



**Direction Départementale des Territoires et de la Mer
de Seine-Maritime**

Plan de Prévention des Risques littoraux et d'inondation du bassin versant de la Saône et de Vienne

Analyse du secteur d'étude (phase 1.1)

**Volume 1 : ruissellement, débordement de la Saône et de
la Vienne et remontée de nappe**

Rapport final



Mai 2015

LBP 32745L



Informations qualité

Titre du projet	Plan de Prévention des Risques littoraux et d'inondation du bassin versant de la Saône et de Vienne
Titre du document	Volume 1 : ruissellement, débordement de la Saône et de la Vienne et remontée de nappe
Date	Décembre 2014
Auteur(s)	Olivier BRICARD
N° SCORE	LBP 32745L

Contrôle qualité

Version	Date	Rédigé par	Visé par :
V1	30/06/2014	Olivier BRICARD	
V2	31/12/2014	Olivier BRICARD	Marie-Laure BOSSIS
V3	31/05/2015	Olivier BRICARD	Marie-Laure BOSSIS

Destinataires

Envoyé à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :
M. VOLLET	DDTM Seine-Maritime	30/06/2014
M. VOLLET	DDTM Seine-Maritime	01/01/2015
M. VOLLET	DDTM Seine-Maritime	03/08/2015

Sommaire

Chapitre 1 - Contexte et objectifs.....	9
1 Contexte.....	9
2 Objectifs.....	10
Chapitre 2 - Méthodologie générale.....	11
1 Préambule.....	11
2 Collecte et analyse des données.....	12
3 Reconnaissance de terrain.....	14
4 Rencontre des Maires et des acteurs de terrain	14
Chapitre 3 - Présentation et caractéristiques de la zone d'étude.....	15
1 La zone d'étude et le bassin versant de la Saône et de la Vienne...	15
2 L'occupation des sols	18
2.1 Généralités	18
2.2 Occupation du sol par Corine Land Cover en 2006.....	18
2.3 Comparatif de méthodes de cartographie de l'occupation du sol.....	20
2.4 Evolution de l'occupation du sol.....	21
3 La topographie.....	22
4 Le contexte géologique.....	24
4.1 Le substratum	24
4.2 Les formations superficielles	24
5 Le contexte pédologique	27
6 Le contexte hydrogéologique	30
6.1 Les aquifères	30
6.2 La piézométrie	31
6.3 Les bétoires et cavités artificielles.....	36
6.3.1 Les bétoires.....	36
6.3.2 Les cavités artificielles.....	40
7 Les processus de formation des coulées de boues.....	41
7.1 Contexte	41
7.2 Processus de formation du ruissellement.....	42
7.3 Processus de formation de l'érosion et types d'érosion.....	47
8 Le contexte climatique	48
8.1 Climat de la zone d'étude	48
8.2 Un réseau historique important de stations météo	48
8.3 Répartition des précipitations sur le secteur d'étude	50
8.4 Caractéristiques des précipitations sur différentes stations	
météorologiques.....	52
8.5 Quelques événements pluvieux historiques	54
9 Réseau hydrographique et karstique régional	57
10 Stations hydrométriques et débits caractéristiques	59
10.1 Stations de jaugeage	59
10.2 Débits caractéristiques des rivières du Pays de Caux.....	62
11 Les milieux naturels.....	63
Chapitre 4 - Diagnostic du fonctionnement hydraulique	65
1 Méthodologie d'élaboration des cartes informatives des	
phénomènes naturels.....	65
2 Exploitation des questionnaires aux élus	69
3 Les arrêtés de catastrophes naturelles (CatNat).....	71

4	Le recueil de données sur les sinistrés	74
5	Les remontées de la nappe	76
5.1	La nappe alluvionnaire	76
5.2	La nappe de la craie.....	76
5.3	Les nappes perchées	76
6	Le ruissellement	77
6.1	Les ruissellements diffus	77
6.2	Les ruissellements de talwegs.....	77
6.3	Les ruissellements de voirie	79
7	Le fonctionnement hydraulique de la vallée	82
7.1	Historique.....	82
7.2	Crues historiques remarquables	84
7.3	Repères de crues.....	88
7.4	Fonctionnement hydraulique à l'échelle localisée.....	89
7.4.1	Généralités.....	89
7.4.1	Val de Saône.....	90
7.4.2	Brachy.....	91
7.4.3	Gueures.....	92
7.4.4	Ouville-la-Rivière/Saint-Denis-D'Aclon	93
7.4.5	La basse vallée de la Saône	94
7.4.6	Hermanville	95
7.4.7	Bacqueville-en-Caux.....	96
7.5	Horloge des crues	98
7.5.1	Temps de propagation, montée de crue et décrue.....	98
7.5.2	Concomitance	99
7.6	Cartographie de la crue morphogène par stéréoscopie.....	100
7.6.1	Description des unités hydrogéomorphologiques	101
7.6.2	Les outils utilisés.....	103

Liste des figures

Figure 1 - Comparaison entre l'occupation du sol parcellaire et la base Corine Land Cover 2006 sur la commune d'Offranville (BV de la Scie).....	20
Figure 2 - Evolution de l'occupation du sol sur le bassin versant d'Ecaquelon entre 1947 et 2010 (Source : Asconit Consultant, 2011 et données source Sorange, 2010).....	22
Figure 3 - Coupe-type de sol de limon épais (source : Atlas des sols de Haute-Normandie/SERDA).....	28
Figure 4 – Coupe-type de sol de craie peu épais (source : atlas des sols de Haute-Normandie/SERDA).....	28
Figure 5 - Coupe-type de sol d'alluvions fines, hydromorphe (source : Atlas des sols de Haute-Normandie/SERDA).....	29
Figure 6 - Chroniques piézométriques de 3 piézomètres présents sur ou à proximité de la zone d'étude (données du BRGM).....	34
Figure 7 : Fluctuation de la nappe de la craie (profondeur de la nappe) (Source : Hydratec, 2011 données sources : BRGM).....	35
Figure 8 - Schéma des différents contextes d'apparition des bétoires (Source : BRGM)	38
Figure 9 - Coupe schématique de la nappe de la Craie	40
Figure 10 - Formation de la croûte de battance (source : V. Lecomte et Boiffin).....	42
Figure 11 - Conditions d'apparition et de formation du ruissellement.....	44
Figure 12 - Conditions d'apparition, de formation et de localisation de l'érosion (source : AREAS)	47
Figure 13 - Variations saisonnières de la pluviométrie (Source : Météo France Rouen Boos 1964-2004).....	52
Figure 14 - Lame ruisselée (mm) en fonction de la pluie de l'événement et des précipitations précédentes (période hivernale) (Source : Helloco et Richet).....	53
Figure 15 - Répartition des catastrophes naturelles inondation depuis 1983	71
Figure 16 - Répartition des arrêtés de catastrophes naturelles inondation enregistrés par année (cumul annuel).....	72
Figure 17 - Méthodologie de recensement des bâtiments inondés	74
Figure 18 - Schéma de principe d'apparition de source en pied de versant	76
Figure 19 - Classification des talwegs selon l'ordre de Strahler.....	78
Figure 20 - Principe de modification de la Saône (Hydratec, 2011)	82
Figure 21 - Hydrogramme de la crue de juin 1993 (DREAL, Hydratec, 2012).....	85
Figure 22 - Episodes pluvieux de la période intense de la crue de juin 1995 (Hydratec, 2012).....	85
Figure 23 - Hydrogramme de la crue de décembre 1999 (DREAL, Hydratec, 2012).....	86
Figure 24 - Hydrogramme de la crue de décembre 2000 (DREAL, Hydratec, 2012).....	87
Figure 25 - Exemple de fiche de repère de crue sur la Vienne.....	88
Figure 26 - Photos de la vallée de la Saône et de la Vienne	97
Figure 27 - Horloge des crues de l'événement du 26 décembre 1999 (DDE, 2000).....	98
Figure 28 - Présentation schématique de la plaine alluviale	101

Liste des tableaux

Tableau 1 - Synthèse des données existantes	13
Tableau 2 - Analyse de l'occupation du sol sur 3 communes, comparaison entre Corine Land Cover 2006 et l'occupation du sol parcellaire.....	21
Tableau 3 - Caractéristiques des stations météo situées dans le bassin versant de la Saane et de la Vienne ou à proximité	49
Tableau 4 - IDF Automne hiver à Rouen Boss sur 24 h (source : Météo France 1969 à 2007).....	53
Tableau 5 - IDF printemps été à Rouen Boss sur 24 h (source : Météo France 1969 à 2007).....	54
Tableau 6 - Précipitations sur 24 h enregistrées à la station de Dieppe ayant causé des dysfonctionnements dans la partie aval de la zone d'étude (Source : Météo France).....	54
Tableau 7 - Cumul des précipitations sur 24 h en décembre 1999 (Source : Météo France).....	55
Tableau 8 - Précipitations hivernales et estivales marquantes de 1969 à 2007 sur 24 h (Source : Météo France).....	55
Tableau 9 - Précipitations marquantes sur 24 h aux stations d'Anvremesnil et Yerville (Source : Météo France).....	56
Tableau 10 - Stations hydrométriques disponibles en Seine-Maritime (DHI, 2013).....	60
Tableau 11 - Débits maximum connus et débits estimés de fréquence 10, 20 et 50 ans (loi de Gumbel) (Source : Banque Hydro de la DREAL de Haute-Normandie).....	62
Tableau 12 - Synthèse des réponses aux questionnaires.....	70
Tableau 13 - Répartition des CatNat pour inondation et coulées de boue par commune et par date (source BD Gaspar 2014).....	73
Tableau 14 - Episodes pluvieux de la période intense de la crue de juin 1993 (Hydratec, 2012).....	84
Tableau 15 - Episodes pluvieux de la période intense de la crue de décembre 1999 (Hydratec, 2012).....	86
Tableau 16 - Episode pluvieux de la période intense de la crue de décembre 2000 (Hydratec, 2012).....	87
Tableau 17 - Temps de propagation et vitesses d'écoulement de la crue du 26 décembre 1999 (Hydratec, 2011)	99

Liste des Cartes

Carte 1 - Localisation de la zone d'étude et communes concernées	16
Carte 2 - Localisation de la zone d'étude et communes concernées	17
Carte 3 - Carte d'occupation du sol (source : Corine Land Cover).....	19
Carte 4 – Carte des pentes du secteur d'étude	23
Carte 5 - Géologie du secteur d'étude (source infoterre.brgm.fr, carte géologique 1/250000).....	25
Carte 6 - Géologie sur le secteur de Brachy et Hermanville (source : www.geoportail.gouv.fr, BRGM carte géologique 1/50 000).....	26
Carte 7 - Carte pédologique de Haute-Normandie (source ARENH/Atlas de l'Agriculture Normande).....	27
Carte 8 - Géologie dans le secteur de Varengeville-sur-Mer (source infoterre.brgm.fr, carte géologique 1/250 000).....	30
Carte 9 - Hydrologie du secteur d'étude (source BRGM).....	32
Carte 10 - Localisation des béttoires recensées dans le cadre de l'inventaire régional des béttoires en cours de réalisation (Source : BRGM juillet 2010).....	36
Carte 11 – Localisation des béttoires sur le bassin versant de la Saône et de la Vienne recensées dans le cadre de l'inventaire régional des béttoires en cours de réalisation (Source : BRGM août 2012).....	37
Carte 12 - Sensibilité des sols à la battance (source : BRGM)	43
Carte 13 - Aléa érosion des sols par commune (le bassin versant de la Saône et de Vienne est le bassin versant le plus à l'est sur la carte) (source : BRGM)	47
Carte 14 - Principaux climat en France (Source http://www.meteorologic.net).....	48
Carte 15 - Précipitations moyennes annuelles en Seine-Maritime, normales sur plus de 70 ans de 1891-1930 et de 1951-1989 (source : Atlas hydrogéologique 76).....	50
Carte 16 - Réseau hydrographique de Normandie (Source : BRGM)	57
Carte 17 - Activité karstique des bassins versants de Seine-Maritime (Source : fond de plan BRGM pour la localisation des béttoires).....	58
Carte 18 - Réseau hydrométrique de Haute-Normandie (septembre 2003).....	61
Carte 19 - Les milieux naturels sur le secteur d'étude (source DREAL Haute-Normandie).....	64
Carte 20 - Secteur de Val-de-Saône.....	90
Carte 21 - Secteur de Brachy.....	91
Carte 22 - Secteur de Gueures	92
Carte 23 - Secteur d'Ouville-la-Rivière	93
Carte 24 - La Basse Vallée de la Saône.....	94
Carte 25 - Secteur d'Hermanville	95
Carte 26 - Secteur de Bacqueville-en-Caux.....	96

Acronymes et abréviations

BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CatNat	Catastrophe Naturelle
DDTM	Direction Départementale des Territoires et de la Mer
PHEC	Plus Hautes Eaux Connues
PPRI	Plan de Prévention des Risques Inondations et Littoraux
ZNIEFF	Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique

Chapitre 1 - Contexte et objectifs

1 Contexte

Le Département de Seine-Maritime se classe **parmi les 4 départements français** (source : BD Gaspar, juin 2012) les plus touchés **par des inondations en nombre de déclarations de catastrophes naturelles depuis 1982**. Cela traduit une vulnérabilité toute particulière des enjeux situés sur le chemin de l'eau (talweg, cours d'eau, littoral). Toute action rendant les sols moins perméables (imperméabilisation, modification de l'occupation du sol...) sur le territoire d'un bassin versant accroît le ruissellement, les débits et les risques d'inondation en aval sur le cours d'eau jusqu'à l'exutoire. Les événements exceptionnels de 1993, 1995, décembre 1999 et mai 2000 sur le Département de la Seine-Maritime, **impose à l'Etat de prendre en compte les risques naturels liés aux inondations et d'intégrer les phénomènes de ruissellements particulièrement intenses dans le Département**.

Le bassin versant de la Saône et de la Vienne a subi plusieurs inondations mémorables ces vingt dernières années, notamment **en juin 1993, janvier 1995, décembre 1999** et d'autres événements plus localisés.

Les inondations peuvent avoir 4 origines :

- Les inondations par débordement de cours d'eau ;
- Les inondations par remontée de nappe ;
- Les inondations par ruissellement (le territoire est largement concerné par ce phénomène, notamment par le relief et des talwegs marqués) ;
- Les inondations par submersions marines conjuguant plusieurs facteurs : météorologie, marées, houle, courants, érosion du trait de côte....

La DDTM (Direction Départementale des Territoires et de la Mer) de Seine-Maritime a prescrit un PPRI (Plan de Prévention du Risque Inondation) de la vallée de la Saône et de Vienne par arrêté préfectoral du 23 mai 2001, avec la submersion marine ajoutée par arrêté préfectoral du 12 septembre 2011. Ce Plan prend en compte **les aléas de débordement de la Vienne et de la Saône, de ruissellement, de submersion marine, et de remontée de nappe**.

Deux raisons principales ont conduit à réviser le PPRI existant :

- 1. Les services de l'Etat ont souhaité étendre le PPRI existant à l'échelle du bassin versant (61 communes concernées), pour intégrer la problématique inondation sur l'intégralité du bassin versant, comme cela est appliqué sur l'ensemble des PPRI en cours d'étude dans le département de Seine-Maritime ;
- 2. L'intégration de l'aléa submersion marine (sur les communes du littoral ou à proximité) et de l'aléa ruissellement (sur toutes les communes).

En application du grenelle II, la concertation avec les collectivités doit être renforcée, c'est pourquoi des rencontres individuelles avec les Maires sont à programmer. Une réunion de concertation (invitation des 61 maires) s'est déroulée à Ouville-la-rivière, le 28 mai 2014, pour lancer ce nouveaux PPRI_L et présenter la méthodologie de travail en présence de la sous-préfète de Dieppe.

2 Objectifs

Les circulaires du 24 janvier 1994 et du 30 avril 2002 fixent des objectifs arrêtés par le gouvernement en matière de gestion des zones inondables :

- Interdire les implantations humaines dans les zones les plus dangereuses quels que soient les aménagements de protection lorsque la sécurité des personnes ne peut être garantie intégralement et les limiter dans les autres zones inondables moins risquées ;
- Préserver les capacités d'écoulement des crues pour ne pas aggraver les risques dans les zones situées en amont et en aval ;
- Sauvegarder l'équilibre des milieux dépendant des petites crues et la qualité des paysages souvent remarquables du fait de la proximité de l'eau et du caractère encore naturel des vallées concernées.

La réalisation du PPRIL de la Saône et de Vienne a pour objectifs opérationnels de délimiter et de réglementer :

- Les zones d'aléas inondation pour une crue de référence 100 ans ou la plus forte crue historique connue si cette crue est supérieure à la crue centennale ;
- Les zones de ruissellement (en identifiant si le ruissellement est diffus ou concentré) ;
- Les zones de remontées de nappe ;
- Les zones de submersion marine ;
- Les zones à enjeux au regard de l'urbanisation existante (zones denses, faiblement bâties, économiques de services et d'équipement) ;
- Les zones à enjeux au regard du fonctionnement hydraulique du bassin versant (zones d'écoulement) et d'expansion des crues.

Chapitre 2 - Méthodologie générale

1 Préambule

Afin de déterminer les caractéristiques du fonctionnement hydraulique de la Saône et de Vienne, les démarches entreprises ont été les suivantes :

- Collecte des données existantes (cf. paragraphe suivant) ;
- Reconnaissance de terrain (cf. paragraphe suivant) ;
- Envoi de questionnaires et d'un plan aux communes pour récupérer les informations sur le déroulement des crues, les personnes ressources et les enjeux inondés ;
- Rencontre individuelles avec chaque commune. Après transmission d'une première version cartographique, chacune des collectivités a été rencontrée individuellement. L'objectif était de confronter la cartographie réalisée avec leur propre analyse. Les remarques des communes ont ainsi pu être prises en compte ;
- Cartographie de la crue morphogène à partir d'une interprétation stéréoscopique des photographies aériennes et validation par le terrain (cf. paragraphe suivant).

2 Collecte et analyse des données

Les données existantes collectées sont recensées dans le tableau suivant :

Nom de l'étude ou du document	Année	Rédacteur
Etude préalable à la mise en d'un Plan de Prévention des Risques Naturels d'inondation sur les vallées de la Saône et de la Vienne	2000	DDE76 / Horizon
Etude globale de réduction des inondations sur le bassin versant du Sassetot	2010	Sorange
Etude globale de réduction des inondations sur le bassin versant d'Imbleville	2010	Sorange
Etude globale du bassin versant du Bois de Bracquemont	2010	Ingetec
Etude globale d'aménagement et de gestion de la vallée, de la Saône	2011	Hydratec/ASCONIT
Etude d'aménagement du bassin versant de la Vienne Aval	2010	Ginger
Etude d'aménagement pour une gestion globale de la vallée de la Saane	2005	SOGREAH
Etude d'aménagement pour une gestion globale de la vallée de la Saane (Etude détaillée des niveaux marins et de la faisabilité de la mise en place d'un marégraphe)	2008	DHI
Bilans hydrologiques (commune de Bacqueville-en-Caux)	2002	Areas
Bilans hydrologiques (commune de Belmesnil)	2005	Areas
Bilans hydrologiques (commune de Bertreville-Saint-Ouen)	2005	Areas
Bilans hydrologiques (commune de Longueil)	2004	Areas
Bilans hydrologiques (commune de Saussay)	2000	Areas
Bilans hydrologiques (commune de Saint-Martin-aux-Arbres)	2004	Areas
Bilans hydrologiques (commune de Varengueville-sur-Mer)	2005	Areas
Bilans hydrologiques (commune de	2005	Areas

Vibeuf)		
Bilans hydrologiques (commune de Yerville)	2003	Areas
Bilans hydrologiques (commune de Varneville-Bretteville)	2001	Areas
Bilans hydrologiques (commune de Saint-Laurent-en-Caux)	2001	Areas
SGEP (Schéma de Gestion des Eaux Pluviales) de Brachy	2012	Sogeti
SGEP (Schéma de Gestion des Eaux Pluviales) de Belleville-en-Caux	2014	Alise environnement
SGEP (Schéma de Gestion des Eaux Pluviales) de Longueil	2009	Safege
SGEP (Schéma de Gestion des Eaux Pluviales) de Hugleville-en-Caux	2010	Ingetec
SGEP (Schéma de Gestion des Eaux Pluviales) de Val-de-Saône	2011	Guigues environnement
SGEP (Schéma de Gestion des Eaux Pluviales) de Gonnetot	2012	Sogeti
SGEP (Schéma de Gestion des Eaux Pluviales) de Auppegard	2013	Sogeti
SGEP (Schéma de Gestion des Eaux Pluviales) de Ancretierville-Saint-Victor	2011	Sogeti
SGEP (Schéma de Gestion des Eaux Pluviales) de Sainte-Marguerite-sur-Mer	2007	Safege
Listes des sinistrés	2014	SDIS

Tableau 1 - Synthèse des données existantes

Dans un premiers temps les données relatives à caractériser le bassin versant de la Saône et de Vienne (géologie, pédologie, hydrogéologie, occupation du sol, topographie, climatologie....) ont été analysées. Ces données ont permis d'appréhender le contexte de la zone d'étude.

Dans un second temps, les données relatives au fonctionnement hydrologique (études hydrauliques) de la zone d'étude ont été exploitées. Ces données ont permis de préparer des premières cartographies pour réaliser les visites de terrain et les entretiens avec les Maires.

3 Reconnaissance de terrain

Les points suivants ont été vérifiés et complétés par des reconnaissances de terrain :

- Les ruissellements (talwegs, ruissellements de voiries, ruissellements diffus...) ;
- Les secteurs topographiques plus bas (zone potentielle d'expansion des crues susceptibles d'être inondées) à proximité d'un talweg ou à proximité de la Saône et de Vienne ;
- La recherche de repères de crues essentiellement sur la Vienne. Ces données serviront par la suite à caler le modèle hydraulique ;
- Les remblais et merlons de curage le long du cours d'eau ;
- Les habitations sinistrées par des inondations ;
- La localisation d'une catégorie d'enjeux lors des enquêtes avec les Maires ;
- La localisation d'ouvrages sur le cours d'eau (pont SNCF, passage sous voirie...).

4 Rencontre des Maires et des acteurs de terrain

Des prises de contacts ont été établies avec les 61 maires de la zone d'étude. Ces Maires ont tous reçu un courrier expliquant les objectifs de cette étude et la nécessité d'échanger avec eux sur la problématique inondation sur leur commune. Un questionnaire et une première carte du fonctionnement hydrologique de leur commune (axes de ruissellements, maisons inondées, cours d'eau, ouvrages sur la Saône et Vienne...) leur ont été envoyés préalablement à un entretien individuel.

Les entretiens individuels avec ces Maires se sont déroulés de la manière suivante :

- Réponses au questionnaire préalablement envoyé pour identifier les types de crues sur la communes (ruissellement, remontée de nappe, débordements de cours d'eau...) ;
- Validation et corrections des premières cartes de fonctionnement hydrologique de leur commune ;
- Récupération de données types CatNat avec les listes de sinistrés et des photographies d'inondation si existantes ;
- Localiser certains enjeux présents sur la commune (la cartographie sera réalisée en phase 1.2 conformément au CCTP) et des secteurs ouverts à l'urbanisation ;
- Visite de terrain avec l' élu si nécessaire pour valider les compléments apportés à la carte de fonctionnement hydrologique.

Chapitre 3 - Présentation et caractéristiques de la zone d'étude

1 La zone d'étude et le bassin versant de la Saône et de la Vienne

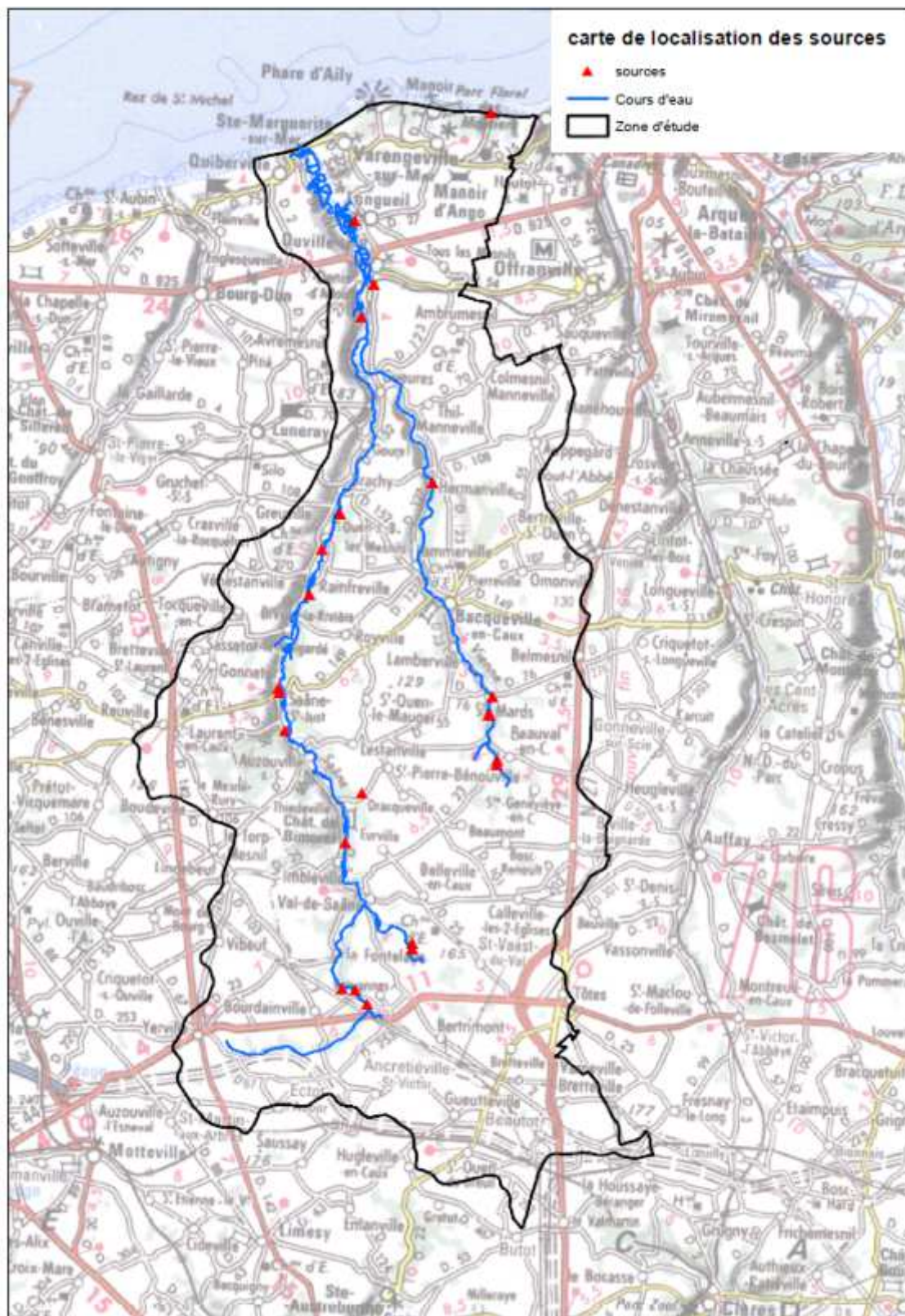
Le bassin versant de la Saône possède une superficie d'environ 303 km². Ce bassin versant est drainé par trois cours d'eau pérennes : La Saône (33 km), et ses affluents la Vienne (15 km) et le Traversin (2 km). La Saône prend sa source (nombreuses sources) à Varvannes. En période de hautes eaux les sources peuvent apparaître en amont de la RN 29. En période de basses eaux les sources apparaissent au niveau de la Fontaine Saint Sulpice. La Saône dispose d'un bras non pérenne qui remonte des sources jusqu'à Yerville.

Le Traversin (source à 2 km en amont de Val de Saane dans une ancienne cressonnière) conflue avec la Saône au niveau de Val-de-Saane. La Vienne (bassin versant d'une superficie d'environ 97 km²) conflue ensuite la Saane au niveau d'Ambrumesnil. La Saane se jette dans la Manche entre les communes de Quiberville-sur-Mer et Sainte-Marguerite-sur-Mer. Il s'agit d'un fleuve côtier de petite taille, semblable dans sa configuration géologique à d'autres fleuves voisins comme la Scie ou la Varenne.

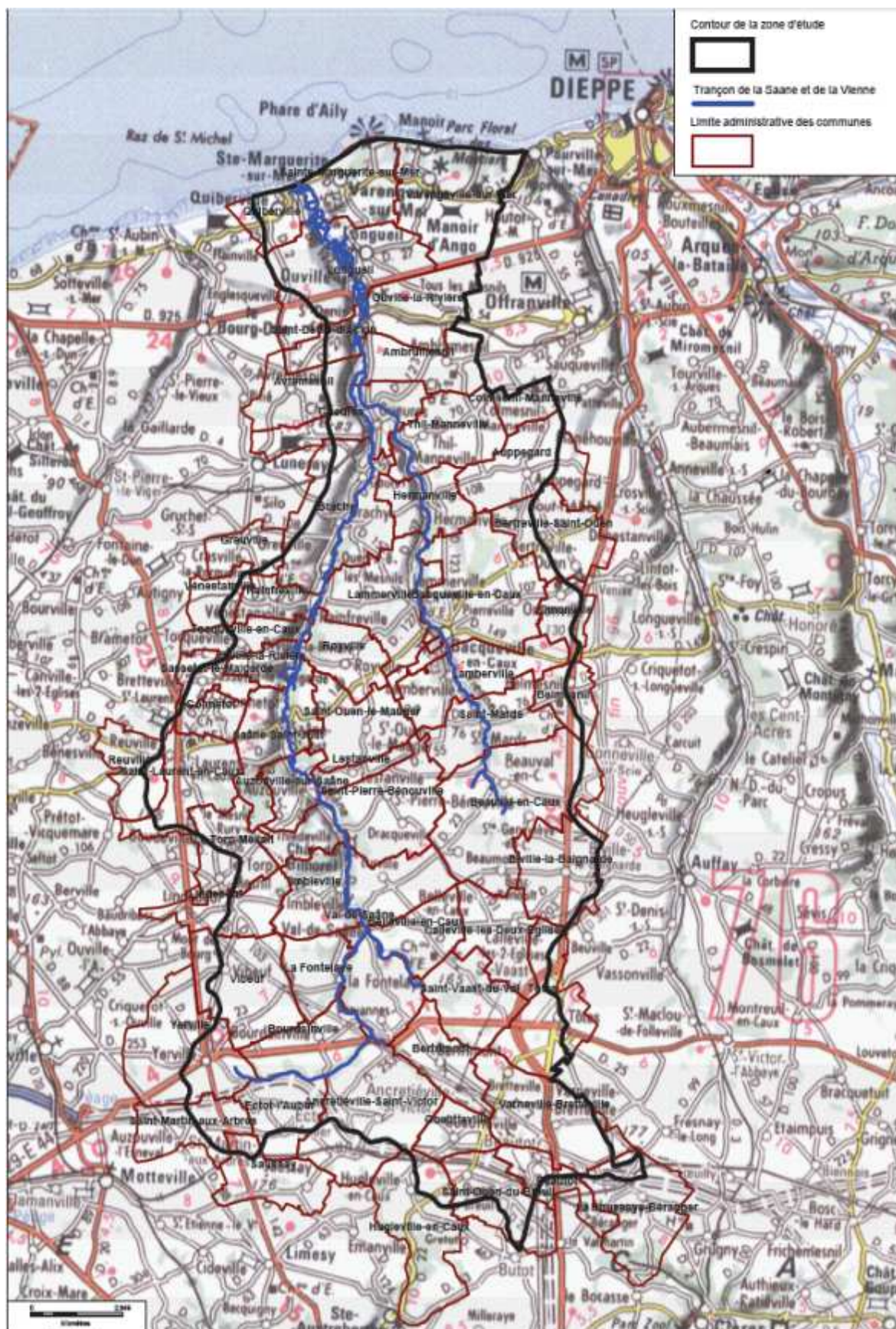
Des vallons secs peuvent apporter des eaux supplémentaires dans le fleuve lors de conditions hydrologiques particulières.

