

REPUBLIQUE FRANCAISE

PREFECTURE DU PAS DE CALAIS

**DIRECTION DEPARTEMENTALE DES TERRITOIRES
ET DE LA MER DU PAS DE CALAIS**

**REVISION DU PLAN DE PREVENTION DU RISQUE INONDATION
DU BASSIN VERSANT DE LA LIANE**

ENQUETE PUBLIQUE DU 02 novembre au 10 décembre 2020

ANNEXE AU PROCES-VERBAL DE SYNTHESE

Commission d'enquête :

Président : Christian LEBON, Membres : Gérard BOUVIER, Alain LEBEK



La liane à Pont de Briques le 28 août 2020

Date de dépôt : Le 10/12/2020 à 13:23:23

Lieu de dépôt : Par email

Objet :Projet de PPRI de la Liane - La Cachaine - complément du précédent mail

Contribution :

Monsieur Le Président et Messieurs les membres de la Commission d'Enquête sur le projet de PPRI du Bassin versant de la Liane, Messieurs, En complément de la note en date du 06 novembre 2020, que vous trouverez ci-dessous et de l'entretien que j'ai eu en mairie de Saint Etienne Au Mont, le 12 novembre 2020, nous vous prions de trouver ci-joint la photocopie de la carte géologique sur laquelle il a été figuré la crête du relief recouvert par les sables déplacés par les vents au XVIII -ème siècle. (A Briquet page 192. LE LITTORAL DU NORD DE LA France) Cette limite de partage des eaux entre la Vallée de la Liane et le Littoral Maritime est évidemment approximative puisque les ruissellements d'eau se situent au niveau des sols argilo-marneux, recouverts par le sable. C'est la circulation de ces eaux qui engendrent le phénomène de suffosion, notamment décrit par Cédric POULAYN. Pourquoi joindre ces données au PPRI que vous avez la charge d'analyser ? Les inondations dans la Vallée de la Liane sont amplifiées par le ralentissement de l'écoulement du fleuve provoqué par le comblement de son lit au niveau de l'arrière bassin entre le pont Pitendal et le Pont Marguet . Le sable charrié par le ruisseau de la Cachaine n'en est pas l'unique provenance, mais il y participe. Ce transfert de matériau se traduit par des affaissements de plus en plus importants dans les zones boisées situées de part et d'autre de la Cachaine. Cette situation n'est pas sans risque : par exemple l'effondrement de la RD 940 dans le virage des CENT DUNES, en novembre 2000. Le danger existe aussi pour les animaux domestiques bovins, chevaux (un exploitant a du euthanasier un cheval de selle), et engins agricoles. Il serait donc raisonnable de définir une zone de risque de suffosion de part et d'autre du lit de la Cachaine dans sa partie dunaire. Vous ne pouvez ignorer qu'une hypothèse de partenariat public-privé avait été suggérée pour valoriser le matériau sable à recueillir dans la cachaine. En 2012-2013,dans le cadre d'une opération de restauration des habitats aquatiques de la Liane, des opérations de curage ont été menées . Avez-vous disposé de renseignements concernant leur évolution ? Restant à votre disposition pour tout renseignement ou précisons que vous souhaiteriez , Avec l'expression de nos sentiments distingués, Jean-Pierre LACROIX Immobilière LACROIX.

Monsieur Le Président et Messieurs les membres de la Commission d'Enquête sur le projet de PPRI du Bassin versant de la Liane, Messieurs, L'importance des inondations provoquées par les débordements de la Liane et de ses affluents, sont aggravés par les dépôts de sédiments dans l'arrière bassin de la Liane, entre le moulin de Pont de Briques et le Pont Marguet. La provenance de ces sédiments à plusieurs origines. Parmi celles-ci, les apports charriés par le ruisseau de la Cachaine, qui prend sa source au hameau d'Ecault sur la commune de Saint Etienne au Mont, et qui rejoint la Liane à proximité du moulin en longeant la rue Paul Doumer (anciennement dénommée rue au sable). Le débit de ce ruisseau a été aggravé, tant en quantité qu'en brutalité, par l'imperméabilisation des sols correspondants au développement de l'urbanisation de ce hameau. Ce phénomène a été étudié par Cédric POULAYN, dans un mémoire «Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine » , en pièce jointe. Cette étude met en évidence l'importance du phénomène de suffusion. Celui-ci provoque une érosion souterraine, à l'interface entre le sol originel argileux et les apports de sable dunaire. Les conséquences peuvent être catastrophiques et il faut rappeler l'effondrement de la RD940 dans le virage des Cent Dunes en novembre 2000 (PJ1 Photos).

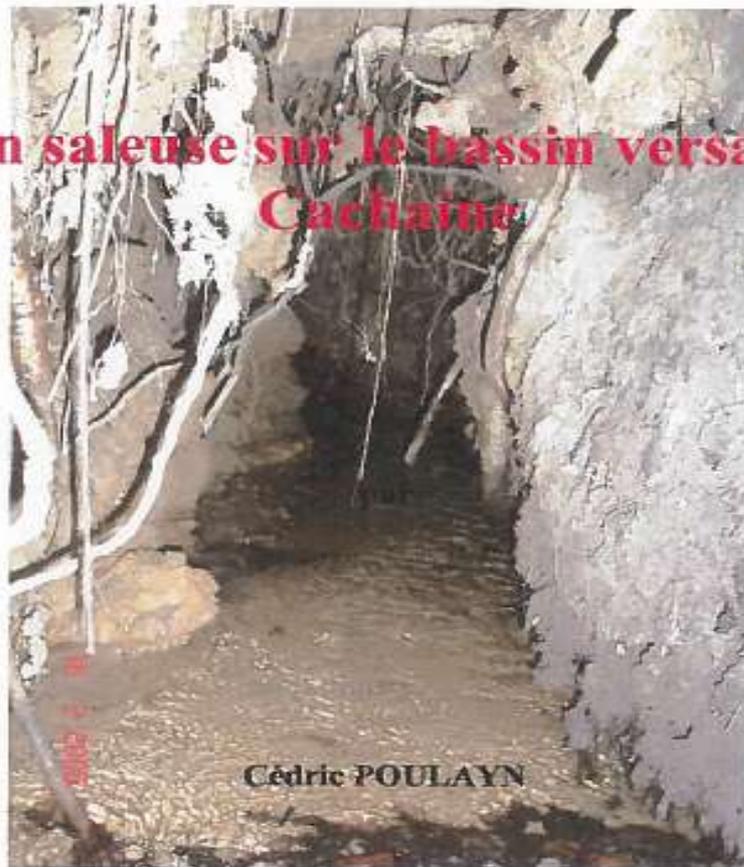
La réalisation en août 2014 d'un rond-point carrefour entre la RD940 et l'Avenue de l'Yser sur la commune de Condette, a mis en évidence le réseau souterrain d'écoulement des eaux (PJ2) . Nous sommes particulièrement attentifs à la modification du relief de cette partie des « Garennes de Condette » , où nous constatons des affaissements importants, malgré l'importance des boisements, feuillus et résineux, que nous y gérons. La Sablière d'Ecault dont nous sommes propriétaires, est actuellement en attente du renouvellement de l'autorisation d'exploiter. L'extrémité de son périmètre approche le ruisseau de la Cachaine. Nous joignons au dossier, un croquis de localisation du sable sur la bassin versant du ruisseau de la Cachaine (PJ3). Sur la suggestion du Président du SYMSAGEB, nous avons engagé des travaux d'estimation des quantités de sable charriées par le ruisseau de la Cachaine, et susceptibles d'être recueillies à des fins économiques (TP). Nous connaissons l'importance d'une telle demande, de par l'exploitation précédente de la Sablière. Il est évident que les sédiments sableux, qui seront captés avant le confluent avec la Liane, ne viendront pas se déposer dans l'arrière bassin nautique. La quantité de matériaux à récupérer peut être estimée à 1 million de m³. La diminution du risque et de l'importance de celui-ci relève évidemment de votre enquête. Nous restons à votre disposition, Avec l'expression de nos sentiments distingués, Jean-Pierre LACROIX Immobilière LACROIX 03.21.30.36.11

Pièce(s) jointes(s) :

Master 1 Géosciences de l'Environnement

Mémoire

Erosion saline sur le bassin versant de la Cachaine



Tuteurs : Matthieu Audollent et Brigitte Van Vliet Lanoë



Université de Lille 1



Février à Mai 2006

Sommaire

Sommaire	1
Introduction	3
Le SYMSAGEB	4
Présentation de la zone d'étude et de la méthode de travail	5
La zone d'étude	5
Les dunes de Condette	5
Hydrologie	5
La géologie	6
Méthode de travail	6
L'érosion sableuse	8
La suffosion	8
Définition	8
Causes	8
La lithologie	8
Les drains	8
Conséquences	9
Les cascades	10
Le sapement	10
Les barrages	11
Les méandres	12
Relevé de terrain	14
Zone I	14
Carte d'érosion zone I	14
La source	14
Erosion de l'argile	16
Effondrement de berge	16
Zones II et III	17
Carte d'érosion zone II	17
Amphithéâtres de sources	17
Carte d'érosion zone III	18
Suffosion	18
Dépression par suffosion	19
Zone IV	20
Carte d'érosion zone IV	20
Les parcelles agricoles	20
Les plages d'érosion	22
Les plages d'érosion (fiche)	22
La pâture pourrie	22
Les indices de l'érosion sableuse	24
Ce qui est déjà parti	24
Ce qui va bientôt partir	24
Les dépressions	26
Pourquoi faut-il agir maintenant ?	29

Propositions d'aménagement	31
Le bassin de rétention des eaux	31
Fiche sur le bassin de rétention	31
Première proposition	32
Seconde proposition	32
Le piège à sédiment	33
Fiche sur le piège à sédiment	33
Description de l'ouvrage	33
Fiche sur le piège à sédiment (suite)	34
Première localisation envisageable	34
Seconde localisation envisageable	35
Dans les Dunes de Condette	36
La restauration des berges	36
Fiche sur la restauration des berges	36
Le jaugeage de la Cachaine	37
Fiche sur le jaugeage de la Cachaine	37
Description de l'ouvrage	37
Annexes	39
Lettres de 1812 et 1822 relatives à la plantation des Dunes	40
Le réseau d'assainissement d'Ecault	42
Le drainage	44
Description du terrain (bassin de rétention)	47
Description du terrain (piège à sédiment : première localisation)	48
Description du terrain (piège à sédiment : seconde localisation)	49
Description du terrain (restauration des berges)	50
La lithologie de la zone d'étude	51
Résultats des analyses granulométriques	53
Listes des illustrations	56
Bibliographie	58
Remerciements	59

Introduction

Le ruisseau de la Cachaine est un cours d'eau à comportement torrentiel se rejetant dans la Liane au niveau de Pont de Briques (Boulonnais). Ce cours d'eau traverse les Dunes de Condette et est la principale cause d'une érosion sableuse très importante ayant pour conséquence l'ensablement de la zone urbanisée se trouvant à l'aval. Une étude a donc été proposée par le SYMSAGEB (Syndicat Mixte pour le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux du Boulonnais) pour trouver un moyen de lutte.

Le but de cette étude est de découvrir dans un premier temps les phénomènes conduisant à cette érosion sableuse et de proposer, dans un second temps, des aménagements permettant de la diminuer. L'étude le long de ce cours d'eau est une aubaine, elle nous permet d'en apprendre plus sur celui-ci étant donné que les Dunes de Condette « reposent » sur des propriétés privées.

Abstract

The Cachaine's stream is a waterway to torrential behavior being rejected into the Liane in "Pont de Briques" (Boulonnais). This waterway crosses the Dunes of Condette and is the principal cause of an important sandy erosion having for consequences the residential area stranding which is downstream. A study was proposed by the SYMSAGEB in order to find fight means.

The study's objective is, first, to discover phenomena involving this sandy erosion, and then, to propose installations allowing to decrease it. Moreover, this waterway study permits to learn some about it, given that the "Dunes of Condette" is in private properties.

Le Syndicat Mixte pour le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux du Boulonnais (SYMSAGEB)

Créé par arrêté préfectoral en date du 12 Juillet 2002, son périmètre d'intervention correspond au périmètre du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin côtier du Boulonnais, soit 81 communes. Sept communautés de communes et d'agglomérations se sont ainsi rassemblées au sein d'une même collectivité pour que la gestion de l'eau soit abordée à l'échelle des bassins versants, dépassant ainsi le cadre des limites administratives. Les 7 communautés de communes reprises dans son périmètre lui ont confié les compétences suivantes :

- Etude, programmation et mise en œuvre de travaux portant sur la maîtrise des écoulements naturels pour la défense contre les inondations.
- Etude et action de sensibilisation aux enjeux du SAGE (en matière de maîtrise des écoulements et de défense contre les inondations, de maîtrise de la pollution, de protection – restauration des sites, des écosystèmes aquatiques et des zones humides).

Il regroupe ainsi :

- La Communauté d'Agglomération du Boulonnais (CAB)
- La Communauté de Communes de la Terre des Deux Caps
- La Communauté de Communes du Pays de la Faïence de Desvres
- La Communauté de Communes de Samer et Environs
- La Communauté de Communes des Trois Pays
- La Communauté de Communes Mer et Terres d'Opale
- La Communauté de Communes du Sud Ouest du Calaisis

Le SYMSAGEB intervient sur les bassins versants de la Liane, du Wimereux et de la Slack, ainsi que sur des petits cours d'eau côtiers du littoral. Son territoire d'intervention concerne environ 700 km² sur lesquels résident environ 165 000 habitants.

Régi par le Code Général des Collectivités Territoriales, le SYMSAGEB, basé à St-Léonard (62), est présidé par Monsieur Jean-Loup LESAFFRE, maire de St-Léonard, et emploie actuellement trois personnes :

- Une secrétaire comptable
- Un ingénieur pour le suivi et le pilotage des dossiers techniques
- Une technicienne pour l'animation du projet de contrat de rivière de la Liane

Il travaille en relation avec :

- Les collectivités territoriales : le conseil régional, le conseil général, les syndicats mixtes proches, les EPCI, les communes, le Parc Naturel Régional des Caps et Marais d'Opale (une convention a été signée le 4 février 2004 entre le parc et le SYMSAGEB pour la mise en œuvre du SAGE).
- Les administrations et établissements publics de l'état : sous préfecture, DIREN, DDAF, MISE, Agence de l'Eau, DDE, CSP...
- Les usagers (principalement les associations) : association de riverains, association Rivages Propres (chargé de l'entretien des cours d'eau du boulonnais jusqu'en 2006), pêche, chasse...
- Les bureaux d'études hydrauliques.

En plus des compétences citées, le syndicat a en charge le secrétariat du Groupement de Défense contre les Organismes Nuisibles du Boulonnais, afin de contribuer essentiellement à la lutte contre le rat musqué. Le SYMSAGEB attribue annuellement une subvention au GDON.

Présentation de la zone d'étude et de la méthode de travail

La zone d'étude

La zone d'étude couvre le bassin versant du ruisseau de la Cachaine, avant dernier affluent de la Liane. Ce bassin versant concerne une superficie de 3,34 km² et présente une pente moyenne de 3%, qui avec ses importantes dénivellations donne à ce cours d'eau un régime torrentiel. Ce ruisseau se situant dans les Dunes de Condette, il en revient d'en parler dans un premier temps.

Les Dunes de Condette

D'altitude élevée (90 m maximum), largement exposé aux vents marins, le site présente une dynamique tout à fait particulière largement influencée par la nature du substrat et la topographie. L'un des principaux éléments visibles est le ruisseau de la Warrenne aux abords des Dunes d'Ecault, long de quelques kilomètres, qui coule au Nord du site. Les Dunes de Condette sont par contre traversées par le ruisseau de la Cachaine, un cours d'eau à comportement torrentiel, relativement encaissé dans le substrat, se trouvant dans un milieu forestier. L'originalité du site réside en sa morphologie. En effet, les dunes d'Ecault, lors de leur formation, se sont plaquées sur une falaise de grès et de marnes préexistantes, mais les Dunes de Condette se sont déposées vers l'intérieur des terres, comme le montre la photo ci-dessous, dans une dépression.



Carte 1 : Dunes de Condette (prise de vue de la photo 1)

Map 1: Dunes of Condette (shooting of the picture)



Photo 1 : Dunes de Condette (forêt, délimité en rouge)

Picture 1: Dunes of Condette (forest, delimited in red)

La formation des dunes remonte surtout à la fin du XVII^{ème} siècle ; ainsi en 1680 les sables recouvrirent deux fermes de la paroisse de Condette. Ces mouvements de sable se poursuivirent jusqu'à l'intervention de Jacques Leporcq en 1827 qui effectua les premières plantations de conifères sur le modèle des Landes de Gascogne (cette idée a été suggérée en 1812 et acceptée en 1822)¹. Comme bien des sites naturels sur le littoral Pas-de-Calais, les dunes d'Ecault ont gardé des traces des deux conflits mondiaux : occupation par les troupes du Commonwealth pendant la guerre 14-18 et par les troupes d'occupation allemande pendant la dernière guerre.

Hydrologie

La Cachaine prend sa source à l'Est de la commune d'Ecault à 85 m d'altitude, se jette dans la Liane au sud de Pont de Brique à 7 m d'altitude et passe par le lieu-dit Audisque. Elle comporte cinq affluents, trois prenant naissance au Sud dans les Dunes de Condette, et deux autres venant de St-Etienne –au Mont et du Nord de la commune d'Ecault.

La source de la Cachaine, se situant à Ecault, reçoit toutes les eaux pluviales d'une partie de la commune ainsi que depuis peu les eaux de la départementale 119 passant à quelques centaines de

¹ Voir les lettres de 1812 et 1822 en annexe.

mètres de là. En ce qui concerne la commune de St-Etienne –au –Mont, le réseau des eaux pluviales (eaux de toitures, de voiries, et de ruissellement des terrains agricoles) est dirigé vers un exutoire : le ruisseau de la Cachaine. Lors d'une période de forte précipitation, ceci amène donc à ce ruisseau d'énormes quantités d'eau, qui en plus de présenter un risque d'inondation pour la zone urbanisée en aval, permet une dynamique beaucoup plus importante de l'érosion sableuse (par l'augmentation du débit, de la vitesse d'écoulement du ruisseau).

La géologie

A part l'infime partie de Crétacé présent sur le secteur, il affleure essentiellement du Jurassique :

- **J_{9c} : Portlandien supérieur** : Sables et grès calcaires dont l'ensemble fait environ 12 m d'épaisseur et est séparé vers le tiers supérieur d'un cordon de galets.

