lorsque la taille de l'aménagement > 2m sinon 2 m minimum de distance
	Fascine non récente, la fascine a besoin de se développer
	Sur un même impluvium, cela délimite la zone d'aménagement (sinon cela ne complète pas la fascine)
	Agir uniquement sur des eaux d'origine agricole (compétence du syndicat)

Problèmes rencontrés	Objectifs poursuivis à l'Amont	Conséquences et bénéfices	Type(s) d'aménagement
L'eau contourne la fascine	Objectif dévier les écoulements et les ramener à la fascine ou les éloigner. Ne pas laisser les écoulements déborder ailleurs	Évite que le ruissellement contourne la fascine. Évite de rallonger la fascine (bénéfice en terme de coût)	Talus
	Prolonger la fascine avec un complément qui reçoit les écoulements diffus	L'ensemble du ruissellement est ralenti	Haie
Ravine	Diminuer la vitesse du ruissellement en amont de la ravine pour ne pas en recréer une autre.	Diminue la vitesse du ruissellement ainsi que la quantité de sédiments déplacé vers la fascine.	Fascines, haie
	Améliorer l'infiltration, des ruissellements venant de l'amont	Diminue la quantité d'eau reçue par la fascine, ainsi que la vitesse d'écoulement	Noue
Accumulation de sédiments	Intercepter les sédiments transportés par le ruissellement	Freine les écoulements, donc diminue le phénomène d'érosion diffuse et l'arrachement des particules (pérennise l'aménagement)	Noue
	Intercepter les ruissellements et freiner les écoulements	Diminue le phénomène d'érosion linéaire et donc diminue l'arrachement des particules (pérennise l'aménagement)	Haie, fascine
	Accroître la résistance du sol	Diminue le phénomène d'érosion, et donc l'arrachement des particules (pérennise l'aménagement)	Noue, zone enherbée
	Piéger les sédiments grossiers	Les sédiments vont être accumulés contre une autre fascine. La fascine qui est complétée reçoit moins de sédiments	Fascines
Problèmes rencontrés	Objectifs poursuivis à l'Aval	Conséquence et bénéfices	Type d'aménagement
Fascine peu fonctionnelle due à une accumulation de sédiment ou un dégât	Améliorer l'infiltration et bloquer les sédiments fins	Plus value qui améliore la fonctionnalité de la fascine	Noue
	Améliorer le ralentissement des écoulements, protéger un aménagement	Plus value qui améliore la fonctionnalité de la fascine	Haie (attention au décalage temporel : temps d'implantation = 2 - 3 ans)

Figure 37: (Partie 2) Méthode des propositions de solutions pour la réalisation d'entretiens ainsi que la modification des pratiques agricoles et l'ajout des compléments d'aménagements