La figure page suivante présente une localisation de la zone d'étude. Le secteur d'étude est également plus étendu que le strict contour du bassin versant de la Saane. Par conséquent, certaines communes ont vu intégrer l'intégralité de leur territoire dans cette étude.

Le périmètre concerné par le Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'Inondation de la Saône concerne 61 communes (cf. carte suivante).



Carte 1 - Localisation de la zone d'étude et communes concernées



Carte 2 - Localisation de la zone d'étude et communes concernées

2 L'occupation des sols

2.1 Généralités

Afin de caractériser l'occupation du sol sur le bassin versant, l'utilisation de la base de données Corine Land Cover de l'agence européenne pour l'environnement a été utilisée. Cette base de données est issue d'une interprétation visuelle d'images satellitaires.

Néanmoins, une comparaison avait été effectuée entre la base de données Corine Land Cover 2006 et l'occupation du sol parcellaire effectuée sur 3 communes à partir de l'orthophotoplan de 2009 sur le bassin versant de la Scie voisin de celui de la Saône. L'objectif était de vérifier si la base de données Corine Land Cover pouvait être utilisée et si elle représentait correctement la réalité de terrain.

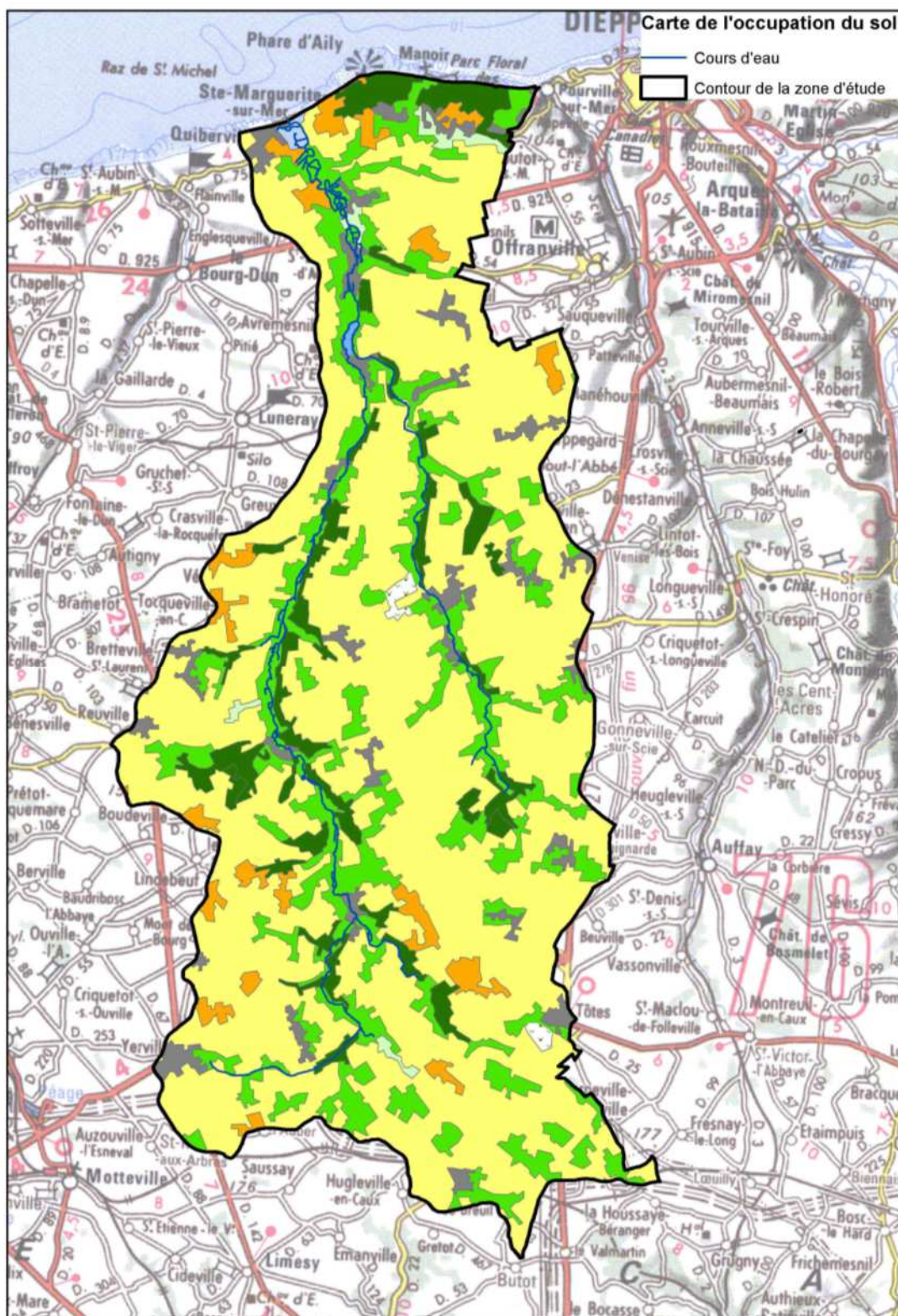
2.2 Occupation du sol par Corine Land Cover en 2006

Sur le bassin versant de la Saône (hors Vienne), l'occupation du sol se répartit pour 68 % en terre arable, pour 17 % en prairie, pour 6 % en forêt et 4 % en zone urbaine (Source : Hydratec/Asconit Consultants). Pour la zone d'étude du PPRI, l'occupation du sol se répartit de la façon suivante : 70.5 % de terres arables, 18.5 % de prairies et de vergers, 7 % de forêt et 4 % de zone urbaine.

LEGENDE CORINE LAND COVER 2006 (Carte page suivante) :

Corine Land Cover 2006

- 111 - Tissu urbain continu
- 112 - Tissu urbain discontinu
- 121 - Zones industrielles et commerciales
- 122 - Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
- 123 - Zones portuaires
- 124 - Aéroports
- 131 - Extraction de matériaux
- 132 - Décharges
- 141 - Espaces verts urbains
- 142 - Equipements sportifs et de loisirs
- 211 - Terres arables hors périmètres d'irrigation
- 222 - Vergers et petits fruits
- 231 - Prairies
- 242 - Systèmes culturaux et parcellaires complexes
- 243 - Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels
- 311 - Forêts de feuillus
- 312 - Forêts de conifères
- 313 - Forêts mélangées
- 321 - Pelouses et pâturages naturels
- 322 - Landes et broussailles
- 324 - Forêt et végétation arbustive en mutation
- 411 - Marais intérieurs
- 421 - Marais maritimes
- 423 - Zones intertidales
- 511 - Cours et voies d'eau
- 512 - Plans d'eau
- 522 - Estuaires
- 523 - Mers et océans

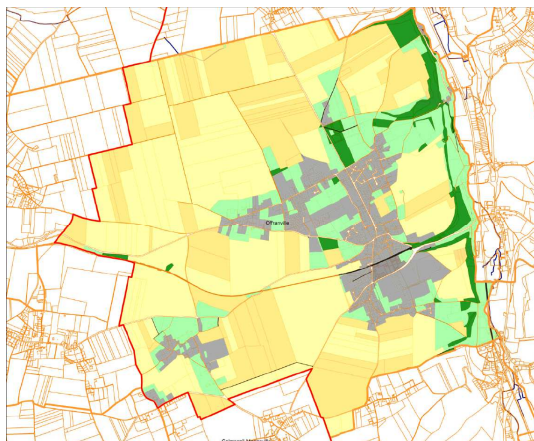


Carte 3 - Carte d'occupation du sol (source : Corine Land Cover)

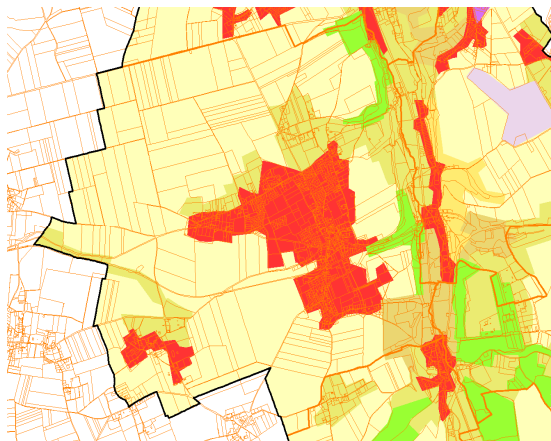
2.3 Comparatif de méthodes de cartographie de l'occupation du sol

L'occupation du sol sur la base BD Parcellaire et de l'orthophotoplan a été réalisée sans redécouper cadastralement les parcelles pour correspondre parfaitement à l'occupation du sol de l'orthophotoplan. Ainsi, c'est le type d'occupation du sol ayant la plus importante surface sur chaque parcelle qui a été retenu (cf. figure ci-dessous).

Occupation du sol parcellaire



Occupation du sol Corine Land Cover



Occupation du sol

- chemin
- cultures à petites graines
- cultures sarclées
- forêt
- prairies
- urbain continu
- urbain discontinu
- voirie

Figure 1 - Comparaison entre l'occupation du sol parcellaire et la base Corine Land Cover 2006 sur la commune d'Offranville (BV de la Scie)

Si l'occupation du sol parcellaire a le mérite de différencier de manière plus précise les zones urbanisées des prairies ou espaces verts à l'intérieur des agglomérations, la base de données Corine Land Cover possède quant-à-elle l'avantage d'entourer de manière précise chaque type de terrain.

L'analyse de ces deux types de données montre une différence moyenne d'environ 2-5 % avec des différences maximales (cf. tableau ci-dessous) pouvant atteindre environ 9 %. Les zones urbanisées ou les cultures possèdent des superficies plus importantes dans la base Corine Land Cover aux dépens de prairies. Corine Land Cover 2006 induit donc une occupation des sols plus contraignante en terme d'hydrologie (les zones urbanisées ou cultivées possèdent un coefficient de ruissellement plus fort que les secteurs en prairies).

	Corine Land Cover 2006 (1)				Occupation du sol par parcelles (2)				Différence maximale (1-2) %
Type	Urbain/voirie (%)	Culture (%)	Prairies (%)	Forêt (%)	Urbain/voirie (%)	Culture (%)	Prairies (%)	Forêt (%)	
Offranville	16.63	70.13	9.07	4.17	12.26	68.99	14.46	4.29	-5.4
Dénestanville	10.15	46.24	20.30	23.31	8.85	51.15	19.23	20.77	-4.91
Aubermesnil-Beumais	5.23	89.94	4.63	0.20	5.42	80.42	14.17	0.00	-9.54

Tableau 2 - Analyse de l'occupation du sol sur 3 communes, comparaison entre Corine Land Cover 2006 et l'occupation du sol parcellaire

La base Corine Land Cover sera utilisée pour la suite de l'étude.

L'occupation des sols de la plaine alluviale uniquement de la Saône (hors Vienne) a été cartographiée par Asconit Consultant en 2011 sur la base de l'orthophotoplan de 2009. L'analyse des orthophotoplans met en évidence que la zone inondable est couverte d'herbe à 57 % et de bois à 35 %. Les cultures représentent que 1 % de la superficie de la zone inondable, tandis que les zones urbaines que 7 % (3% zone d'habitat individuel dense et isolé et 3 % par des zones d'activités économiques).

2.4 Evolution de l'occupation du sol

L'Asconit Consultant (2011) met en évidence qu'entre 2003 et 2009 (à partir d'orthophotoplans) uniquement sur la plaine alluviale de la Saône (hors Vienne) :

- Une diminution de 90 % des surfaces en cultures ;
- Une augmentation des zones boisées de 34 % ;
- Une diminution des zones d'habitats de 68 %.
- Une diminution légère de 3.5 % des surfaces en herbe.

Le SBV de la Saône, Vienne et Scie a réalisé des études sur les sous bassins versants d'Ecaquelon, d'Imbleville, de Sassetot et du Bois de Bracquemont faisant partie du bassin versant de la Saône et Vienne. L'évolution de l'occupation du sol a été analysée de 1947 à 2003 et seulement de 1985 à 2003 pour le bassin versant du Bois de Bracquemont sur la base de photographies aériennes. L'analyse des occupations des sols montrent que (cf. figure ci-dessous):

- Ces sous bassins versants de la Saône sont très agricole (50 à 60 % de leur occupation du sol) ;
- Les surfaces urbaines augmentent mais très faiblement ;
- Les surfaces en prairies augmentent entre 1947 et 2003 avec des variations à la hausse ou à la baisse suivant les sous bassins versant entre 1957 et 1985 ;
- Les surfaces en verger ont pratiquement disparu au profit des cultures et des prairies.

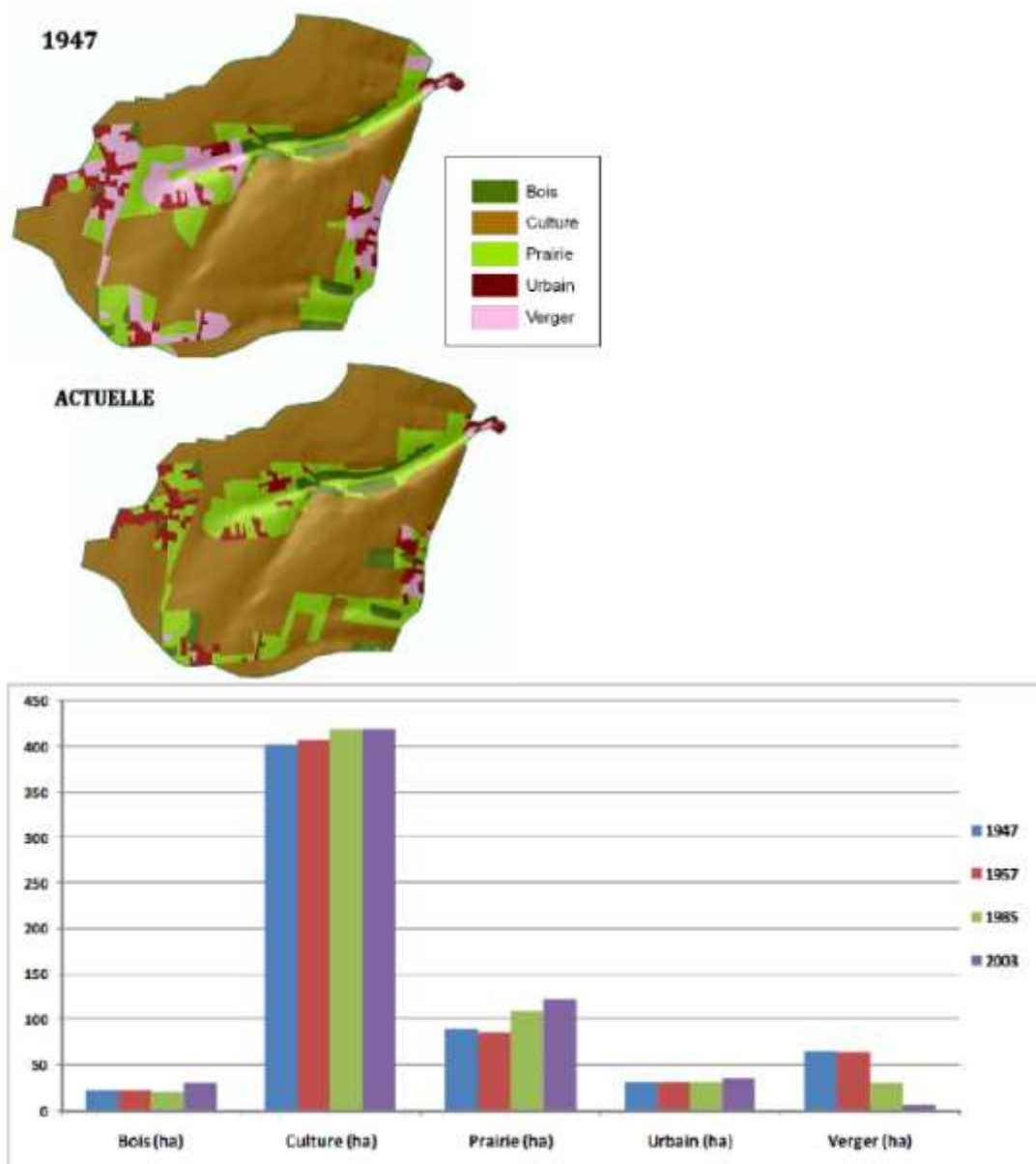
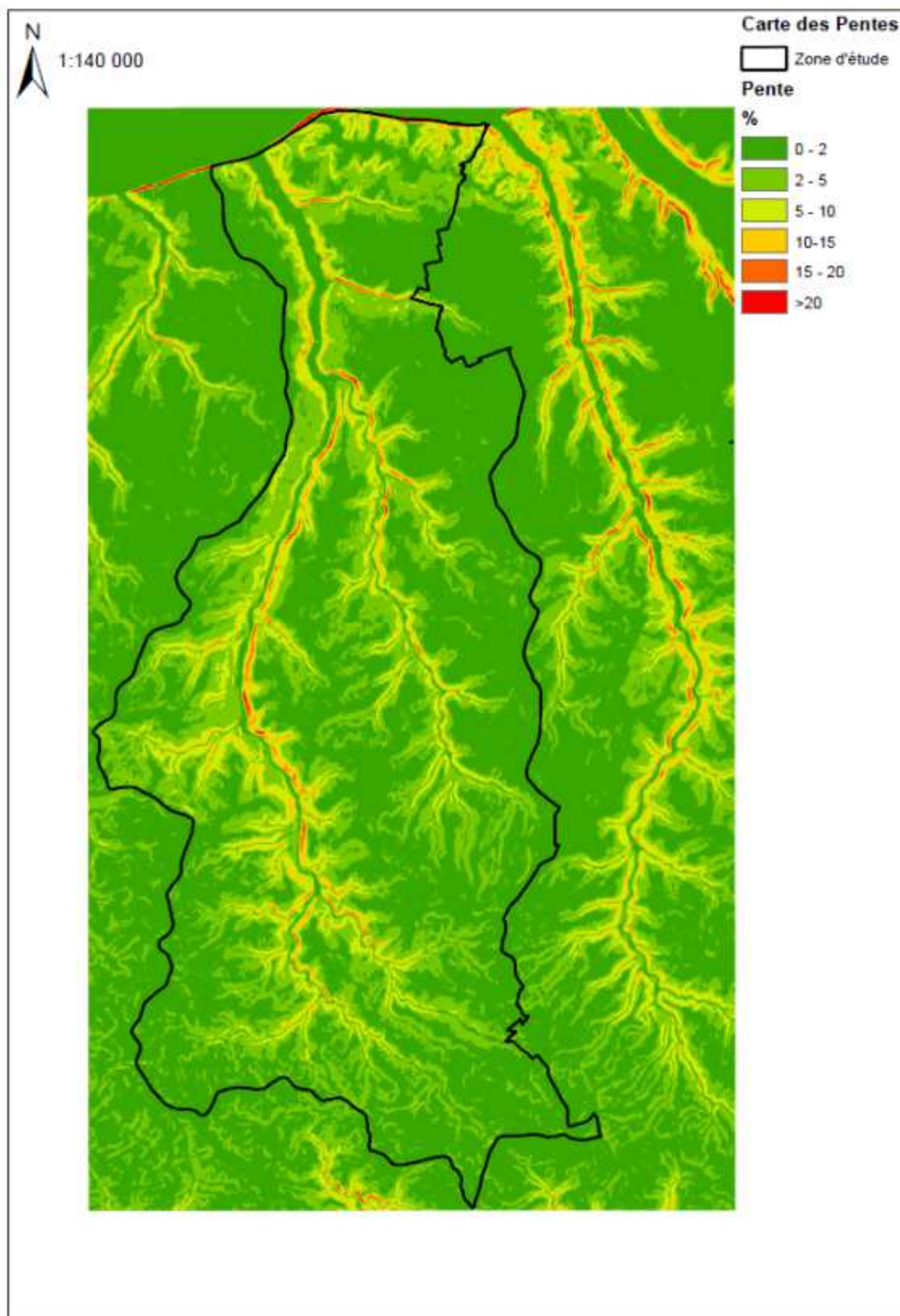


Figure 2 - Evolution de l'occupation du sol sur le bassin versant d'Ecaquelon entre 1947 et 2010 (Source : Asconit Consultant, 2011 et données source Sorange, 2010)

3 La topographie

De chaque côté des vallées de la Vienne et de la Saône (cf. carte page suivante) sont présents des zones de plateaux (pente de 0 à 2 %). Dès lors que l'on s'approche des cours d'eau ou des talwegs qui entaillent fortement le plateau de craie de part et d'autres des rives des cours d'eau, les pentes augmentent fortement et de façon croissante de 4 à 20 % (jusqu'à 45 % dans des secteurs très localisés). En amont de Gueures, les pentes supérieures à 20 % sont observées majoritairement sur les versants des rives droites de la Saône et de la Vienne.



Carte 4 – Carte des pentes du secteur d'étude

4 Le contexte géologique

Les données concernant la géologie sont principalement issues de la notice et de cartes géologiques (Editions du BRGM). Les paragraphes suivants décrivent les principales formations géologiques affleurantes sur la zone d'étude.

4.1 Le substratum

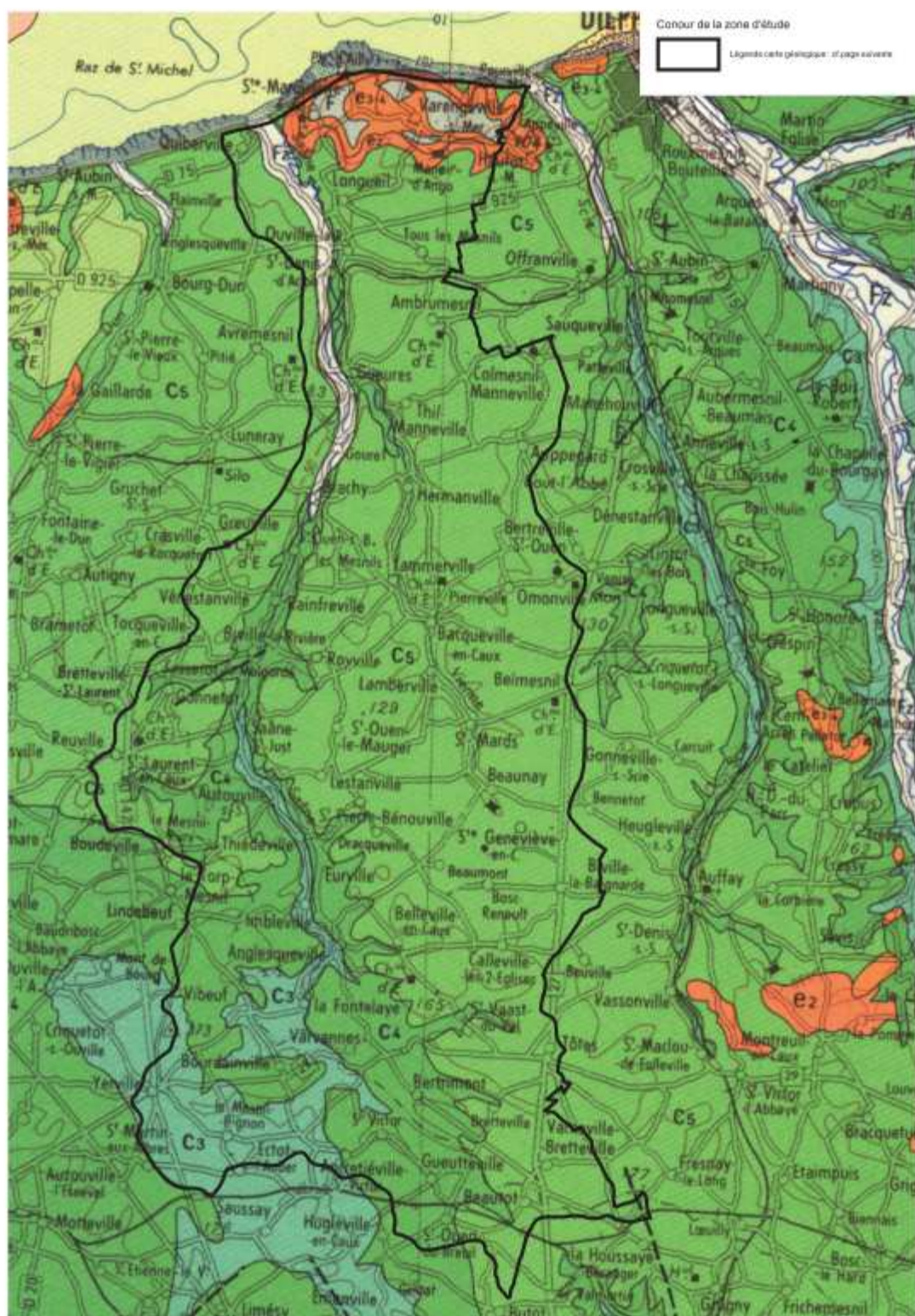
Le bassin versant de la Saône et de Vienne est en grande partie crayeux. Ces formations crayeuses datent du Crétacé Supérieur, reposant elles-mêmes sur la couche d'Argile de Gault (Crétacé inférieur) et couvrent environ 90 de la surface totale du bassin versant (cf. carte page suivante).

La craie présente est principalement celle du Sénonien Inférieur (3/4 du territoire). Celle du Tutorien est présente dans la partie Sud-Ouest de la zone d'étude.

Cependant, une zone de formations tertiaires subsiste sur la zone d'étude, notamment sur les communes Sainte-Marguerite-sur-Mer et Varengueville-sur-Mer. Il s'agit de sables argileux datant du Thanétien ou de l'Yprésien.

4.2 Les formations superficielles

Les argiles à silex (Rs), issues de la décomposition de la craie, eux-mêmes recouverts par les loess (LP), limons holocènes périglaciaires, ne laissent pas affleurer la craie du Crétacé sur les plateaux. Les argiles à silex apparaissent aux versants, et la craie n'affleure qu'aux pentes les plus élevées (cf. carte page suivante), extraite de la carte géologique du BRGM échelle 1/50000. En vallée, les alluvions modernes (Fz) affleurent ainsi que les colluvions (CF) au fond des vallons secs.



Carte 5 - Géologie du secteur d'étude (source infoterre.brgm.fr, carte géologique 1/250000)

LEGENDE

- F : sédiments fluviatiles anciens : Cailloutis dominants.**
- Fz : sédiments fluviatiles actuels et dunkerquiens.**
- e₃₋₄ : Cuisien inférieur (Formation de Varengueville) + Sparnatien (Sables et argiles à ostracodes et mollusques. Argiles à lignite) (appelée aujourd'hui Yprésien)**
- e₂ : Thanétien (calcaires lacustres d'Ailly. Sables et argiles à annélides de Caude-Côte. Sales à silex grès mamelonnés).**
- C₅ : Sénonien inférieur : craie à *Micraster cf. coranguinum* (Santonien Auct.)**
- C₄ : Sénonien inférieur : craie à *Micraster decipiens* (Coniacien auct.)**
- C₃ : Turonien (Craie blanche ou grise, à silex rare ou absent).**



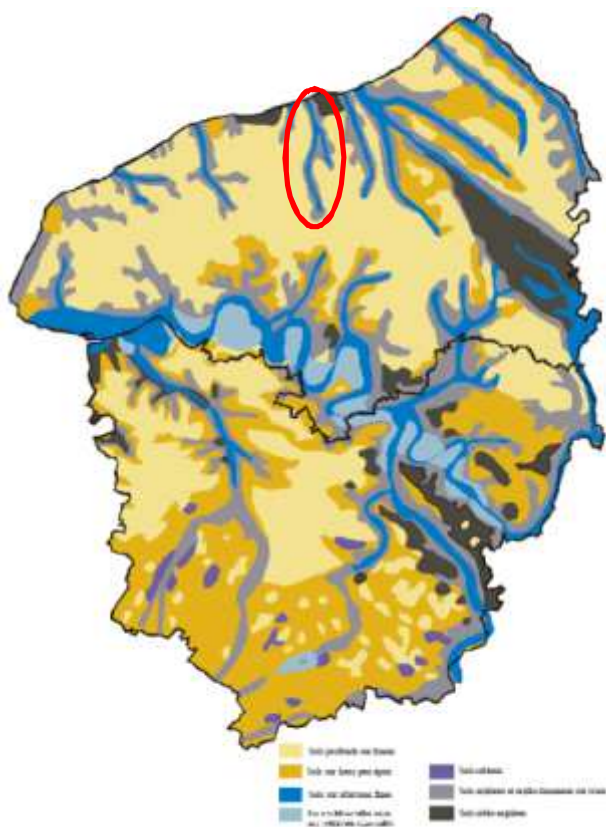
Carte 6 - Géologie sur le secteur de Brachy et Hermanville (source : www.geoportail.gouv.fr, BRGM carte géologique 1/50 000)

- Fz : Alluvions récentes.**
- LP : Limons de Plateaux**
- RS : Formation argilo-sableuse à silex.**
- CF : Colluvions des fonds de vallons secs : limons bruns altérés, parfois caillouteux à silex brisés).**
- C₄ : Sénonien inférieur : craie à *Micraster decipiens* (Coniacien auct.).**

5 Le contexte pédologique

La carte des sols de Haute-Normandie distingue sur la zone d'étude 4 types de sols :

- Des sols de limon épais ;
- Des sols de craie peu épais ;
- Des sols sablo-argileux et argilo-calcaire ;
- Des sols d'alluvions fines.



Carte 7 - Carte pédologique de Haute-Normandie (source ARENH/Atlas de l'Agriculture Normande)

- **Des sols de limon épais** : ce sont des sols bruns faiblement lessivés. Ils sont représentés en surface par des limons moyens, bruns foncés, poreux et sains. Ils sont présents sur les plateaux à l'est et au sud-ouest de la zone d'étude. Ces sols sont très sensibles à la battance, au tassement et à l'érosion.



Figure 3 - Coupe-type de sol de limon épais (source : Atlas des sols de Haute-Normandie/SERDA)

- **Des sols de craie peu épais** : ils sont représentés en surface par des limons argileux et argiles limoneuses, calcaire, gris organique présentant des cailloux de silex et de craie. Ils sont présents sur les versants à pentes raides.