- **J_{9b} : Portlandien moyen** : Argiles à bancs calcaires d'une épaisseur pouvant atteindre 30 m.

- **J_{9a} : Portlandien inférieur** : Grès de la Crèche d'une épaisseur de 18 m et étant constitués de deux niveaux :

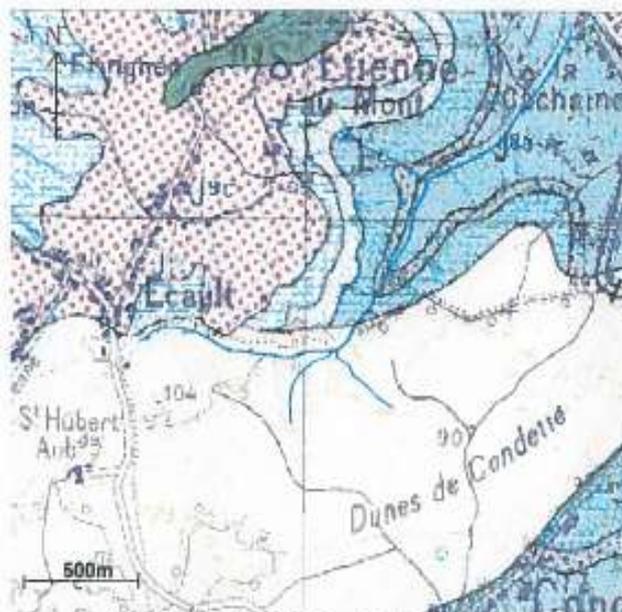
- Les Grès de la Crèche inférieurs : grès calcaires et sables.
- Les Grès de la Crèche supérieurs : grès calcaires, argiles sableuses et calcaires.

- **J_{8c} : Kimméridgien supérieur** : Argiles feuilletées de Châtillon (gris foncé à pyrites, parfois très fines) pouvant atteindre 22 à 25 m d'épaisseur.

- **J_{8b} : Kimméridgien moyen** : Sables et grès de Châtillon. Ce sont des sables et des grès jaunes légèrement glauconieux d'une épaisseur proche de 5 m.

- **J_{8a} : Kimméridgien inférieur** : Du haut vers le bas, on y distingue :

- Calcaires du Moulin-Wibert (14 m)
- Sables et grès de Connincthun (5 m) ; sables glauconieux parfois consolidés en grès et marnes sableuses.
- Marnes du Moulin-Wibert (20 m) ; marnes noires, pyriteuses et parfois glauconieuses.
- Calcaires de Brecquerecque (15 m) ; alternance de marnes et de calcaires.

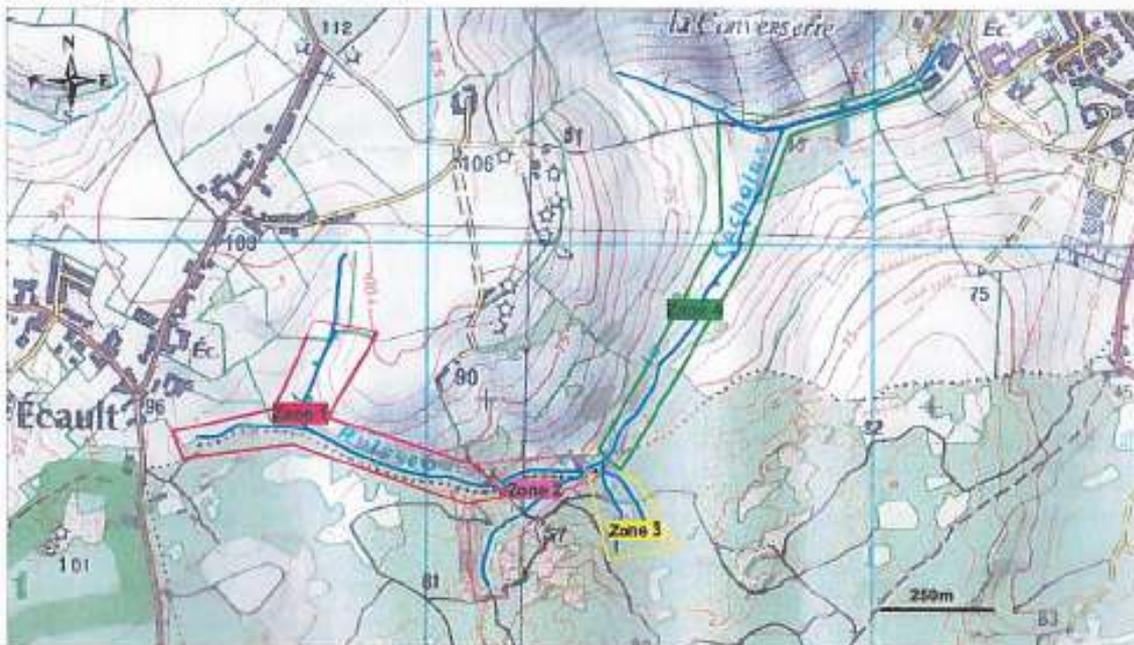


Carte 2 : Carte géologique de la zone d'étude
Map 2 : Geological map of study's area

Méthode de travail

Suite à la demande du SYMSAGEB après observation d'un départ de sable important en provenance des Dunes de Condette, la première étape de l'étude consistait à trouver les causes de ce départ. En effet, du sable vient s'accumuler dans le lit de la Cachaine et s'y déposer ensuite en aval, un dépôt que l'on peut notamment observer près du collège de la rue du stade à St-Etienne-au-Mont. Pour cela, nous avons cartographié les 3,6 km du cours d'eau entre la source d'Ecault et le bas de la rue du stade. Les différentes sources d'érosion ont été relevées au GPS et ensuite cartographiées à l'aide du logiciel MapInfo.

Par mesure de simplicité, la zone d'étude a été découpée en 4 zones présentées sur la carte ci-dessous. Ces zones ont été définies non pas par leur superficie ou leur caractéristiques, mais par leur points repères visibles sur le terrain.



Carte 3 : Découpage de la zone d'étude
Map 3: Cutting out of study zone

Dans une seconde phase, divers aménagements seront proposés le long de la Cachaine visant à réduire le transport de sable qui continue à sédimenter dans ce cours d'eau. Ces aménagements permettront donc de répondre au problème principal de la zone d'étude : l'érosion sableuse.

L'érosion sableuse

Un certain nombre de « phénomène » conduisant à une technique d'évacuation du matériel sableux, qui recouvre la quasi-totalité de la zone d'étude, fût observé le long du ruisseau de la Cachaine. Plusieurs ont été répertoriés dont un en particulier qui semble être le phénomène principal du secteur.

La suffosion

La suffosion est un phénomène que l'on rencontre souvent dans la zone d'étude et qui est vraisemblablement la cause majeure d'une perte de sable qui est ensuite transité par la Cachaine. Il semble par conséquent nécessaire d'expliquer les diverses causes et conséquences de ce phénomène.

Définition

La suffosion est la mise en transport des particules souterraines par l'intermédiaire de l'eau, ce qui amène à la formation de vide, à la création de cavités souterraines. Elle peut naître de différentes manières et créer diverses topographies que l'on va détailler ci-dessous.

Causes

La lithologie

La succession des couches géologiques du secteur : sable dunaire sur grès ou argiles, n'est pas toujours idéale pour ce qui est de l'infiltration de l'eau. Lorsqu'il pleut, l'eau s'infiltré aisément dans le sable et rencontre en profondeur une couche d'argiles ou de grès. Cette dernière étant moins perméable que le sable (généralement à cause de la porosité), un problème de discontinuité capillaire se crée et forme ainsi une barrière capillaire empêchant la bonne infiltration de l'eau. Celle-ci se voit par conséquent ruisseler au sommet de cette couche que l'on va qualifier « d'imperméable » par abus de langage et va entraîner jusqu'à un exutoire les particules de sable se trouvant à la base de la couche subjacente. C'est de cette façon que certaines sources de la Cachaine ont pu prendre naissance.

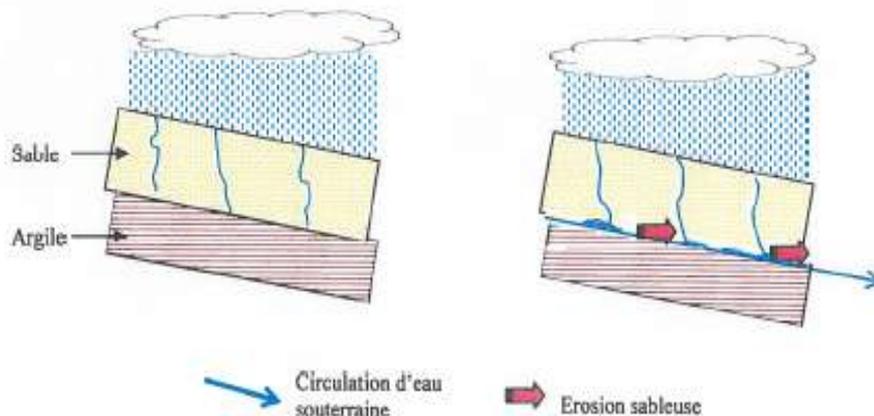


Figure 1 : Création de la suffosion
Figure 1 : Piping creation

Les drains

Que nous soyons en zone rurale ou urbanisée, les tuyaux d'assainissement, tel que les tuyaux d'évacuation des eaux usées ou des systèmes de drainage, sont souvent la cause de la suffosion. Cette dernière se produit lorsque le drain est rompu, généralement par un cisaillement vertical causé

par une surcharge (passage de véhicules sur une route par exemple) ou bien par l'éclatement du drain par la force de l'eau lorsque celui-ci est colmaté. De ce fait, l'eau qui était auparavant à l'intérieur du drain se voit s'écouler à l'extérieur de celui-ci et entraîner avec elle les particules environnantes. Les drains les plus susceptibles de se rompre sont les plus anciens car ils se présentent comme une multitude de petits drains en terre cuite d'une trentaine de centimètres de longueur posés les uns à côté des autres.



Photo 2 : Suffosion créée par rupture d'un tuyau de drainage.

Picture 2 : Piping creating by drainage pipe breaking.

Conséquences

Comme pour toute suffosion, une conséquence directe de ce phénomène est un affaissement du sol, chose que l'on rencontre souvent sur le terrain. La présence de suffosion sur le terrain est relativement repérable par la présence de dépressions « anormales » sur la continuité de la topographie, dépressions souvent accompagnées d'un suintement d'eau plus en amont rendant le terrain relativement marécageux. Ces dépressions se sont formées par la création de cavités souterraines et ont une conséquence directe sur le milieu forestier, il s'agit de l'affaissement progressif des arbres pouvant entraîner leur déracinement. En effet, les arbres peuvent servir de témoin pour localiser une dépression « récente » car par la perte de sol sous une partie de ses racines, une contrainte liée à son propre poids entraîne la rupture de l'arbre qui va se fendre en deux depuis sa base de manière verticale (c'est le même principe qu'un poids placé à l'extrémité d'une poutre : il y a cisaillement vertical).



Photo 3 : Affaissement du sol par suffosion

Picture 3: Subsidence of soil by piping

Il peut cependant y avoir de la suffosion sans que celle-ci ne soit remarquable sur le terrain, elle présente par conséquent un risque d'accident susceptible de se produire (effondrement pendant le passage de véhicules ou autres).

Les cascades

Les cascades peuvent se former naturellement dans le cours d'eau ou bien être l'exutoire d'un système d'assainissement prenant un cours d'eau pour évacuation, ce qui est souvent le cas pour les réseaux de drainage. Quelque soit le cas, une cascade est par définition une chute d'eau, cette dernière engendre une accélération de l'eau provoquant un surcreusement (plunge pool) du lit de la rivière au point d'impact et donc une érosion précoce. Ceci engendre de nombreuses conséquences en amont du fait d'un curage local.

En effet, le curage modifie singulièrement la pente d'équilibre de la rivière, et comme le montre la figure ci-dessous, la nature voulant toujours préserver son état d'équilibre, la rivière va cisailer son lit directement de la dépression initiale vers l'amont, transportant ainsi une quantité plus ou moins importante de sédiment (érosion régressive). Le phénomène de suffosion peut aussi se mettre en place dans le lit de la rivière à partir de la dépression causée par la cascade, ce qui permettrait au cours d'eau d'atteindre plus rapidement son profil d'équilibre. Une cascade peut donc être la cause de phénomène de sapement.

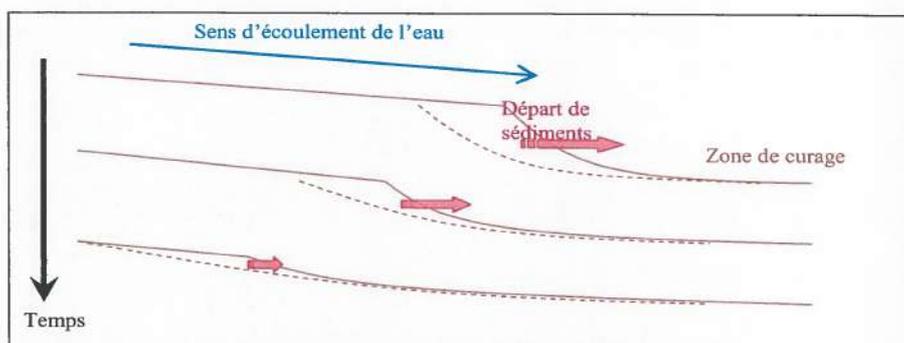


Figure 2 : Erosion régressive d'un cours d'eau
Figure 2: Backward erosion of waterway

Le sapement

Tout le lit de la Cachaine est recouvert par du sable, mais il y a cependant des endroits où le fond du lit est bloqué par une dalle de grès. Cette dalle peut être épaisse, mais ce qu'il y a d'important du point de vue de l'érosion est son sapement, ce qui lui amènera donc à se rompre à un moment donné. Le ruisseau s'écoule en alternance sur du sable et du grès, incise son lit et comme pour tout cours d'eau, il doit garder son profil d'équilibre. Comme le montre la photo, le grès se rompt verticalement (en général) et offre ainsi au cours d'eau une cascade. Cette chute d'eau va affouiller, éroder la base du grès et comme il a été évoqué ci-dessus, une cascade engendre une incision du lit de la rivière. Comme le représente le schéma ci-dessous, pour restaurer son profil d'équilibre, la rivière va éroder en amont, elle va donc creuser sous la dalle de grès qui s'effondrera sous son propre poids. Pour restaurer le profil le plus rapidement possible, la suffosion peut également se mettre en place dans le lit de la rivière afin d'évacuer la partie sableuse. Par le sapement il y a donc toujours de l'érosion de roches rigides, et de roches meubles : les sables.

Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine



Photo 4 : Sapement sous une dalle de grès.
Picture 4: Undermining of sandstone slab.

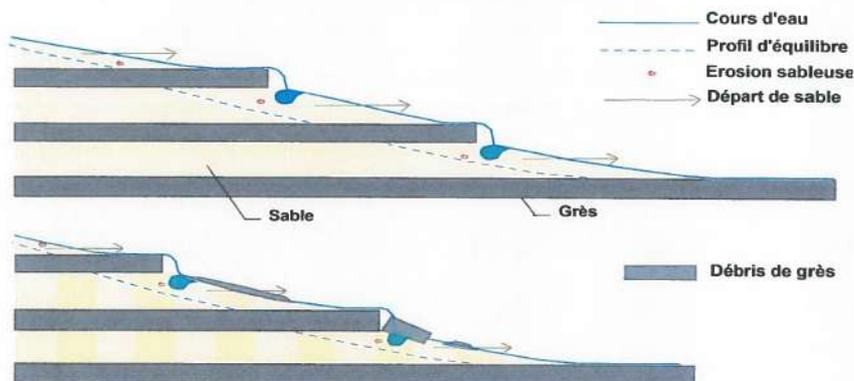


Figure 3 : Sapement des bancs de grès.
Figure 3 : Sandstone undermining.

Les barrages

Des obstacles peuvent parfois combler le lit du ruisseau, des obstacles faisant offices de barrages. Ces derniers peuvent être naturels ou bien artificiels, soit par une loupe de glissement comblant ainsi le lit de la rivière, ou bien par une accumulation importante de branches du milieu forestier dans lequel on se trouve. Deux conséquences peuvent se produire suite à la formation du barrage et dépendent de sa nature.

Si le barrage est dû à une accumulation de sédiment suite à un glissement de terrain, il empêche la libre circulation de l'eau et celle-ci se fraye donc un chemin aux travers les berges par un phénomène que l'on a déjà évoqué : la suffosion. Le secteur étant constitué principalement de matériaux sableux, grâce à la porosité du sable, l'eau peut assez facilement s'infiltrer et creuser ainsi un couloir de passage.

Si le barrage est formé de branches, l'eau va contourner cet obstacle en passant sur les extrémités du lit, elle va donc éroder les berges. Cette érosion provoque par conséquent un apport de sable (le plus souvent) dans le lit de la Cachaine et tend à accroître la déstabilisation de ces berges.



Photo 5 : Barrage par accumulation de branches
Picture 5 : Dam by branches accumulation



Photo 6 : Erosion de berge suite à un obstacle
Picture 6 : Bank erosion by a dam

Les méandres

Un phénomène représentatif de l'érosion est la méandrisation, qui est le creusement des rives par la force de l'eau amenant à un détournement progressif et naturel de la rivière. En effet, un obstacle naturel ou non, tels les barrages cités ci-dessus, amène à un creusement progressif des berges (sapement de berge) et une modification de la trajectoire de la rivière qui s'accroît d'autant plus avec le temps. Le cours d'eau prend ainsi la forme d'une boucle que l'on appelle « méandre ». Dans celui-ci, l'eau circule plus vite vers l'extérieur de la courbure qu'à l'intérieur car l'eau doit faire un plus long trajet. Par conséquent, il y a dépôt de sédiments vers l'intérieur et érosion des berges vers l'extérieur ; ce qui conduit à un agrandissement du méandre. Mais au-delà d'un certain seuil, la courbure sera trop prononcée pour permettre la bonne circulation de l'eau qui essaiera d'aller au plus simple en recoupant le méandre en ligne droite, asséchant ainsi celui-ci.

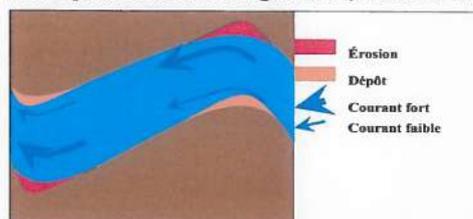


Figure 4 : Schéma caractérisant un méandre
Figure 4 : Diagram characterized a meander

Comme il a été évoqué ci-dessus, le sapement latéral de berge se produit dans la partie extrados de la courbure et est d'autant plus intensifié par la présence de cascade dans cette courbure. De ce fait, l'eau étant plus érosive par cette augmentation de vitesse, le départ de particules est beaucoup plus favorisé. La berge se retrouve donc plus fortement creusée à sa base, ce qui lui amènera plus tard à son affaissement. Il y a en effet des endroits le long de la Cachaine où l'on peut observer des glissements de berge et une érosion sous berge pouvant atteindre 80 cm de profondeur.