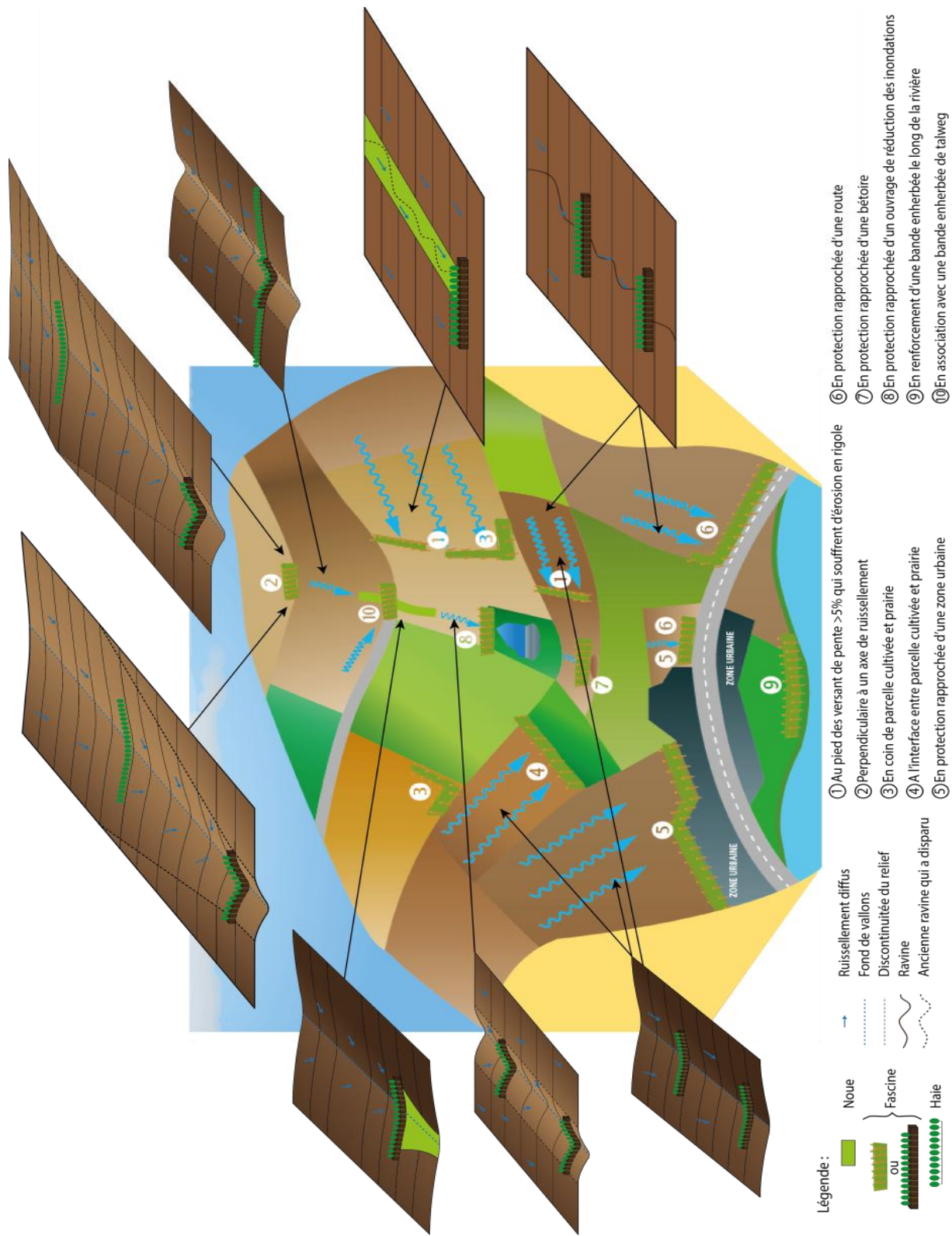


Figure 38: Schéma de synthèse montrant les localisations pertinentes aux compléments d'aménagement

Annexe 9 : GRILLE D'AUTOEVALUATION DE LA PRESENTATION DU DOCUMENT

Le document est agrafé ou relié (pas de pochettes transparentes).	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
Les normes sont respectées (exemple en annexe du document EVE124 v2.1) :	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
-Page de titre comportant :	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
O Titre	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
O Auteur (Prénom NOM)	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
O Nom, adresse et logo de LaSalle Beauvais	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
O Nom et adresse de l'organisme hébergeant le stage	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
O Type de document (« rapport de stage »)	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
O Spécialité	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
O Année de scolarité	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
O Promotion	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
O Nom et prénom du maître de stage et du tuteur de stage	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
-Pagination à partir de la page de titre	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
-Marges suffisantes	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
le document est exempt de faute d'orthographe.	oui <input checked="" type="checkbox"/> non
la syntaxe est correcte.	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
la rédaction est de style écrit et non orale.	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
l'expression est précise.	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
La pagination commence dès la page de titre (cette dernière est comptée mais non numérotée).	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
La pagination elle est continue, annexes et illustrations comprises.	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
La liste des tableaux est distincte de la liste des autres illustrations.	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
Les abréviations, symboles et unités sont définis dès qu'ils apparaissent pour la première fois dans le texte. (Ils peuvent être définis dans le texte, mais, s'ils sont nombreux, il est préférable de les définir à part, dans une liste).	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
Les abréviations ou symboles sont que recommande la norme ISO 1000 (disponible au centre de documentation) ou par des normes nationales ou des spécifications d'organismes scientifiques compétents en la matière.	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
Les termes qui demandent explication sont définis dans un glossaire.	oui <input checked="" type="checkbox"/> non
Le texte commence par une introduction, il est suivi du développement divisé en plusieurs parties et se termine par une conclusion.	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
Chaque illustration comporte une légende précise, horizontale et non encadrée.	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
Chaque illustration comporte, le cas échéant, en plus de la légende: Echelle, orientation, grille, datum et système de projection.	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
Les références des figures issues de la littérature sont annoncées dans la légende en mettant entre parenthèses le nom de l'auteur en majuscules suivi d'une virgule et de l'année de publication [Exemple : (PHILIPPE, 1994)].	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
Les références sont annoncées dans le texte en mettant entre parenthèses le nom de l'auteur en majuscules suivi d'une virgule et de l'année de publication [Exemple : (PHILIPPE, 1994)].	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
Les citations courtes (comportant moins de quatre lignes) sont incorporées au texte et placées entre guillemets.	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
La liste de références bibliographiques contient les éléments nécessaires et respecte les normes figurant dans le document (EVE124 v2.2).	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
Les documents mis en annexe contiennent des informations qui ne sont pas essentielles à la compréhension du texte principal. NB : les annexes ne sont pas obligatoires.	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
Toute annexe est annoncée dans le texte principal.	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
Les pages des annexes sont numérotées ; leur pagination doit continuer celle du texte principal.	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
Chaque annexe est identifiée par une lettre majuscule et commence sur une nouvelle page.	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non