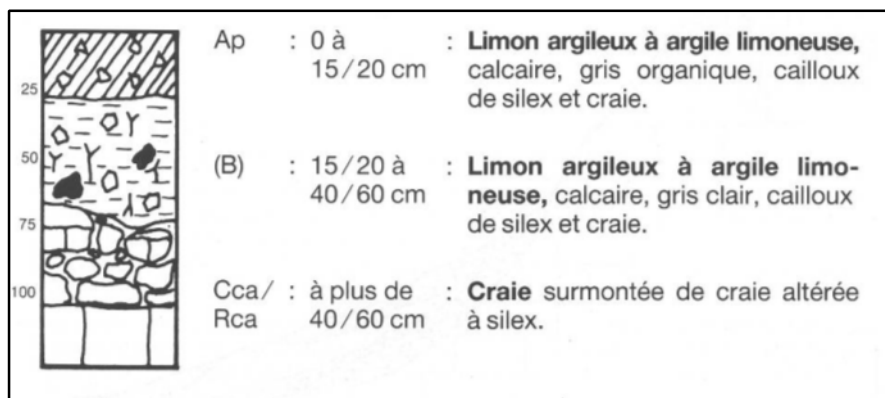


Figure 4 – Coupe-type de sol de craie peu épais (source : atlas des sols de Haute-Normandie/SERDA)

- **Des sols sablo-argileux** et argilo-calcaires : Ce sont des sols développés à partir des dépôts tertiaires. Le détail de leur texture et granulométrie n'est pas défini dans la carte des sols ni la carte géologique. Les investigations de terrains permettent de dire qu'ils ont une teneur importante en argile. Ils sont présents autour de Varengeville-sur-Mer.
- **Des sols d'alluvions fines** hydromorphes : ils sont représentés en surface par de l'argile limoneuse, noire, très organique. Ils sont présents dans tout le lit majeur de la Saône et de la Vienne.

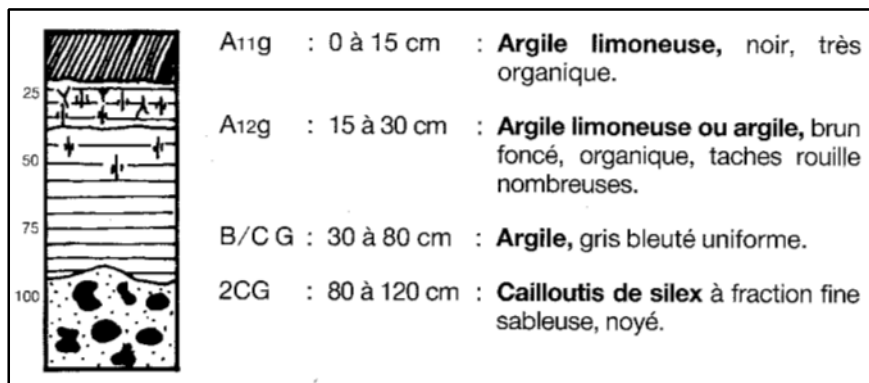


Figure 5 - Coupe-type de sol d'alluvions fines, hydromorphe (source : Atlas des sols de Haute-Normandie/SERDA)

La nature des sols est un paramètre déterminant dans la genèse du ruissellement et de l'érosion hydrique. Plusieurs paramètres influent sur la sensibilité d'un sol à l'érosion :

- La texture du sol qui correspond à la répartition des minéraux par classe de grosseur. On distingue ainsi des sols argileux, limoneux ou sableux ;
- La structure du sol, c'est-à-dire le mode d'assemblage des particules entre elles.

Les sols limoneux du plateau ont une structure peu construite et instable qui va être à l'origine de la formation d'une croûte de battance augmentant les risques de ruissellement et d'érosion. Cette particularité des sols limoneux à former des croûtes de battance est en liaison avec leur nature. Les sols de limons caillouteux peu épais ont une teneur en argile qui peut atteindre 20%, ce qui les rend moins sensibles à l'érosion et à la battance.

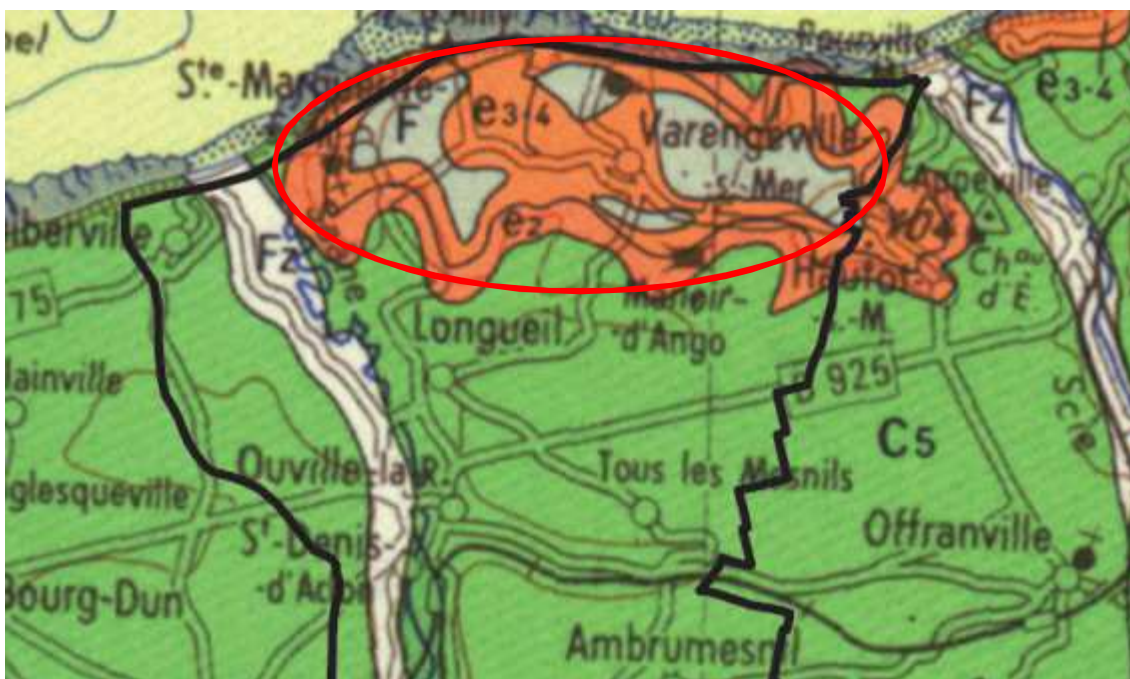
6 Le contexte hydrogéologique

6.1 Les aquifères

Les systèmes aquifères caractérisant le bassin versant de la Saône et de Vienne sont :

- La nappe de la Craie ;
- La nappe alluviale de la vallée de la Saône et de Vienne.

Toutefois, sur les communes de Varengueville-sur-Mer et de Sainte-Marguerite-sur-Mer, les sables fauves cuisien qui couvrent la craie forment une nappe perchée de petite taille (une quinzaine de km²). Ces formations favorisent l'apparition de nappe perchée générant des sources, des écoulements superficiels et des remontées de nappe (cf. carte 5). Ainsi, au sommet les eaux peuvent se trouver arrêtées dans les Cailloutis culminants par les argiles de la Formation de Varengueville, formant là-aussi une minuscule nappe superficielle.



LEGENDE cf. Carte 2

Carte 8 - Géologie dans le secteur de Varengueville-sur-Mer (source infoterre.brgm.fr, carte géologique 1/250 000)

De sa source jusqu'à l'exutoire, la Saône et la Vienne traversent une vallée crayeuse. Elles sont alors en étroite relation avec la nappe sub-affleurante de la craie, qui fournit des apports conséquents à la rivière. La nappe est peu profonde (parfois moins d'un mètre) et possède ainsi un puissant pouvoir tampon sur les débits du cours d'eau (soutien des étiages et modération des crues).

Lors d'un événement pluvieux important, les terrains du plateau crayeux permettent d'infiltrer les eaux de surface et donc d'écarter en partie les crues. Après saturation de cette couche, l'eau ruisselle vers les vallées sèches et les vallées humides.

Dans ces vallées peuvent se développer des karsts, dont la particularité réside dans des capacités d'écoulements souterrains importantes. La présence de ces réseaux karstiques permet également la formation de sources en fond de vallée.

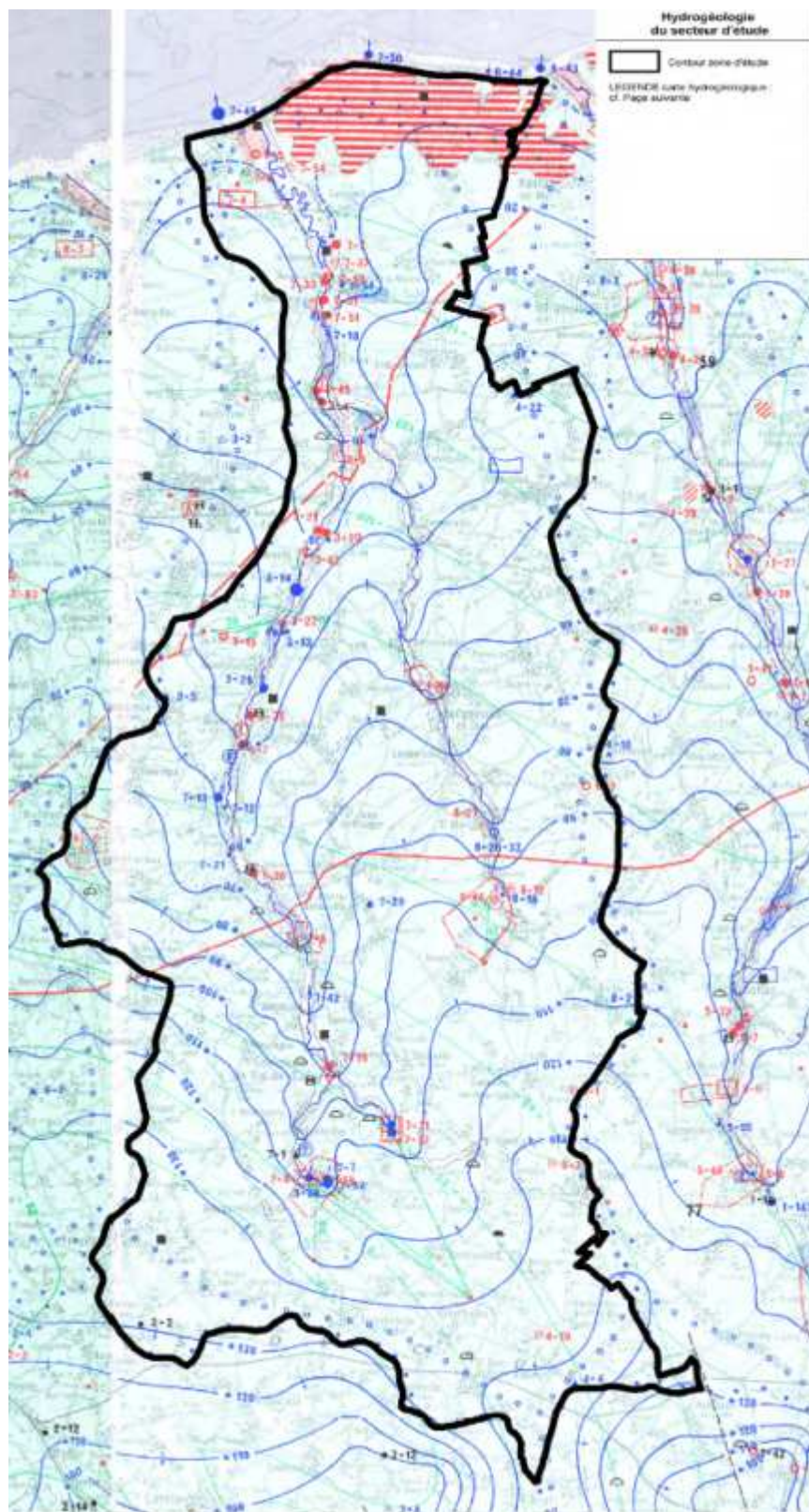
Dans la partie basse de la vallée de la Saône, l'aquifère alluvionnaire joue un rôle important dans les communications entre les eaux de surface et les eaux souterraines.

L'épaisseur de cette couche alluvionnaire peut dépasser 10 m. En allant vers l'aval, la proportion des alluvions récentes (limons sablo-argileux) diminue fortement au profit des alluvions anciennes (cailloutis et sables). Au sein de cette ancienne couche d'alluvions s'est développée une nappe en liaison plus ou moins directe avec la nappe de la craie sous-jacente. Dans la vallée, la nappe alluviale, alors fortement alimentée par les apports de la nappe de la craie, peut être localement en charge sous les alluvions récentes peu perméables.

6.2 La piézométrie

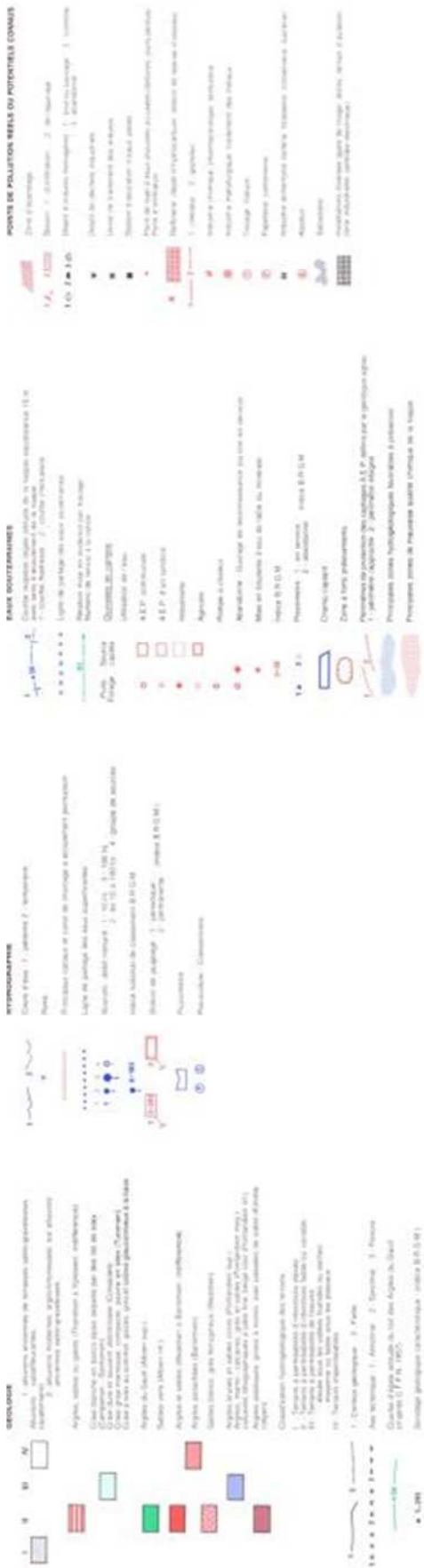
La piézométrie du secteur d'étude suit à peu près le relief de la vallée, avec des isopièzes moins élevées en vallée que sur les plateaux (cf carte page suivante). Le bassin hydrogéologique ne suit pas scrupuleusement le bassin hydrographique. Il est en effet plus large à l'Ouest et au Nord-Est, puis plus rétrécie au Sud. Ce qui signifie que si les eaux de l'ensemble du bassin versant ruissellent en direction de la Saône et la Vienne, il n'en est pas de même pour les eaux infiltrées.

Sous le plateau, la nappe est à une altitude de 100 m NGF, soit 40 à 50 m de profondeur. La recharge de la nappe de la craie s'effectue en général d'octobre à mars et la vidange d'avril à septembre.



Carte 9 - Hydrologie du secteur d'étude (source BRGM)

Légende page suivante



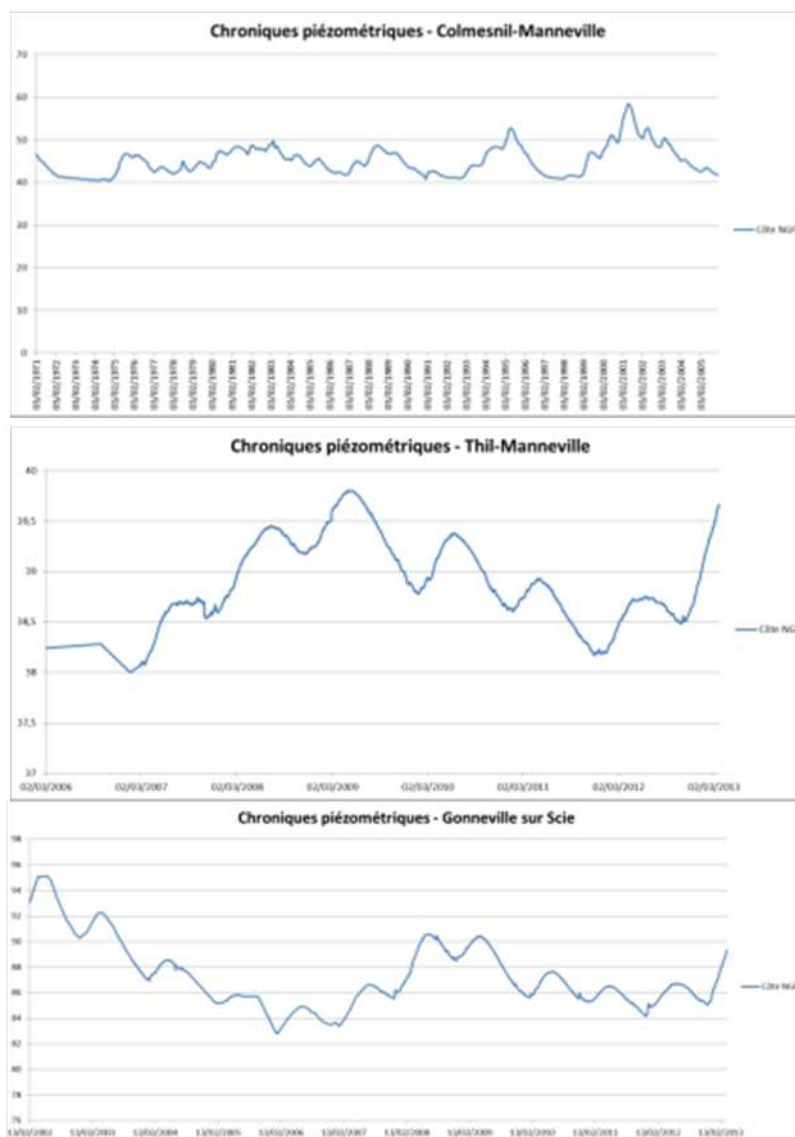


Figure 6 - Chroniques piézométriques de 3 piézomètres présents sur ou à proximité de la zone d'étude (données du BRGM)

Les chroniques des piézomètres situés sur ou à proximité de la zone d'étude indiquent des oscillations entre les périodes de hauts niveaux et bas niveaux d'eau souterraine de quelques mètres à presque 20 m.

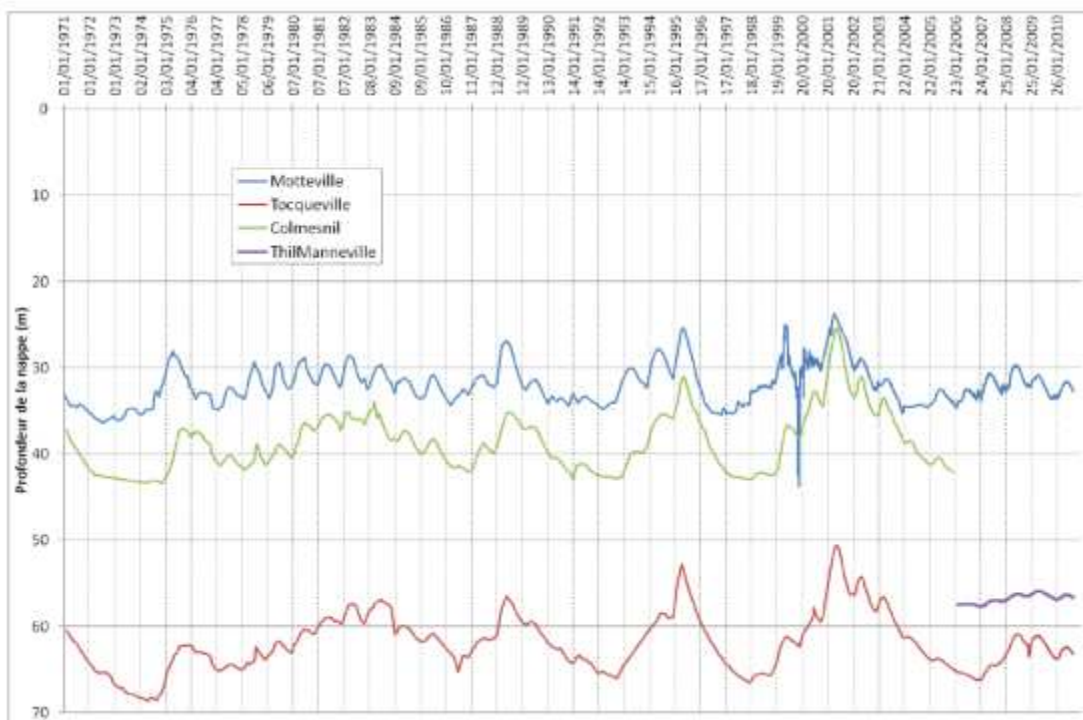


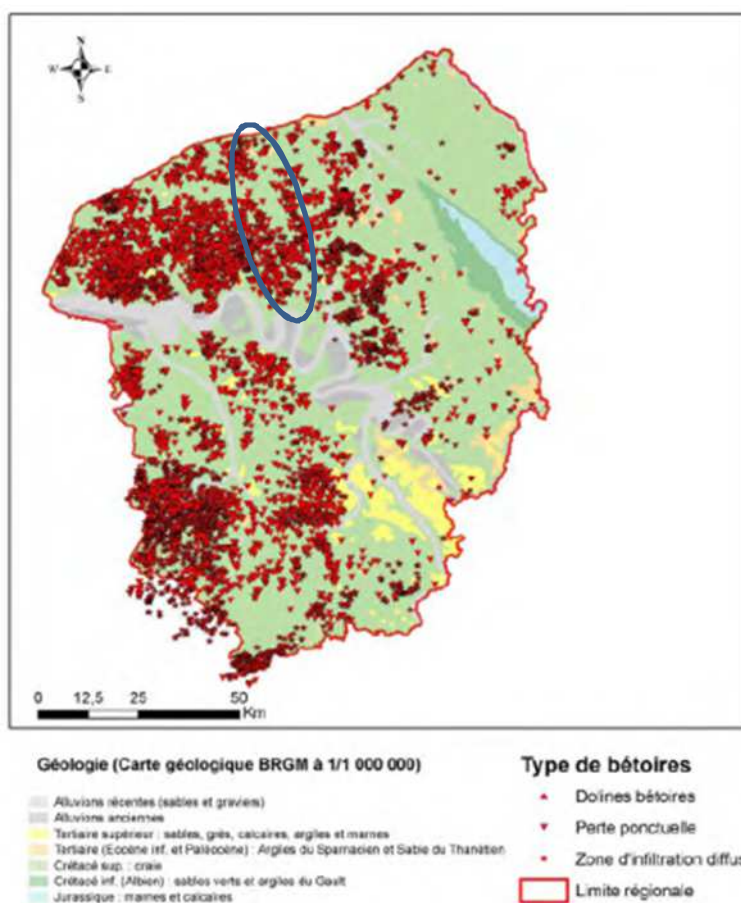
Figure 7 : Fluctuation de la nappe de la craie (profondeur de la nappe) (Source : Hydratec, 2011 données sources : BRGM)

6.3 Les bétaires et cavités artificielles

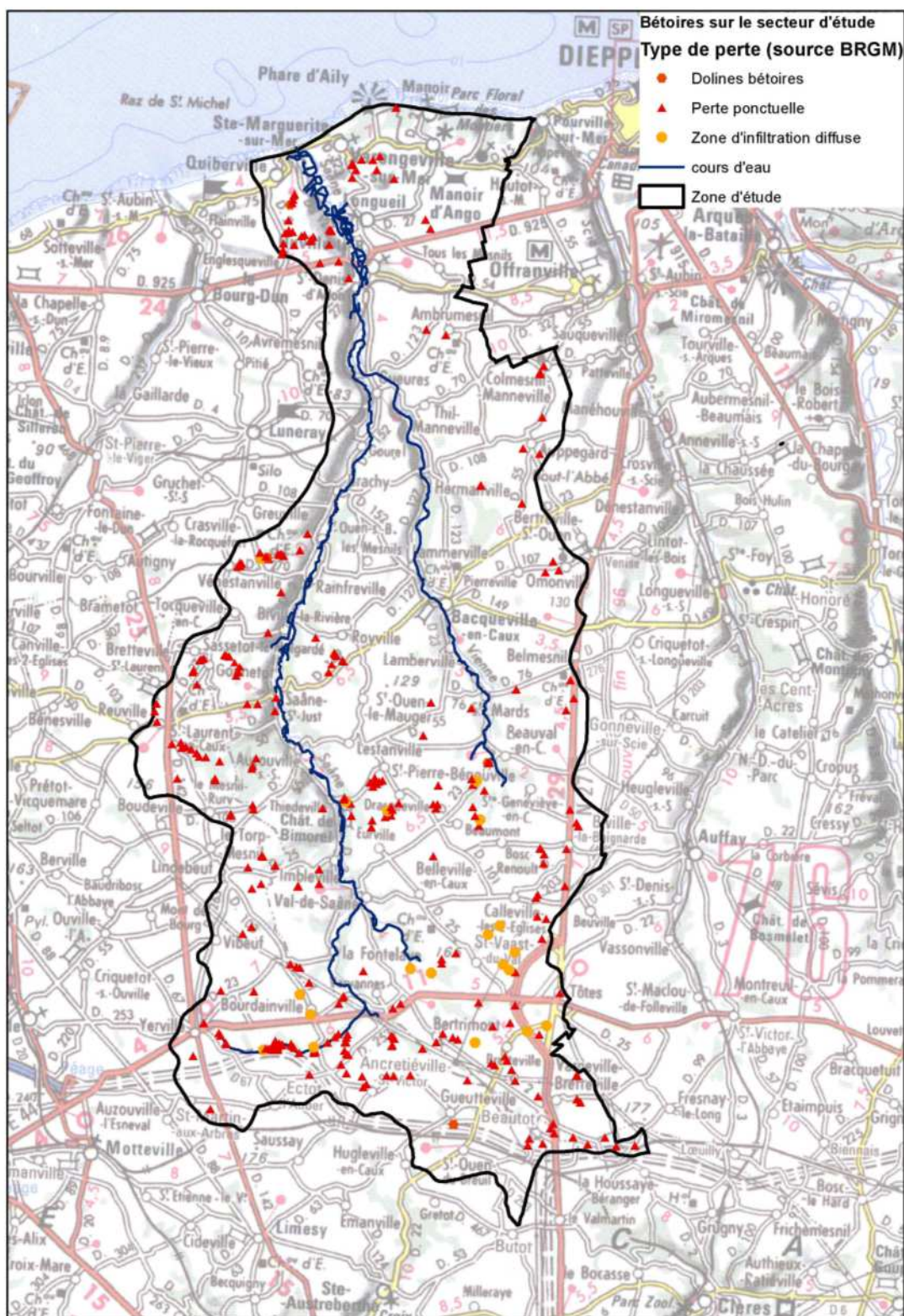
6.3.1 Les bétaires

La Seine-Maritime s'étend en grande partie sur de vastes plateaux crayeux impactés par des phénomènes karstiques. Les eaux superficielles s'infiltrent préférentiellement dans le sous-sol. Selon les niveaux lithologiques et le contexte structural local, la craie est plus ou moins fracturée et les processus d'altération et de dissolution sont à l'origine du développement de bétaires (dolines) et de réseaux karstiques. **Les bétaires perturbent le fonctionnement des écoulements superficiels en engouffrant une partie des ruissellements dans le sous-sol.** Le bassin versant de la Saône et de Vienne est un bassin versant karstique. Cependant, la densité de bétaires est plus faible par rapport au tiers ouest du territoire du département de Seine-Maritime (cf. carte ci-dessous). La formation des bétaires peut-être dues à 5 phénomènes différents (cf. schéma page suivante) :

- Les racines d'altération ;
- Les racines d'altération ayant recoupée un drain karstique ;
- L'effondrement du toit d'un drain karstique ;
- Les pertes liées à la présence de failles en vallée ;
- Les pertes liées à la présence de failles de décompression.



Carte 10 - Localisation des bétaires recensées dans le cadre de l'inventaire régional des bétaires en cours de réalisation (Source : BRGM juillet 2010)



Carte 11 – Localisation des bétoires sur le bassin versant de la Saône et de la Vienne recensées dans le cadre de l'inventaire régional des bétoires en cours de réalisation (Source : BRGM août 2012)

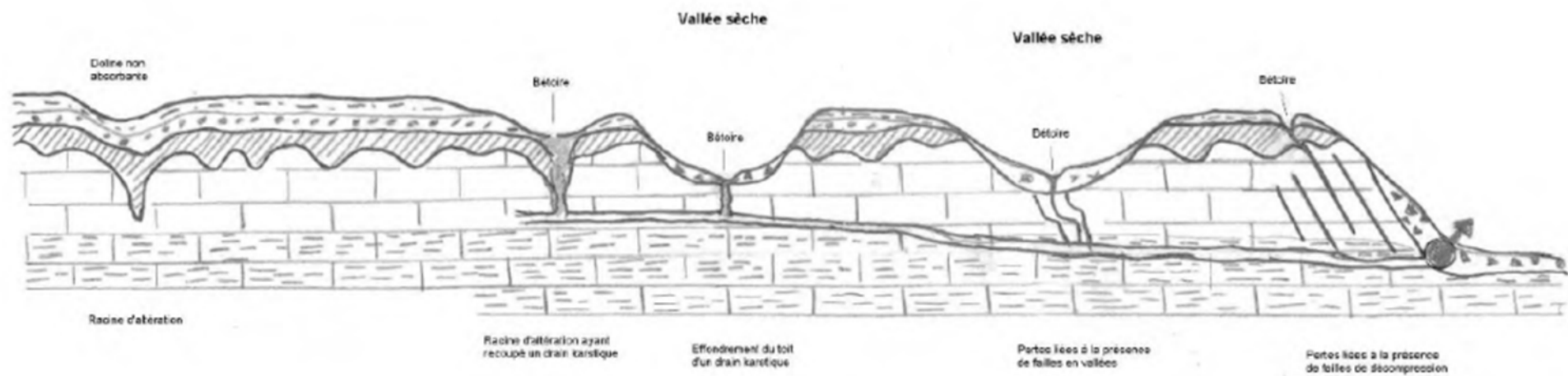
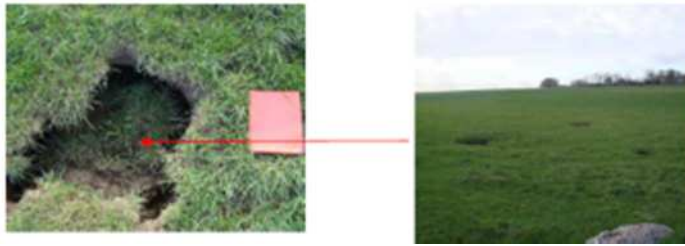


Figure 8 - Schéma des différents contextes d'apparition des bétôires (Source : BRGM)

Trois types de morphologie de bétaires ont été distingués par le BRGM :

- Perte ponctuelle : trou de faible profondeur ou de faible diamètre ou simple orifice à la surface du sol, engouffrant les eaux de surface temporairement suite aux précipitations. L'identification des pertes n'est souvent pas aisée, l'infiltration pouvant être rapide. Les pertes ne marquent pas toujours de façon nette la morphologie ; il y a absence d'incision, le processus d'infiltration étant à ses débuts ;
- « Doline bétaire » : doline prononcée (diamètre et profondeur importants) faisant apparaître en son fond des orifices centimétriques d'engouffrement des eaux. Le diamètre pouvant aller de 2 à plusieurs dizaines de mètres ;
- « Dolines coalescentes » : forme ovale dont la plus grande dimension est dans le sens du talweg.