Néanmoins, les méandres se formant naturellement lorsque la pente diminue, ils constituent une zone de sédimentation pour les grosses particules grâce à la diminution de la vitesse d'écoulement, ce qui explique la présence de sable dans le lit du ruisseau à leur niveau. Comme le préconise le rapport du SYMSAGEB lors de l'étude d'un bassin de rétention sur la Cachaine, les méandres permettent en effet un ralentissement des eaux en période de crue, mais l'érosion sera beaucoup plus intense lors de ces périodes. De ce fait, il y aura par conséquent d'autant plus de sable dans le cours d'eau et une destruction de plus en plus intense des méandres.

Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine



Photo 7 : Méandre
Picture 7: Meander



Photo 8 : Erosion sous la berge
Picture 8: Erosion under the bank



Photo 9 : Erosion de 80 cm sous la berge (zoom photo 8)

Picture 9: Erosion of 80 cm under the bank (picture 8 zoom)



Photo 10 : Effondrement de berge au niveau de la courbure

Picture 10: Bank collapse in the curve

Remarque

Les diverses sources d'érosion présentées ci-dessus (et localiser sur la carte ci-jointe) peuvent se superposer ou s'assembler, c'est-à-dire qu'un phénomène peut en engendrer un autre ou bien l'intensifier.



Carte 4 : Carte représentant les figures d'érosion présentées précédemment le long du ruisseau de la Cachaine
Map 4: Erosion figures along the Cachaine waterway

Relevé de terrain

Tous les secteurs de la zone d'étude sont couverts par les figures d'érosion présentées précédemment : suffosion, barrage, cascade, sapement et méandre, mais certains phénomènes sont plus présents dans certaines zones que d'autres et leur font leur particularité.

Zone I

Dans la zone I, la Cachaine prend une direction générale Est-Ouest et contient un affluent orienté Nord-Sud. La Cachaine sépare un domaine agricole, situé le long de son flanc Nord, d'un domaine forestier se situant dans les Dunes de Condette au Sud. Dans cette zone, le ruisseau présente une longueur de 1,1 km entre le radier se situant à l'Est et la source à l'Ouest. La source de l'affluent orienté Nord-Sud n'a malheureusement pas été observée pour une raison d'occupation des parcelles par le bétail.

La limite dunaire est très remarquable sur le terrain en y observant les plateaux. Du fond du lit de la Cachaine aux pâtures, il y a environ 5 m de hauteur, alors que par rapport aux dunes on est dans les alentours de 10-15 m. Comme le montre le schéma suivant, au plus on avance vers la source de la Cachaine, au plus les talus s'aplanissent et offrent au ruisseau une zone d'extension de crue.

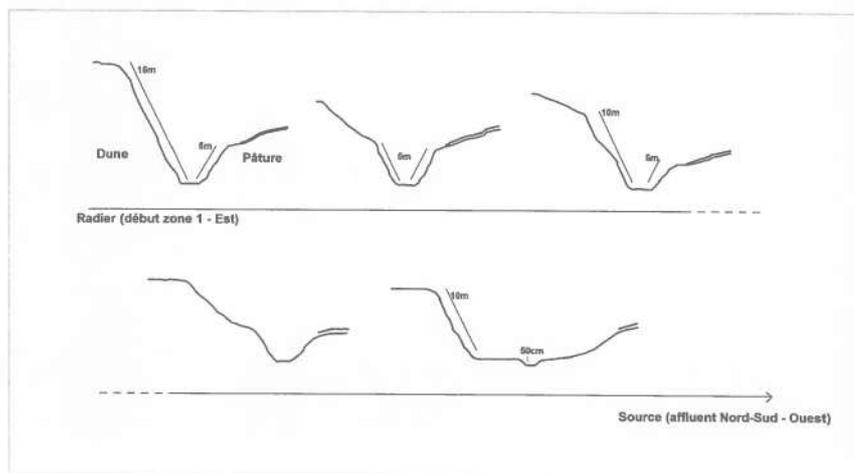


Figure 5 : Morphologie du lit du ruisseau du radier vers la source
Figure 5: Waterway bed morphology from foundation raft to spring

La source

La chose la plus importante de cette partie de la zone d'étude est la source de la Cachaine et plus particulièrement ses apports en eau. La source est en effet constituée de trois arrivées d'eau :

- Une arrivée de l'Ouest par l'intermédiaire d'un tuyau en PVC de 15 cm de diamètre. Celui-ci est sans doute l'exutoire du système de drainage de la parcelle cultivée le long de la départementale 119.
- Une buse en béton de 40 cm de diamètre semble recueillir les eaux de la départementale 119. En effet, cette dernière ne dispose pas de fossé permettant le recueillement les eaux pluviales mais d'un regard permettant aux eaux de rejoindre à priori la canalisation

Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine

traversant le champ. « A priori » car cette canalisation ne traverse vraisemblablement pas le champ en ligne droite, il a été observé un coude avant l'exutoire, ce qui met un doute sur la provenance des eaux.

- Une arrivée d'eau par ruissellement du Nord, suivant une clôture séparant des parcelles et se dirigeant vers la ferme. Le ruissellement n'est pas intense mais pourrait bien être important lors d'une forte précipitation.



Photo 11 : Source de la Cachaine
Picture 11 : Cachaine's spring



Photo 12 : Départementale 119 et champ drainé
Picture 12: Secondary road number 119 and draining field

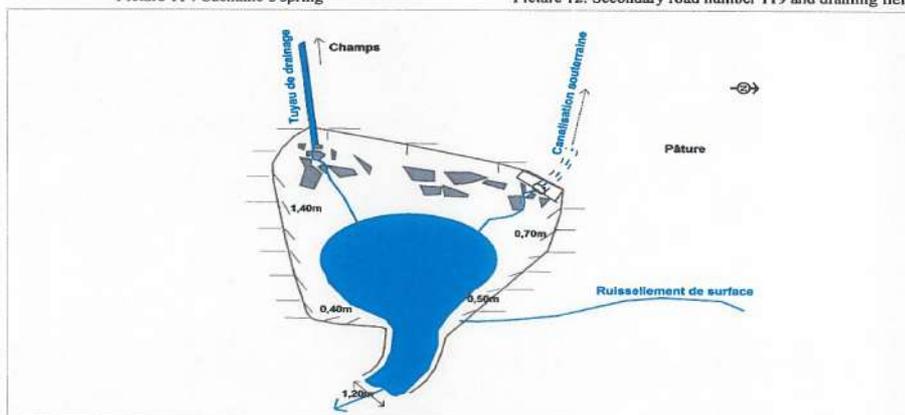


Figure 6 : Représentation de la source
Figure 6: Spring representation

Remarque² :

D'après les témoignages des propriétaires de la parcelle où se situe la source, les canalisations de la commune d'Ecault seraient trop petites car en période de forte pluviosité il y a débordement des eaux. De ce fait, les eaux venant du Nord par la départementale 235 ruissellent et comme le montrent les courbes de niveaux elles sont ensuite déviées vers leur propriété se trouvant plus bas que le niveau de la route. La cour de la ferme s'est vue plusieurs fois ennoyée, rendant ainsi les terrains boueux et « insalubres » du fait que ces eaux ne sont pas uniquement des eaux pluviales mais aussi des eaux usées. Toutes ces eaux sont ensuite naturellement dirigées vers le point le plus

² Voir annexe : Le réseau d'assainissement d'Ecault.

Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine

bas et tombent donc directement au niveau de la source, où il a déjà été remarqué par les propriétaires une couche de mousse de 60-80 cm d'épaisseur.

La commune d'Ecault possède cependant un réseau séparatif avec lequel toutes les eaux pluviales sont rejetées dans la Cachaine (du moins en ce qui concerne le plateau d'Ecault, de l'autre côté du versant le rejet s'effectue en mer), probablement par l'intermédiaire de la buse au niveau de la source. Les eaux usées sont quand à elles dirigées vers une station d'épuration et selon la mairie de St-Etienne-au-Mont, 90% des habitats d'Ecault sont reliés au tout à l'égout.

Erosion de l'argile

La suffosion peut se mettre en place lorsqu'une couche se trouve sous une autre dont l'infiltration des eaux est beaucoup plus facile. Celle-ci constitue donc un plancher où les eaux peuvent ruisseler en profondeur et créer ainsi des cavités souterraines, tel est le cas des argiles par exemple. Cependant, une érosion d'une couche d'argiles a été observée dans la zone I au niveau des berges. La suffosion érode donc la base de la couche supérieure mais aussi le sommet de la couche inférieure car l'eau tend à rejoindre le niveau de base du cours d'eau. Les analyses granulométriques ont montré que l'échantillon pris à ce niveau était constitué de 40% d'argiles et de 60% de silts, d'où peut être l'explication de cette érosion car les limons sont les éléments les plus sensibles à l'érosion. La présence d'argiles à ce niveau permet d'affirmer grâce à la carte géologique que nous sommes dans la formation du Portlandien moyen (argiles à bancs calcaires) et qu'elle constitue vraisemblablement un niveau de base pour le ruissellement souterrain. C'est peut-être cette formation qui se trouve sous les dunes au niveau des entonnoirs de la zones II et III.



Photo 13 : Erosion d'une couche d'argile
Picture 13 : Erosion of clay

Effondrement de berge

Lors d'un épisode pluvieux, le débit de la Cachaine augmente rapidement et de part son régime torrentiel, l'érosion est d'autant plus intense. L'érosion des berges du cours d'eau fut observée après la nuit pluvieuse du 15 Février 2006 où une partie du chemin sous lequel se trouve le radier s'est vu reposer sur du « vide » avant de s'effondrer partiellement le lendemain. Un vide créé en amont du talus suggère le phénomène de suffosion, un ruissellement de l'eau dans ce talus provoquant sa déstabilisation. D'après les propriétaires, ce chemin d'accès au cœur des Dunes de Condette s'est déjà vu emmené par le courant au début des années 1980.

Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine



Photos 14-15 :
Effondrement de berge et
destruction d'une partie
d'un chemin

Pictures 14-15: Bank collapse
and destruction of the path



Zones II et III

Ces zones couvrent 1,2 km de cours d'eau et se ressemblent assez fortement, c'est pourquoi elles ont été regroupées.

Amphithéâtres de source

Les zones II et III sont caractérisées par la présence d'amphithéâtres de source qui sont, comme leur nom l'indique, les sources des affluents de la Cachaine. Ces amphithéâtres, que l'on peut aussi appeler entonnoirs, sont par contre beaucoup plus spectaculaires dans la zone II que dans la zone III et se sont formés au cœur des dunes. Un entonnoir est en effet une dépression, importante ou non selon les endroits, permettant de jouer le rôle de réceptacle. L'altimètre présent sur le GPS a pu définir un dénivelé de 28 m à certains endroits entre la source, se situant à la base de cette dépression, et la partie amont.



Photo 16 : Amphithéâtre de source
Picture 16: Source's amphitheatre

Outre le fait que nous soyons dans un réceptacle, il n'y a cependant aucune trace de ruissellement à la surface. Lors des précipitations, l'eau doit s'infiltrer assez aisément dans le sol (constitué de sable) et ensuite ruisseler sur une couche d'argile (ou de grès, J9a ou J9b), la source se formant ainsi par suffosion. La source est en effet à la base du lit de la rivière et la suffosion est très bien définie par les cavités qu'elle génère. Grâce aux analyses granulométriques, l'obtention d'une courbe Gaussienne nous indique par conséquent un apport direct de sables dunaires dans le lit du ruisseau au niveau des diverses sources des amphithéâtres.

Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine



Photo 17 : Source au pied d'un amphithéâtre

Picture 17: Source to amphitheatre's foot

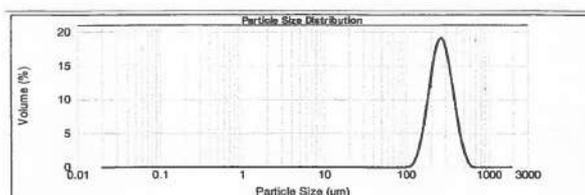


Figure 7 : Résultat d'analyse granulométrique d'un échantillon pris au niveau d'une source d'amphithéâtre

Figure 7: Result of grain size analyze of a sample taken to amphitheatre's source

Remarque :

Les observations des amphithéâtres de source de la zone III donnent les résultats suivants :

- La dénivellation entre la source et le talus de l'entonnoir est plus petite que dans la zone II.
- Les sources (également par suffosion) ne sont contrairement à la zone II pas centrées sur le lit de la rivière. Les exutoires proviennent généralement de l'Ouest alors que le lit est en général orienté Nord-Sud.
- Certaines sources ne rejettent pas d'eau dans le lit du cours d'eau (pas d'eau visible à la source même !), d'où leur nom de « sources sèches ».

Suffosion

Dans toute l'étude faite sur le terrain, c'est dans la zone II que la plus importante suffosion a été observée, suffosion provoquée par un barrage. Pour la compréhension du phénomène rencontré sur le terrain, il est nécessaire de s'appuyer sur des schémas.

Le schéma ci-après est une représentation du phénomène selon une coupe longitudinale faite au milieu du lit. On peut remarquer dans un premier temps que le niveau du lit après le barrage se retrouve un mètre plus bas et deuxièmement qu'il n'y a pas d'eau sur les 7 m qui le suivent, le lit étant comblé par des feuilles mortes. La suffosion est donc bien présente, alors comment s'est-elle effectuée ?

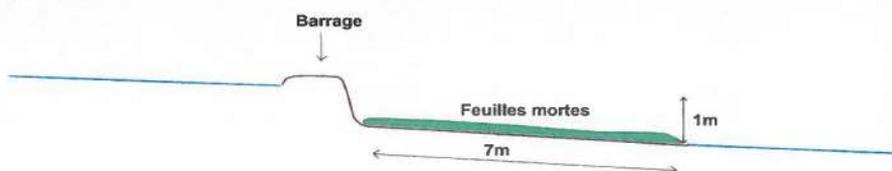


Figure 8 : Coupe longitudinale d'une partie du ruisseau dans la zone II
Figure 8: Longitudinal section waterway in the area number II

Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine

Le schéma ci-dessous est une vue par dessus et l'on voit bien que le barrage bloque l'écoulement du ruisseau. Cette eau se fraye donc un chemin dans la berge mais aussi dans le barrage même puisqu'elle sort au pied de ce dernier. A ce niveau, on remarque que l'eau fait demi tour et rentre de nouveau dans le barrage au niveau de la rive opposée. Le lit du cours d'eau étant asséché sur 7 m, un véritable parcours souterrain s'est mis en place et la résurgence des eaux est assez spectaculaire : une cavité souterraine de la taille d'un homme s'est formée. Une mesure de cette dernière révèle une longueur de 2 m depuis la courbure venant de l'intérieur de la berge. La suffosion a donc vraisemblablement creusé des cavités très profondément sous la berge.

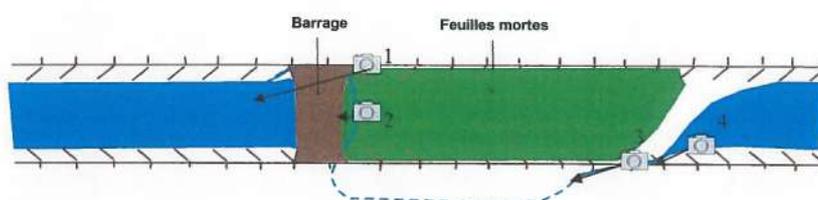


Figure 9 : Mise en évidence de la suffosion sous la berge
Figure 9: Piping under the bank



1



2



3



4

Photos 18 à 21 : Suffosion (prise de vue figure 9)
Pictures 18 to 21: Piping

Comme on l'a évoqué ci-dessus, les affluents de la zone III présentent des amphithéâtres de source moins prononcés que dans la zone II et leurs sources sont beaucoup plus difficiles à trouver sur le terrain. En effet, le ruissellement de surface est quasi inexistant vers la source mais la circulation d'eau souterraine peut être déduite par le suintement qu'elle génère. De plus le lit du ruisseau est parfois très étroit et profond (30 cm de large pour 1 m de profondeur), ce qui rend donc l'observation des phénomènes très difficile, voire même impossible par la présence de végétation massive.

Dépression par suffosion

Sur le bras principal du ruisseau dans la zone III, une grande dépression de 5 m de profondeur avec des arbres penchant à plus de 45° fût observée. Cette dernière prend une direction NNW-SSE et remonte à peu près perpendiculairement à la pente. La présence de suffosion fût aussitôt soupçonnée premièrement par la présence de ces arbres qui n'ont vraisemblablement pas poussé de biais et deuxièmement par un rejet d'eau dans la Cachaine alors qu'aucun ruissellement n'est présent en surface. Ce rejet d'eau entraîne un transport de particules de sables dunaires (déterminés par analyse granulométrique) formant ainsi à l'exutoire une forme de delta où l'on y observe le roulement des grains de sable, la Cachaine est donc chargée en sable à ce niveau.

Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine



Photo 22 : Grande dépression
Picture 22: Great depression



Photo 23 : Exutoire des eaux de la dépression
Picture 23: Water's discharge system of the depression

La seule présence de ruissellement de surface dans cette dépression se situe à 6 m de l'exutoire et ce ruissellement ne mesure que 50 cm. Vingt mètres plus en amont, du ruissellement fût également observé, un ruissellement venant du Nord mais aussi par suffosion de l'Est. A ce niveau des arbres se sont couchés dans ce milieu devenant de plus en plus marécageux et dans lequel de jeunes arbres ont été plantés.

La présence de ces marécages est sans doute liée à la suffosion et n'est pas quelque chose de récent. Cette portion de la zone d'étude porte un nom et aurait peut-être un lien avec une partie de la zone IV qui se trouve à son bord : la pâture pourrie.



Photo 24 : Suffosion
Picture 24: Piping



Photo 25 : Marécage
Picture 25: Marsh



Photo 26 : Jeunes arbres plantés
Picture 26: Young planted trees

Zone IV

Cette zone représente 1,338 km de cours d'eau depuis la première buse en bas de la rue du Stade (St-Etienne-au-Mont) à la seconde affluence qui se trouve dans les Dunes de Condette en amont. Par manque d'accessibilité, il a souvent été parcouru la zone en passant dans le cours d'eau même, mais l'affluent de la Cachaine remontant vers le Nord-Ouest de St-Etienne-au-Mont n'a été parcouru que sur une infime distance.