Photographie 1 - Pertes ponctuelles (source : BRGM)



Photographie 2 - Doline bétaire (source : BRGM)



Photographie 3 - Bétaires coalescences (source : BRGM)

6.3.2 Les cavités artificielles

Les cavités artificielles creusées par l'homme peuvent être des marnières, des cailloutières, des sablières ou des argilières.

Le terme marnière est utilisé dans le Bassin Parisien pour désigner les exploitations de craie marneuse destinée au marnage des champs. La grande majorité de ces exploitations a été ouverte au 18^{ème} et 19^{ème} siècle. L'accès à des chambres creusées dans la craie se fait depuis le plateau par un puits creusé à la verticale du secteur à amender.

Les cailloutières, sablières, argilières sont creusées dans le sous-sol afin d'extraire respectivement du caillou, du sable, de l'argile. Elles étaient, elles aussi, implantées à proximité de l'endroit d'utilisation des matériaux (villages, routes, fermes).

Les Silex issus des formations résiduelles à silex ont fait l'objet d'une exploitation pour les besoins locaux, en particulier pour la construction des habitations.

Les sables fins à matrice argileuse rouge en poches de dimensions variables dans les formations résiduelles à silex ont été exploités de façon artisanale comme matériaux de construction.

Les Craies du Crétacé Supérieur ont été exploitées sous forme de marnières ou temporairement sur les versants des vallées dans de nombreuses carrières à ciel ouvert, pour les besoins de l'agriculture locale (amendement calcaire des terres ou marnage).

Enfin, les matériaux de surface tels que Limons des Plateaux ont été activement exploités pour la fabrication des murs en pisé et pour l'industrie des briques pleines. Toutes ces exploitations ont été abandonnées pour des raisons économiques. L'extraction était effectuée sur les plateaux.

Ces cavités artificielles peuvent intercepter les ruissellements et modifier les écoulements superficiels.

Des galeries pour relier des blockhaus construits par les allemands (entre 1939 et 1945) peuvent perturber le fonctionnement naturel hydraulique au niveau de la zone côtière. Après de longues pluies, des résurgences (sous forme de sources) alimentent des talwegs naturels pendant plusieurs jours et créent des dysfonctionnements sur des voiries (mini coulées de boues et inondations légères). Des témoignages sur le bassin versant de la Scie voisin de celui de la Saône, dans le secteur d'Hautot-sur-Mer ont décrits ces phénomènes.

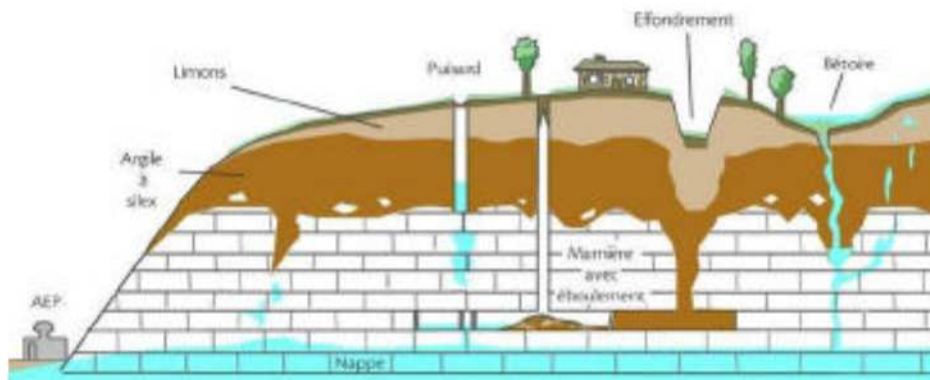


Figure 9 - Coupe schématique de la nappe de la Craie

Les bétoires et les cavités artificielles sont des éléments qui peuvent modifier les écoulements superficiels et souterrains.

7 Les processus de formation des coulées de boues

7.1 Contexte

La Haute-Normandie est une région française particulièrement impactée par les coulées de boues.

Les phénomènes de ruissellement sont fréquents dans le Pays de Caux et sur le bassin versant de la Saône et Vienne.

Ces ruissellements se concentrent dans les vallées sèches appelées talwegs (cf. photos ci-dessous) et provoquent des coulées boueuses sur les enjeux situés dans les passages d'eau ou à proximité.



Photographie 4 - Ruissellements torrentiels en Haute-Normandie (source : AREAS)

7.2 Processus de formation du ruissellement

La texture limoneuse des sols rends les sols sensibles à la battance ce qui réduit l'infiltration et favorise donc les ruissellements (cf. figure et carte page suivante). Une croûte de battance va progressivement se former et fermer la structure du sol pour la rendre de moins en moins perméable. Trois facteurs favorisent cette croûte de battance, à savoir :

- Les textures limoneuses ou argilo-limoneuses des sols sont sensibles à la battance et peu perméables dans le cas de présence d'argiles à silex ;
- Les précipitations sous formes d'orages violents essentiellement au printemps et l'été ou sous forme de pluie sur plusieurs jours en hiver ;
- Les pratiques culturales agricoles (affinage du sol, cultures sarclées (maïs, betteraves, pommes de terre...), cultures de céréales sur les plateaux...).

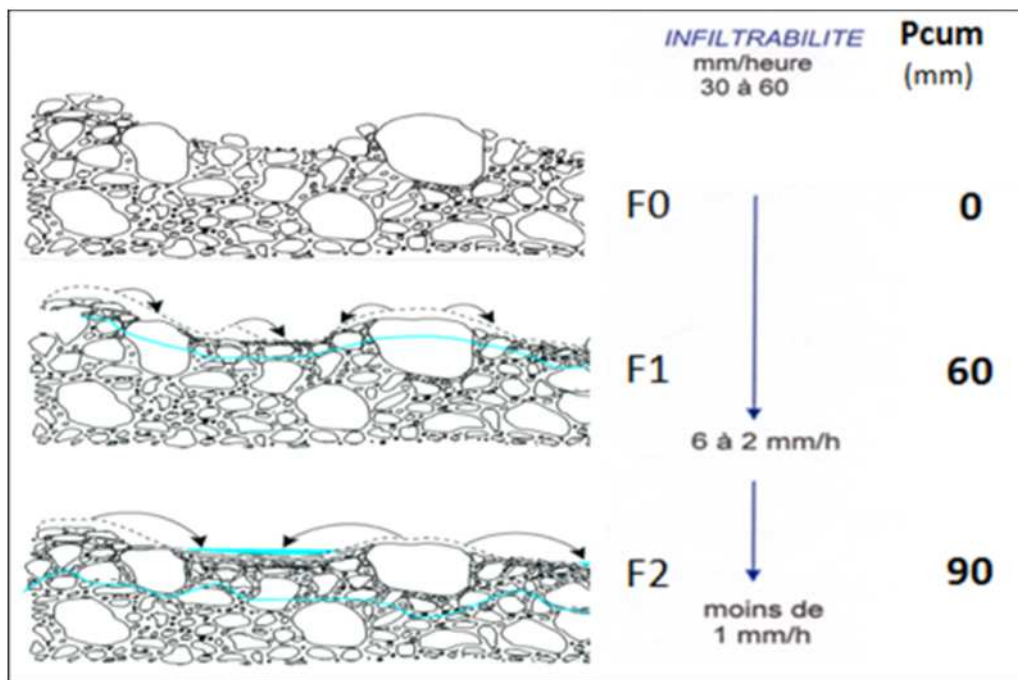


Figure 10 - Formation de la croûte de battance (source : V. Lecomte et Boiffin)

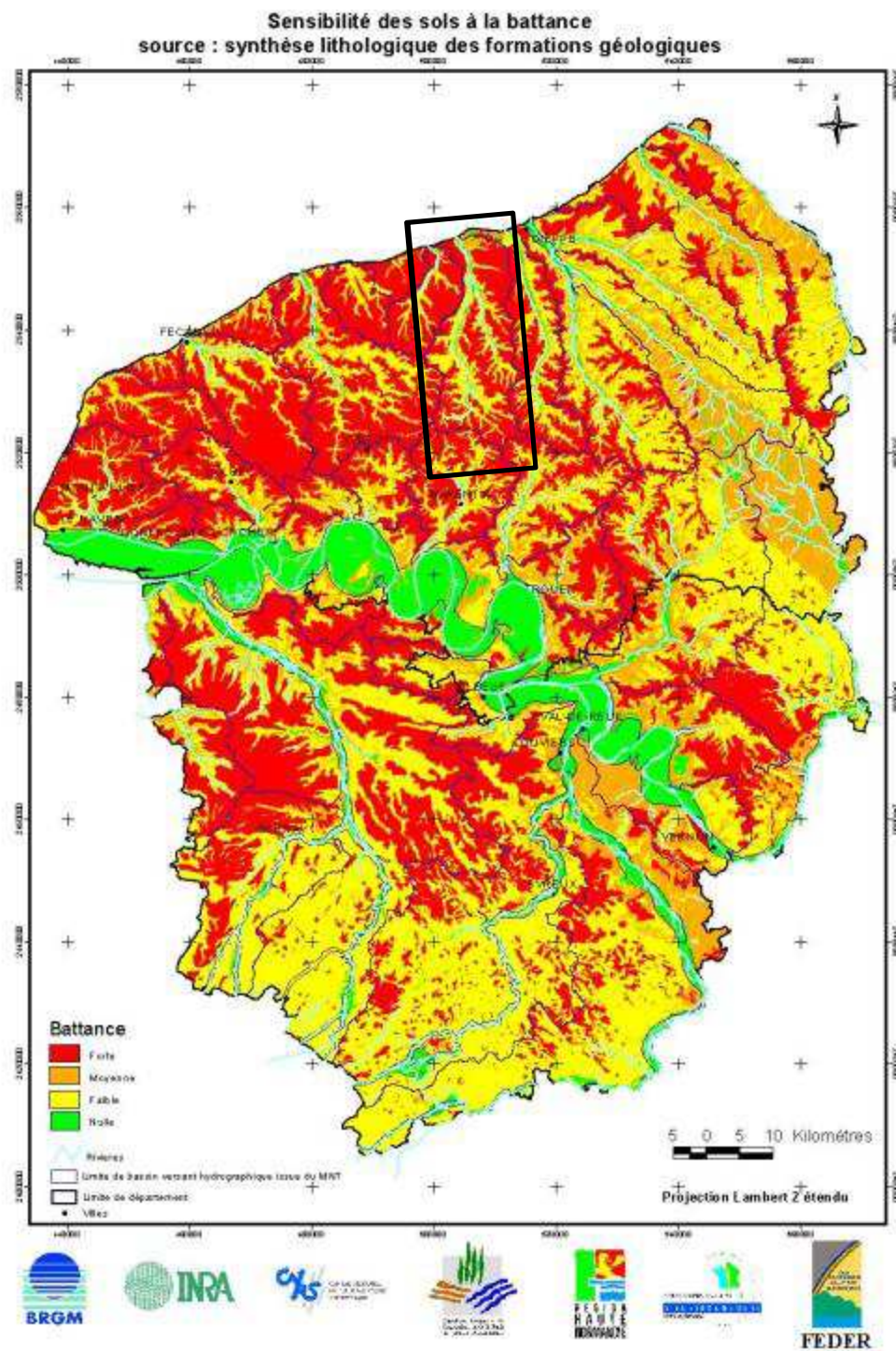


Planche R11 16

Carte 12 - Sensibilité des sols à la battance (source : BRGM)

Les zones de plateaux situées dans les parties amont du bassin versant sont particulièrement sensibles à la battance, tout comme les versants de part et d'autre de la Saône et de la Vienne dans de moindre mesure.

Les figures ci-dessous décrivent les conditions d'apparition des ruissellements

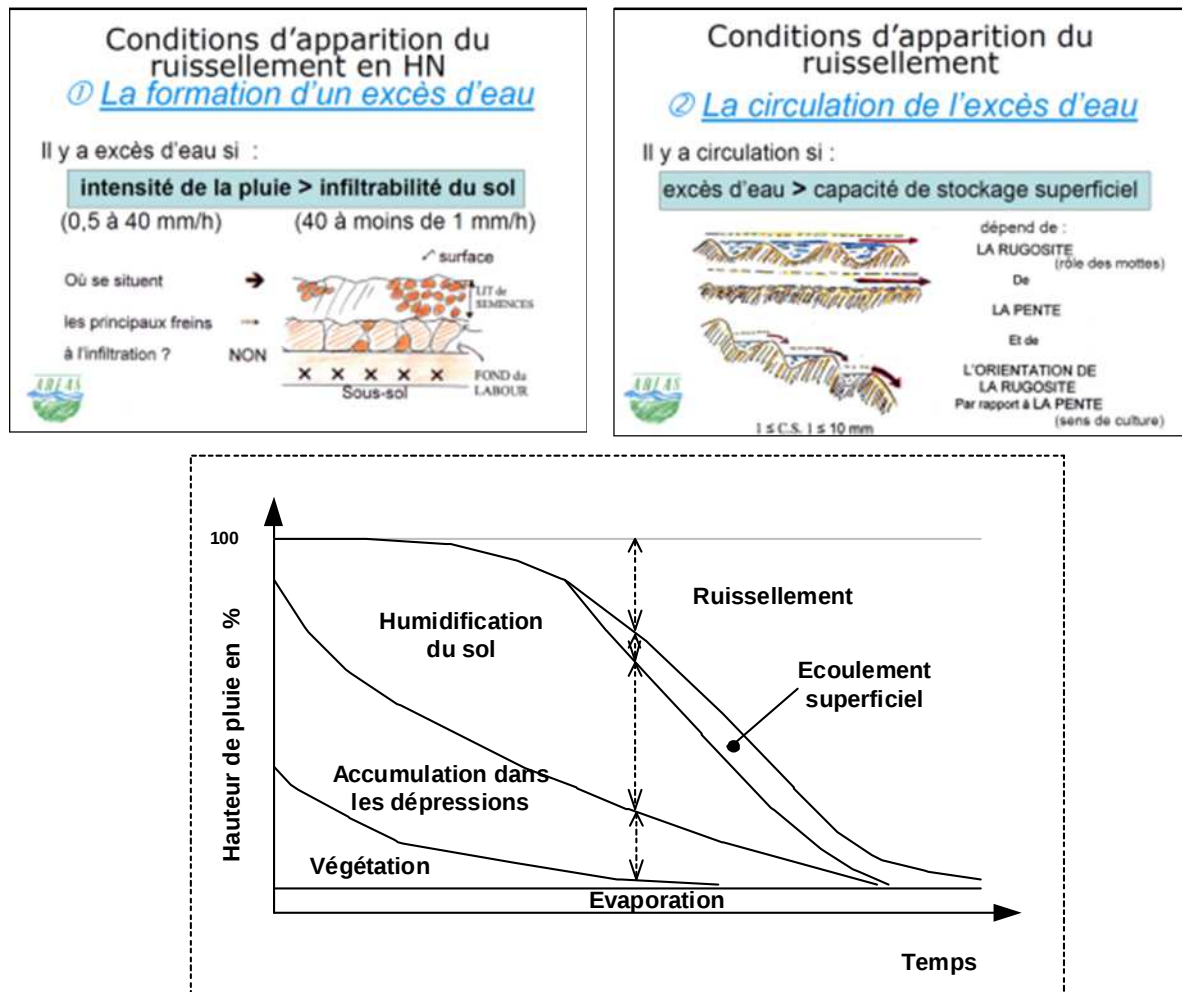


Figure 11 - Conditions d'apparition et de formation du ruissellement

Les phénomènes en jeu :

Les facteurs déterminants l'apparition de ruissellements sont :

- Le facteur utilisation du sol ;
- Le facteur nature du sol et infiltrabilité ;
- Le facteur relief des terrains et talwegs ;
- Le facteur d'interception (bétoire, mare, remblais routiers,...) ;
- Le facteur d'augmentation (source, drainage, curage des fossés, réseau EP...) ;
- Le facteur de saturation.

Le facteur utilisation du sol

Le facteur d'utilisation varie sur une échelle de 1 à 10 selon le type de culture et de la nature du sol (limons et argiles à silex sont des textures qui favorisent le ruissellement). Les pratiques culturales modernes affinent le sol en surface ce qui le rend plus sensible à la battance et donc favorise la genèse du ruissellement.

Le facteur nature du sol et d'infiltrabilité

Il peut se déterminer en trois degrés, dont l'appréciation s'appuie sur le paramètre K de Darcy, où K est la vitesse de filtration par unité de gradient hydraulique (exprimée en m/s) :

1. Sols perméables : sablonneux, graveleux : $K \geq 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$
2. Sols moyennement perméables : limoneux, argileux : $10^{-5} > K > 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$
3. Sols imperméables : très argileux compact... : $K \leq 10^{-7} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$

L'AREAS recommande sur les plateaux, la classification suivante :

- A. Sol sableux ou argileux non croûté infiltration minimale $> 7,6 \text{ mm/h}$
- B. Limon argileux et limon battant en été infiltration minimale $> 3,8 \text{ mm/h}$
- C. Limon très battant en hiver infiltration minimale $> 1,3 \text{ mm/h}$
- D. Zone compactée (ex trace de zones), sol argileux fermé infiltration minimale $< 1,3 \text{ mm/h}$.

Les sols sur le bassin versant de la Saône et de la Vienne sont de classe 2 (moyennement perméable) ce qui correspond à la catégorie C.

Le facteur relief des terrains et talwegs

Ce facteur influe doublement dans la génération des débits, sur :

- le coefficient de ruissellement. Celui-ci varie en fonction de la pente puisque le volume de rétention superficielle (micro-rétentions, flaques d'eau...) varie également. Plus la pente est importante, plus le volume de rétention superficielle est réduit et donc plus le coefficient de ruissellement sera élevé ;
- la vitesse de la lame ruisselée qui est fonction de la pente. Plus la pente est importante et plus les vitesses d'écoulement seront élevées.

Le facteur d'interception

Ce facteur est constitué :

- de petites entités hydrologiques du bocage telles les haies, les mares... ;
- des marnières et des bétoures qu'il convient de protéger ;
- des dépressions, fossés plats, récepteurs de flaques d'eau, et des aires d'expansion de crues ;
- des espaces herbus, prairies, cultures en bandes alternées...
- de secteurs inondés et inondables ;
- des bassins de rétentions, des dispositifs d'arrêts (diguette, bourrelets, ...), des passages d'ouvrages limités, des mises en charge régulées, des zones d'inondations contrôlées, existants ou à créer qui favorisent l'interception des ruissellements et leur infiltration.

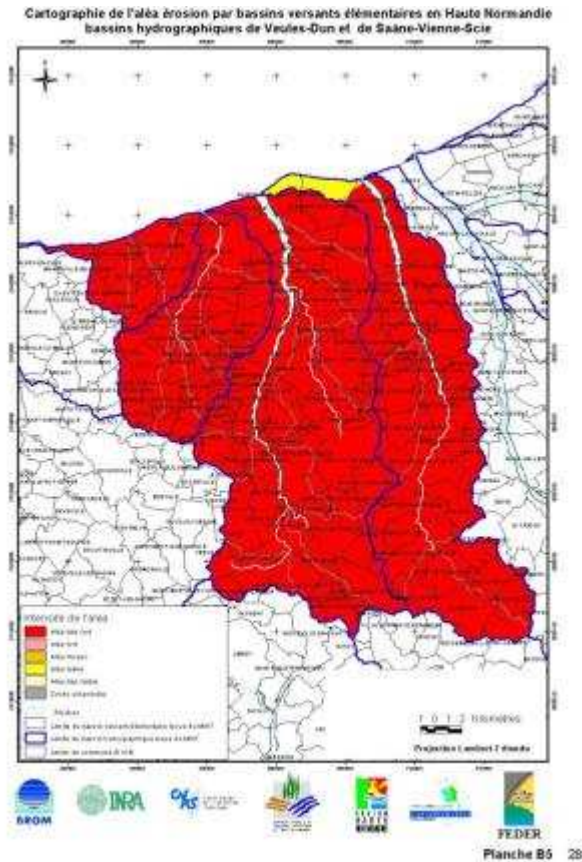
Le facteur d'augmentation

Au-delà des facteurs naturels de la pluie et de la morphologie du site, l'utilisation du sol ou d'autres facteurs anthropiques aggravent de plus en plus la situation antérieure.

Ce sont :

- des ruissellements accrus liés à l'évolution de l'agriculture, l'accroissement des parcelles et les pratiques culturales (les prairies sont en recul de 50 % en 30 ans) ;
- des fossés curés, bétonnés, et des collecteurs qui concentrent les débits aux exutoires ;
- des zones d'urbanisation denses, des lotissements notamment sur les coteaux, sans dispositif de rétention ni mesure compensatoires ;
- des routes, voiries, parkings, sans fossé ni stockage.

7.3 Processus de formation de l'érosion et types d'érosion



Le ruissellement favorise l'érosion des sols par ravinement, ce qui génère **des coulées boueuses**. L'aléa érosion sur le bassin versant de la Saône et de la Vienne est qualifié de très fort sur toutes les communes de la zone d'étude (cf. carte ci-contre).

Carte 13 - Aléa érosion des sols par commune
(le bassin versant de la Saône et de Vienne est le bassin versant le plus à l'est sur la carte)
(source : BRGM)

Les figures ci-dessous décrivent les conditions d'apparition et de formation de l'érosion.

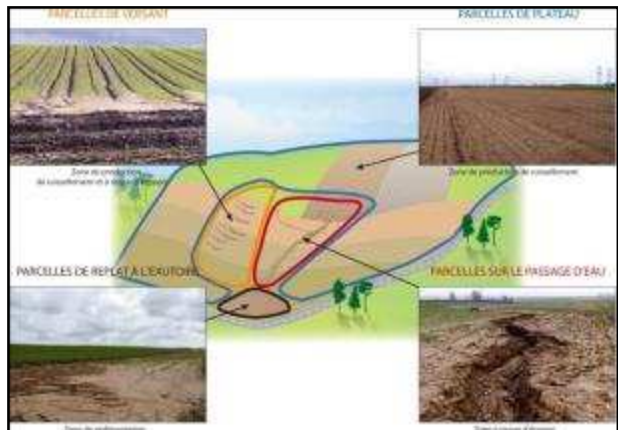
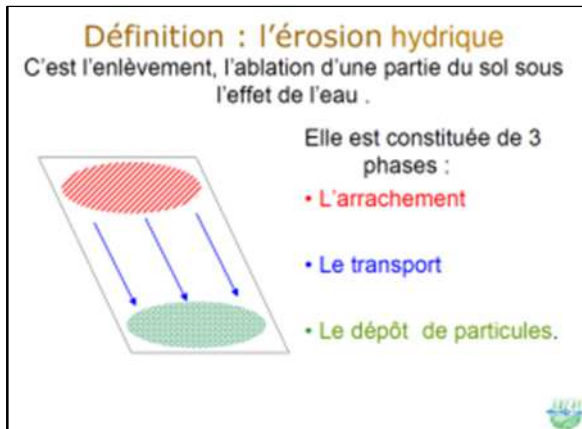


Figure 12 - Conditions d'apparition, de formation et de localisation de l'érosion (source : AREAS)

Dès lors que les vitesses des écoulements sont supérieures aux vitesses limites d'arrachement du sol, il y a arrachement. Puis, transport des MES (Matière En Suspension) et dépôt si les vitesses d'écoulement sont fortement réduites.

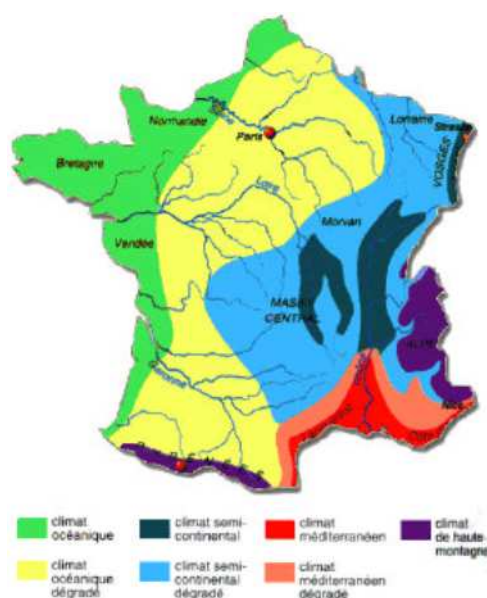
8 Le contexte climatique

8.1 Climat de la zone d'étude

Le climat de la Seine-Maritime est de type océanique et qualifié d'instable en raison des variations de température, de nébulosité... tous les 2 à 3 jours en moyenne. Le bassin versant de la Saône et de Vienne dispose d'un régime maritime à empreinte continentale.

Sur un plan climatique, la zone d'étude est située dans un secteur où deux influences majeures se rencontrent :

- Une influence maritime qui se manifeste par un climat doux et humide, avec des hivers modérément froids et des étés tempérés par la brise marine ;
- Une influence climatique nette de la vallée de la Seine.



Carte 14 - Principaux climat en France (Source <http://www.meteorologic.net>)

8.2 Un réseau historique important de stations météo

Une recherche des stations météorologiques dans ou à proximité du bassin versant de la Saône a été entreprise. Au total, une quinzaine de stations ont été identifiées :

- A partir des stations de Dieppe et de Rouen Boos (type 0), Météo France produit de grandes quantités de données techniques et statistiques pour des occurrences 100 ans à des pas temps variables ;
- Pour les autres stations météo le pas de temps minimal est de 24 h.

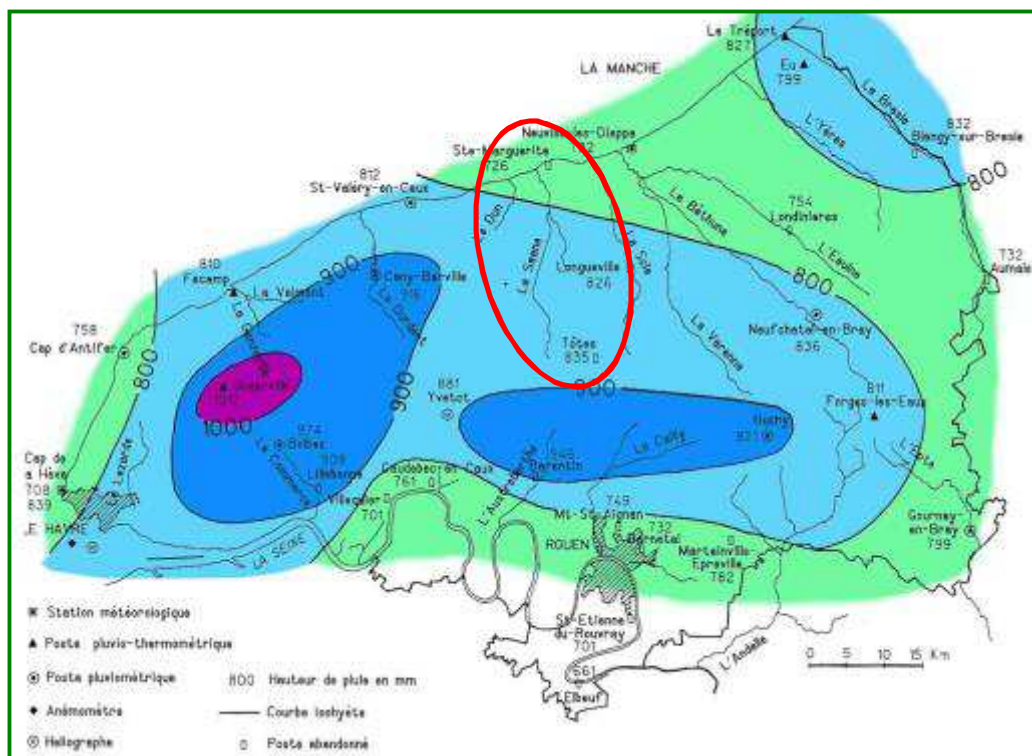
	Altitude (m)	Ouverture	Fermeture	Nombre d'années de fonctionnement	Station dans le bassin versant de la Saône	Type de station	Producteur	Précipitations enregistrées	Lambert X	Lambert Y
Anvremesnil	67	1972		41	Oui	Station manuelle type 4	Météo France	Hauteur de précipitation quotidienne	25376	5058
Auppegard (Colmesnil)	87	01/03/1962	31/12/1981	19	Oui	Station manuelle type 4	Météo France	Hauteur de précipitation quotidienne	25376	5058
Auffay	125	01/07/1951	31/08/2003	52	Non	Station manuelle type 4	Météo France	Hauteur de précipitation quotidienne	25255	5103
Boos (Rouen-Boos)	151	01/03/1968		45	Non	Station synoptique professionnelle, avec observation sur place type 0	Météo France	Hauteur de précipitation quotidienne Hauteur de précipitation horaire (depuis 1993) Cumul de précipitation 6 min (depuis 2005)	24879	5160
Dieppe	38	01/01/1945		68	Non	Station synoptique professionnelle, avec observation sur place type 0	Météo France	Hauteur de précipitation quotidienne Hauteur de précipitation horaire (depuis 1994) Cumul de précipitation 6 min (depuis 2005)	25492	5102
Dieppe (Casino)	7	01/01/1866	31/05/1940	74	Non	Station manuelle type 4	Météo France	Hauteur de précipitation quotidienne	25478	5095
Dieppe (rue de la Colline)	90	01/08/1940	31/12/1954	14	Non	Station manuelle type 4	Météo France	Hauteur de précipitation quotidienne	25478	5095
Ectot-Les-Baons	147	07/05/2005		8	Non		Météo France	Hauteur de précipitation quotidienne Hauteur de précipitation horaire Cumul de précipitation 6 min	25180	4900
Bosc-le-Hard	160	01/06/1870	31/01/1928	58	Non	Station manuelle type 4	Météo France	Hauteur de précipitation quotidienne	25150	5159
Bosc-le-Hard (Bosc)	163	01/10/1970	31/12/2012	42	Non	Station manuelle type 4	Météo France	Hauteur de précipitation quotidienne	25150	5157
La-Chapelle-du-Bourgay	108	01/01/1839	31/12/1847	8	Non	Station manuelle type 4	Météo France	Hauteur de précipitation quotidienne	25366	5143
Fresnay-le-Long	170	01/12/1949	31/12/1949	1 mois	Non	Station manuelle type 4	Météo France	Hauteur de précipitation quotidienne	25177	5101
Longueville-sur-Scie	62	01/01/1866	31/12/1938	72	Oui	Station manuelle type 4	Météo France	Hauteur de précipitation quotidienne	25335	5113
Tôtes	166	01/01/1866	31/12/1920	54	Oui	Station manuelle type 4	Météo France	Hauteur de précipitation quotidienne (1871 à 1881)	25211	5068
Yerville	155	1999		14	Oui	Station manuelle type 4	Météo France	Hauteur de précipitation quotidienne (Depuis 1999)	25211	5068

Tableau 3 - Caractéristiques des stations météo situées dans le bassin versant de la Saône et de la Vienne ou à proximité

8.3 Répartition des précipitations sur le secteur d'étude

Les cartographies ci-après illustrent la répartition spatiale des précipitations en Seine-Maritime. Des variations de la répartition des précipitations moyennes annuelles sur le territoire de la Seine-Maritime sont constatées.