Les parcelles agricoles

Cette zone est entourée de terrains agricoles et est fortement soumise à son activité, notamment par le fait que les sorties de drainage provoquent une intense érosion des berges. Lorsque l'on remonte la Cachaine, l'état des berges est en général plus « catastrophique » sur la rive droite (NNW et WNW après le premier affluent) que sur la rive gauche et il a été constaté que les tuyaux de drainage sont en terre cuite sur cette rive droite et en plastique sur la gauche. Les drains

en terre cuite étant plus facile à sectionner (au niveau des connexions), la suffosion y est donc plus favorable, ce qui déstabilise donc les berges.

Par rapport au cours d'eau, la hauteur de ces berges varie généralement en moyenne de 5 à 7 m, la Cachaine se situe donc dans une véritable crevasse. Les sorties de drainage se situant en haut de ces talus offrent aux eaux la possibilité de ruisseler jusqu'en bas de pente, ce qui implique donc de l'érosion (ruissellement = érosion). De plus, les exutoires de ces drains dépassant en général de la berge engendrent une chute d'eau. Cette dernière provoque donc un creusement de la berge depuis sa partie amont et un ruissellement souterrain par suffosion. Comme pour toute suffosion, la conséquence directe de celle-ci est un affaissement du sol, la berge se voit par conséquent rompue transversalement formant ainsi une ravine.

Comme il a été évoqué ci-dessus, les champs situés au Nord-Ouest de la Cachaine sont constitués de drains en terre cuite et les ravines sont beaucoup plus importantes que sur l'autre rive. Ces drains en terre cuite sont de petit diamètre (5 cm) et sont souvent bouchés ou effondrés. Il a été observé à environ deux mètres à côté d'un drain bouché un drain beaucoup plus récent (sans doute en grès) d'un diamètre plus important, de l'ordre de 10-15 cm. Beaucoup de drains sont également non visibles mais on peut soupçonner leur présence par l'audibilité : le bruit d'une chute d'eau se faisant entendre à l'intérieur de la berge.



Photo 27 : Drain en terre cuite
Picture 27: Terra cotta drain



Photo 28 : Drain en grès
Picture 28: Sandstone drain

Un fait important vient s'ajouter à l'érosion des berges, il s'agit de la culture des parcelles drainées et plus particulièrement le sens de travail du sol. Comme le montre les courbes de niveau du côté Nord et Nord-Ouest du cours d'eau, la pente est extrêmement importante, le ruissellement y est donc propice. De plus, ces vastes champs sont cultivés dans le sens de la pente, offrant ainsi aux eaux de ruissellement de véritables canaux de drainage leur permettant de prendre de la vitesse. En accélérant, les eaux ont un pouvoir érosif de plus en plus fort, ce qui amène une part de sédiment en bas de pente et constitue donc une perte de sol plus en amont. Avec leur vitesse de ruissellement, les eaux érodent donc les sommets de berge et permettent également un dégagement des tuyaux de drainage qui étaient initialement enfouis, ce qui a donc pour conséquence le recul progressif du sommet de la berge.

Il est actuellement cultivé du blé d'hiver, du maïs l'année précédente, ce qui n'est pas forcément l'idéal sur une pente. En effet, pour cultiver du blé d'hiver il faut un travail assez intense du sol afin de casser les agrégats pour obtenir une taille de grain relativement fine. Par le passage répété des engins agricoles, on dilue la matière organique présente, on rend donc premièrement le sol beaucoup plus sensible à l'érosion et deuxièmement on tend à boucher la porosité. Par conséquent, lors d'une précipitation, il va se former une croûte de battance conduisant à 90% de ruissellement et comme il a déjà été évoqué : ruissellement = érosion, c'est pourquoi il est préférable de labourer perpendiculairement à la pente. Mais il est vrai que labourer sur une pente importante (ici les plus importantes dans le secteur) présente un risque de retournement de la machine agricole. Si ce risque est effectivement présent, il est préférable de couper la parcelle avec des haies pour ralentir les eaux de ruissellement et de travailler le sol là où il est possible perpendiculairement à la pente.



Photo 29 : Culture dans le sens de la pente
Picture 29: Culture in the direction of the slope

Les plages d'érosion

Sur la rive Nord-Ouest proche de la zone III, un glissement de terrain a laissé à nu le substratum de la pâture (sables). Les parcelles de cette zone se trouvant près du cours d'eau sont en effet de type pâture et devraient être par conséquent bien stabilisées par la présence de la masse racinaire. Sur le terrain, il avait été mis en cause le bétail par la présence de traces aux abords du cours d'eau, mais la figure d'érosion étant caractéristique d'un glissement permet de mettre en cause la présence de l'eau (une partie encore végétalisée a glissé sur la pente sur environ deux mètres). Ce glissement peut être lié à une forte précipitation et sera d'autant plus marqué par une augmentation du gradient de pente causé par l'incision du ruisseau.

En regardant les photos aériennes depuis 1955, présentées sur la fiche jointe, on remarque que ces « plages d'érosion » migrent vers l'aval, les anciennes étant recolonisées par la végétation. On peut donc mettre en cause des périodes où il y aurait plus de précipitation, entraînant une perte de sol s'accumulant dans le lit de la Cachaine, et des périodes où les précipitations sont moindres et où il y a recolonisation par la végétation.

La pâture pourrie

La dernière particularité de la zone IV, et surtout la plus intéressante est une dépression anormale de la topographie. Cette dépression étant accompagnée d'un suintement, il a donc été mise en cause le phénomène de suffosion, mais pourquoi cette suffosion ? Pour y répondre, il faut remonter à la source du problème, donc à la source de la dépression. De véritables cavités souterraines sont encore présentes sous la dépression, la suffosion y est donc toujours active. Arrivée à la source, un effet cascade se fait attendre et est le résultat d'un système de drainage en terre cuite rompu dont le propriétaire du terrain ignorait jusqu'à même son existence sur cette partie de sa propriété. Cependant, un réseau de drainage avait bien été instauré dans le temps puisque les bombes des guerres mondiales « tombées comme la pluie » dans ce secteur, et les drains³ rompus ont été « normalement » réparés plus ou moins bien sous le compte des travaux d'après-guerre.

³ Voir fiche annexe sur le système de drainage en terre cuite.

Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine



Photo 30 : Déversement des eaux en cascade en amont du talus

Picture 30: Discharge in cascade water



Photo 31 : Plage d'érosion le long de la Cachaine

Picture 31: Beach of erosion along the Cachaine

Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine

Par contre, en remontant le terrain depuis cette dépression vers le Sud-Est, puis vers le Sud-Ouest, le terrain devient de plus en plus marécageux, beaucoup de ruissellements ont permis au propriétaire d'instaurer lui-même des dépressions pour former des canaux alimentant quelques abreuvoirs et d'autres pour diriger les eaux vers la Cachaine (drainage). Cette zone, telle que la 3^{ème} également, présente beaucoup de marécages (certainement des drains cassés), ce qui lui confère son nom de « pâture pourrie ».

Les indices de l'érosion sableuse

Il est très difficile de voir sur le terrain les quantités de sables érodés, mais grâce aux quelques indices présents et les témoignages du propriétaire des dunes où se trouve la zone d'étude, il est possible d'en avoir une idée. Il est également possible de savoir les prochains départs de sable qui devraient s'effectuer durant la prochaine période pluvieuse (2010-2013).

Ce qui est déjà parti

Les seuls indices nous permettant la connaissance d'une érosion sableuse sont comme pour les dépressions : les arbres. Le long du ruisseau et de ses affluents, des arbres se font progressivement déraciner et cela nous permet d'avoir une épaisseur de sable érodé. En effet, toutes les racines des arbres sont initialement dans le sol, la base du tronc nous donne donc le niveau du sol à l'époque de sa formation.

Sur la photo ci-jointe, une dépression parallèle à la Cachaine dans la zone II fut observée. Cette dépression correspond au lit de l'un de ses affluents qui serait actif lors des périodes pluvieuses. Le déracinement est ici la conséquence de l'incision du lit par la rivière.



Photo 32 : Déracinement par incision ou affaissement

Picture 32: Uprooting by incision or depression

Cette photo a été prise dans la zone III, dans la pâture pourrie. On peut remarquer la présence d'un suintement sur le sol passant sous l'arbre, le tronc de ce dernier se situant environ à 80 cm au dessus du sol. Etant donné que nous sommes à cet endroit sur un plateau et que cet arbre fait parti des plus anciens, on peut en tirer la conclusion qu'une couche de 80 cm d'épaisseur a été érodée sur tout le plateau présent dans cette zone. Selon le propriétaire, ces 80 cm auraient été érodés en 20 ans, soit un taux d'érosion de 4 cm/an.



Photo 33 : Abaissement de la surface du sol

Picture 33: Lowering of ground's surface

Ce qui va bientôt partir

Le long de la Cachaine au niveau de la zone IV (proche zone III), plusieurs dépressions semblent se rejoindre petit à petit. Comme le montre la figure ci-dessous, le ruisseau se voit acquérir un nouvel affluent (en pointillé bleu) qui doit probablement fonctionner lors des fortes précipitations. Celui-ci a donc creusé la berge et semble ensuite s'orienter parallèlement au bras principal du cours d'eau.



Carte 5 : Future érosion sableuse (localisation)
Map 5: Futur sandy erosion (localization)

Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine

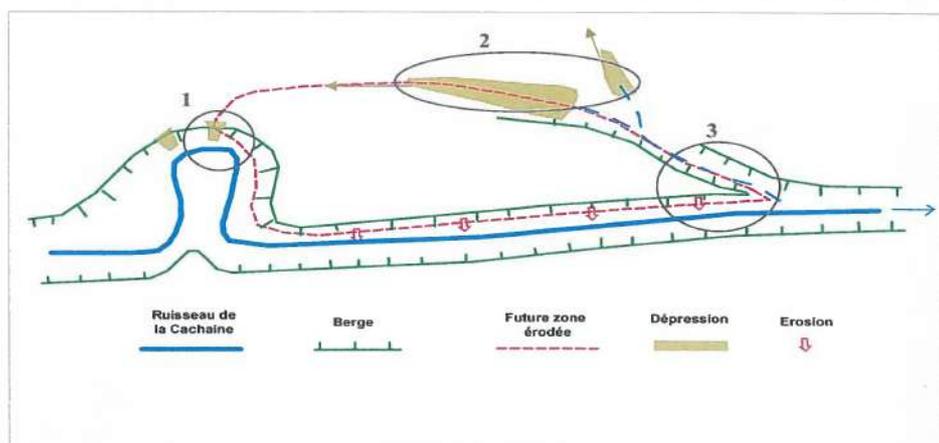


Figure 10 : Future érosion sableuse (processus)
Figure 10: Future sandy erosion (processes)



1 : Dépression au niveau de la
berge (photo 34)
Picture 34: Depression of the bank



2 : Dépression parallèle au
ruisseau (photo 35)
Picture 35: Depression parallel with
the stream



3 : Futur bloc érodé (photo 36)
Picture 36: Future eroded block

Lors d'une période pluvieuse, les dépressions devraient s'agrandir au point de se rejoindre, ce qui fragilisera d'avantage le talus à ce niveau. En effet, une grande masse de sable devrait être érodé, emmené par le cours d'eau plus en aval lors de ces précipitations. Ceci aura donc pour conséquence un risque de comblement du lit du ruisseau, ce qui provoquera donc une érosion supplémentaire sur les abords de ce cours d'eau, et une quantité de sable supplémentaire à transiter par le ruisseau vers l'aval. Il s'agit peut être ici du même mécanisme qui a permis la formation des plages d'érosion présentées auparavant.

Les dépressions

Comme nous en avons déjà parlé de ce document, de nombreuses dépressions furent observées sur le terrain. Ces dépressions se sont souvent créées par suffosion, mais quelle est la cause exacte ? Il serait envisageable que l'apparition de la suffosion s'est effectuée par la présence d'un réseau de fractures. En effet, le Jurassique est affecté par de nombreuses failles, dont l'extrait de l'étude suivante récapitule les points les plus importants.

Déformations cassantes et plicatives dans le Jurassique du Boulonnais (France), influence lithostructurale et héritage paléozoïque.

Par Julienne Lamarche, Françoise Bergerat et Jean-Louis Mansy (1997)

Le Jurassique du Boulonnais est discordant sur un substratum paléozoïque d'âge Silurien à carbonifère, très déformé. Il est constitué de trois ensembles lithologiques aux caractères mécaniques différents : (1) le calcaire bathonien, (2) l'ensemble Callovien-Oxfordien à dominante argileuse et (3) une alternance de bancs calcaires, gréseux et argileux kimméridgiens-tithoniens.

Les formations sédimentaires jurassiques présentent des failles N110-N120, N090, N030 et des plis d'axes N090 et N120. L'analyse de détail a révélé deux types de déformations : l'un cassant caractérise des paléo-états de contrainte compressifs et extensifs ; l'autre, plicatif, traduit une tectonique compressive et décrochante.

Les déformations dans le Jurassique sont parfois associées aux structures du Paléozoïque. Le parallélisme des axes structuraux majeurs suggère un héritage du substratum par réactivation de ses accidents, exprimée de façon variable dans la couverture.

Les déformations dans le Jurassique

Relations lithologie-déformation

Le Bathonien, peu épais (30 m), est principalement calcaire et les déformations y sont uniquement cassantes. Le Callovien et l'Oxfordien forment un ensemble épais (130 m) à dominante argileuse, dont les rares affleurements montrent une déformation par plis et plis de rampe, d'amplitude métrique (axes N090 à N130). Le Kimméridgien et le Tithonien (110 m) sont constitués par des alternances de bancs métriques compétents (grès et calcaires) et incompétents (argiles). On observe également une alternance à l'échelle décimétrique. Les déformations, dans cet ensemble, sont 2 à 4 fois plicatives et cassantes.

Motif structural dans le Jurassique

Le Jurassique est caractérisé par trois directions structurales majeures dont l'âge reste incertain : (1) N030 (failles uniformément réparties sur l'ensemble du Jurassique); (2) N110-120 (grandes failles continues dont la plus caractéristique est la faille de Wimereux-Belle); (3) N090, reconnue essentiellement en mer et plus rarement sur la côte (zones faillées du cap Gris-Nez et de Slack-Epître).

Déformation cassante et paléocontraintes

Les principales directions de compression et d'extension ont été déduites de façon qualitative d'après les observations de terrain. Les failles majeures et mineures affectant le Jurassique ont été mesurées, afin de reconstituer les paléo-tenseurs de contrainte à l'origine de la déformation cassante (Angelier, 1983).

Deux extensions ont ainsi été mises en évidence : l'une de direction NW-SE calculée à partir d'une population de failles normales NE-SW à stries d'azimut NW-SE mesurées dans les calcaires bathoniens affleurant localement autour des carrières de Paléozoïque; l'autre est de direction nord-sud, calculée à partir de failles normales conjuguées N090 à stries d'azimut nord-sud. Ces failles sont bien représentées dans les formations du Kimméridgien et du Tithonien affleurant le long de la côte.

Trois compressions ont été distinguées :

- une compression NE-SW visible au cap Gris-Nez et marquée par des failles inverses NW-SE affectant les bancs calcaires intercalés dans les argiles tithoniennes ;
- une compression NNW-SSE exprimée par deux systèmes de failles différents : des décrochements conjugués dans les niveaux calcaires du Bathonien et des failles inverses conjuguées, portant des stries d'azimut NNW-SSE, dans les argiles tithoniennes ;

Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine

- une compression nord-sud caractérisée par des failles inverses N090 à stries d'azimut nord-sud, dans les argiles tithoniennes.

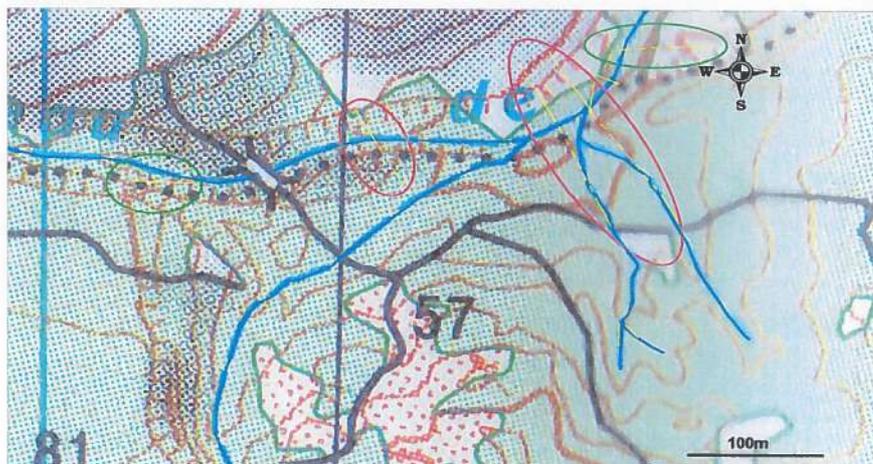
Les éléments de chronologie montrent que les compressions sont postérieures aux extensions.

Conclusion

Cette étude a mis en évidence des directions structurales majeures N030, N110-120 et N090. Les déformations dans le Jurassique résultent d'une histoire méso-cénozoïque polyphasée (Lamarque et al, 1996a, 1996b). Le Jurassique du Boulonnais témoigne du contexte extensif au Mésozoïque dans le Bassin anglo-parisien, puis de son inversion au Cénozoïque. L'analyse détaillée des plis et des failles, associée au calcul des paléo-états de contraintes, a permis de préciser les directions d'extension : nord-sud à NW-SE et d'inversion tectonique nord sud à NNW-SSE. La pérennité des directions structurales dans le Paléozoïque et le Jurassique montre l'origine héritée des structures de la couverture mésozoïque et l'influence du substratum sur la déformation de sa couverture. La structure régionale est constituée de failles en relais, d'âge varisque, dont certaines seront réactivées en failles normales puis inversées, comme le montre la structure de la couverture méso-cénozoïque.

Comme le prescrit cet article, le substratum peut influencer les structures de la couverture sédimentaire. Ainsi les failles se trouvant dans le Bathonien par exemple peuvent être réactivées et créer une structure visible dans les couches sédimentaires sud jacentes qui recouvrent ici la zone d'étude. Prenons un exemple : si nous sommes dans un régime d'extension Nord-Sud, les failles ou bien les joints lithostratigraphiques, d'orientation Est - Ouest vont s'ouvrir et laisser un passage pour la remontée des eaux vers la surface. De même avec des failles d'orientation Nord-Sud pour un régime de compression Nord-Sud. La tectonique influence par conséquent l'hydrologie de surface.

Le réseau de failles présenté ci-dessus est actuellement en régime compressif. Y a-t-il un lien avec les dépressions observées sur le terrain ? Des directions de dépressions ou d'accidents ont été relevées sur la carte ci-dessous (trait jaune plein) ainsi qu'une hypothétique corrélation (trait jaune discontinu).



Carte 6 : Localisation des dépressions et des accidents géologiques
Map 6: Localization's map of geological depressions and accidents

Erosion sabieuse sur le bassin versant de la Cachaine

D'après l'étude faite dans le Boulonnais, une compression NNW-SSE serait observée par des failles au niveau du Bathonien et du Tithonien. Il a en effet été remarqué sur le terrain plusieurs dépressions ou accidents ayant cette direction (entourées en rouge sur la carte). Cette direction correspond également à la direction générale de deux affluents du ruisseau de la Cachaine. Les dépressions observées correspondent à une circulation d'eau souterraine, elles peuvent donc devenir lors des fortes précipitations de nouveaux affluents de la Cachaine.



Photo 37 : Dépression NW-SE
Picture 37: NW-SE depression

La compression Nord-Sud caractérisée par les failles inverses N090 peut également être soupçonnée dans la zone d'étude (entourées en vert sur la carte). Il a été observé un petit amphithéâtre de source à l'Ouest et une dépression dans une pâture à l'Est.



Photo 38 : Dépression formant un amphithéâtre de source
Picture 38: Depression forming a source's amphitheatre



Photo 39 : Dépression dans une pâture
Picture 39: Depression in a pasture land

Le ruisseau de la Cachaine présente beaucoup de dépressions lui amenant des quantités d'eau qui ne seront pas négligeables lors des périodes pluvieuses. Ces dépressions sont certainement liées à la réactivation des failles existantes (ayant détériorées le réseau de drainage pour certaines dépressions) dans le substratum par la compression actuelle.

Pourquoi faut-il agir maintenant ?

Le forçage solaire sur précipitation

On parle souvent de crue décennale, centennale ou bien encore de crue millénaire. Ces crues suivent un cycle, il y a donc bien quelque chose qui agit sur les précipitations. On entend également par les médias que le climat se réchauffe et s'emballe par l'effet de serre, nous donnant ainsi des pics de crue importants. Or, on a déjà observé une fonte des glaces sur Mars alors que cette planète ne dispose pas d'effet de serre. Ceci nous permet donc de conclure qu'un autre facteur intervient au cœur de notre climat et donc sur les précipitations, il s'agit de l'activité solaire.

L'activité solaire est réglée par un cycle d'une période moyenne de 11,2 ans d'un maximum au suivant mais la durée peut varier entre 8 et 15 ans ; l'amplitude des maxima pouvant varier du simple au triple. Les mesures d'activité solaire se font en comptant les tâches solaires, et au plus il y en a, au plus le Soleil est actif. On peut donc au cours des années (voir tableau) déterminer les périodes où les pics d'activité solaire sont les plus importants.

Cycle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Année (maxima)	1761	1770	1778	1788	1804	1816	1828	1838	1848	1860	1872	1884
Cycle	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Année (maxima)	1894	1906	1917	1928	1939	1947	1958	1968	1981	1991	2001	(2012)

Figure 11 : Maximum de l'activité solaire au cours des cycles
Figure 11: Maximum of solar activity during cycles

Comme on vient de le citer, au plus il y a de tâches solaires, au plus le Soleil est actif et au plus la Terre reçoit d'énergie. Ceci a donc pour conséquence une augmentation de la température atmosphérique et par conséquent une augmentation de l'évaporation, donc des précipitations. Pourtant, comme beaucoup le pense, la présence de tâches sur le Soleil entraînerait une perte d'énergie reçue par la Terre puisque ces dernières sont des zones froides. Cependant, elles entraînent une augmentation de l'intensité des rayons infrarouges traversant l'atmosphère terrestre ($\lambda < 4 \mu\text{m}$), mais l'effet de serre présent empêche les rayons de grande longueur d'onde ($\lambda > 4 \mu\text{m}$) réémis par la Terre d'être rejetés dans l'espace (\Rightarrow rétroaction positive : augmentation de la température).

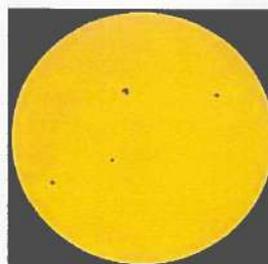


Photo 40 : Tâches solaires
Picture 40: Solar tasks

La figure ci-dessous illustre les différents cycles de l'activité solaire depuis 1880. Comme on peut le voir, nous sommes actuellement dans un creux de l'activité solaire et on attend un pic vers 2010-2013. On peut donc s'attendre à de fortes précipitations lors de cette période, des précipitations plus violentes que lors de la dernière période pluvieuse 1999-2002.

Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine

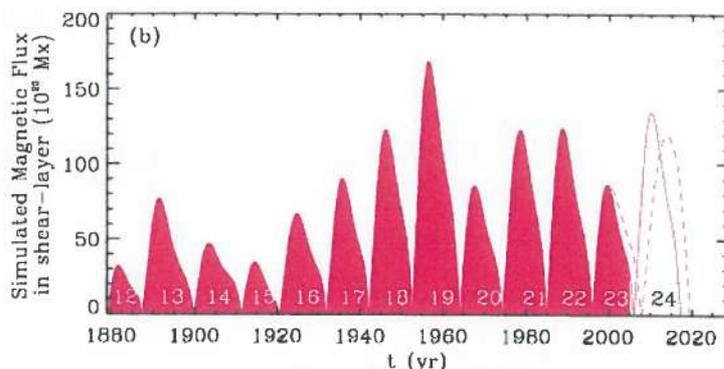


Figure 12 : Activité solaire⁴ au cours du temps
Figure 12: Solar activity in the time

L'observation solaire est en effet le seul outil de prédiction des périodes pluvieuses mais est encore dans le domaine scientifique à l'état d'une hypothèse. Si le prochain épisode pluvieux correspond bien à la prédiction ici faite, cette hypothèse pourrait donc être rangée dans la catégorie des outils de prédiction.

Ces prédictions sont bien sûr à une échelle planétaire mais il y en a quand même quelques corrélations avec les relevés de précipitation de Boulogne. On peut mettre en relation certaines précipitations avec les maxima de l'activité solaire, par contre il y a des pics de précipitation dans les minima. On peut également remarquer que les précipitations sont plus faibles lors de certaines périodes alors que celles-ci avaient une activité solaire plus importante.

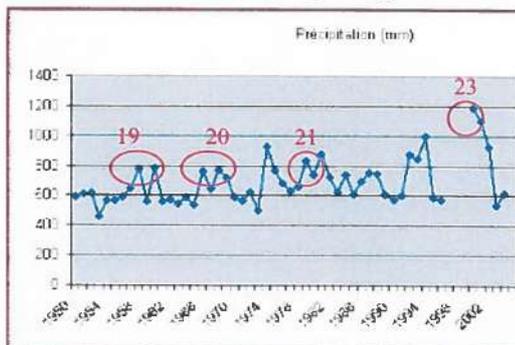


Figure 13 : Relevé de précipitation de Boulogne-sur-Mer et corrélation avec les cycles de l'activité solaire
Figure 13: Statement of Boulogne-sur-Mer precipitation and correlation with solar activity cycles

Il faut cependant rester dans une logique de prévention et prendre toutes les précautions possibles afin de limiter les inondations des zones urbanisées, et également ralentir l'érosion sableuse de la zone d'étude en diminuant au maximum le débit du ruisseau de la Cachaine.

⁴ La courbe a été obtenue par l'observation du champ magnétique solaire. En effet, elle a la même forme que celle obtenue par le comptage des taches solaires puisque ces dernières sont des témoins d'un flux magnétique plus ou moins important.

Propositions d'aménagement

Comme on la déjà évoqué, la Cachaine est un cours d'eau à comportement torrentiel générant beaucoup d'érosion, surtout sableuse. Il faut donc essayer de réduire cette érosion et pour cela il faut agir sur la vitesse d'écoulement. En effet, pour diminuer l'érosion, il faut que la rivière ralentisse son incision et pour ralentir les eaux il n'existe qu'une solution : l'installation d'un bassin de rétention en amont. Une part tout aussi importante de l'étude est de trouver un moyen pour que la rivière perde sa charge, évitant ainsi une accumulation excessive de sable en aval et plus particulièrement au niveau de la rue du stade à St-Etienne-au-Mont. Nous détaillerons par la suite où et comment installer ces ouvrages permettant de répondre au problème qui nous concerne : l'érosion sableuse.

Le bassin de rétention des eaux⁵

Le SYMSAGEB et V2R avaient déjà prévu de faire un bassin de rétention le long de la Cachaine pour éviter l'inondation des zones urbanisées. Cette idée a été abandonnée à la suite d'une étude qui indiquait d'une part que le bassin de rétention n'aurait pas pu retenir avec efficacité les eaux, et d'autre part que la Cachaine pouvait malgré tout déborder de son lit après ce bassin. La mise en crue aboutissant à une inondation du secteur urbanisé est donc encore « d'actualité » et cette crue serait d'autant plus catastrophique avec l'arrivée des eaux de l'amont, c'est-à-dire de la zone d'étude.

Pour éviter l'érosion sableuse, il faut ralentir l'incision de la rivière car tout ce qui est affluent, écoulement, ruissellement (souterrain ou non) tendent à rattraper le niveau de base que leur offre le bras principal du ruisseau, et pour rattraper ce niveau, il y a érosion. Le seul moyen de ralentir les eaux serait la mise en place d'un bassin de rétention en amont de la Cachaine et plus particulièrement au niveau de sa source (zone I).



Carte 7 : Localisation de la source de la Cachaine
Map 7: Cachaine's spring localization



Photo 41 : Source de la Cachaine
Picture 41: Cachaine's spring

Le bassin de rétention serait premièrement intégré à l'environnement de sorte qu'il n'y ait aucune « destruction » du paysage. Comme le montre les schémas, ce bassin, qui n'est rien d'autre qu'une digue avec un exutoire, comporterait qu'une infime partie de béton, le reste étant du matériel limoneux-argileux. A l'arrière de ce barrage une mare s'établirait, une réserve d'eau utilisable pour le bétail reposant sur cette pâture.

Comme il est déraisonnable de construire un ouvrage sur un matériel meuble qui est ici le sable, il faut qu'il soit assez étalé pour avoir une bonne stabilité. Avec une pente de 50-45° (1/0,925 :1 de haut pour 0,925 de large) du côté de l'eau et une pente de 25° (1/2,5) à l'exutoire,

⁵ Voir planche photos en annexe

l'ouvrage aurait donc une longueur d'environ 9 m (avec la rampe de sortie des eaux). Le drain servant d'exutoire, et passant au centre de l'ouvrage en béton, peut être en PVC, d'un diamètre calibré supérieur au débit moyen des eaux arrivant dans le bassin afin que celui-ci se vide petit à petit après l'apport d'un débit beaucoup plus important, mais l'important est qu'il soit continu, c'est-à-dire en un seul morceau pour éviter la suffosion à l'intérieur même de l'ouvrage. Malgré un exutoire relativement proche du lit du ruisseau, un effet cascade peut éventuellement se produire et ainsi créer une érosion par l'incision du lit, ce qui serait contradictoire car l'on veut stopper celle-ci. La mise en place de la rampe d'écoulement empêcherait donc ce problème qui n'est pas tout à fait anodin.

Le bassin aurait une forme triangulaire avec l'ouvrage en béton aligné sur l'axe du ruisseau et la digue faite « de matériaux naturels » suivant la clôture délimitant les pâtures, elle prendrait donc une direction Nord. Du côté Sud, un talus déjà existant peut donc être utilisé pour la création du bassin. Pour préserver l'ensemble de l'ouvrage, il est très recommandé d'installer une clôture comme le montre le schéma de façon à interdire l'accès au bétail dans un périmètre proche de l'ensemble de la digue. En cas de forte crue, il a été conçu que la partie en béton soit plus basse que les digues adjacentes. De ce fait l'eau passerait par-dessus la zone bétonnée, ce qui permet de ne pas détériorer les talus adjacents.

Ce bassin est important car lors des périodes pluvieuses, le débit de la source augmente fortement, des laisses de crues sont encore actuellement visibles le long du ruisseau.

Première proposition

Une partie de la digue peut-être construite avec les matériaux présents sur le terrain puisqu'il faut « creuser » une partie de la pâture au niveau de l'actuelle source pour créer une dépression servant de bassin. Ce matériel constituerait la partie interne de la digue mais étant constitué de beaucoup plus de sable que de limon, il est nécessaire de le recouvrir d'une couche d'argile, ainsi que sur le fond du bassin, ce qui limiterait l'infiltration de l'eau sous l'ouvrage⁶. Pour stabiliser l'ensemble de la digue, il est fortement recommandé la présence d'une masse racinaire type herbacée (l'implantation d'arbres et de buissons est déconseillée car ont des racines trop importantes). Sous la couche d'argiles (du bassin et de la digue), il peut y avoir un géotextile permettant premièrement une meilleure stabilisation du système (détérioration par la faune) et deuxièmement empêcherait une éventuelle érosion (suffosion).

Le coût de cette opération serait relativement raisonnable pour ce qui est des matériaux industriels. La partie béton est assez petite, ce qui ne devrait pas coûter énormément. Il existe plusieurs types de géotextile qui ne reviennent pas abondamment cher : aux alentours de 7 euros/m², ainsi que des tuyaux en PVC. Les matériaux naturels sont présents sur le terrain, l'argile étant présent sous la sablière de la propriété voisine⁷.

Seconde proposition

Comme nous ne savons pas exactement si les argiles du Portlandien moyen ou bien les Grès du Portlandien supérieur sont à de faibles profondeurs, il est nécessaire que la partie bassin soit imperméable pour ainsi éviter la suffosion du sable par l'infiltration de l'eau. Il faut donc ici recouvrir le fond du bassin avec une géomembrane.

Pour éviter que cette géomembrane ne se fasse percer par des éventuels éléments présents dans le sol (cailloux...) ainsi que par un possible curage, elle doit, comme le montre le schéma ci-dessous, reposer et être recouverte par un géotextile, ce dernier étant recouvert par la couche d'argiles.

⁶ Les sorties de buse doivent également être sur dans couche d'argile pour éviter la suffosion (ne pas oublier une rampe de sortie des eaux pour éviter le sapement).

⁷ Le bassin permettant une réduction de l'érosion chez le propriétaire de la sablière et une réserve d'eau pour le bétail du propriétaire de la parcelle où se trouve la source, un petit « sacrifice » de leur part (perte de pâture et prélèvement d'argiles) serait négligeable dans le fait que chacun y voit son compte.

Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine

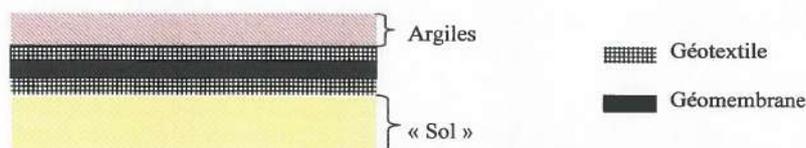


Figure 14 : Imperméabilisation du bassin de rétention
Figure 14: Waterproofing of retaining basin

Le coût de cette opération serait ici plus important que dans le cas précédent puisqu'il faut quasiment le double de géotextile, et la géomembrane doit être soudée (15-30 euros le m²).

Le piège à sédiment

Le problème majeur de la Cachaine est sa charge sédimentaire, plus précisément le transit de sable érodé depuis la zone d'étude vers l'aval. L'état de la Cachaine dans la rue du stade à St-Etienne-au-Mont donne une très bonne perception de cet ensablement par le fait qu'il y ait une buse remplie de sable au plus des trois quarts.

Pourquoi mettre un piège à sédiment ? Deux raisons poussent à cette installation. Premièrement, le piège empêcherait l'obscurcissement des buses installées dans la zone urbanisée. Deuxièmement, la perte de charge liée au piège implique une incision moins importante de la rivière car cette dernière contiendra moins de particules abrasives.

Description de l'ouvrage

Le piège à sédiment n'est par lui-même rien d'autre qu'une sorte de bassin, un réceptacle où le sable va pouvoir s'accumuler. Comme le montre les schémas ci-joint, il est prévu une aire de « stationnement » pour les véhicules de maintenance de l'ouvrage, ainsi que d'une déviation du cours d'eau nécessaire d'une part pour les travaux et d'autre part pour le curage du bassin. A la mise en activité du piège, le canal de déviation doit être fermé par l'intermédiaire d'un moine (une plaque en bois ou en acier), coulissant en cas de problème, pour éviter le passage de l'eau à travers celui-ci. En effet, il est préférable dans la mesure des cas de ne pas ouvrir le moine du canal pour ainsi éviter le passage du sable. De même, pour le nettoyage du piège, l'installation d'un moine à l'entrée du bassin serait nécessaire pour diminuer le débit entrant pendant le curage, ou faute de faire mieux, pour dévier toutes les eaux vers le canal de déviation. Un tuyau calibré sert d'exutoire en partie aval de sorte que l'on a un débit supérieur au débit moyen pour ne pas laisser un niveau trop élevé dans le piège après un épisode pluvieux important. En cas de très forte précipitation, un déversoir est prévu pour éviter l'inondation de la partie amont de l'ouvrage.

Le piège permettant la diminution de la vitesse de l'eau pour que cette dernière puisse perdre sa charge, il faut que l'ouvrage soit assez long pour que le sable ait « le temps » de se déposer sur l'ensemble du piège. Le lit de la Cachaine ayant une largeur de 2 m-2,20 m, il est préférable que le piège fasse par lui-même toute la largeur du lit pour ainsi éviter que la rivière ne voit sa surface d'écoulement libre rétrécir, ce qui augmenterait la vitesse d'écoulement à l'entrée du piège. Il faudrait donc par conséquent mettre le canal de déviation à l'intérieur de la berge.