Un gradient des précipitations décroissant d'amont vers l'aval est observé sur le bassin versant de la Saane.



Carte 15 - Précipitations moyennes annuelles en Seine-Maritime, normales sur plus de 70 ans de 1891-1930 et de 1951-1989 (source : Atlas hydrogéologique 76)

Le secteur amont du bassin versant (essentiellement la partie Sud-Ouest) est la zone la plus arrosée annuellement avec environ 1000 mm par an (cf. carte page suivante).

Fait marquant, la pluviométrie enregistrée sur Rouen-BOOS reste sensiblement égale à celle que l'on peut enregistrer sur la partie estuarienne de la zone d'étude (Quiberville-sur-Mer). La station météo de Dieppe permet d'approcher les précipitations sur la zone d'étude.

8.4 Caractéristiques des précipitations sur différentes stations météorologiques

Il pleut annuellement en moyenne environ :

- 820 mm à Rouen ;
- 800 mm à Dieppe (aval de la zone d'étude);
- 920 mm à Auffay (amont de la zone d'étude).

	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
Rouen BOOS (altitude 151 m)													
Moyenne	74.9	59.0	63.7	57.1	70.2	61.1	63.3	58.9	69.6	73.4	82.3	86.3	823
Maxi mensuel	158	134	182	122	148	171	167	145	168	174	161	236	236
DIEPPE													
Moyenne	66.9	51.7	59.8	50.5	58.2	58.7	57.6	59.9	75.5	85.3	97.1	79.6	799

Tableau 1 - précipitations moyennes mensuelles – maximales mensuelles (Rouen Boss 1964-2004 et Dieppe 1961 à 1990)(Source : Météo France_Sogeti)

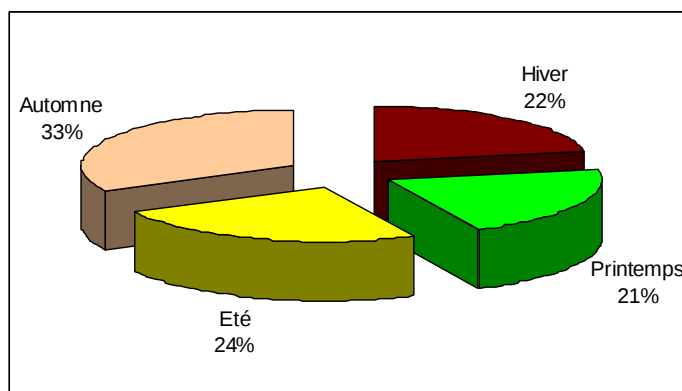


Figure 13 - Variations saisonnières de la pluviométrie (Source : Météo France Rouen Boos 1964-2004)

La répartition saisonnière de la pluviométrie montre que les pluies sont équitablement réparties selon les saisons. Cette répartition est identique pour la station météo de Dieppe. Les pluies d'automne et d'hiver représentent 55% de la pluviométrie annuelle et les pluies de printemps été 45%. Les mois d'octobre, novembre et décembre sont les plus arrosés. La contribution des pluies d'été et de printemps est ainsi globalement identique. La répartition du cumul des pluies de mai à octobre est identique à la répartition du cumul annuel des pluies sur le territoire du bassin versant.

➤ Pluies d'hiver de longue durée

Ce sont des pluies de faible intensité qui peuvent si elles durent longtemps (plus de 10 jours) saturer les sols, favoriser la battance des sols et ainsi donner naissance à des ruissellements.

Une étude sur **les pluies d'hiver** régionales (1993-2000) générant des ruissellements a été réalisée par Helloco et Richet (cf. figure ci-dessous). Les conclusions de cette étude indiquent qu'un cumul de précipitation **sur 10 jours supérieur à 70 mm** dont un événement de plus de **15 mm** génère du ruissellement.

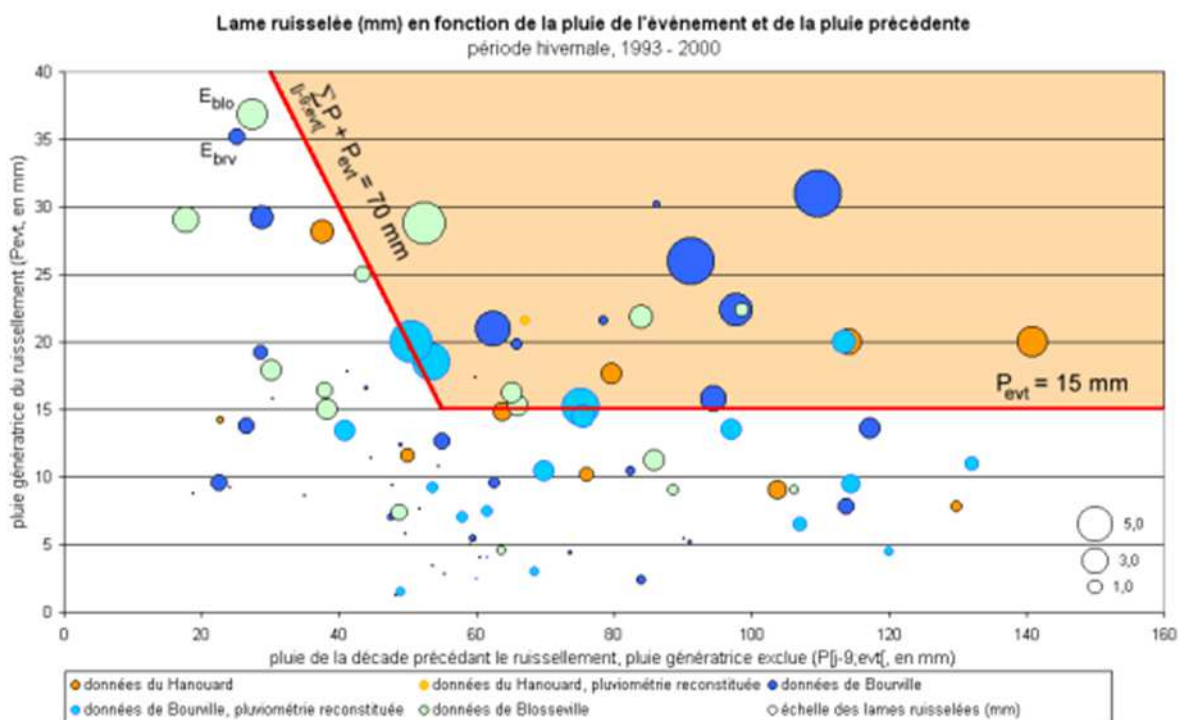


Figure 14 - Lame ruisselée (mm) en fonction de la pluie de l'événement et des précipitations précédentes (période hivernale) (Source : Helloco et Richet)

Les IDF (Indice Durée Fréquence) donnent une indication sur les intensités de pluies et les périodes de retour associées des pluies dites d'hiver (cf. tableau ci-dessous).

		Hauteur estimée sur la Période Intense		
		ans	mm	Intervalle de confiance à 70%
Période de retour	5	31.1	29.5	33.2
	10	35.0	33.0	37.9
	20	38.8	36.2	42.4
	30	41.0	38.1	45.0
	50	43.7	40.4	48.3
	100	47.3	43.5	52.8

Tableau 4 - IDF Automne hiver à Rouen Boss sur 24 h (source : Météo France 1969 à 2007)

➤ **Pluies d'orage d'été**

Les pluies de mai à septembre parfois violentes (plusieurs dizaines de mm) sur de courtes durées sont à l'origine de dysfonctionnements hydrauliques importants dans les zones urbanisées et sur voiries (voitures emportées, routes dégradées...). Parfois ces pluies, si elles précipitent sur des sols saturés entraînent des ruissellements dans les talwegs.

Les IDF (Indice Durée Fréquence) donnent une indication sur les intensités de pluies et les périodes de retour associées des pluies dites d'été (cf. tableau ci-dessous).

		Hauteur estimée sur la Période intense		
	ans	mm	Intervalle de confiance à 70%	
Période de retour	5	41.0	38.4	44.6
	10	47.8	44.3	52.8
	20	54.3	49.9	60.6
	30	58.1	53.1	65.1
	50	62.8	57.1	70.8
	100	69.1	62.5	78.4

Tableau 5 - IDF printemps été à Rouen Boss sur 24 h (source : Météo France 1969 à 2007)

8.5 Quelques événements pluvieux historiques

Les précipitations suivantes sont ainsi restées dans les mémoires pour avoir causées des dysfonctionnements hydrauliques sur la partie aval du bassin versant :

Ci-dessous des hauteurs de précipitations sur 24 h enregistrée à Dieppe ayant causées des dysfonctionnements hydrauliques :

28/10/1996	70 mm	09/10/2000	36 mm
02/09/1998	55 mm	23/03/2001	32 mm
07/05/1999	31 mm	05/06/2002	39 mm
24/12/1999	28 mm	27/06/2005	30 mm
07/05/2000	48 mm		

Tableau 6 - Précipitations sur 24 h enregistrées à la station de Dieppe ayant causé des dysfonctionnements dans la partie aval de la zone d'étude (Source : Météo France)

La station Météo-France d'Auffay et de Dieppe ont enregistré des précipitations sur 24 h de l'événement pluvieux ayant généré la crue de référence de 1999.

Les données de cette station pour la période concernée sont les suivantes :

	Dieppe 24 h	Auffay 24 h
22 décembre 1999	/	14.6 mm
23 décembre 1999	/	18.8 mm
24 décembre 1999	28 mm	46.4 mm
25 décembre 1999	29 mm	38.4 mm
26 décembre 1999	/	25.5 mm

Tableau 7 - Cumul des précipitations sur 24 h en décembre 1999 (Source : Météo France)

La station de Rouen Boos a enregistré plusieurs événements marquants de 1969 à 2007 (cf. tableaux ci-dessous).

Pluies d'hiver (octobre à mars)

hauteur mm	date
81.3	10/08/1983
53.4	20/06/1992
49.8	26/07/1985
44.8	26/07/2006
43.0	16/07/2007

Pluies d'été (mai à septembre)

hauteur mm	date
43.3	15/11/1974
38.0	18/12/1997
37.2	14/02/1990
35.2	18/12/1999
35.0	24/10/1998

Tableau 8 - Précipitations hivernales et estivales marquantes de 1969 à 2007 sur 24 h (Source : Météo France)

Les stations Météo France de Yerville et d'Anvremesnil ont enregistré des précipitations remarquables en 24 h (cf. tableau ci-dessous).

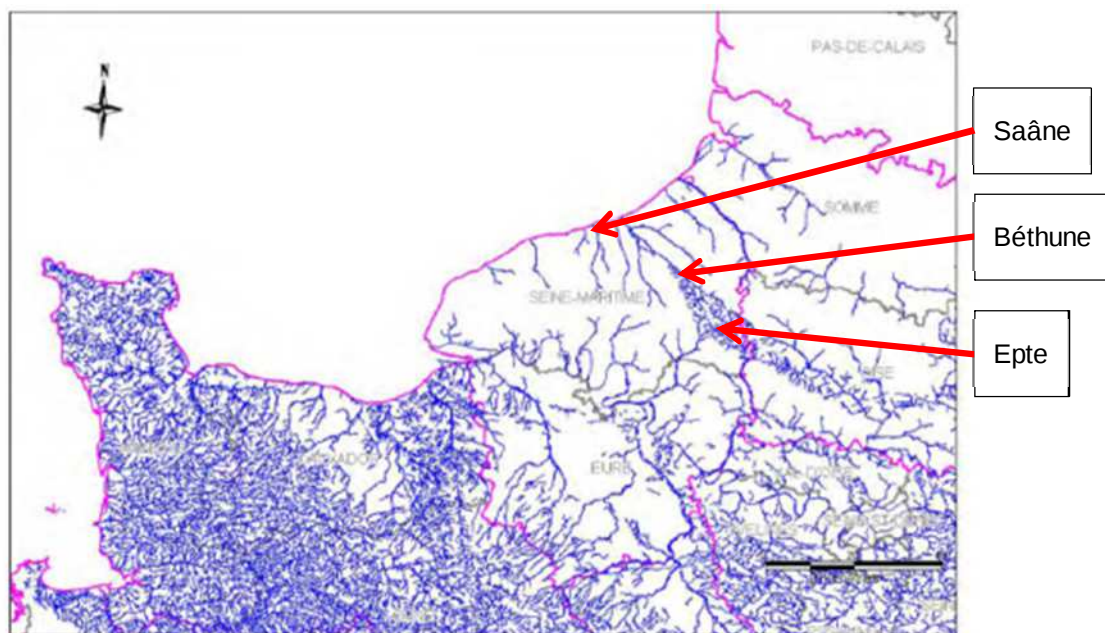
Anvremesnil		Yerville	
Hauteur observée	Date	Hauteur observée	Date
77.8 mm	17/05/2008	75 mm	03/08/2008
60 mm	02/09/1998	56 mm	24/12/1999
50.1mm	20/08/1975	51 mm	04/07/2000
49.8 mm	04/07/1975	51 mm	09/05/2000
49.5 mm	26/08/2010	50 mm	08/05/2000

Tableau 9 - Précipitations marquantes sur 24 h aux stations d'Anvremesnil et Yerville (Source : Météo France)

9

La Seine-Maritime dispose d'un réseau hydrographique peu dense par rapport aux départements de la Basse-Normandie en raison de son activité karstique.

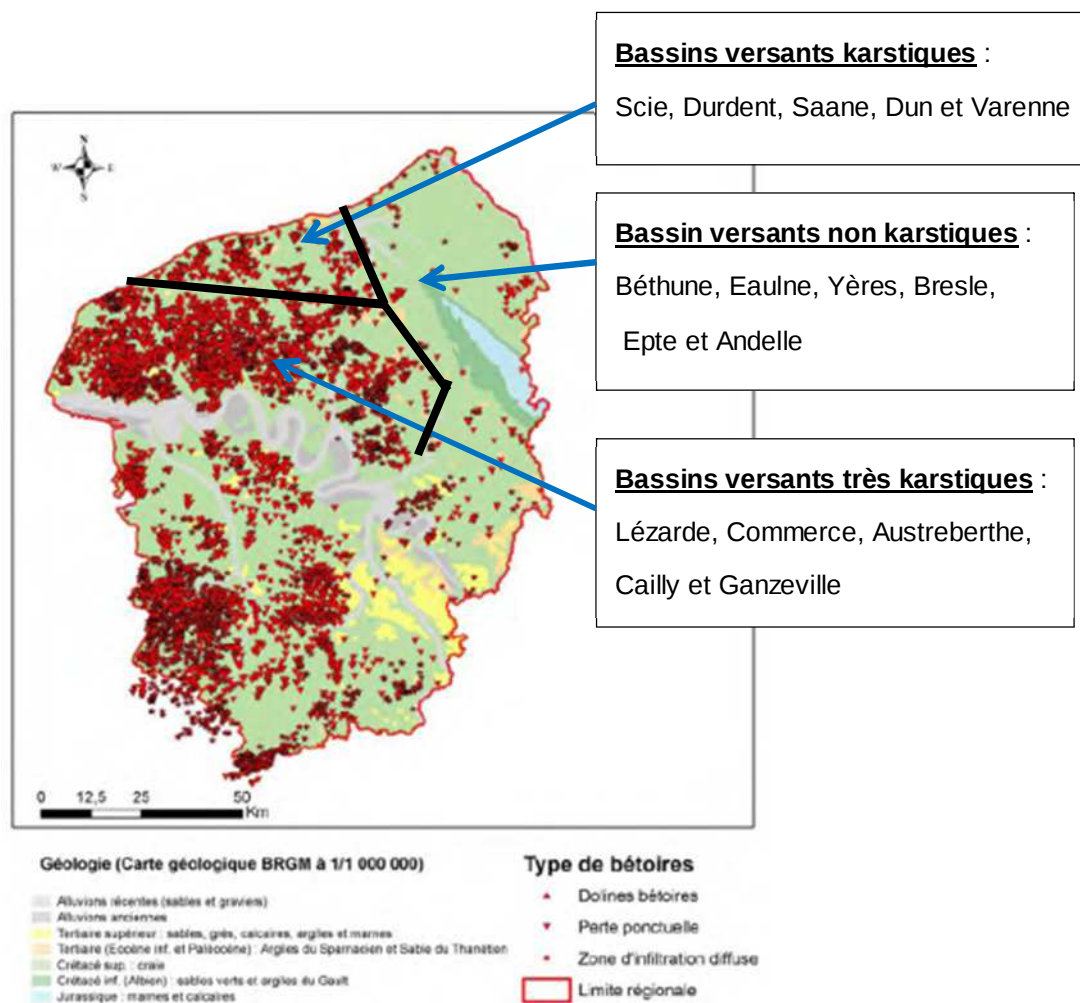
Des rivières comme la Béthune et l'Epte situées dans le Pays de Bray, secteur non karstique, on un fonctionnement semblable à des rivières de Basse-Normandie, mais très différent de la Saône et des rivières du Pays de Caux (cf. carte ci-dessous)



Carte 16 - Réseau hydrographique de Normandie (Source : BRGM)

Si on s'intéresse à l'activité karstique, on peut classer les bassins versants en 3 catégories :

- Bassins versants non karstique ;
- Bassins versants karstiques ;
- Bassins versants très karstiques.



Carte 17 - Activité karstique des bassins versants de Seine-Maritime (Source : fond de plan BRGM pour la localisation des bétoures)

10 Stations hydrométriques et débits caractéristiques

10.1 Stations de jaugeage

Trois stations hydrométriques ont été installées sur la rivière de la Saône :

- A Bourdainville : débits disponibles entre 1980 à 1995. Cette station intercepte un bassin versant de 36 km². Cette station a été remplacée par celle de Val-de-Saône. Les jaugeages couvrent une plage de débits de 0.1 à 0.6 m³/s. ;
- A Val-de-Saône : débits et hauteurs disponibles à partir de 1997. Cette station intercepte un bassin versant de 51 km². La courbe de tarage est construite pour des débits inférieurs à 4m³/s.
- A Longueil : Pas de données disponibles.

L'extrapolation des données sur les stations existantes pour estimer la crue 100 ans sur les cours d'eau n'est pas adaptée. Cependant, plusieurs stations hydrométriques disposent de données en Seine-Maritime (cf. tableau ci-dessous) réutilisables.

Seulement 7 stations ont plus de 20 ans de données.

Code de la station	Libellé de la station	Hauteurs Données disponibles	Débits Données disponibles
G0402020	La Bresle à Ponts-et-Marais [Ponts-et-Marais]	1999 - 2012	1999 - 2012
G1003010	L'Yères à Touffreville-sur-Eu	1977 - 2012	1978 - 2012
G2011010	La Béthune à Saint-Aubin- le-Cauf	1984 - 2012	1966 - 2012
G2203010	L'Eaulne à Martin-Église	2005 - 2012	2005 - 2012
G4002020	La Saane à Val-de-Saâne	1997 - 2012	1997 - 2012
G5002010	Le Dun au Bourg-Dun [Le Pont Blanc]	1995 - 2012	1995 - 2012
G6003010	Le Durdent à Vittefleury	1980 - 2012	1985 - 2012
G7002020	La Valmont à Colleville	2005 - 2012	2005 - 2012
G7103010	La Ganzeville à Ganzeville	1980 - 2012	1980 - 2012
G9103020	La Lézarde à Montivilliers	2003 - 2012	2003 - 2012
H8002020	L'Epte à Saumont-la-Poterie [Pont de Viogne]	2004 - 2012	2004 - 2012
H8012010	L'Epte à Gournay-en-Bray	1969 - 2012	1969 - 2012
H8202010	L'Andelle à Rouvray-Catillon	1989 - 2012	1989 - 2012
H9913010	Le Cailly à Fontaine-le- Bourg [Grand-Tendos]	1984 - 2012	1980 - 2012
H9913020	Le Cailly à Notre-Dame-de- Bondeville	1985 - 2012	1963 - 2012
H9913030	Le Cailly à Cailly [Cailly]	1998 - 2012	1998 - 2012
H9923010	L'Austreberthe à Duclair [Bas Aulnay]	1965 - 1999	1965 - 1999
H9923020	L'Austreberthe à Saint-Paër	1997 - 2012	1997 - 2012
H9923310	La vallée sèche à Saint-Paër [Le Paulu]	2002 - 2011	2002 - 2011
H9943410	Le Commerce à Lillebonne	1989 - 2011	1989 - 2011
H9943420	Le Commerce à Gruchet-le- Valasse	1994 - 2012	1994 - 2012

Tableau 10 - Stations hydrométriques disponibles en Seine-Maritime (DHI, 2013)



Carte 18 - Réseau hydrométrique de Haute-Normandie (septembre 2003)

10.2 Débits caractéristiques des rivières du Pays de Caux

Une première présentation hydrologique des cours d'eau a été réalisée. Elle reprend, les données des débits maximum enregistrés sur quelques stations et l'estimation par la loi de Gumbel des débits de pointe (Qx) de période de retour 10, 20 et 50 ans.

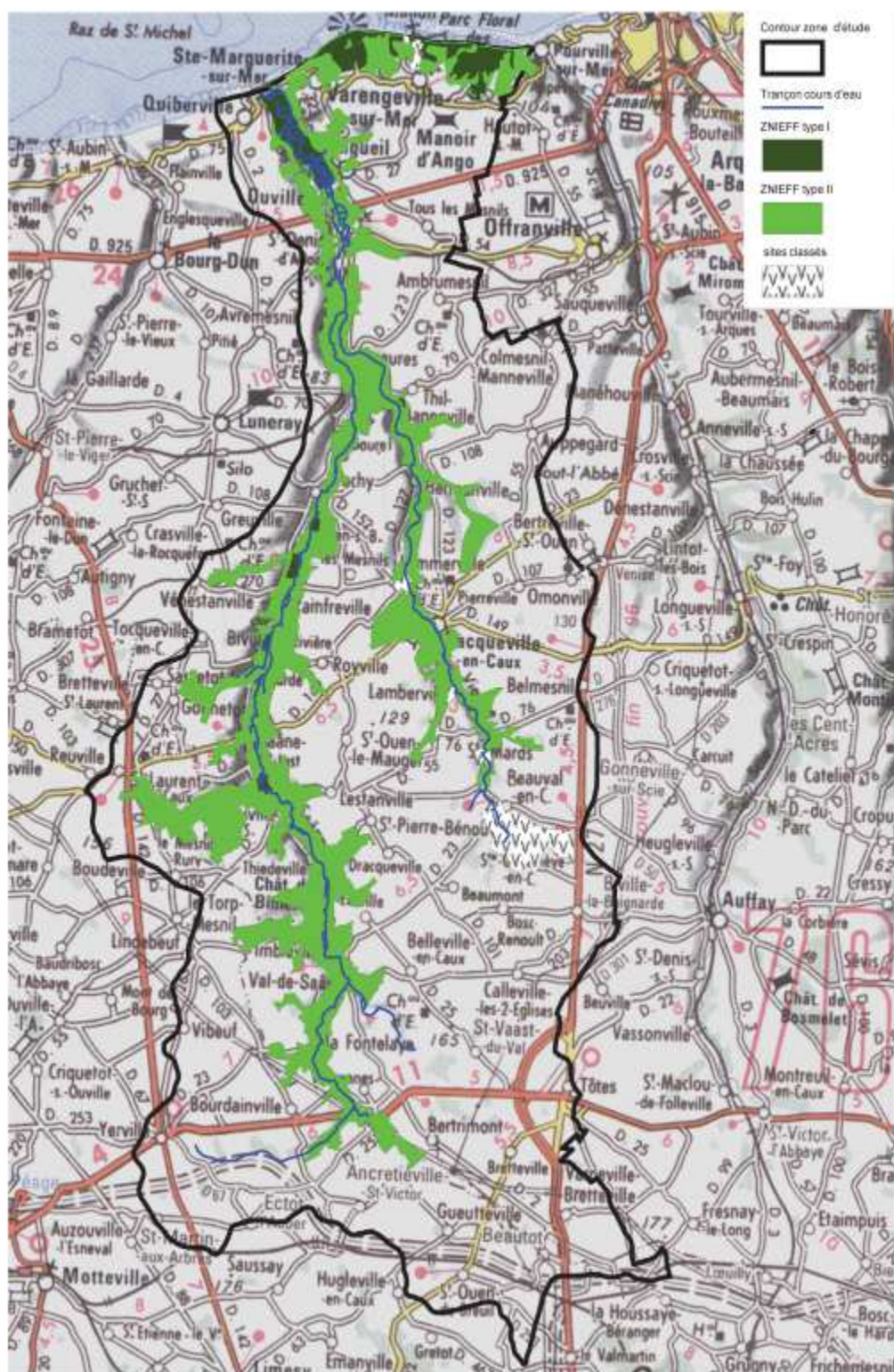
	SURFACE	durée	Q10 IX	Q20 IX	Q50 IX	Q max. connu	Date du débit maximum connu
NOM	Km ²	année	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	
LA SAANE à BOURDAINVILLE	35.5	15.0	2.6	3.2		4.6	20/12/1993
LA SAANE à VAL-DE-SAANE	50.7	12.0	9.8	12.0		19.8	26/09/1999
LE CAILLY à FONTAINE-LE-BOURG [GRAND-TENDOS]	84.9	30.0	3.3	3.9	4.7	5.0	01/05/1981
LE CAILLY à NOTRE-DAME-DE-BONDEVILLE	199.0	49.0	8.7	9.9	11.0	9.6	08/05/1988
LE CAILLY à CAILLY [CAILLY]	28.5	12.0	3.3	4.0		6.4	26/12/1999
L'YERES à TOUFFREVILLE-SUR-EU	267.0	33.0	9.8	11.0	13.0	12.5	26/12/1999
LE DURDENT à VITTEFLEUR	355.0	24.0	12.0	14.0	17.0	18.8	26/12/1999
LA GANZEVILLE à GANZEVILLE	89.3	31.0	3.9	4.5	5.3	8.5	14/05/1998
LE COMMERCE à GRUCHET-LE-VALASSE	118.0	17.0	6.8	7.4		8.0	26/12/1999
L'AUSTREBERTHE à DUCLAIR [BAS AULNAY]	209.0	35.0	8.4	9.5	11.0	8.1	16/06/1997
L'AUSTREBERTHE à SAINT-PAER	157.0	13.0	14.0	16.0		18.7	11/05/2000
LE DUN AU BOURG-DUN [LE PONT BLANC]	93.3	15.0	6.6	8.0		8.2	26/12/1999

Tableau 11 - Débits maximum connus et débits estimés de fréquence 10, 20 et 50 ans (loi de Gumbel) (Source : Banque Hydro de la DREAL de Haute-Normandie)

La moitié des rivières ont connues leur crue maximale en 1999 d'après les enregistrements des appareils de mesures installés.

11 Les milieux naturels

Plusieurs ZNIEFF (Zones Nationales d'Intérêts Ecologiques, Floristiques et Faunistiques), des sites classés et une partie d'une Zone Spéciale de Conservation sont présentes sur le site d'étude (cf. carte page suivante) :



Carte 19 - Les milieux naturels sur le secteur d'étude (source DREAL Haute-Normandie)

Chapitre 4 - Diagnostic du fonctionnement hydraulique

1 Méthodologie d'élaboration des cartes informatives des phénomènes naturels

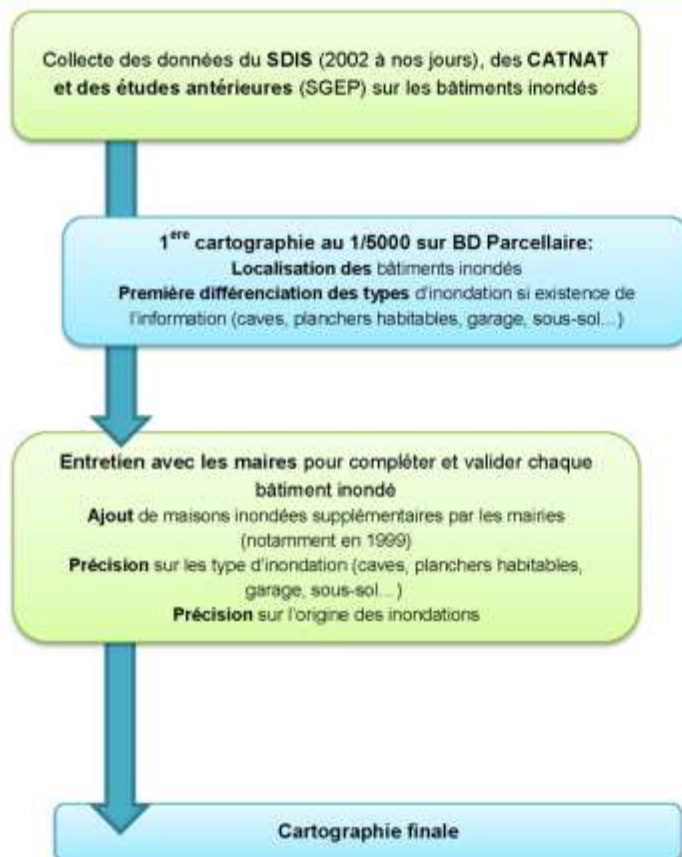
Ces cartes permettent de synthétiser la connaissance sur les inondations (cf. cartes en annexe). Elles reprennent les 4 thématiques principales que sont :

- La présentation du fonctionnement hydrologique des crues historiques de la Saône et de la Vienne ;
- Les inondations par phénomène de remontée de nappe ;
- Le fonctionnement hydrologique des ruissellements liés à la présence de talwegs et de voiries et les expansions des ruissellements associées ;
- La localisation des sinistrés, et le type d'inondation des bâtiments (sous-sol, plancher habitable....)

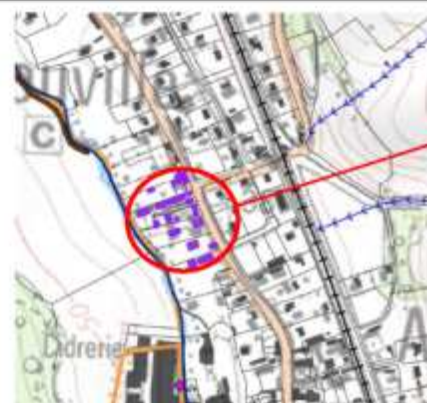
La méthodologie d'élaboration de ces cartes est présentée par les planches suivantes.

Tous les éléments ont été cartographiés à l'échelle 1/5000^{ème} et sur le fond de plan de la BD parcellaire (cf. annexe 7). Ainsi, ces éléments serviront à l'élaboration du zonage réglementaire du PPRI-L et pourront être repris dans les documents d'urbanisme des communes.