La longueur de l'ouvrage est donc fonction du taux de sédimentation des particules (loi de Stokes) et de la vitesse du courant⁸, avec la loi de Stokes :

$$z = \frac{2r^2g\Delta(\rho)}{9\mu}$$

⁸ Déterminer exactement par micro moulinet, ou bien plus facilement par chronométrage d'un bouchon de liège emporté par le courant (ordre de grandeur de la vitesse réelle). On prend ici pour les calculs une vitesse de 1m/sec, vitesse approximative des cours d'eau.

où : v : vitesse de chute (cm/ses)
 r : rayon de la particule considérée comme une sphère (cm)
 g : accélération de la pesanteur (cm/sec²)
 $\Delta(\rho)$: différence de densité entre la particule et le fluide (g/cm³)
 μ : viscosité dynamique du fluide (dyne.sec/cm²)

Cette loi a permis la détermination de la vitesse de décantation :

	diamètre	vitesse de mise en suspension*	vitesse de décantation **
sable	1 mm	1 m/s	600 cm / mm
sable fin	0.10 mm	0.5 à 1 m/s	50 cm / mm
limon	0.01 mm	0.1 à 0.2 m/s	1 cm / mm

* Vitesse de mise en suspension = vitesse horizontale minimale de l'eau pour permettre la mise en suspension des particules. En d'autres termes, au dessus de cette vitesse, les particules considérées sont mises en suspension. En dessous de cette vitesse elles peuvent décanter.

** Vitesse de décantation = vitesse verticale de la chute des particules dans l'eau au repos.

Figure 15 : Vitesses de mise en suspension et de décantation en fonction de la taille des particules

Figure 15: Decantation speed according to particles size

Les données ci-dessus nous permettent donc d'avoir une idée sur le dimensionnement de l'ouvrage : pour des particules de 0,2 mm, la vitesse de décantation est de 100 cm/min, soit 1,7 cm/s. Avec une vitesse du courant de 1 m/s et une profondeur d'eau de 20 cm, l'ouvrage devrait avoir une longueur de 12 m. La longueur de l'ouvrage dépend de sa largeur, au plus il est large, au moins il devra être long. Il dépend donc de l'endroit où il sera implanté, il vaut mieux l'implanter là où la hauteur d'eau dans le lit du ruisseau est la plus faible, ce qui diminuera la longueur de l'ouvrage permettant une sédimentation donnée. La longueur de l'ouvrage doit donc être pris en fonction de la taille des particules à piéger et en fonction de la hauteur d'eau représentative du milieu où il est susceptible d'être installé.

Où installer cet ouvrage ? Le choix de la localisation de l'ouvrage répond à deux critères : il faut que le ruisseau soit le plus droit possible (pour l'utilisation de son lit), le plus large, et il faut un accès facile aux véhicules de maintenance de l'ouvrage. Plusieurs localisations le long du ruisseau présentées ci après peuvent éventuellement accueillir le piège, dont la première présente un inconvénient : son coût.

Première localisation envisageable⁹

D'après les observations de terrain, la localisation du piège présentée sur la carte ci-dessous semble envisageable. Nous avons pris en compte des différents affluents de la Cachaine et plus particulièrement de leur débit (identifier par comparaison avec la vitesse d'écoulement du bras principal du ruisseau). Le dernier affluent présentant un débit un peu moins important que celui du bras principal, mais il semble tout de même judicieux de l'installer après celui-ci, donc dans la zone 4.

⁹ Voir planche photos en annexe.

Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine



Carte 8 : Premier emplacement possible du piège
Map 8: First possible site of the trap

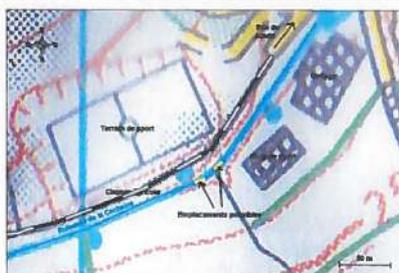
Le terrain offre une longueur de cours d'eau d'environ 9 m, l'ouvrage piègerait donc les plus grosses particules. Un chemin d'accès sera connecté au chemin agricole qui se trouve au bout de la rue du stade et dont les véhicules d'entretien peuvent y accéder assez facilement. Néanmoins, cette éventuelle localisation présente un grand inconvénient :

La création du chemin d'accès à l'ouvrage sera quelque chose d'assez conséquent dans sa mise en œuvre. Le dénivelé entre le chemin agricole et la Cachaine est important, de l'ordre de 6 m avec une pente d'environ 45-50° par endroit. Cependant, de ce côté du cours d'eau, les talus sont très mal en point, d'importantes ravines se sont créées par la chute des eaux de drainage du champ se situant au Nord, chute d'eau impliquant de la suffosion. Il serait donc profitable d'éliminer ces ravines en restaurant le drainage et la pente de façon à créer le chemin d'accès.

Le coût est ici difficile à estimer puisqu'il y a un réel travail de remise en état du terrain. La partie en béton n'est pas ici négligeable et s'ajoute également la construction du canal de déviation.

Seconde localisation possible¹⁰

Pour des raisons financières, il serait possible d'implanter le piège beaucoup plus près du chemin. Il a été relevé sur le terrain deux autres emplacements comme le montre carte ci-dessous où le ruisseau forme une ligne droite assez longue et où la dénivellation entre le chemin agricole et le ruisseau est beaucoup moins importante que précédemment. Les talus s'horizontalisent assez vite avant d'être en communication avec le cours d'eau, il y aurait donc moins de travaux d'aménagement pour installer l'aire de curage, et l'accès serait plus facile.



Carte 9 : Second emplacement possible du piège
Map 9: Second possible site of the trap

La position la plus en aval sur la carte offre une longueur disponible de 14 m, avec une largeur du lit variant de 2 à 2,6 m. Quelques mètres plus en amont, une longueur de 10 m est présente pour une largeur de 2,3 à 3 m.

¹⁰ Voir planche photos en annexe.

Dans les Dunes de Condette

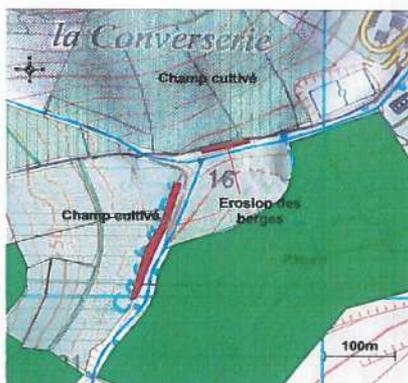
L'érosion étant intense dans les autres zones et plus particulièrement des les dunes du propriétaire de la sablière d'Ecault, il faudrait installer plusieurs pièges sur l'ensemble du ruisseau. Mais par le manque d'accès pour entretien des ouvrages (car propriété privée) et la nature du terrain qui est assez mobile, la mise en place d'un tel ouvrage risque d'être très coûteux (consolidation du milieu et curage).

Il serait donc plus favorable d'installer plusieurs barrages le long du cours d'eau, mais des barrages comportant une buse de petit calibre. Ces derniers permettront donc un ralentissement des eaux, une érosion moins intense et donc une incision moins poussée. La pose d'une buse est importante pour que l'évacuation de l'eau ne se fasse pas par suffosion de la berge, comme il a été souvent remarqué dans les zones II et III. Il faut de plus faire attention au phénomène de sapement à la sortie du tuyau par le remous engendré à la sortie du barrage, il faut donc consolider le lit avec une dalle de béton d'un m².

Le coût de ces petits barrages serait extrêmement faible, il n'y aurait comme matériaux que les tuyau en PVC (continu : de la longueur du barrage) à prendre en compte, le matériel d'obscurtion du lit étant présent sur le terrain. Ceci peut être fait directement par le propriétaire des dunes concerné.

La restauration des berges¹¹

Comme il a été dit dans le relevé de terrain, la zone 4 présente beaucoup d'exutoires de drainage des terrains sud adjacents cultivés. Les berges étant relativement hautes, le ruissellement de l'eau dès la sortie des drains provoque une suffosion donnant ainsi naissance à des ravines, il importe donc de limiter cette érosion. Par conséquent, il faudrait pour un bien restaurer les talus dans un premier temps et prolonger/restaurer ensuite les tuyaux de drainage.



Carte 10 : Localisation des berges érodées
Map 10: Eroded banks localization

En effet, la berge tel qu'elle est aujourd'hui est soumise à une érosion : d'une part par le drainage comme on vient de l'évoquer et d'autre part par la Cachaine même qui érode la base de la berge (méandres...), amenant des glissements de berge de temps à autre. Cette érosion provoque deux conséquences directes : une charge de sédiment supplémentaire au cours d'eau et une perte de terre agricole pour les propriétaires des terrains concernés.

Le travail de restauration consiste donc, comme le montre le schéma joint, à restaurer la pente des berges, ce qui donnerait une restauration de surface pour les champs qui se trouvent à l'amont. Pour maintenir en place cette nouvelle berge, il est recommandé d'implanter des arbres pour que leurs racines traçantes fassent bloc et stabilisent le terrain. Il faudra par conséquent rallonger le tuyau de drainage préexistant jusqu'à la rupture de pente de la berge et pour éviter de détruire de

¹¹ Voir planche photos en annexe.

Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine

nouveau cette dernière, il est judicieux de faire descendre le drain jusqu'au cours d'eau, ce qui permettrait d'éviter la formation de nouvelles ravines.

En ce qui concerne la végétation, il est préférable d'implanter des buissons, des haies, pour ne pas avoir des racines trop destructrices. De plus, avec les champs cultivés dans le sens de la pente plus en amont du cours d'eau, la mise en place de haies pourrait grâce à leur pouvoir tampon ralentir les eaux de ruissellement de surface, empêchant ainsi une érosion du talus.

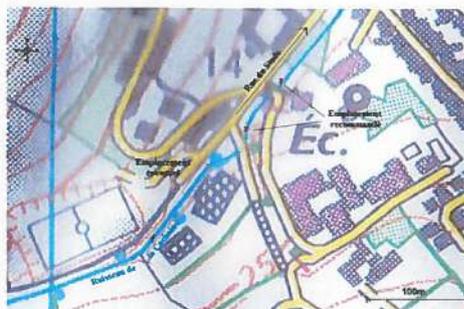
Le coût de ce travail de restauration sera vraisemblablement excessif car il faudrait un apport en terre végétale assez important. Quoiqu'il en soit, le prolongement des tuyaux de drainage jusqu'au cours d'eau est quelque chose d'essentiel pour éviter l'érosion prononcée des talus. En d'autre terme, si il faut agir, il faudrait commencer par ceci.

Le jaugeage de la Cachaine

Pour connaître le débit du ruisseau, il faudrait installer une « station de jaugeage ». Cette dernière permettrait premièrement de connaître instantanément le débit du cours d'eau et deuxièmement servirait de témoin de crue en cas de fortes précipitations. Le jaugeage permettrait également de bien connaître la dynamique de la Cachaine, c'est à dire savoir si elle rentre en crue pendant l'épisode pluvieux ou bien quelques heures plus tard, pendant combien de temps... Cela permettrait donc d'avoir des données au fil des jours, des mois et des années qui pourront ensuite être couplées avec des relevés de précipitation, avec des données d'autres cours d'eau... Il s'agirait donc ici d'obtenir une véritable banque de données sur le cours d'eau de ce bassin versant.

Pour être le plus économe possible, l'ouvrage se présente, comme le montre le schéma ci-joint, d'un passage en forme de « V » dans lequel l'eau circule. L'eau monte dans ce lit intermédiaire (en forme de V) en fonction de son débit, il suffit donc d'inscrire sur l'ouvrage une échelle en L/sec ou m³/sec avec laquelle le niveau de l'eau nous renseignera directement sur le débit présent.

Il faut bien sûr qu'il y ait un relevé du débit systématiquement tous les jours, voire plusieurs fois par jours et aux mêmes heures. Pour cela il est donc préférable d'installer l'ouvrage au niveau du collège à la rue du stade à St-Etienne-au-Mont et de demander la participation de ce collège pour effectuer les relevés, données qui pourraient leur servir éventuellement de support pédagogique.



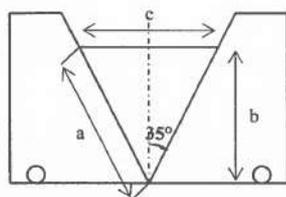
Carte 11 : Eventuelles localisations de l'ouvrage
Map 11: Possible localizations of the work

Description de l'ouvrage

L'ouvrage se présente comme un canal en forme de « V » permettant un passage de l'eau, mesure un mètre de long pour une hauteur de l'ordre de 1,30 m (pour un angle de 35°). Dans le bas de l'ouvrage, des tuyaux en PVC d'environ 10-15 cm de diamètre sont prévu et serviront d'évacuation des eaux en cas de problème. Ces exutoires « de secours » sont de toute manière nécessaires à la construction de l'ouvrage puisqu'il faut créer un barrage en amont pour pouvoir installer les fondations dans le lit du ruisseau. Pour éviter un affouillement par remous des eaux à la sortie de l'ouvrage (du canal ou des tuyaux PVC), il faudrait installer une dalle de béton pour ainsi éviter le creusement du lit.

La hauteur et la largeur de l'ouvrage sont en effet fonction de la pente du « V » qui va conditionner la section ouverte. Pour calibrer la capacité de transfert de l'ouvrage (le débit), il faut connaître le débit de la rivière ou tout du moins sa vitesse, chose que l'on ne connaît pas sur la Cachaine car aucune mesure de débit n'a été auparavant calculée. Cependant, on peut toujours considérer la Cachaine comme ayant une vitesse proche de 1 m.s^{-1} , vitesse approximative des cours d'eau. Pour être sûr que le débit du ruisseau ne dépasse pas la capacité d'ouverture de la station de jaugeage en cas de forte précipitation, une section de 1 m^2 semble correcte, soit pour un débit de $1 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (il ne faut pas oublier que le niveau de la Cachaine peut être relativement haut, avoir un débit important comme il a du être le cas au début des années 1980 où le chemin d'accès contenant le radier de la zone I a été emporté avec le courant).

La hauteur des inscriptions sur l'ouvrage et les mesures ont été définies selon les calculs suivants :



a : Hauteur de l'eau sur la pente de l'ouvrage

Q : Débit ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$)

S : Section (m^2)

V : Vitesse ($= 1 \text{ m.s}^{-1}$)

$$S = a \cos 35 \times a \sin 35$$

$$Q = SV \Rightarrow S = Q/V = Q$$

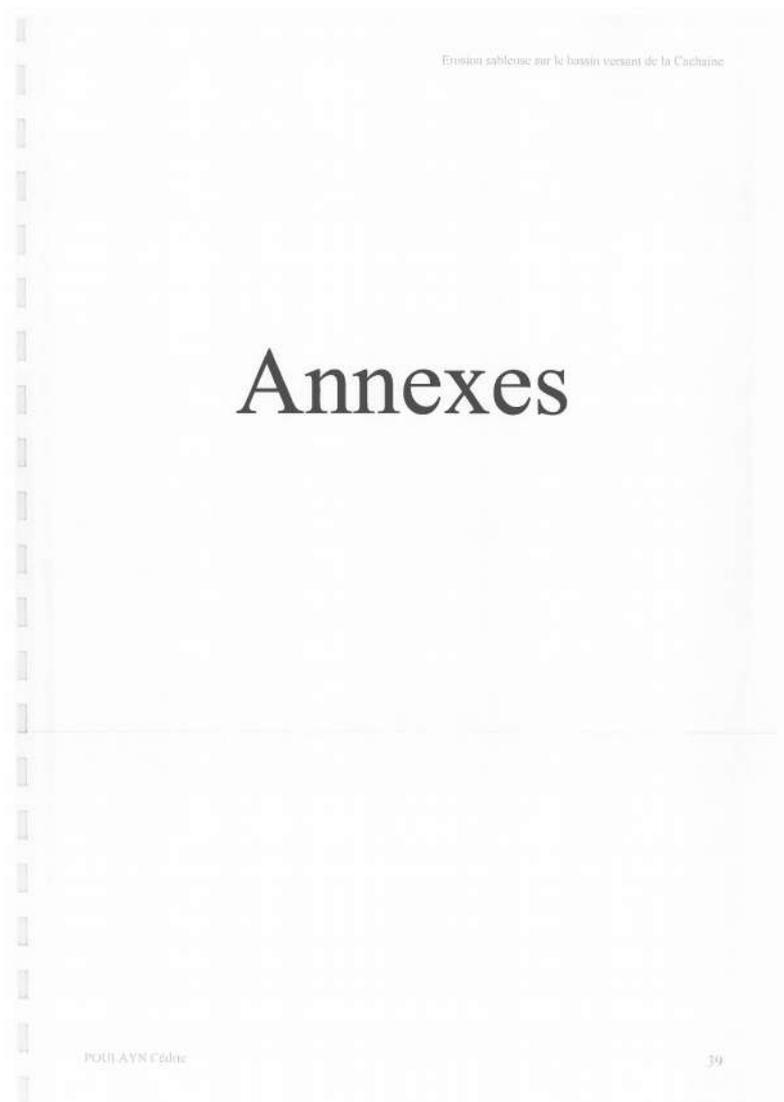
$$S = Q \Rightarrow a^2 \cos 35 \sin 35 = Q$$

$$a = \sqrt{Q / \cos 35 \sin 35}$$

$$b = a \cos 35$$

$$c = 2 a \sin 35$$

Q ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$)	a (m)	b (m)	c (m)
0,1	0,46	0,38	0,53
0,2	0,65	0,53	0,75
0,3	0,80	0,66	0,92
0,4	0,92	0,75	1,06
0,5	1,03	0,84	1,18
0,6	1,13	0,93	1,30
0,7	1,22	1,00	1,40
0,8	1,30	1,07	1,49
0,9	1,38	1,13	1,58
1,0	1,46	1,20	1,68



Lettres de 1812 et de 1822 relatives à la plantation des Dunes

Cher Monsieur

Boulogne

Deuxième témoin
à la Direction des
Rivières de la Région
de l'État au Bureau
d'Audique, Commune
de St Etienne.

Je suis présent à
ce lieu le 11^{er} 1812
à l'effet de prescrire
la plantation des dunes.

À Monsieur le Baron
de la Chaize Général, Préfet de
Département d'Arras de Calais,

Monsieur le Baron,

Nous avons eu l'honneur, de concert
avec d'autres propriétaires seulement intéressés
en cette partie, de vous présenter, au mois de
juillet dernier, une pétition relative à la
plantation des Dunes dont je vous prie de
faire connaître à l'Administration, à l'effet
de la Commune de l'arrondissement de
St Jean de Châtelaubourg.

non voyons, avec le plus vif regret, que la
plantation des dunes, qui par l'urgence qu'elle fait,
ne pourra s'effectuer cette année; puisque la
disposition de celui qui en est propriétaire ne pourrait
avoir lieu qu'en vertu d'un décret impérial, ce décret
doit être précédé de formalités longues et indispensables
prescrites par celui du 16^{er} 1810.

Paris le 31 mars 1822.

Monsieur D'Caull
et D'Choquel.