Recensement et localisation des bâtiments inondés



Exemples sur la commune d'Anneville sur Scie



Maisons inondées
(pièces inondées inconnues)



Précision sur l'origine de l'inondation :

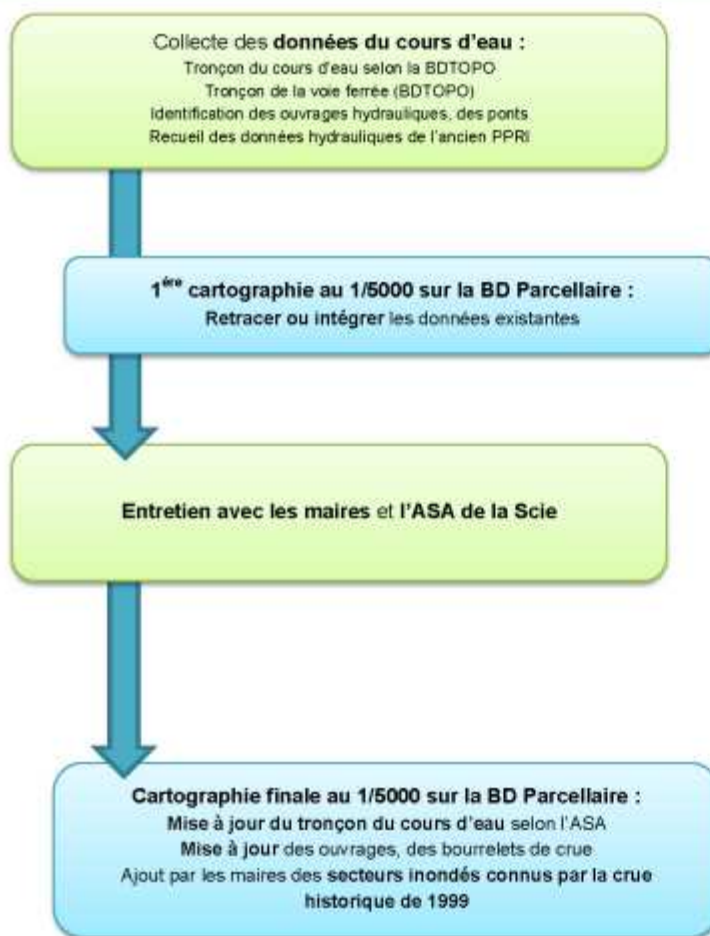
+Débordement de la Scie
+Inondation par ruissellement

Précision sur le type d'inondation :

+Sous-sol inondé
+Plancher habitable inondé

Ajout de maisons inondées

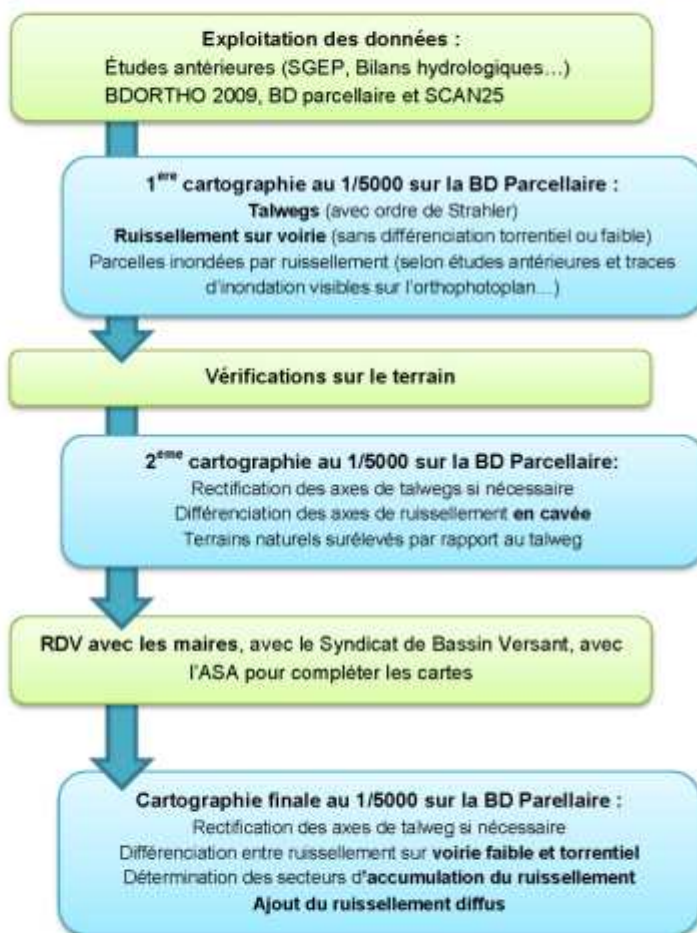
Méthodologie de cartographie du fonctionnement hydrologique de la rivière



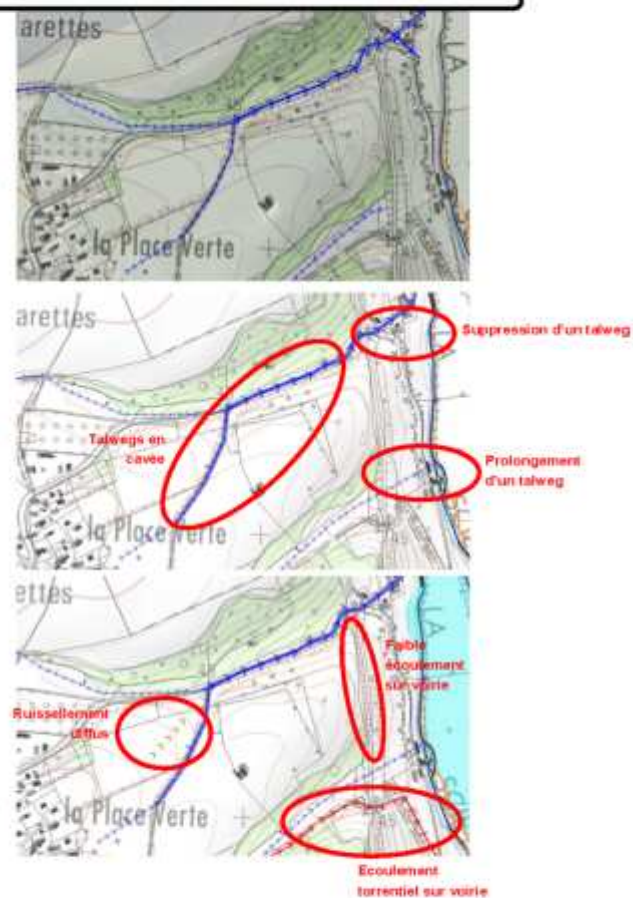
Exemples sur la commune d'Anneville sur Scie



Méthodologie de cartographie des Ruissellements



Exemples sur la commune d'Offranville



2 Exploitation des questionnaires aux élus

Des questionnaires accompagnés de cartes informatives sur les phénomènes d'inondation ont été envoyés à chacune des 61 communes concernées par l'étude (modèle de questionnaire en annexe). Ceux-ci ont permis :

- D'identifier l'importance de la problématique « inondation » par commune,
- D'identifier les différentes crues historiques ayant affecté les communes ainsi que les « personnes ressources » à contacter lors des visites terrain,
- De quantifier sommairement l'ampleur des dégâts pour la plus forte crue observée.

Au total **44 entretiens individuels avec les élus en Mairie** ont été effectués (cf. tableau ci-dessous), **13 par téléphone** sur les communes moins problématiques et dont leur superficie interceptée par la zone d'étude est réduite. **Ainsi, 93 % des communes ont été contactées et les élus ont fait des compléments sur les cartes informatives des phénomènes d'inondation réalisées par Egis. 82 % des communes ont rempli le questionnaire. Fréquemment, les communes nous ont renvoyé vers le Syndicat de bassin versant de la Saône Vienne et Scie plutôt que de répondre précisément aux différentes questions.**

L'exploitation des questionnaires met en évidence que toutes les communes ont connu des **inondations par ruissellement. Les événements de juin 1993, janvier 1995, décembre 1999 et mai 2000 sont les plus cités. En juin-juillet 1978 ou 1980 ou les deux, plusieurs communes du bord de la Saône ont cité cet événement survenu suite à des orages et par la rupture du pont de Royville. Plus on remonte le temps et plus les élus ont des difficultés à dater les événements.**

Le maire de Gueures est capable de bien dissocier les crues de la Saône, de la Vienne et les inondations par remontées de nappe. La Saône a débordé à Gueures le 20 juillet 1980, en janvier 1995 et décembre 1999. La crue de décembre 1995 semble être plus importante que celle de décembre 1999 selon le maire de Gueures. La Vienne a débordé 13 fois entre 1995 et 1999 avec comme événements majeurs les crues de janvier 1992, janvier 1994, janvier 1995, décembre 1999, 2011 et 2013. Lors de l'événement de décembre 1999, le pic de crue de la Vienne précédait de 8 h le pic de crue de la Saône. C'est le seul événement selon le maire de Gueures où les pics de crue des 2 rivières étaient si rapprochés.

D'autres événements ont été cités 1990, 1994, 1998, 2001, 2012, 2013, 2014 (février, 21 mai et 19 juillet). Ce sont des événements locaux qui ont provoqués des ruissellements principalement.

11 communes ont expliqué avoir observé des phénomènes de remontées de nappe à la fois sur des communes de plateaux où des communes riveraines de cours d'eau. Sur les plateaux, ce phénomène s'observe à Varengueville-sur-Mer (géologie spécifique), Sainte-Marguerite-sur-Mer (géologie spécifique), Gonnetot... A Gueures, des remontées de nappe ont été observées de 1992 à 1994 et de 1995 à 1999.

Les communes qualifient la fréquence des inondations comme des phénomènes :

- Réguliers (1 fois par an) pour 18 % des communes ;
- Occasionnels (plusieurs fois en 5 ans) pour 14 % des communes ;
- Rarement (1 fois > 5 ans) pour 42 % des communes.

		Historique des crues										
Communes	Communes de bord de rivière	Entretien réalisé en Mairie	Entretien téléphonique	Retour questionnaire papier	Débordement de cours d'eau	Ruissellement	Remontée de nappe	Année	Enjeux inondés	Perception de la fréquence d'inondation	Projets sur la commune	Remarques
Ambrumesnil	Saône	X		X	X	X		juillet 1985, décembre 1999	entreprise, bungalows	Souvent	Zone pavillonnaire et constructions individuelles	PLU en cours
Ancretiéville-Saint-Victor		X		X		X			STEP, menuiserie	Exceptionnelle		Carte communale approuvée en 2010
Auppegard		X		X		X		décembre 1999		Exceptionnelle		
Auzouville-sur-Saône	Saône	X		X	X	X		juin 1993 et décembre 1999	Menuiserie Industrielle	Souvent		Débordement saane après 2 jours de pluies
Avremesnil	Saône	X		X	X	X		décembre 1999 et mai 2000	SACED et 1 chemin raviné	Exceptionnelle	Constructions individuelles et voie verte	Pas de document d'urbanisme, photos SACeD inondé
Bacqueville-en-Caux	Vienne	X			X	X						En cours d'élaboration d'un SGEp
Beautot	Vienne		X			X						
Beauval-en-Caux		X		X	X	X	X			Occasionnellement	Zone pavillonnaire et constructions individuelles	
Belleville-en-Caux		X		X	X	X	X	décembre 1999 et mai 2000	Garage	Occasionnellement	Zone pavillonnaire et constructions individuelles, circulation douce et camping à l'étude	PLU en cours
Belmesnil			X			X						
Bertreville-Saint-Ouen			X			X				Occasionnellement		
Bertrimont			X	X		X			Mairie, Eglise et salle communale	Exceptionnelle		
Biville-la-Baignarde		X		X		X		décembre 1999	VCB, rue du Bois Megle au croisement avec la ruelle	Souvent		
Biville-la-Rivière	Saône	X		X	X	X		1990, décembre 1999 et mai 2000	Entreprise De Sultter et Pisciculture	Occasionnellement	Zone pavillonnaire et constructions individuelles ; Agrandissement de l'entreprise De Sultter envisagé	
Bourdainville	Saône	X		X		X				Souvent	Zone pavillonnaire et constructions individuelles	Courrier à destination de l'Etat pour modification du recensement des habitations inondées de la DDE de 2000 et de l'arrêté n°2006-125 du 2 janvier 2007
Brachy	Saône	X		X	X	X		1993, 1994, 1995, 1999, 2000	Local technique, Société Legrand, Scierie Leroy, Moulin de Saint-Ouen, Ducastel	Exceptionnelle	Zone pavillonnaire et constructions individuelles	
Calleville-les-Deux-Eglises		X		X		X	X	1999, 2005 et 2008	Salle communale, Eglise, mairie, entreprise maçonnerie, maraîchers, exploitations agricoles et STEP	Exceptionnelle	Zone pavillonnaire et constructions individuelles	
Colmesnil-Manneville			X	X		X				Exceptionnelle		Liste de sinistrés et de zones inondées fournit par la commune
Ectot-l'Auber		X		X		X		février 1993, décembre 1999, février 2014		Souvent	Constructions individuelles	Pas de documents d'urbanisme, photos d'inondation
Gonnetot		X		X		X	X			Souvent	Zone pavillonnaire et constructions individuelles	PLU en cours
Greuville				X		X						
Gueures	Saône/Vienne	X		X	X	X	X	débordement Saône : 20 juillet 1980, 1995 > 1999 décembre 1992, janvier 1994, 1999>1995, 2011, 2013 Remontées de nappe : 1992 1994 et 1995 à 1999	Voir cartographie	Souvent		Conjonction débordement Saône et Vienne en décembre 1999 (pic de crue de la Vienne 8h avant pic de crue de la Saône) Crue de 1980: succession d'orages et rupture pont de Royville 13 débordements de la Vienne de 1995 à 1999
Gueutteville		X		X		X			1 voirie	Exceptionnelle	Zone pavillonnaire et constructions individuelles	Carte communale arrêtée en janvier 2014
Hermanville	Vienne	X		X	X	X	X	décembre 1999 et mai 2000, 21 mai 2014 (ruissellement)	Eglise, routes communales, stabulation	Exceptionnelle	Constructions individuelles	Rivière n'est pas sortie de son lit depuis 2000, ancien lit à l'aaval de la commune souvent en eau, Pas de document d'urbanisme
Hugleville-en-Caux			X			X						
Imbleville	Saône	X		X	X	X		juin 1993, 1995, décembre 1999 et mai 2000,		Exceptionnelle	Zone pavillonnaire et constructions individuelles	
La Fontelaye	Saône	X		X	X	X		décembre 1999 et mai 2000,	Eglise	Exceptionnelle		
La Houssaye-Béranger			X	X		X				Exceptionnelle	Une construction individuelle	
Lamberville	Vienne	X		X	X	X	X	juin 1993, 1995, décembre 1999		Exceptionnelle		
Lammerville	Saône/Vienne	X		X	X	X	X	juin 1993, 1995, novembre 1998, décembre 1999,	Entreprise agricole	Occasionnellement	Zone pavillonnaire et constructions individuelles	PLU arrêté en mars 2014
Le Torp-Mesnil	Saône	X		X		X		décembre 1999		Occasionnellement	Constructions individuelles	Carte communale en cours
Lestaville	Saône		X	X	X	X				Exceptionnelle		
Lindebeuf		X	X			X		décembre 1999 et 19 juillet 2014		Exceptionnelle	Constructions individuelles par lot de 4 maisons maximum	Carte communale approuvée en mai 2010
Longueil	Saône	X		X	X	X		Décembre 1999				
Omonville			X	X		X				Exceptionnelle		
Ouille-la-Rivière	Saône		X	X	X	X	X	juillet 1978, décembre 1999 janvier 2000 et mai 2000	Ecole (halte garderie), 5 entreprises (600 emplois avec ambrumesnil)	Exceptionnelle	Chemin de promenade, piste cyclable, zone pavillonnaire, constructions individuelles	PLU en cours Inondation de juillet 1978 suite à des orages violent et à la rupture du pont de Royville 2 inondation à Noël 1999 et 1 au 1er janvier 2000 Inondation sur 3 à 4 h (carte précise des inondations)
Quiberville	Saône	X		X	X	X		juin 1993, 1995, décembre 1999 et mai 2000	Atelier communal, ancienne gendarmerie, camping municipal, station de pompage et transformateur EDF Restaurant l'huitrière, supérette, local vente d'articles de plage et gabions de chasse	Exceptionnelle	Projet de réestuarisation de la Saône, Zone pavillonnaire et constructions individuelles	POS révisé en 1993 Inondation du 27 décembre 1999 au 12 janvier 2000 (pic de crue 48 h après Val de Saane
Rainfreville	Saône	X		X	X	X		juin 1993, 1995, décembre 1999	Mairie			
Reuville						X						
Royville	Saône	X		X	X	X		juillet 1978, 1980, 1985		Souvent		Pont de la RD 107 détruit en 1978
Saône-Saint-Just	Saône	X		X	X	X		juin 1978, 1993 (x2), 1995 et 1999	Mairie et Eglise	Exceptionnelle		
Saint-Denis-d'Acion	Saône	X		X	X	X		Décembre 1999, mai 2000 et 2001	Entreprise Weldom	Souvent		
Sainte-Marguerite-sur-Mer	Saône	X		X	X	X	X	Décembre 1999 et 2000		Exceptionnelle	Constructions individuelles et projet pédagogique autour du phare d'Ailly Projet de réestuarisation de la Saône	PLU en cours Au moins 7 jours d'inondations l'hiver 1999-2000
Saint-Laurent-en-Caux		X		X		X		Décembre 1999		Exceptionnelle	Zone d'activités, zone pavillonnaire et constructions individuelles	
Saint-Mards	Vienne				X	X						
Saint-Martin-aux-Arbres				X		X						
Saint-Ouen-du-Breuil		X		X		X		Décembre 1999			Zone pavillonnaire et constructions individuelles	Volonté de refaire le PLU dans les 6 ans
Saint-Ouen-le-Mauger		X		X		X						
Saint-Pierre-Bénouville	Saône	X		X	X	X		juin 1993, 1995, décembre 1999	STEP, exploitation agricole	Souvent	Zone pavillonnaire et constructions individuelles	
Saint-Vaast-du-Val		X		X		X		1995, 1998, décembre 1999 et mai 2000, 2012, 2013 et 2014		Exceptionnelle	Zone pavillonnaire et constructions individuelles	
Sassetot-le-Malgardé		X		X		X		Décembre 1999		Exceptionnelle		
Saussay			X			X						
Thil-Manneville	Vienne	X		X	X	X		1995 et 1999	Ecole et exploitation agricole	Exceptionnelle	Zone pavillonnaire et constructions individuelles	Durée crue de la Vienne entre 12 et 24 h
Tocqueville-en-Caux	Saône	X		X	X	X		1996 et 1999		Souvent	Constructions individuelles	Enveloppe de crue légèrement modifiée par le Maire
Tôtes		X		X		X			La zone d'activité route du Havre (pb pluvial)	Occasionnellement	Zone d'activité, zone pavillonnaire et constructions individuelles	POS
Val-de-Saône	Saône/Traversin	X		X	X	X		juin 1993, 1995, décembre 1999	Ancienne Mairie, salle communale, école, piscine, tennis et maison de retraite Commerces rue du moulin du Traversin et Bar	Exceptionnelle	Zone pavillonnaire et constructions individuelles	Le traversin et la saane réagissent en même temps sauf lors d'orage sur le bassin versant du Traversin (cas en 1995)
Varengueville-sur-Mer		X		X		X	X			Occasionnellement	Zone commerciale, zone pavillonnaire et constructions individuelles	Remontée de nappe en augmentation depuis quelques années
Vameville-Bretteville		X		X		X		1995, 1998 (x2), décembre 1999 et 21 juin 2015	Exploitation agricole	Exceptionnelle	Zone d'activité (40 ha), zone pavillonnaire et constructions individuelles	Carte communale en cours d'approbation déposée en préfecture le 11 août 2014
Vénestaville			X			X						
Vibeuf		X		X		X		1995 et 1999	STEP	Occasionnellement	Zone pavillonnaire et constructions individuelles	
Yerville						X						

Tableau 12 - Synthèse des réponses aux questionnaires

Les emprises des cartes des PHEC et de la crue de 1999 présentées dans l'«Etude préalable à la mise en place d'un Plan de Prévention des Risques Naturels d'Inondation sur les vallées de la Saône et de la Vienne, Horizon/DDE76, 2000» et dans l'«Etude globale d'aménagement et de gestion de la vallée de la Saône, Hydratec/SBVSVS, 2012» ont été fusionnées. Les élus des communes riveraines de la Saône et de la Vienne ont validé ces cartes à l'exception des communes de Val-de-Saône, de Gueures et d'Imbleville qui apportent des modifications sur quelques secteurs de leur territoire. Ces modifications sont retranscrites dans l'annexe 1 (questionnaires des maires) mais pas sur les annexes 7 (cartes informatives sur les phénomènes naturelles) pour conserver une homogénéité sur toute la vallée de la Saône.

A noter que les communes de Biville-la-Rivière, Ouville-la-Rivière et Tocqueville-en-Caux ont remis en cause les cartes Horizon/DDE 2000, mais n'ont pas émis de remarques par la suite lorsque les cartes Horizon/DDE 2000 et Hydratec/SBVSVS, 2012 ont été fusionnées.

3 Les arrêtés de catastrophes naturelles (CatNat)

La carte suivante met en avant la répétition des inondations par de très nombreuses reconnaissances d'état de catastrophe naturelle. C'est même un des secteurs du département les plus touchés.

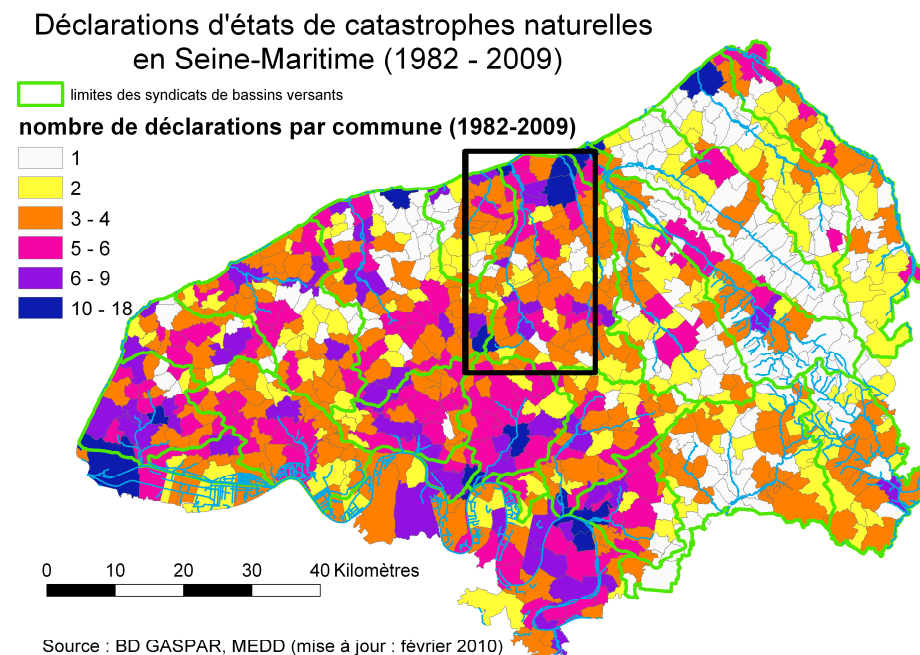


Figure 15 - Répartition des catastrophes naturelles inondation depuis 1983

243 arrêtés CatNat pour inondation et coulée de boue ont été recensés sur les 61 communes soit une **moyenne de 4 arrêtés par commune**. Les communes les plus déclarées en CatNat sont Yerville (13 fois), Quiberville (10 fois hors submersion marine), Val-de-Saane et Biville-la-Rivière (9 fois), Ouville-la-Rivière (8 fois) et Ambrumesnil (7 fois). Les années les pires ont été **1999 (80 arrêtés)**, **1993 (52 arrêtés)**, **1995 (36 arrêtés)** et **2000 (35 arrêtés)**. Les inondations de ces 4 années ont concernées de nombreuses communes aussi bien de bord de rivière que de plateaux. En 1999, le Préfet avait mis toutes les communes en état de catastrophe naturelle ce qui surestime sans doute les déclarations CatNat qu'auraient pu faire les communes. **Les années 1993, 1995, 1999 et 2000** qui ont marquées la mémoire des élus ont bien données lieu à des arrêtés de CatNat.

Enfin, des arrêtés de CatNat pour chocs mécaniques liés aux vagues ont été recensés sur les 2 communes littorales de Quiberville-sur-Mer et Sainte-Marguerite-sur-Mer : le 22/11/1984, le 11/02/1990, le 26/02/1990 et le 25/12/1999.

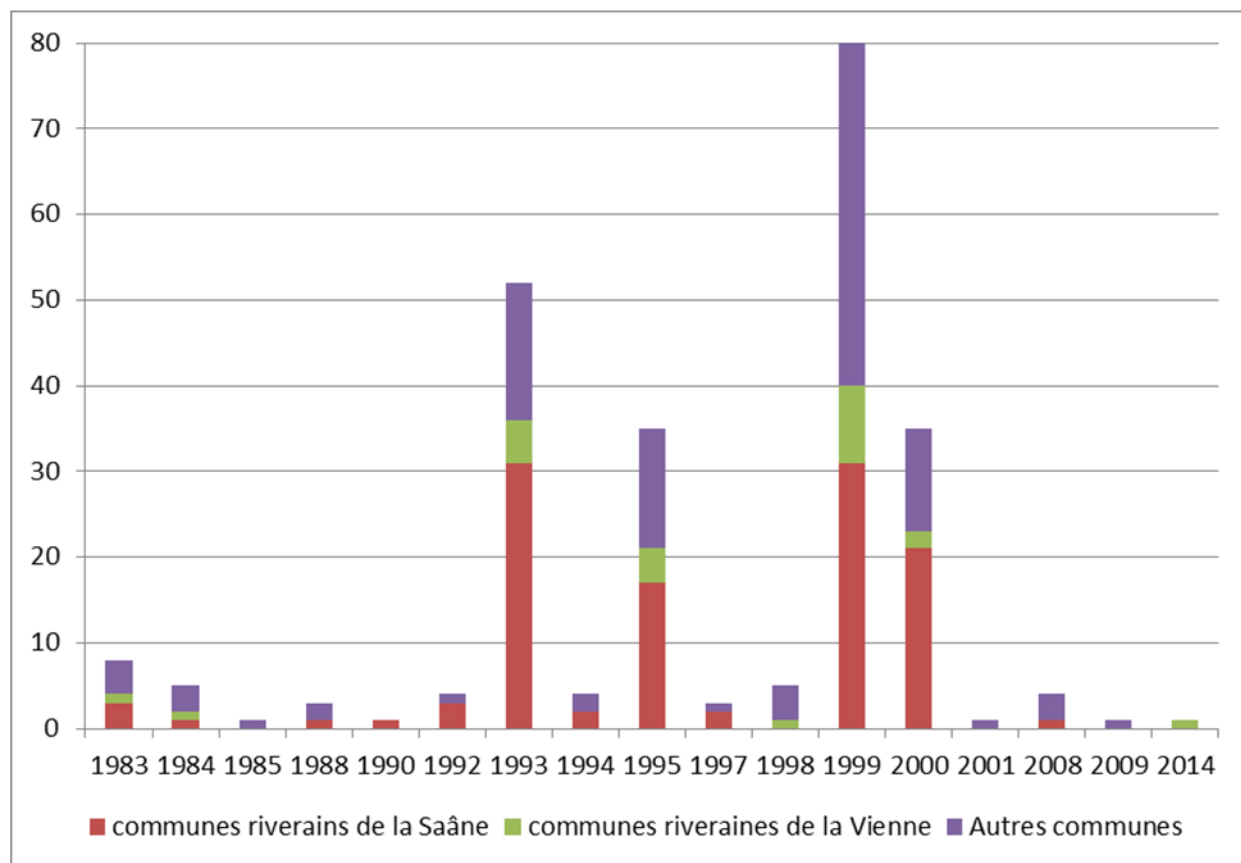


Figure 16 - Répartition des arrêtés de catastrophes naturelles inondation enregistrés par année (cumul annuel)

Communes	Inondations et coulées de boue																																		Total				
	05/06/1983	22/11/1984	09/05/1985	22/01/1988	07/05/1988	13/05/1988	13/02/1990	02/12/1992	09/06/1993	11/10/1993	20/12/1993	16/05/1994	01/07/1994	19/07/1994	29/12/1994	17/01/1995	28/01/1995	05/02/1995	30/05/1995	01/07/1997	05/08/1997	22/03/1998	06/06/1998	05/07/1999	24/12/1999	25/12/1999	06/05/2000	07/05/2000	08/05/2000	10/05/2000	25/12/2000	25/01/2001	03/08/2008	18/05/2008		01/06/2009	21/05/2014		
Ambrumesnil									x		x					x										x	x	x	x										7
Ancretiéville-Saint-Victor									x							x											x	x											4
Auppegard										x	x	x				x																							4
Auzouville-sur-Saône									x																		x											2	
Avremesnil																										x	x		x										4
Bacqueville-en-Caux									x		x					x										x	x		x									x	6
Beautot																										x	x												2
Beauval-en-Caux									x							x											x							x				4	
Belleville-en-Caux	x								x							x											x			x								5	
Belmesnil																										x									x			2	
Bertreville-Saint-Ouen											x																x			x							x	3	
Bertrimont																											x												1
Biville-la-Baignarde	x															x		x								x	x								x			6	
Biville-la-Rivière							x	x	x		x				x	x										x	x		x									9	
Bourdainville									x																		x	x		x									3
Brachy									x		x					x											x			x									5
Calleville-les-Deux-Églises																									x		x											2	
Colmesnil-Manneville																											x			x									3
Ectot-l'Auber									x																			x											2
Gonnetot																												x											1
Greuville											x																	x											2
Gueures	x							x	x							x											x			x									6
Gueutteville																										x	x												2
Hermanville											x					x											x		x										5
Hugleville-en-Caux		x							x																			x		x					x				5
Imbleville									x							x											x	x		x									5
La Fontelaye									x		x					x											x	x		x									6
La Houssaye-Béranger																x												x											2
Lamberville									x							x												x											3
Lammerville									x		x					x												x											4
Le Torp-Mesnil									x																			x											2
Lestanville																x												x											2
Lindebeuf									x																		x	x											3
Longueil											x																x	x											6
Ormonville																											x												2
Ouville-la-Rivière									x	x	x					x										x	x		x										8
Quiberville		x			x						x					x		x									x	x		x						x			10
Rainfreville									x								x											x											3
Reuville																	x										x												3
Royville																												x											1
Saint-Denis-d'Aclon									x		x					x												x											6
Saint-Laurent-en-Caux									x		x																	x			x								4
Saint-Mards									x								x											x											3
Saint-Martin-aux-Arbres									x																			x											3
Saint-Ouen-du-Breuil		x									x					x								x			x												6
Saint-Ouen-le-Mauger																	x											x											2
Saint-Pierre-Bénouville									x								x										x	x											4
Saint-Vaast-du-Val																	x			x			x	x			x											6	
Sainte-Marguerite-sur-Mer	x																x											x											4
Sassetot-le-Malgardé																																							

4 Le recueil de données sur les sinistres

Le recensement des sinistres pour cause d'inondation est un travail conséquent. En effet, ce recensement s'est effectué à partir des dossiers CatNat disponibles en préfecture, des données du SDIS, des études antérieures recensées et des témoignages des Maires (cf. figure ci-dessous).