Copie

Monsieur le Préfet, j'ai reçu par la lettre que vous m'avez
fait l'honneur de m'écrire le 14 mars, votre arrêté du
même jour, relatif à la plantation des Dunes d'Caull
et D'Choquel.

J'approuve cet arrêté que j'ai trouvé conforme
à une décision du 28 février précédent.

J'ai l'honneur d'être &c.

Le Conseiller d'Etat Directeur général des
Ponts et Chaussées, Desmurs

Signé Desmurs.
Pour copie conforme.

Le Secrétaire général signé Philis
Pour copie conforme

Le Sous-Préfet
Goussier

Le réseau d'assainissement d'Ecault

Comme il a été évoqué précédemment dans ce document, un problème rencontré et exprimé par les propriétaires de la ferme se situant à Ecault, au niveau de l'intersection des départementales 119 et 235, concerne l'inondation de leur propriété lors d'épisodes pluvieux. Se situant à contre bas, les eaux de la départementale 235 ruissellent sur la chaussée lors des fortes précipitations d'été et s'engouffrent dans leur propriété.

Ces eaux envahissantes provenant de la départementale sont la conséquence d'une non évacuation par le système d'assainissement des eaux pluviales actuel. En effet, le regard du réseau d'assainissement se situant sur le parking de la départementale à côté de l'école est actuellement obstrué. D'après les témoignages, les tuyaux d'assainissement (40 cm de diamètre) sont devenus trop petit en réponse à l'urbanisation croissante du secteur, et sont bouchés par le sable au point de ne pas savoir passer une tête de hérisson.

Lors du débordement, l'eau envahit le trottoir et le parking du bas de la départementale 235 (photo 1), longe la haie et descend le long de la pente visible sur la photo 2 pour ensuite se diriger vers l'entrée de la ferme (photo 3)



Photo 42 : Parking rue des écoles
Picture 42: Parking



Photo 43 : Ecoulement du parking
Picture 43: Flow of the parking



Photo 44 : Ecoulement vers la ferme
Picture 44: Flow towards the farm

Il serait possible grâce à la disposition parcellaire de dévier ces eaux vers les pâtures pour les diriger ensuite vers la Cachaine. D'après les illustrations ci-jointes, il suffirait de créer un dos d'âne, un ralentisseur comme on peut le voir au niveau des voiries, afin de bloquer les eaux et les diriger vers la pâture contenant la source de la Cachaine, par l'intermédiaire d'un drain ou d'un fossé traversant la parcelle voisine. L'évacuation des eaux serait en effet dans l'angle que formeraient le barrage et le petit muret existant. Afin d'évacuer les eaux le plus rapidement possible, un canal de 10 cm sur 10 (fermé par une plaque grillagée) à la base du barrage est envisageable et donnerait donc la profondeur de la dépression dans la parcelle voisine permettant le transit de l'eau vers la pâture.

La hauteur du ralentisseur - barrage doit être prise en considérant bien sûr que n'importe quel type de véhicule puisse le franchir assez facilement pour entrer dans la ferme ou bien en sortir. En cas de fortes précipitations, cet aménagement ne pourra retenir toutes les eaux, mais une partie de celles-ci pourra être déviée, évitant ainsi l'inondation de la ferme.



Figure 16 : Le ralentisseur - barrage

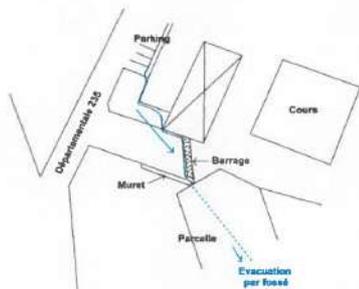


Figure 17 : Représentation du ruissellement sur schéma cadastral

Le coût de cet aménagement serait relativement minime mais un aménagement nécessaire pour le confort des habitants. En plus de l'installation du barrage, il faudrait également protéger la base de la maison (à gauche sur la photo) pour éviter sa détérioration déjà entamée par les eaux.

Cependant, cet aménagement causerait un problème vis à vis des propriétaires pour le passage de leurs véhicules et préféreraient d'avantage que la ville résolve le problème dès sa source. En effet, cela fait 5 générations que la ferme existe et les propriétaires ont vu le réseau d'assainissement se former par l'apparition de plus en plus prononcée des habitations voisines. Il a donc été possible grâce à ces personnes de connaître une partie du système d'assainissement présenté sur le schéma cadastrale ci-joint. Il en va sans dire que les propriétaires mettent en évidence ce problème d'assainissement puisque ce dernier n'existait pas auparavant et s'est intensifié avec les constructions voisines.

Ces informations nous permettent de conclure sur deux points:

- La buse de 40 cm de diamètre au niveau de la source de la Cachaine recueille bien les eaux de la départementale 235. Ces eaux ne sont pas uniquement des eaux de pluie car des rejets de fosse sceptique ont été observés comme le montre la photo suivante. Il y a donc bien des habitations le long de la départementale qui sont encore en réseau unitaire (réseau séparatif à 90%), à l'exclusion de la ferme qui n'a aucun raccordement avec le réseau actuel.



Photo 46 : Rejet des eaux « pluviales » dans la Cachaine

- La position de l'évacuation des eaux de l'aménagement présenté précédemment est donc déjà occupée par une canalisation de 40 cm de diamètre.

Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine



Photo 45 : Entrée de la ferme

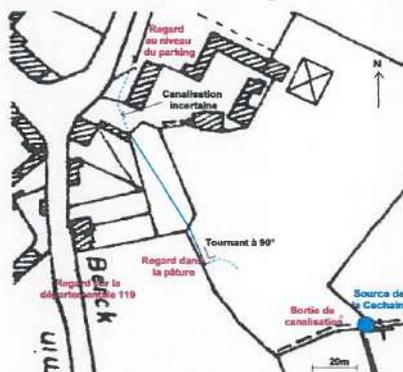


Figure 18 : Le réseau d'assainissement des eaux pluviales

Le drainage

Les tuyaux de drainage en terre cuite, tel qu'il a souvent été observé dans la zone d'étude, sont anciens et ne se fabriquent plus aujourd'hui. Ils sont de nature à se rompre plus facilement par une surcharge que les plus récents, mais pourquoi ? Les tuyaux de drainage d'aujourd'hui sont en plastique souple micro perforé et sont beaucoup plus faciles à installer que ceux en terre cuite. Pour comprendre pourquoi ces derniers se sectionnent assez facilement, il faut savoir comment on pratiquait le drainage au début du siècle dernier. Un ouvrage nous permet d'apporter quelques réponses à nos questions, il s'agit d'un livre ordonné par le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, à M. Hervé MANGON (ingénieur des ponts et chaussées) et édité en 1863. Par manque d'accessibilité à tous de se procurer ce livre, les grandes lignes sont citées (ou simplifiées) ci-dessous.

Instructions pratiques sur le drainage

Introduction

Les travaux de drainage consistent, en principe, à ouvrir des tranchées au fond desquelles on dépose des tuyaux, que l'on recouvre ensuite avec la terre extraite. Ces tuyaux doivent être disposés de manière à donner à l'eau surabondante, dont ils doivent débarrasser le sol, un écoulement facile. La première question qui se présente est donc de déterminer les directions, les pentes, la profondeur et les autres éléments d'établissement de ces lignes de drains.

Les drains

Un réseau de drainage se compose de tuyaux de divers calibres. On appelle petits drains, ou drains de dernier ordre, les tuyaux du plus petit diamètre et qui ne reçoivent pas les eaux d'une autre ligne. Les collecteurs de premier ordre, ou drains principaux de premier ordre, sont ceux qui reçoivent les eaux des petits drains. Ceux de troisième ordre reçoivent les eaux des tuyaux de deuxième ordre...

Il faut placer les petits drains suivant la ligne de plus grande pente (ou la moyenne si le terrain est vallonné) et profiter des dépressions déjà présente sur le terrain pour installer ces drains. Ordinairement, les drains principaux occupent les thalwegs du terrain.

Les drains de dernier ordre font 30 à 35 mm de diamètre et ne doivent pas avoir, en général, plus de 250 à 330 m de long. Un drain doit débarrasser le sol en 24 h d'une couche de 10 cm d'eau tombée sur le terrain à assainir.



Photo 47 : Drain de dernier ordre ou petit drain (30,5 cm de long pour 4 cm intérieur) trouvé dans la pâture pourrie.



Photo 48

Les racines des bois tendres, et même parfois des bois durs, tendent à s'introduire dans les drains ; elles y développent un chevelu abondant qui, en peu de temps, obstrue complètement les

tuyaux en terre cuite. Il ne faut donc pas placer des drains à moins de 15 – 20 m de ces arbres à bois blancs.

Profondeur des drains

La difficulté de la question se pose quand le terrain est vallonné. Autrement, la profondeur la plus convenable à donner aux drains pour qu'ils enlèvent l'eau surabondante et abaisser le plan d'eau stagnant pour qu'elle ne puisse remonter jusqu'aux racines, ou à la surface du sol, par capillarité, est comprise entre 0,90 et 1,30 m. En principe la profondeur est de l'ordre de 1,20 m et la profondeur des collecteurs est quelques centimètres plus bas pour que toutes les arrêtes supérieures de tous les tuyaux soient, à leur point de réunion, dans un même plan.

Il faut cependant faire des tranchées d'essai pour savoir la lithologie et si cela vaut le coup de drainer le terrain. Pour être plus sûr, on utilise une sonde de Palissy (c'est comme une tarière) qui a pour but de donner la meilleure profondeur au drain.

Pente des drains

En générale, on donne la même pente que le terrain. Avec des drains en terre cuite où l'eau s'écoule plus facilement que des drains empierrés, on peut avoir des pentes longitudinales plus faibles (2 mm suffit). Il faut éviter de donner une pente considérable pour que la vitesse de l'eau ne puisse dégrader les matériaux, et il ne faut pas que l'eau ralentisse dans les drains pour évacuer des choses qui seraient rentré accidentellement.

Ecartement des drains

L'écartement varie en fonction de la nature du sous-sol. L'écartement des tranchées de 1,20 m de profondeur est souvent de 9 m (varie de 7 à 20 m, dans le Nord : 11 m). Il y a une détermination expérimentale pour savoir l'écartement des lignes de drains. Aux abords de la tranchée d'essai, on creuse des trous de 50 cm de diamètre à la même profondeur que la tranchée. Ces puits sont de plus en plus espacé de la tranchée et ne doivent pas être près les uns des autres. On regarde ensuite la hauteur de l'eau dans chaque puit, et si celui-ci est toujours plein, sa distance à la tranchée multipliée par 2 donne l'écartement entre les lignes de drains. C'est le même principe qu'aujourd'hui pour déterminer la distance entre deux forages d'eau (mesure du cône de rabattement).

Diamètre des tuyaux

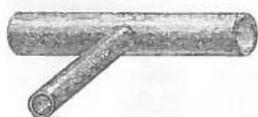
Pas moins de 3 cm pour les petits drains, les plus convenable étant 3,5 cm. Les tuyaux de 6-7 cm de diamètre intérieur peuvent recevoir les eaux de 2 à 3 hectares de terrain, la section croît comme le carré du diamètre. Ce diamètre est calculé de manière que les drains débitent en 36 h la moitié de la quantité d'eau vasée en 24 h sur la surface considérée, par les fortes pluies du pays (arbitraire).

Ouverture des tranchées

La tranchée s'ouvre avec divers outils ressemblant à des bêches mais ces derniers ont des dimensions spécifiques pour que l'ouvrier puisse rester à une profondeur constante.

Pose des drains

Les tuyaux de drainage en terre cuite cylindriques sont les plus employés car sont les plus efficaces (car il existe des drains en forme de tuile arrondie), font entre 30 et 40 cm pour un diamètre de 3 à 20 cm. Leur épaisseur est de 1 cm pour les plus petits. Les extrémités des tuyaux sont en général engagés dans des colliers de 7 à 10 cm de long et de diamètre est tel que le tuyau entre facilement dans le collier. Les raccordements de deux lignes s'effectuent en perçant le tuyau le plus gros et dans lequel s'incère le plus petit.



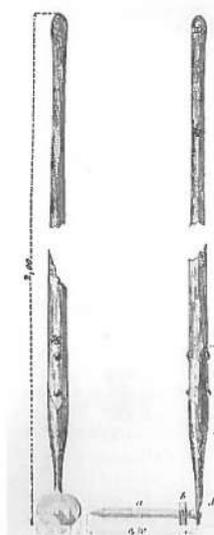
Raccordement de deux lignes de drains

La pose des tuyaux exige beaucoup de soin, et l'ouvrier est constamment surveillé par le directeur du travail. Quand on emploie des colliers, les tuyaux sont maintenus à la suite les uns des autres. On cale les tuyaux et leurs colliers, au fond de la tranchée, avec quelques petites pierres sur lesquelles on jette ensuite la terre extraite de la tranchée. Lorsque l'on met pas de colliers, on met les tuyaux bout à bout aussi exactement que possible, on les maintient avec quelques tuiles ou tuyaux cassés, et on les tasse avec une motte d'argile avant de recouvrir avec le déblais de la tranchée. Dans les deux cas, on utilise un outil pour amener le drain au fond de la tranchée, il s'agit d'une broche. La figure jointe est une broche que l'on utilise pour des tuyaux avec colliers, si il n'y a pas de colliers, c'est le même outil à part qu'il n'y a pas le rebord « b » présenté sur la figure.

Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachuine



Tuyau avec collier



Broche à poser les tuyaux avec colliers

Conclusion

On peut donc d'après cet ouvrage considérer que les tuyaux de drainage en terre cuite sont très faciles à bouger une fois sous terre puisqu'ils ne sont pas consolidés sur de grandes distances. Ces tuyaux se brisent donc le plus souvent au niveau de leur point faible, c'est-à-dire au niveau des sections entre chaque drain, et le phénomène est d'autant plus amplifié si les tuyaux ne possèdent pas de colliers. Par le fait que ces drains sont également petits, la suffosion y est donc plus favorable, c'est pour cela qu'il faut faire en sorte aujourd'hui que les drains sous terre soient le plus continus possible.

Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine

Description du terrain (bassin de rétention)

La source de la Cachaine se trouve dans une dépression de forme plus ou moins sphérique et peut atteindre à certains endroits un mètre de profondeur. Il serait donc profitable d'exploiter cette dépression, l'agrandir pour pouvoir installer l'ouvrage (partie béton + digue).



Il faudrait en effet agrandir la dépression pour retenir une plus grande quantité d'eau dans le bassin lors des précipitations et utiliser le matériel extrait pour construire la partie interne de la digue, recouverte ensuite d'une couche d'argiles.



La digue serait construite le long de la clôture de direction Nord-Sud. Le talus Est-Ouest longeant la forêt existe déjà et est assez haut (2-2,5 m) pour l'intégrer dans le bassin.

La digue devra être enherbée pour maintenir sa stabilité et une clôture devra être installée pour éviter le piétinement du talus par le bétail.



Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine

Description du terrain (piège à sédiment : première localisation)



Longueur de 9 m pour une largeur de 2-2,20 m



Berge à restaurer, éliminer les ravines et aménager l'aire de curage



Ravine à éliminer et restaurer le drainage

Description du terrain (piège à sédiment : seconde localisation)

Position aval



14 m de long



2 m de large



Chemin agricole à 5 m du ruisseau

Position amont



Canal dans berge



Chemin d'accès à 8 m ; Aire de stationnement



10 m de longueur



2,3 à 3 m de largeur

Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine

Description du terrain (restauration des berges)



La culture dans le sens de la pente entraîne un ruissellement important...



...en bas de pente et par la vitesse importante, l'eau érode le sommet de la berge.



L'eau ruisselant sur le talus érode également celui-ci et forme une véritable ravine.



Les ravines peuvent également se former par un exutoire de drainage provoquant une chute d'eau

La lithologie de surface

Grâce aux quelques échantillons pris sur le terrain, et par leur analyse granulométrique, il a pu être reconstituée sur la carte ci-jointe une petite part de la lithologie de surface. On peut remarquer qu'au plus nous allons vers l'aval du cours d'eau, au plus les terrains s'enrichissent en silts et s'appauvrissent en sables, cela nous prouve bien que nous sommes en limite dunaire.

Les analyses granulométriques ont permis notamment de savoir que le sable rejeté dans le cours d'eau au niveau des amphithéâtres est bel et bien du sable dunaire. Celui-ci est remarquable par analyse granulométrique puisqu'il est très bien classé, nous obtenons donc une courbe Gaussienne.