Collecte des données sur les sinistres (inondations, dysfonctionnements...)

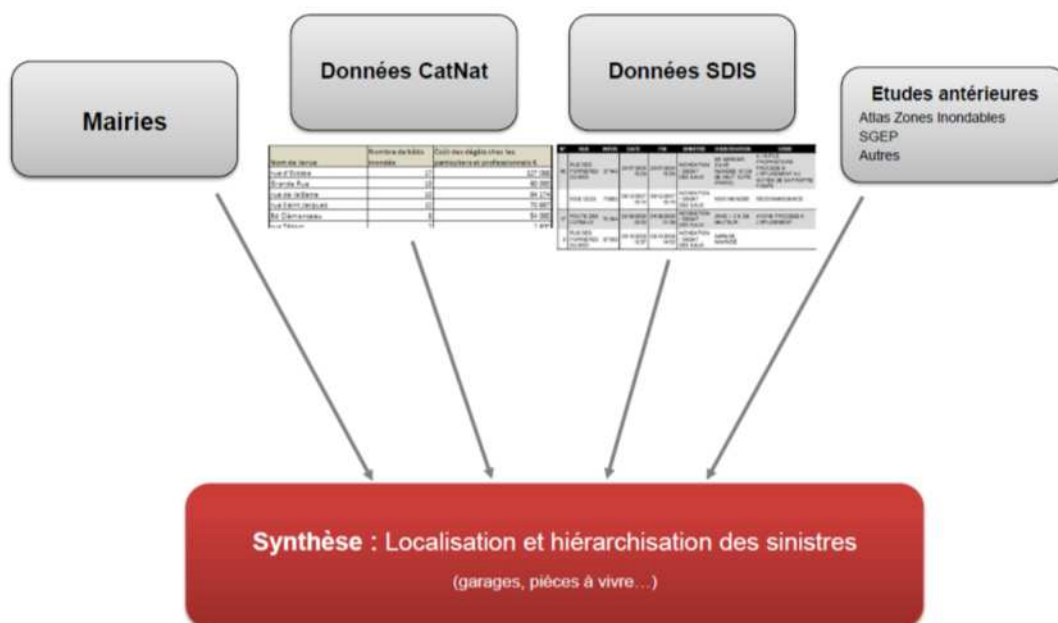


Figure 17 - Méthodologie de recensement des bâtiments inondés

En tout, la cartographie des sinistrés réalisée **comptabilise 739 bâtis inondés soit (cf. tableau et cartes en annexe) :**

- 371 planchers habitables ;
- 185 caves/sous-sols/garages ;
- 83 usines/bureaux/magasins ;
- 67 bâtis inondés dont les pièces inondées n'ont pas pu être identifiées ;
- 17 établissements publics ;
- 7 bâtiments agricoles.

Les enquêtes avec les maires ont permis de valider les bâtiments sinistrés et de les compléter.

5 Les remontées de la nappe

5.1 La nappe alluvionnaire

Les inondations par remontée de nappe résultent de l'engorgement puis du débordement de la nappe des alluvions jusqu'à un niveau supérieur au terrain naturel. Cet aquifère est fortement alimenté par la nappe de la craie sous-jacente et est drainé naturellement par les cours d'eau, principalement la Saône et la Vienne.

En période de forte crue, la nappe alluviale est alimentée à la fois par la Saône, la Vienne et par la nappe de la craie. En période de hautes eaux et/ou lors d'épisodes pluvieux répétés, cet aquifère est alors rapidement saturé et déborde dans la vallée.

Ce phénomène reste relativement rare dans la vallée de la Saône et la Vienne.

5.2 La nappe de la craie

Des sources jaillissantes peuvent apparaître en pied de versant via des résurgences de la nappe de la Craie (cf. figure ci-dessous).

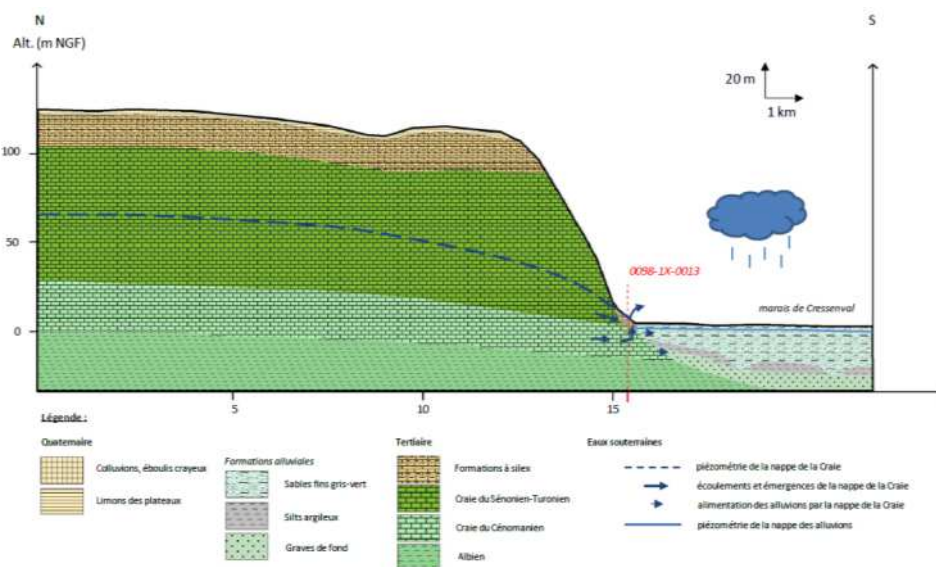


Figure 18 - Schéma de principe d'apparition de source en pied de versant

5.3 Les nappes perchées

La présence d'argile à silex ou de sables fauves cuisins qui couvre la craie peuvent être à l'origine de nappe perchée responsable de phénomène de remontée de nappe. C'est le cas dans le secteur Varengueville-sur-Mer et de Sainte-Marguerite-sur-Mer.

6 Le ruissellement

Les inondations par ruissellement sont fréquemment observées sur l'intégralité du bassin versant. Le contexte géologique crayeux, à former des vallées sèches qui tendent à concentrer les eaux de ruissellement depuis les plateaux jusqu'au fleuve. Ce phénomène est bien connu dans la vallée et fait l'objet de mesures consistant à réaliser des bassins de retenue des eaux, mais également à inciter à la mise en œuvre de mesures permettant de limiter la production de ruissellement par les bassins versants amont. Ainsi, le Syndicat de Bassin Versant Saône-Vienne-Scie a réalisé divers aménagements.

6.1 Les ruissellements diffus

Situés sur les sommets du bassin versant, le ruissellement diffus est l'écoulement des eaux sur une zone disparate, principalement sur une prairie ou une culture. Une légère accentuation de la pente et/ou une mauvaise pratique agricole sur un champ (sens du labour, cultures sarclées) peuvent être à l'origine de l'écoulement de ces eaux et être à l'origine de problèmes hydrauliques directement en aval (maisons inondées, coulées de boue sur routes ...) ; Ils sont très généralement suivis d'un axe de ruissellement plus concentré (talwegs ou voiries).



Photographie 5 - Accumulation de sédiments en bas de parcelle agricole par des ruissellements identifiés comme diffus dans ce PPRIL

6.2 Les ruissellements de talwegs

Les écoulements les plus fréquents constatés sont les ruissellements dus aux talwegs. Ils se concentrent et s'écoulent grâce au relief, pour ensuite descendre via les vallons secs en direction de la vallée de la Saône et de Vienne. Les talwegs sont hiérarchisés selon la classification de Strahler :

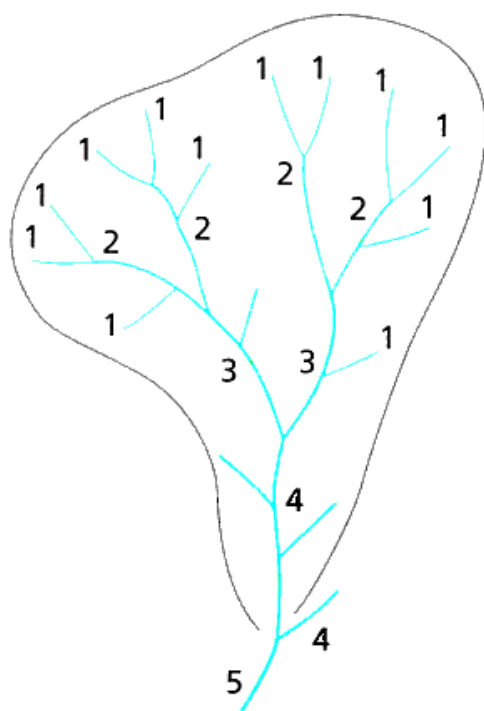


Figure 19 - Classification des talwegs selon l'ordre de Strahler

Le principe de cette hiérarchisation est qu'un talweg d'ordre 1 (situé en haut de bassin versant) qui rejoint un autre talweg d'ordre 1 forme un talweg d'ordre 2, ce dernier qui, s'il rejoint un autre talweg d'ordre 2 forme un talweg d'ordre 3 etc. Les talwegs empruntant des cavées ont été cartographiés.



Talweg d'ordre 1



Talweg en cavée



Talweg d'ordre 3



Talweg d'ordre 3 interceptant un talweg d'ordre 1

6.3 Les ruissellements de voirie

Cependant, des écoulements importants peuvent se produire sur des surfaces imperméabilisées en descente, et qui ne sont pas systématiquement situés en fond de talwegs. Ce sont les ruissellements appelés « ruissellements sur voirie ». Le bitume empêchant toute infiltration de l'eau précipitée, la moindre déclivité d'une route entraînera lors d'une averse du ruissellement, pouvant s'avérer torrentiel dans le pire des cas et entraîner de l'érosion et des dégâts.

Ruissellement torrentiel sur voirie

Les ruissellements torrentiels se caractérisent par des vitesses d'écoulement forte (souvent > 0.5 m/s). Ces vitesses d'écoulement sont susceptibles de dégrader le bitume des voiries et être un danger pour les biens et les personnes se trouvant sur ces voiries. Ce sont ses ruissellements torrentiels qui ont conduits au décès d'une personne à Barentin en 1999 prise au piège dans sa voiture.

Ce type de ruissellement aurait pu être dramatique sur le bassin versant de la Saône et de Vienne comme en témoigne ces photos ci-dessous et celles en page de garde :



Photographie 6 - Bitume arraché et voiture emportée au Petit Appeville en juin 2005 (commune d'Hautot-sur-Mer) (Source : ASA de la Scie)

Les routes et chemins en cavé (creusement du chemin ou de la route par rapport au terrain naturel ou voirie enclavée par 2 talus de chaque côté) peuvent être également des secteurs à ruissellements torrentiels.



Photographie 7 : Chemin en cavée raviné par du ruissellement torrentiel

Faibles ruissellements sur voirie

Les voiries par leur topographie et leur imperméabilisation concentrent les ruissellements. Lorsque ces ruissellements ne semblent pas être un danger pour les biens et les personnes (hauteur d'eau < 0.5 m et vitesse < 0.5 m/s). Ces voiries peuvent néanmoins modifier les écoulements naturels, et accumuler les ruissellements sur des enjeux.

Ainsi, ces ruissellements ont été cartographiés grâce aux témoignages des élus sous l'appellation « faibles ruissellements sur voirie »

Inondation sur voirie

Les voiries traversées perpendiculairement par un talweg ou récupérant des ruissellements diffus ou ruissellement de voiries peuvent être inondées si l'écoulement des eaux s'en trouve ralenti ou n'existe pas.



Photographie 8 - Inondation par stagnation d'eau dans une voirie



Photographie 9 - Inondation par traversée d'écoulement d'un talweg situé perpendiculairement à une voirie

Les secteurs d'accumulation des ruissellements

Les ruissellements peuvent s'accumuler dans des dépressions, derrière des remblais, et déborder de part et autre du talweg et ainsi former des inondations. **A partir de l'orthophotoplans et des constats des élus, des secteurs d'accumulation des ruissellements ont été cartographiées (cf. carte en annexe).**

7 Le fonctionnement hydraulique de la vallée

7.1 Historique

La Saône et la Vienne comme de nombreux cours d'eau ont été utilisées comme source d'énergie mécanique pour au départ alimenter les moulins. Ainsi, à plusieurs endroits la Saône et la Vienne ont pu être déviées et perchées en flanc de vallée sur les bords du lit majeur. Lors de cette opération les produits d'excavation ont été déposés le long des berges formant un merlon. Ainsi, les déviations de la Saône créent des biefs perchés (cf. figures et photos ci-dessous).

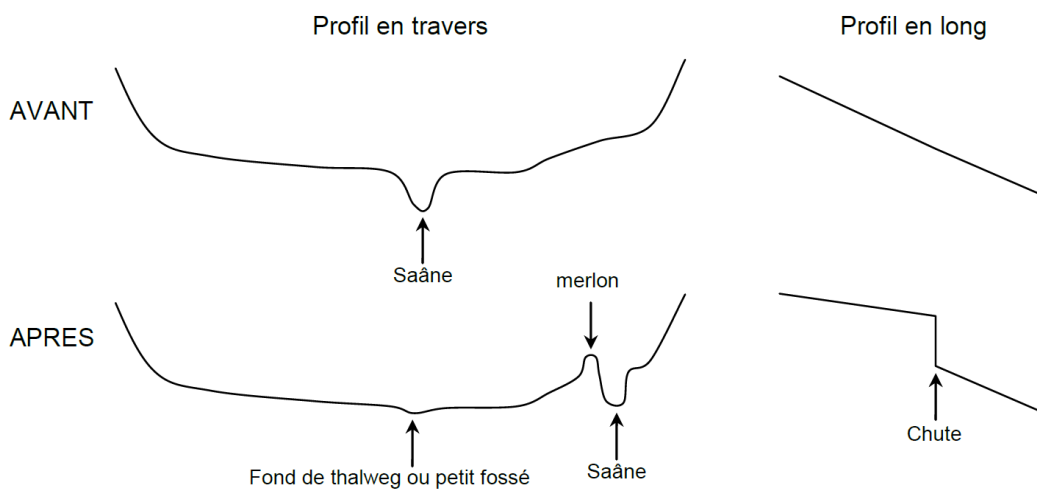
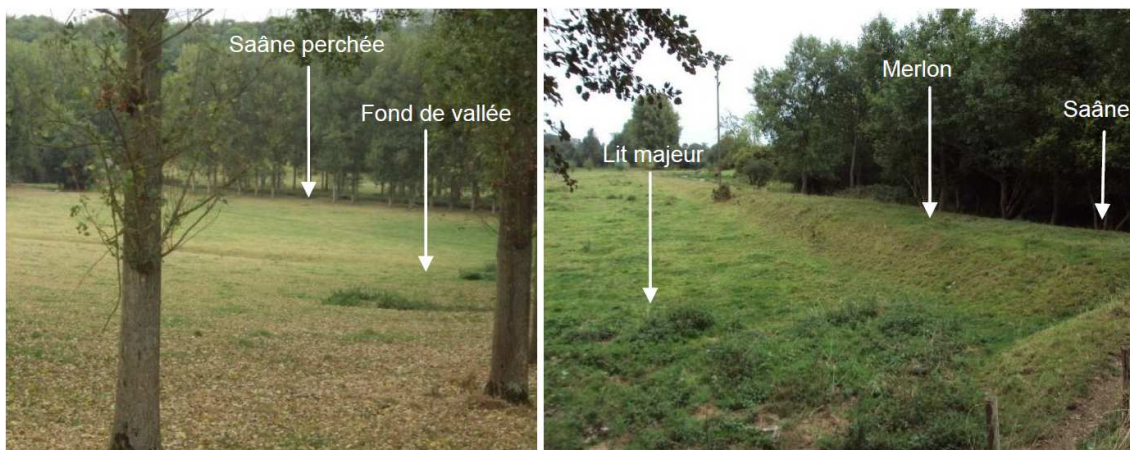


Figure 20 - Principe de modification de la Saône (Hydratec, 2011)

D'après l'étude d'aménagement et de gestion globale de la Saône (Hydratec, 2011), le tracé actuel de la Saône quitte régulièrement le fond naturel de la vallée. Cela s'observe sur les trois quarts amont de la Saône jusqu'à Brachy. La rivière reste dans son lit naturel de Brachy jusqu'à la confluence avec la Vienne et dans la traversée d'Ouille.

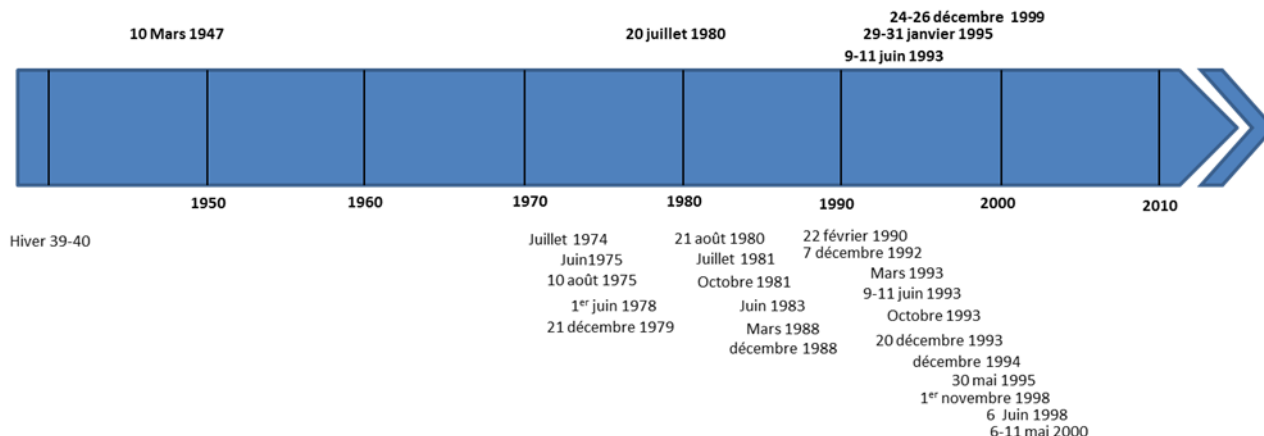
Sur la basse vallée de la Saône, la mer remontait au XVI^{ème} siècle jusqu'à Ouille-la-Rivière et il y avait un port à Longueil.

La Vienne, n'est plus dans son lit naturel à l'aval de la RD70.

La Saône a été aménagée à des fins de défense militaire par un parapet (digue) qui ferma le lit majeur de la Saône au XVIII^{ème} siècle. Cette digue isola la zone de marais des plus fortes mers. Un tracé plus rectiligne fût donné à la Saône.

7.2 Crues historiques remarquables

Une liste des crues mémorables sur la Saône et la Vienne à partir de la bibliographie et des enquêtes auprès des maires. Les crues de 1947, 1980, 1993, 1995 et 1999 sont les plus importantes (en gras).



Les 6 crues les plus importantes sont décrites ci-dessous :

- La crue de **mars 1947** : est une crue liée à la fonte des neiges sur sols gelés. Sur la Vienne, il se pourrait que ce soit la crue la plus importante de ces 70 dernières années (Etude d'aménagement du bassin versant de la Vienne Aval (2010)) ;
- La crue du **20 juillet 1980** : cet événement orageux concerne principalement la Saône. L'ampleur de cet événement semble être supérieur à celui de janvier 1995 en amont de et à Gueures ;
- La crue du **9-11 juin 1993** : cet événement concerne les deux vallées. Le tiers amont de la Saône a été le plus impacté. Il semble que ce fût un des événements le plus important en terme de débordements de cours d'eau pour les communes de Val-de-Saône, Imbleville, Saône-Saint-Just. Les ruissellements dans les talwegs ont été très forts. C'est un unique épisode pluvieux s'étalant du 9 au 16 juin 1993 qui s'est traduit par un pic de crue à Bourdainville dans la nuit du 9 au 16 juin 1993 (cf. tableau et figure ci-dessous).

	PI	Ondée génératrice de la crue
Date épisode	9/06 au 16/06/1993	09/06/1993
Durée épisode	8 j	5 h
Cumul pluvio	82 à 142 mm	20 mm
Intensité	10 à 18 mm/j	9.5 mm/h

Tableau 14 - Episodes pluvieux de la période intense de la crue de juin 1993 (Hydratec, 2012)

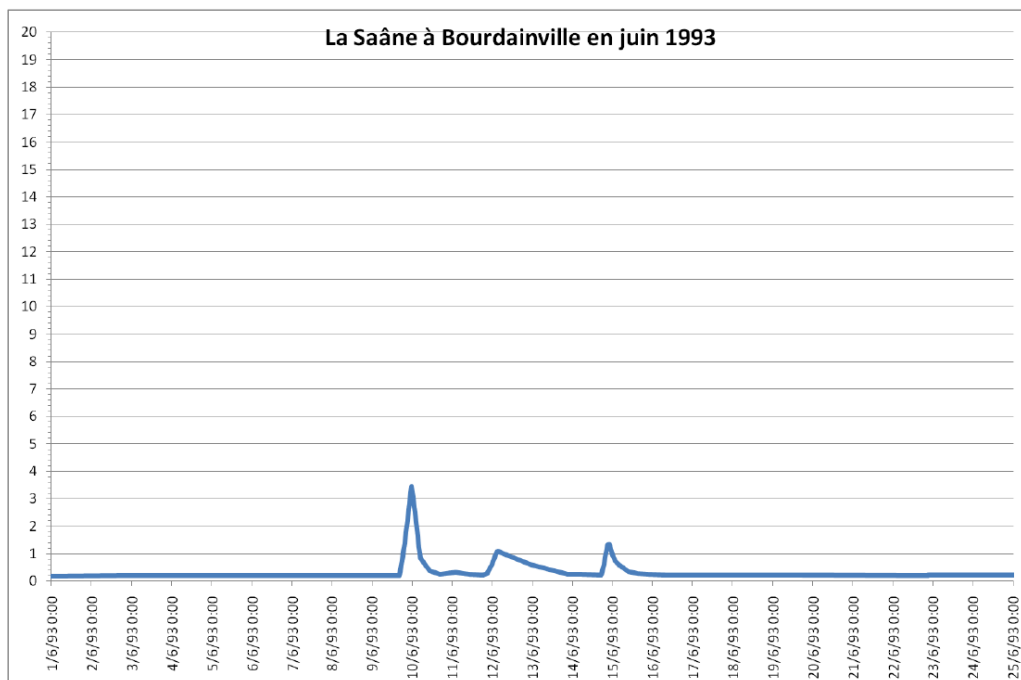


Figure 21 - Hydrogramme de la crue de juin 1993 en m³/s (DREAL, Hydratec, 2012)

- **29-31 janvier 1995** : cet événement concerne les deux vallées. C'est la crue la plus importante pour la Vienne à Gueures et une des plus importantes sur les deux tiers aval de la vallée de la Saône. Entre Brachy et Biville-la-Rivière, les épisodes de juin 1993 et de janvier 1995 sont comparables. Cette crue est constituée de trois épisodes pluvieux (cf. tableau ci-dessous) s'étalant sur 50 jours. C'est le premier épisode qui a généré la crue.

	PI	Episodes			Ondée génératrice de la crue
Date épisode	17/01 au 08/03/1995	17/01 au 05/02/1995 *	07/02 au 26/02/1995	27/02 au 08/03/1995	29/01/1995
Durée épisode	51 j	20 j	20 j	10 j	2 h
Cumul pluvio	285 à 422 mm	140 à 232 mm	86 à 142 mm	53 à 62 mm	9 mm
Intensité	6 à 8 mm/j	7 à 12 mm/j	4 à 7 mm/j	5 à 6 mm/j	5.5 mm/h

Figure 22 - Episodes pluvieux de la période intense de la crue de juin 1995 (Hydratec, 2012)

**épisode générateur de crue*

- La crue du **26 décembre 1999** : cet événement concerne les deux vallées. C'est la crue la plus forte dont on se souvient dans les vallées de la Saône et de la Vienne. Les 26 premiers jours de décembre, il est tombé environ 225 mm (Station de Bourville AREAS), 90 mm en 10 jours dont 41 mm le 26 décembre 1999. Les sols étaient saturés en eaux. Ce fût également une crue de ruissellement sur toutes les communes. Cette crue est caractérisée par une intensité pluviométrique maximale exceptionnelle pour une crue d'hiver.

	PI	Episodes				Ondées génératrices de la crue	
Date épisode	07/12/99 au 09/01/2000	07/12 au 15/12/1999	16/12 au 19/12/1999	22/12 au 28/12/1999 *	30/12 au 9/01/2000	24/12	26/12
Durée épisode	34 j	9 j	4 j	7 j	11 j	7 h	4 h
Cumul pluvio	238 à 357 mm	77 à 102 mm	47 à 64 mm	92 à 156 mm	20 à 35 mm	20 mm	26 mm
Intensité	7 à 11 mm/j	9 à 11 mm/j	12 à 16 mm/j	13 à 22 mm/j	2 à 3 mm/j	6.5 à 9.5 mm/h	9 mm/h (2 fois)

Tableau 15 - Episodes pluvieux de la période intense de la crue de décembre 1999 (Hydratec, 2012)

**épisode générateur de crue*

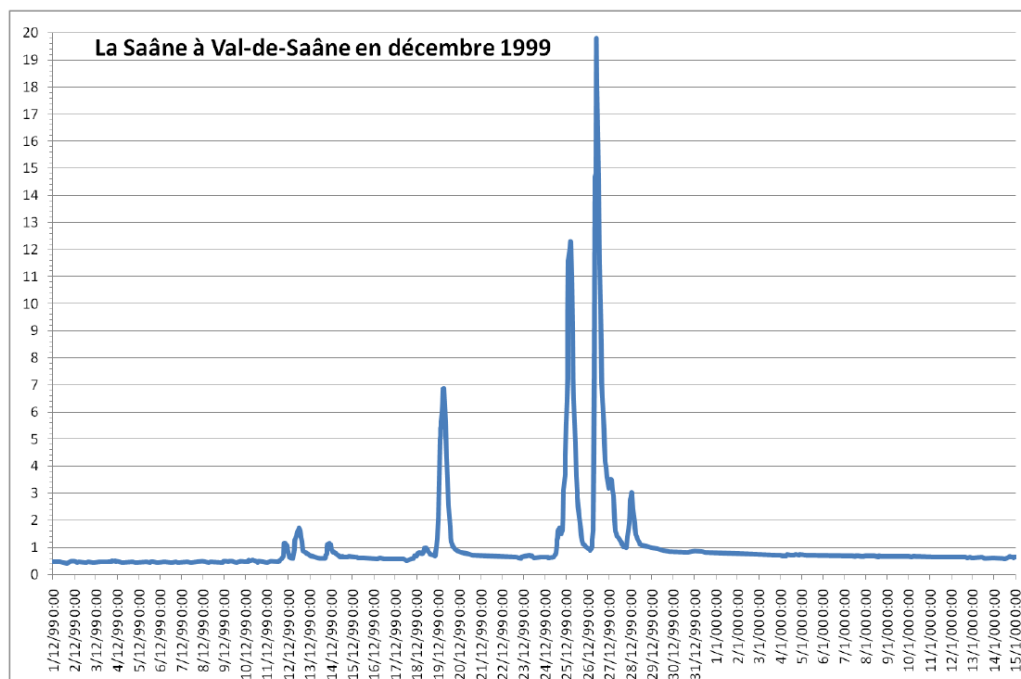


Figure 23 - Hydrogramme de la crue de décembre 1999 en m³/s (DREAL, Hydratec, 2012)

- La crue du **6-11 mai 2000** : cet événement concerne essentiellement la tête de bassin versant de la Saône partie Ouest (Yerville et Val-de-Saône) et l'extrême aval (Ouville-la-Rivière à Quiberville), mais peu le milieu de la vallée. De très fortes intensités de précipitations ont été enregistrées sur des secteurs localisés (jusqu'à 193 mm cumulés).