Résultats des analyses granulométriques (Results of grain size analyses)

Echantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Argiles	37,05	0,03	0	0	0	0	0,21	0,41	0,49
Silts	56,34	29,70	0	0	0	0	52,30	71,42	61,38
Sables très fins	3,57	20,69	0,21	0,07	0,17	0,35	18,25	16,62	19,77
Sables fins	1,82	28,46	42,71	38,75	40,29	44,85	16,53	7,37	13,02
Sables moyens	1,03	18,53	55,69	60,19	58,02	53,85	11,60	3,08	5,22
Sables grossiers	0,19	2,60	1,39	0,98	1,53	0,97	1,13	0,13	0,07
Sables très grossiers	0	0,02	0	0	0	0	0	0	0

Argiles < 2 μm

2 μm < Silts < 63 μm

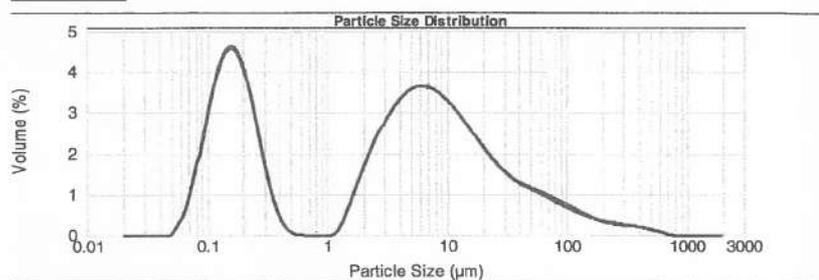
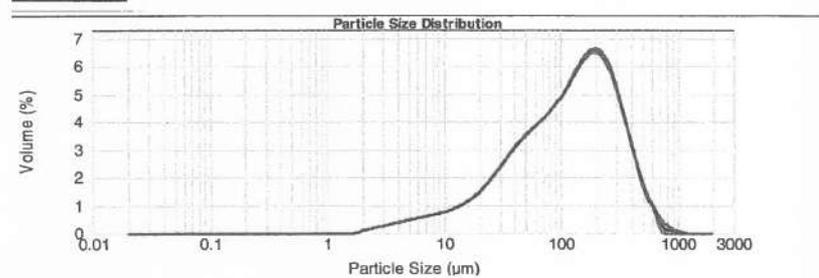
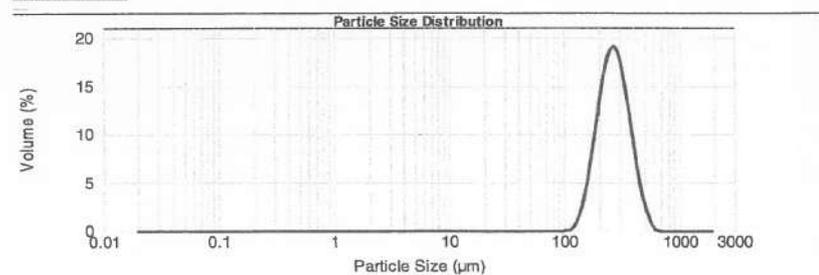
63 μm < Sables très fins < 125 μm

125 μm < Sables fins < 250 μm

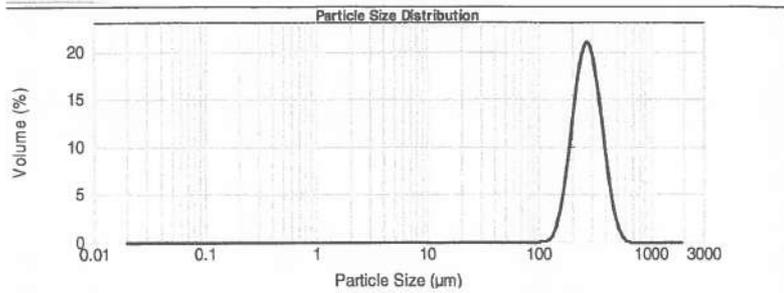
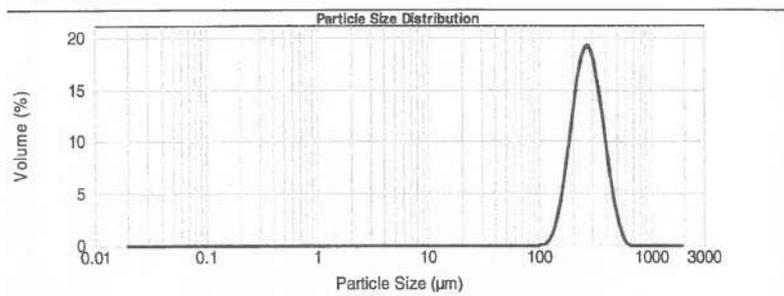
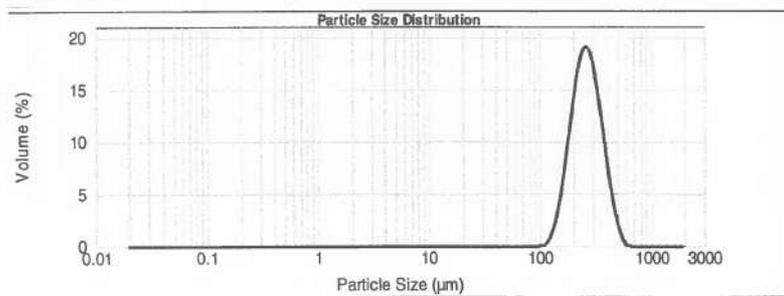
250 μm < Sables moyens < 500 μm

500 μm < Sables grossiers < 1000 μm

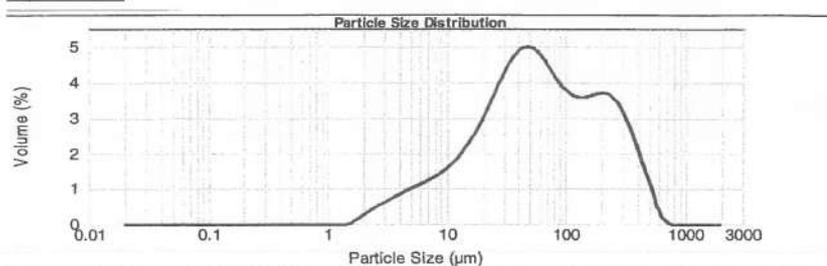
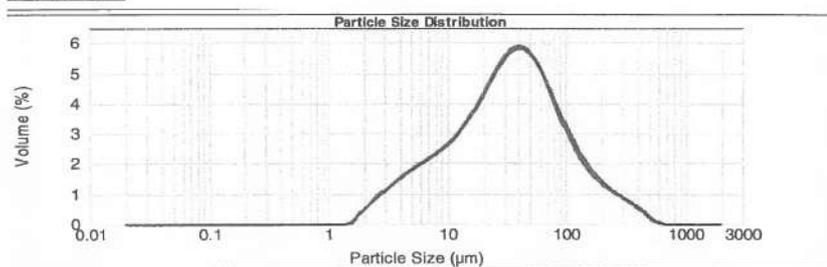
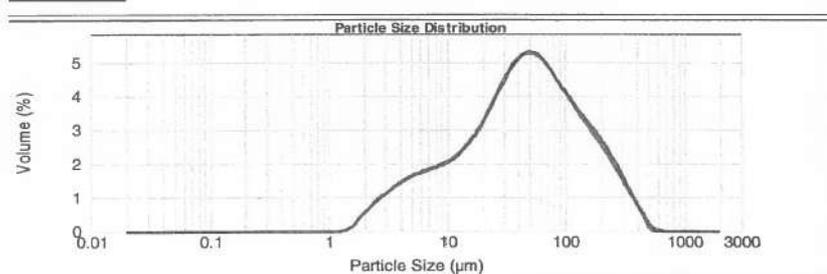
1000 μm < Sables très grossiers < 2000 μm

Résultats des analyses granulométriques***Echantillon 1******Echantillon 2******Echantillon 3***

Érosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine

Echantillon 4**Echantillon 5****Echantillon 6**

Érosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine

Echantillon 7**Echantillon 8****Echantillon 9**

Erosion sableuse sur le bassin versant de la Cachaine

- Photo11 : Source de la Cachaine
- Photo 12 : Départementale 119 (Ecault) et champ cultivé
- Photo 13 : Erosion d'une couche d'argiles
- Photo 14-15 : Effondrement de berge et destruction d'une partie d'un chemin
- Photo 16 : Amphithéâtre de source
- Photo 17 : Source au pied d'un amphithéâtre
- Photo 18-21 : Suffosion
- Photo 22 : Grande dépression
- Photo 23 : Exutoire des eaux de la dépression
- Photo 24 : Suffosion
- Photo 25 : Marécage
- Photo 26 : Jeunes arbres plantés
- Photo 27 : Drain en terre cuite
- Photo 28 : Drain en grès
- Photo 29 : Culture dans le sens de la pente
- Photo 30 : Déversement des eaux en cascade à l'amont du talus
- Photo 31 : Plage d'érosion le long de la Cachaine
- Photo 32 : Déracinement par incision ou affaissement
- Photo 33 : Abaissement de la surface du sol
- Photo 34 : Dépression au niveau d'une berge
- Photo 35 : Dépression parallèle au ruisseau
- Photo 36 : Futur bloc érodé
- Photo 37 : Dépression
- Photo 38 : Dépression formant un amphithéâtre de source
- Photo 39 : Dépression dans une pâture
- Photo 40 : Tâches solaires
- Photo 41 : Source de la Cachaine
- Photo 42 : Parking de la rue des écoles
- Photo 43 : Ecoulement du parking
- Photo 44 : Ecoulement vers la ferme
- Photo 45 : Entrée de la ferme
- Photo 46 : Rejet des eaux « pluviales » à la source de la Cachaine
- Photo 47-48 : Drain de dernier ordre

Bibliographie

Sites Internet :

http://www.interaide.org/pratiques/pages/eau/techniques/132_decantation.pdf (Piège à sédiment)

<http://www.conservatoire-du-littoral.fr/front/process/Content.asp?rub=8&rubec=206&site=1708&entite=206> (Dunes de Condette)

http://www.classzone.com/books/earth_science/terc/content/visualizations/es1305/es1305page01.cfm?chapter_no=visualization (Sapement : plunge pool)

http://www.cidehom.com/dictionnaire.php?d_id=65 (Tâches solaires)

<http://perso.wanadoo.fr/f5zv/RADIO/RM/RM10/RM10C02.html> (Cycles solaires)

- Météo-France

Cartes :

- Carte IGN Boulogne sur Mer

- Carte géologique de Boulogne

Dossiers :

- « Etude préliminaire à la réalisation d'ouvrages de rétention sur le ruisseau de la Cachaine », Janvier 2004, SYMSAGEB et V2R

- « SAGE du Bassin Côtier du Boulonnais »

- « Déformations cassantes et plicatives dans le Jurassique du Boulonnais », de Lamarche, Bergerat et Mansy (1997)

- « Instruction pratique du drainage », Hervé Mangon, 1863

Autres :

- Cours de licence et de master

- Témoignage de la population

- Conseil de la DDE

Remerciements

M. Matthieu Audollent, ainsi que le personnel du SYMSAGEB pour leur accueil et leurs aides.

M. Lesaffre, président du SYMSAGEB.

Mme. Brigitte Van Vliet Lanoë, professeur à l'université de Lille 1, pour son aide et son soutien depuis le début du stage, ainsi que pour les documents et données fournis.

M. Lacroix pour les informations (photos aériennes, documents historiques...) et l'accès libre aux Dunes de Condette.

M. et Mme. Thery pour l'accès aux Dunes de Condette depuis leur propriété.

M. Duhamel et sa famille pour l'accès à la source de la Cachaine, ainsi que pour leurs témoignages.

M. Van Laethem Francis, ingénieur aux Ponts et Chaussées, pour ses visions apportées aux aménagements proposés.

M. Farren, mairie de Saint-Etienne-au-Mont, pour les informations sur les canalisations de la commune d'Ecault.

Murielle Meurisse pour les données Météo France.

Les techniciens du laboratoire argiles pour l'accès au granulomètre laser.

La Commission Locale de l'Eau (Le Wast)



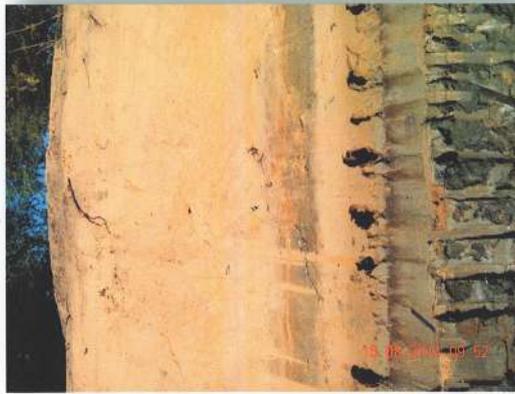
EFFONDREMENT DE LA RD 940
DANS LE VIRAGE DES CENTS DUNES



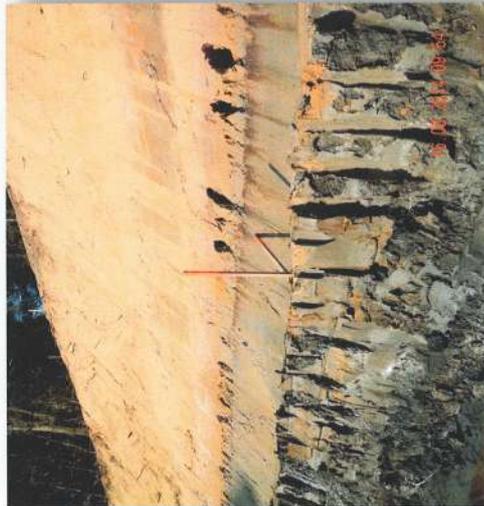
NOVEMBRE 2000

ROND POINT DES CENTS DUNES – CONDETTE
TRAVAUX DE CREATION EN AOUT ET SEPTEMBRE 2014
TERRASSEMENT SUD-EST A L'INTERSECTION AVEC L'AVENUE DE L'YSER

ALTITUDE 67 M
MISE EN EVIDENCE DU PROCESSUS DE SUFFOSION A L'INTERFACE SABLE DUNAIRE SUR ARGILE



n°2



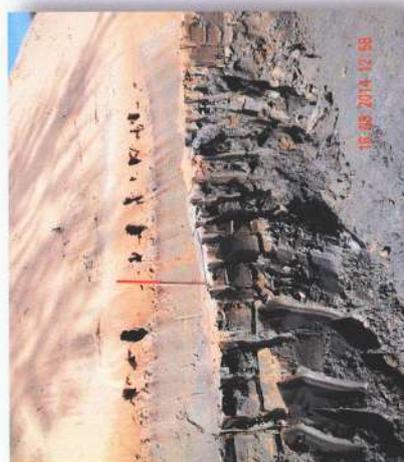
n°1

16 août 2014



n°4

18 août 2014

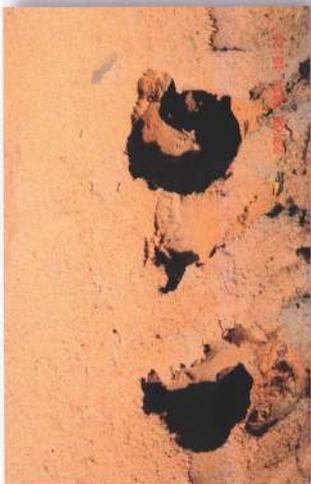


n°3

PERSISTENCE DES GALERIES A LA BASE DU FRONT DE TAILLE EXPOSE AU SOLEIL



n°5

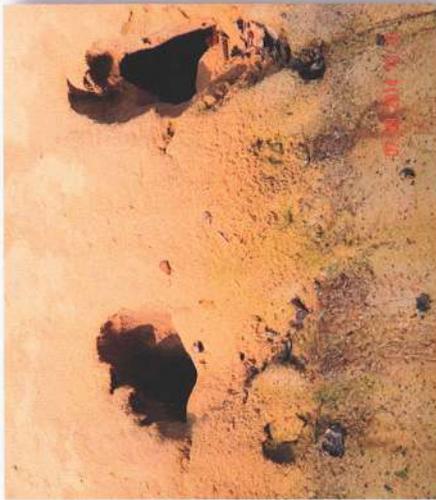


n°6

23 août 2014



n°9

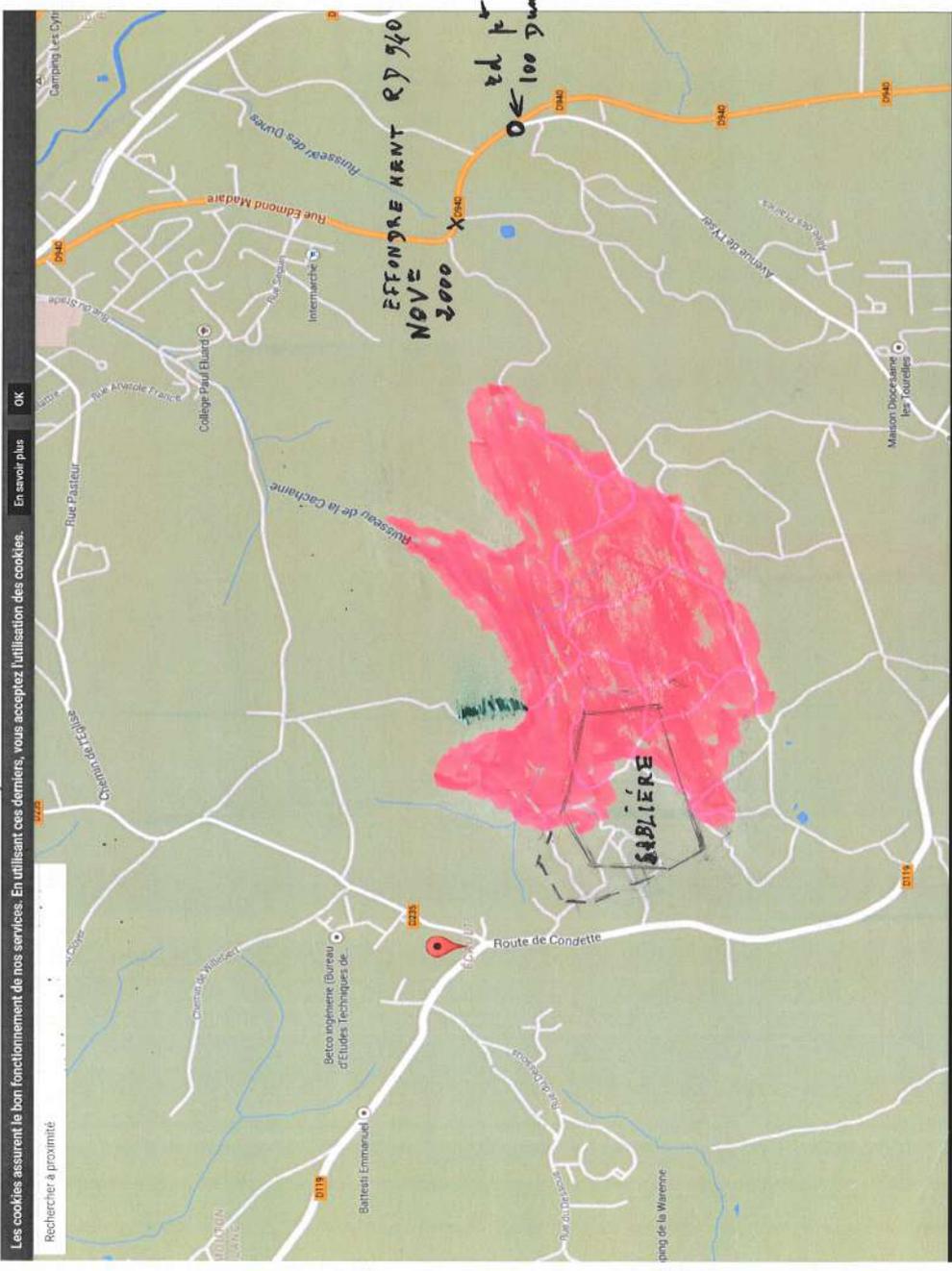


n°10

7 septembre 2014

L'OBSERVATION DE CES GALERIES DEMONTRENT LA CAPACITE DES EAUX INFILTREES
A CHARIER PRIORITAIREMENT LES PARTICULES LES PLUS FINES PUIS LES GRAINS DE SABLE.
CE PHENOMENE EXPLIQUE L'IMPORTANCE DES QUANTITES DE SABLE
CHARIEES PAR LE RUISSEAU DE LA CACHAINE VERS LE LIT DE LA LIANE .

28/12/2015 Localisation du sable à proximité d'Escault - Google Maps



https://www.google.fr/maps/place/%C3%89cault,+62280+Saint-%C3%89tienne-au-Mont/@50.6671842,1.6177721,15z/data=!3m1!1s0x470edd333786c342b0:d4633107169246c57914:fr 1/2