	PI	Ondées génératrices de la crue	
Date épisode	05/05 au 13/05/00	08/05/2000	09/05/2000
Durée épisode	9 j	pas interceptée à Luneray et Biville	2 h
Cumul pluvio	43 à 130 mm		10,5 à 25 mm
Intensité	5 à 14 mm/j		9,5 à 13 mm/h

Tableau 16 - Episode pluvieux de la période intense de la crue de décembre 2000 (Hydratec, 2012)

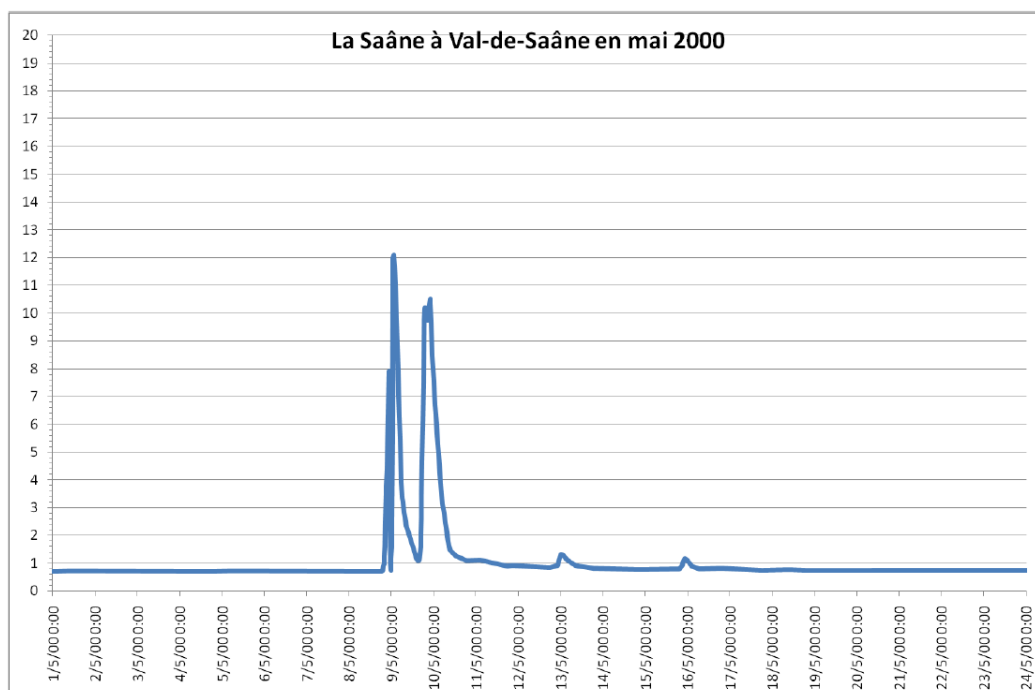


Figure 24 - Hydrogramme de la crue de décembre 2000 en m³/s (DREAL, Hydratec, 2012)

7.3 Repères de crues

5 repères supplémentaires ont été identifiés par Egis en plus des nombreux repères de crues existants sur la Saône et la Vienne. Ces 5 repères de crue sont situés sur la Saône et on fait l'objet d'une fiche descriptive (cf. figure ci-dessous et annexe).

egis		PPRI SAANE et VIENNE	
Laisse n° :	RC1		
Cours d'eau :	LA VIENNE	Rive :	Droite
Commune :	Bacqueville-en-Caux	Département :	76
Informateur :	Particulier		
Date de la crue :	crue de 1999		
Cote de la crue :	m IGN		
Validité de la cote :	Bonne		
Commentaire :	52 cm par rapport au sol		
Coordonnées L93 :	X = 555 537,150	Y = 6 986 927,849	
Photo :			

Figure 25 - Exemple de fiche de repère de crue sur la Vienne

7.4 Fonctionnement hydraulique à l'échelle localisée

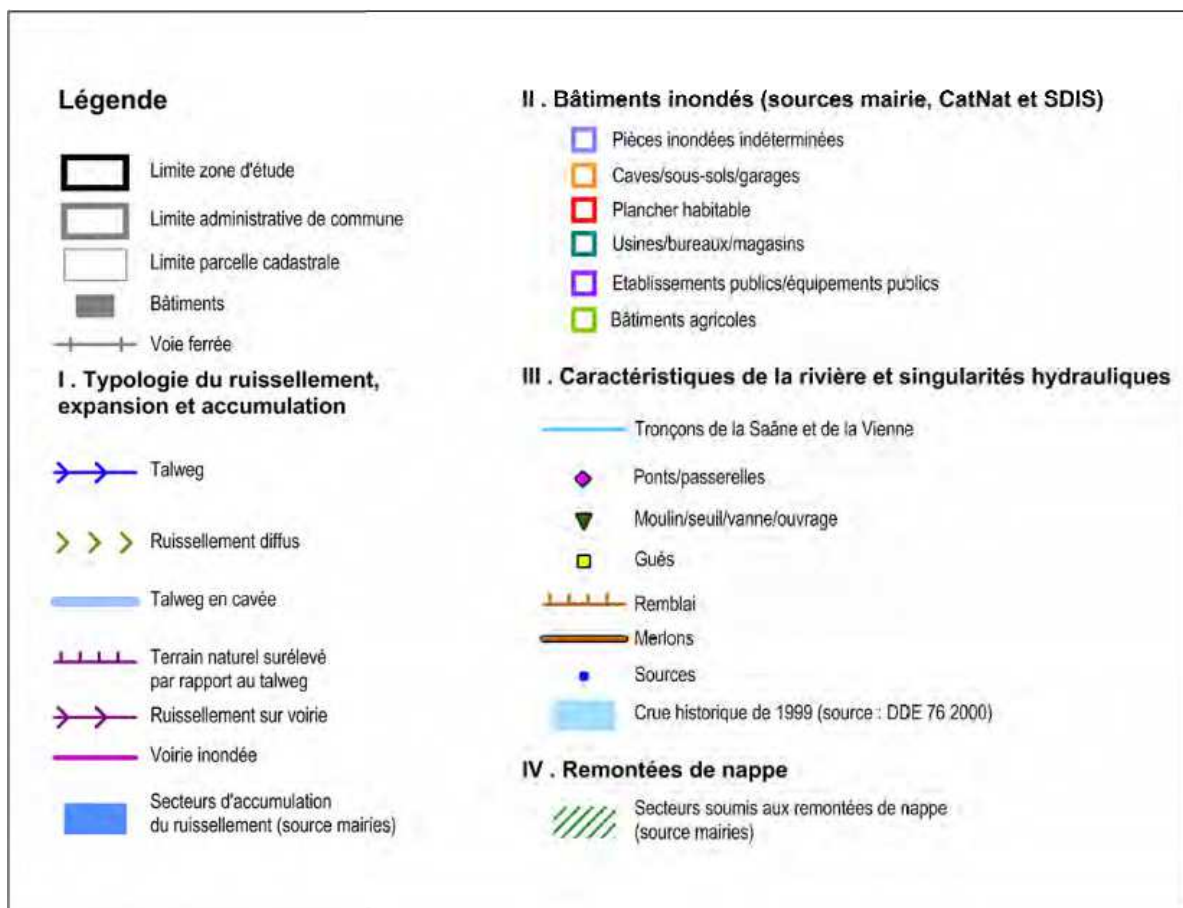
7.4.1 Généralités

Lors de crue, les écoulements sont contraints par les merlons existants créés lors de la mise en place des biefs perchés, mais également dans le cadre de protection rapprochée d'enjeux localisés (De Sutter, ancien site SP Métal...). Ainsi, quand un bras perché déborde, les écoulements rejoignent le lit naturel de la rivière.

Des remblais en lit majeur (route, ancienne voie de chemin de fer...) viennent modifier les écoulements en crue. Ils ont été cartographiés (annexe).

De nombreux ouvrages (seuil de moulin, pont, gués...) ont été recensés à partir de la bibliographie existante, des dires des élus, de visites de terrains et cartographiés (cf. annexe). Ils peuvent modifier localement les écoulements.

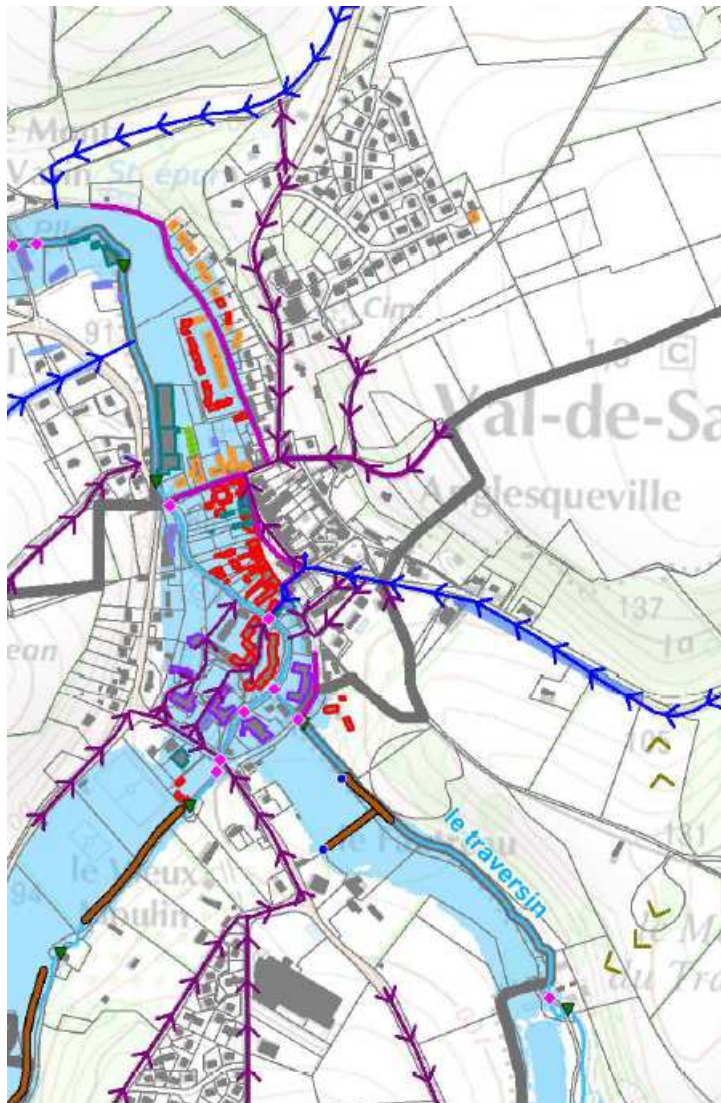
Les cartes suivantes présentent des secteurs problématiques sur le bassin versant (légende ci-dessous).



7.4.1 Val de Saône

La commune de Val-de-Saône est située à la confluence du Traversin et de la Saône et reçoit des ruissellements de voiries ou de talwegs.

Une petite centaine de bâtis ont été inondés. Au niveau du Traversin un pont est limitant lors de fortes crues et entraînent des débordements sur la voirie et inonde des bâtis par la suite. Le talweg provenant de l'Est (Belleville-en-Caux, RD 23) est très actif et génère de coulées boueuses sur le bourg. La Saône déborde dans tout son lit majeur et inonde une très grande partie du centre bourg.



Carte 20 - Secteur de Val-de-Saône

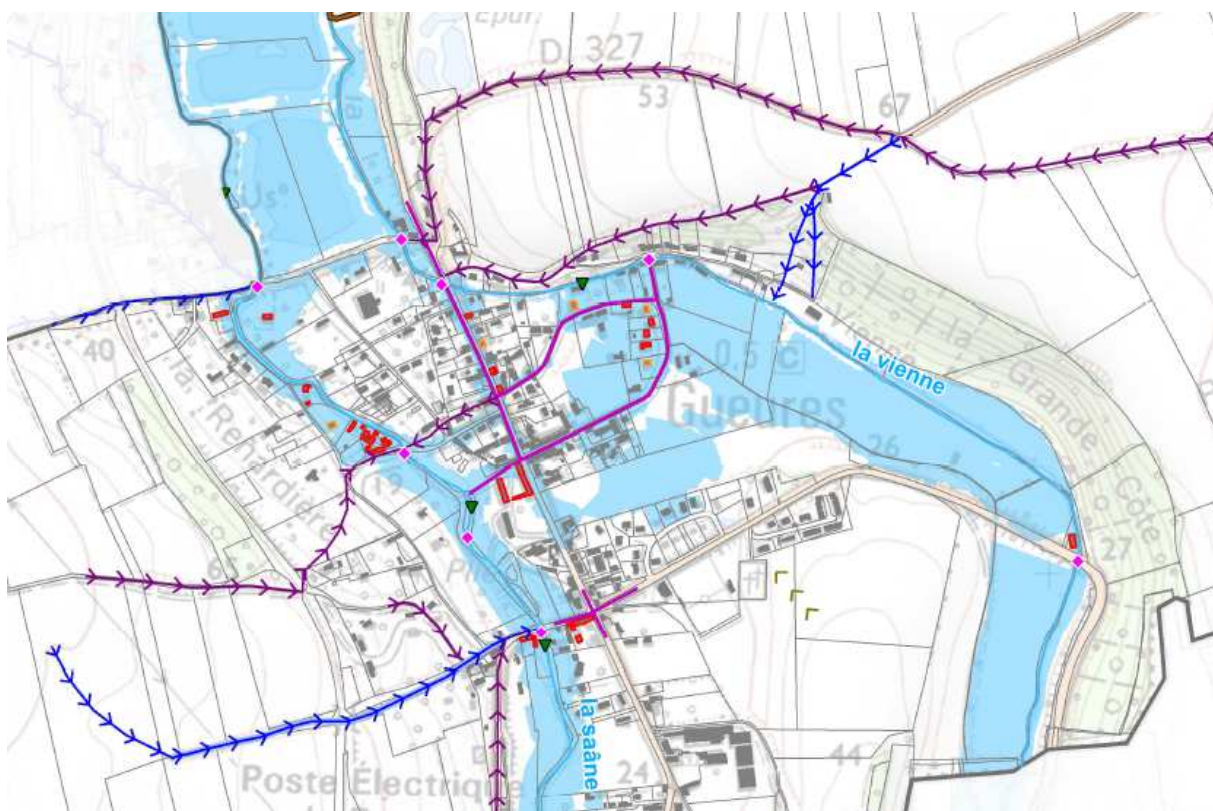
7.4.3 Gueures

La commune est traversée par la Saône et la Vienne, ce qui fait d'elle une commune particulièrement vulnérable aux inondations.

La Vienne est perchée en amont de Gueures. Ainsi, lors de crues, les débordements rejoignent le lit naturel de la Vienne. Lors de crues importantes de la Vienne, les débordements sont interceptés par des voiries qui véhiculent les écoulements jusqu'à la Saône et un peu plus en aval sur la Vienne.

La Saône sort également de son lit dans le centre bourg de Gueures et inonde des parcelles bâties davantage en rive gauche.

Des problèmes de ruissellements sont également rencontrés, mais sont moins impactant par rapport aux débordements des 2 cours d'eau.



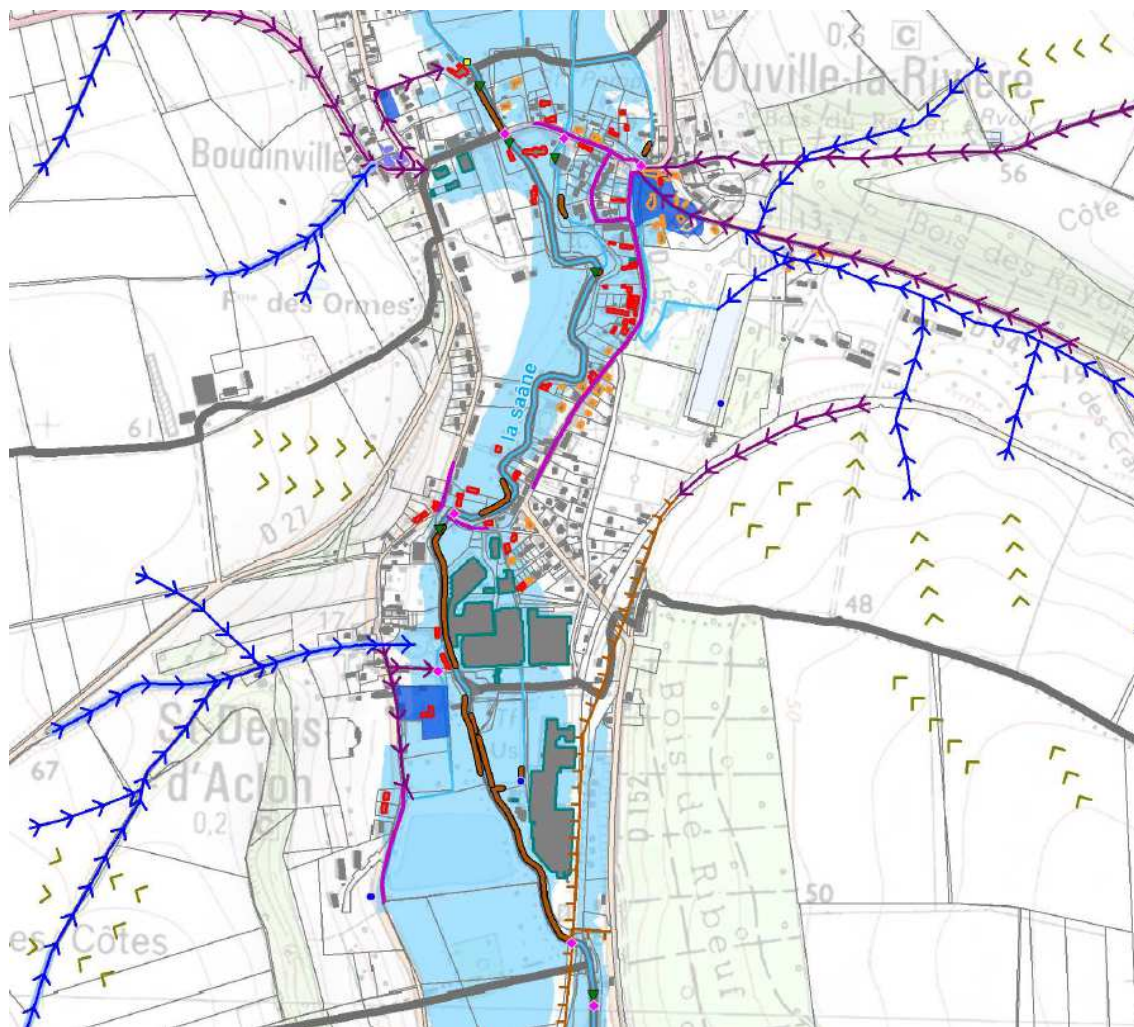
Carte 22 - Secteur de Gueures

7.4.4 Ouville-la-Rivière/Saint-Denis-D'Aclon

Les implantations industrielles ont été fortement impactées par les crues. Le coude que forme la rivière a été le siège de forts débordements.

Le Monceau constituant un bras dérivé de la Saône drainant des sources traverse Ouville-la-Rivière en rive droite de la Saône.

Plus de 70 bâtis ont été inondés en 1999 dans ce secteur. En 2000, de très fort ruissellement venant du Val Tessy ont générés des coulées de boue et des désordres sur les voiries dans des zones habitées.



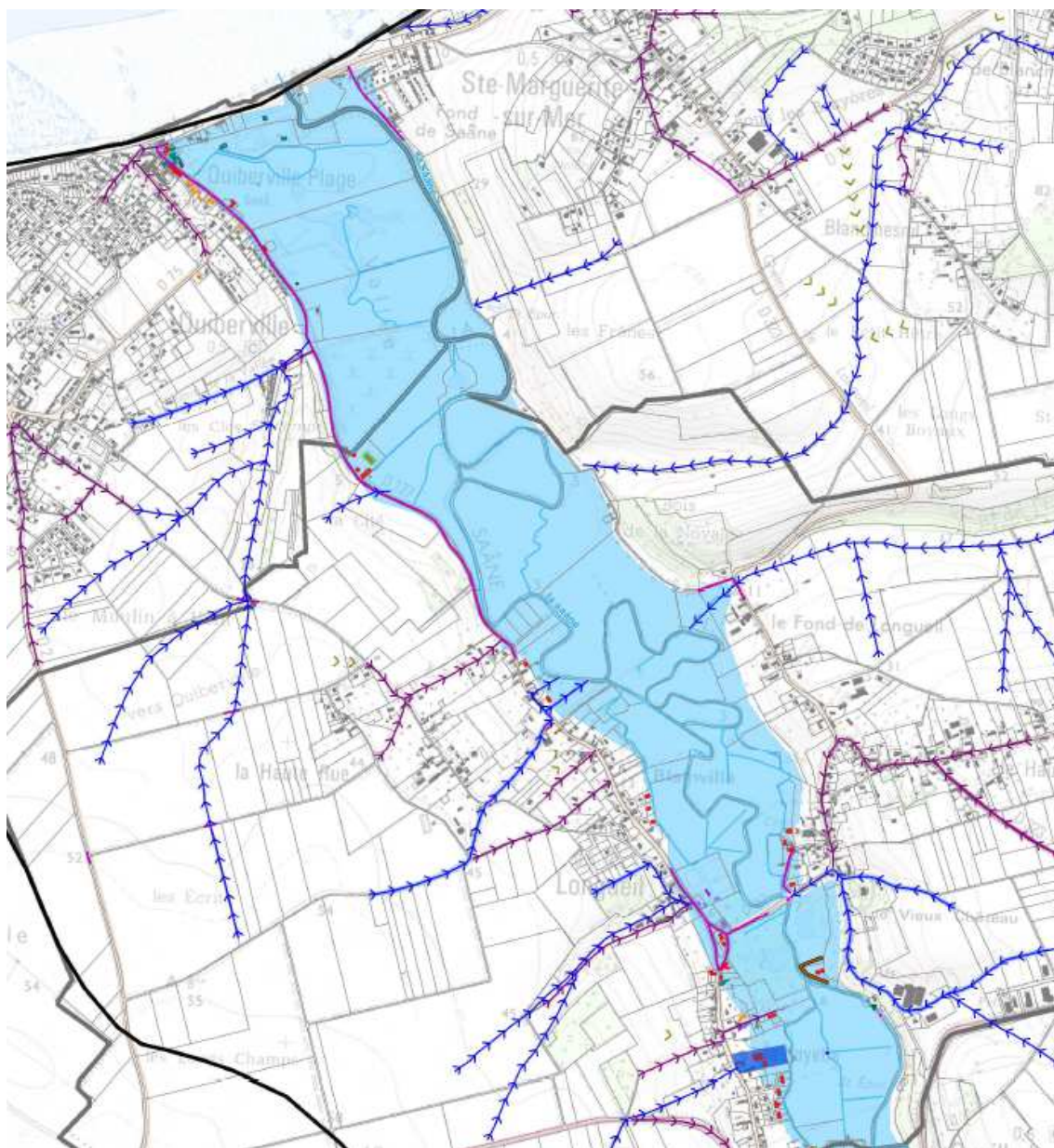
Carte 23 - Secteur d'Ouville-la-Rivière

7.4.5 La basse vallée de la Saône

Le régime hydrologique est soumis aux marées et au fonctionnement du clapet anti-retour situé sous la digue route de Quiberville-sur-Mer. Les effets du clapet et de la marée sur la ligne d'eau de la Saône remonte jusqu'au moulin de Longueil sur cette même commune (Etude de la Basse Vallée de la Saône, 2011). Lors de la crue de 1999, le temps de montée de la crue a été de 48 h et la vidange total de la vallée s'est déroulée en 10 jours.

Près de 100 bâtis ont été inondés lors de la crue de 1999.

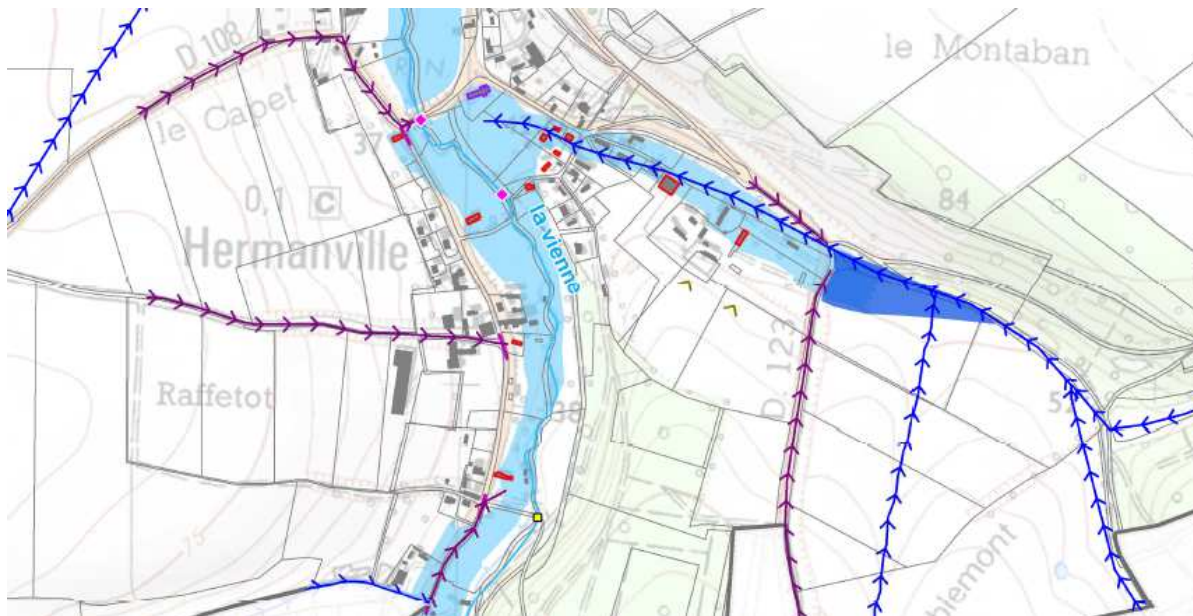
De forts ruissellements ont été recensés en mai 2000, notamment sur la cavée de Blainville, sur la RD 925 qui a entraîné l'affaissement de la voirie, sur les fonds de Longueil, sur le versant Ouest (Quiberville).



Carte 24 - La Basse Vallée de la Saône

7.4.6 Hermanville

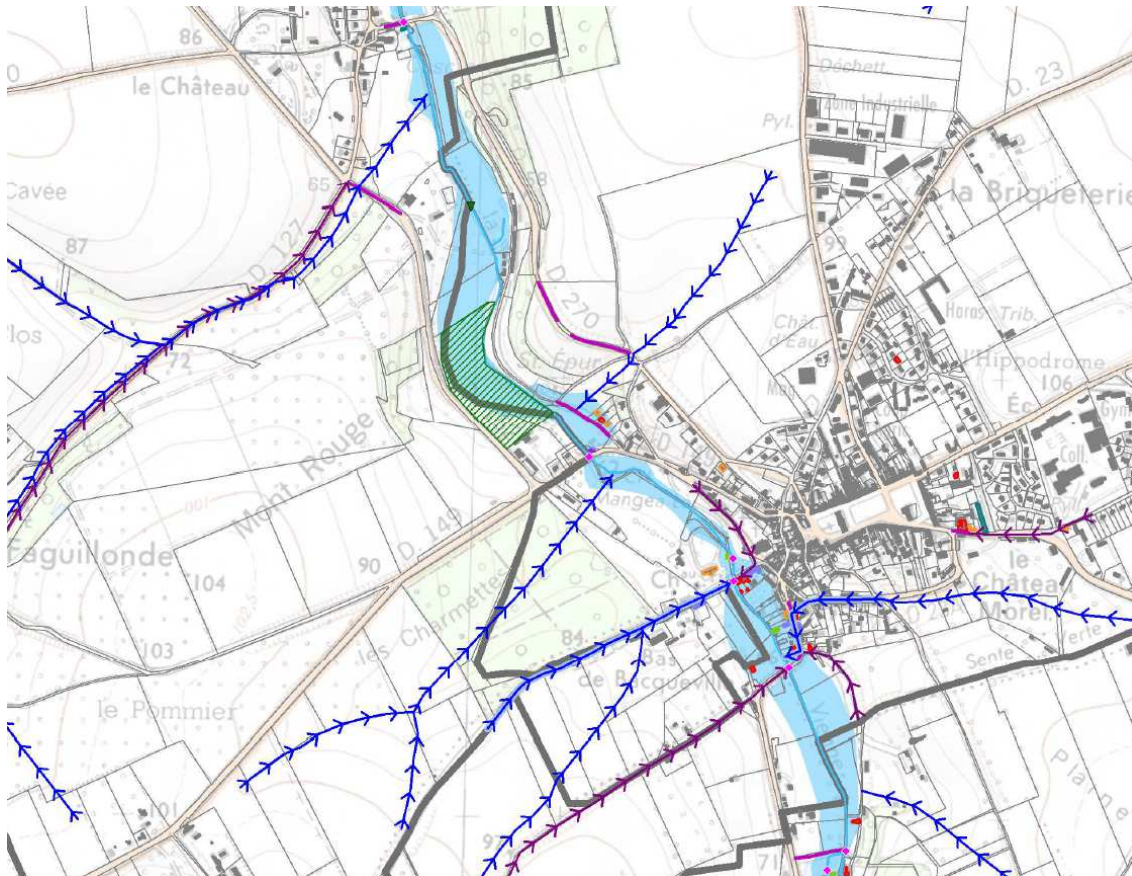
Les débordements les plus importants ont eu lieu lors de la crue de décembre 1999 (plus de 10 sinistrés), en amont de la RD 127 qui a fait barrage aux écoulements. Les ruissellements provenant du vallon du Mont Candon sont importants et impactants pour une partie du village.



Carte 25 - Secteur d'Hermanville

7.4.7 Bacqueville-en-Caux

Le bourg de la commune est divisé en 2 secteur : un situé en rebord de plateau et l'autre situé le long de la Vienne (secteur bas). Le secteur bas est soumis à la fois à des ruissellements venant des parties hautes et aux débordements de la Vienne. Les inondations de décembre 1999 sont les plus importantes sur cette commune, tandis que les ruissellements les plus violents ont eu lieu en juin 1993. L'étranglement du lit majeur et la présence de construction sont deux facteurs aggravant les inondations par la Vienne.



Carte 26 - Secteur de Bacqueville-en-Caux



Figure 26 - Photos de la vallée de la Saône et de la Vienne

7.5 Horloge des crues

7.5.1 Temps de propagation, montée de crue et décrue

L'« étude préalable à la mise en place d'un Plan de Prévention des Risques Naturels d'inondation sur les vallées de la Saône et de la Vienne, 2000 » a permis avec les élus de relever les heures des niveaux d'eau maximaux observés sur les différentes communes de la Saône et la Vienne.

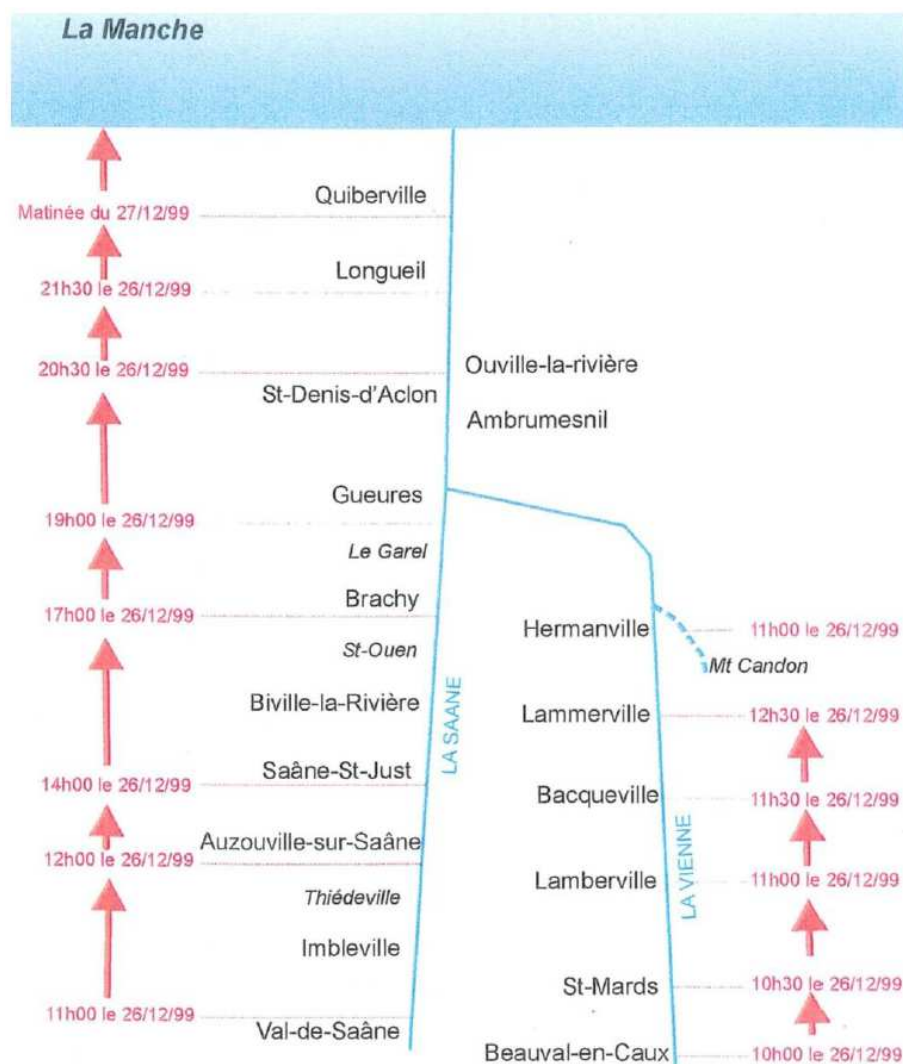


Figure 27 - Horloge des crues de l'événement du 26 décembre 1999 (DDE, 2000)

Les temps de propagation de la crue ont été estimés ainsi que les vitesses d'écoulements associées (cf. tableau ci-dessous).

	Heure du pic de crue	Temps de propagation (h)	Temps de propagation depuis Val-de-Saône (h)	Distance (km)	Vitesse (km/h)
Longueil	26/12/1999 21:30	1.0	10.5	2.521	2.5
St-Denis-d'Aclon	26/12/1999 20:30	1.5	9.5	3.034	2.0
Gueures	26/12/1999 19:00	2.0	8.0	4.121	2.1
Brachy	26/12/1999 17:00	3.0	6.0	7.155	2.4
Saône-St-Just	26/12/1999 14:00	2.0	3.0	2.214	1.1
Auzouville-sur-Saône	26/12/1999 12:00	1.0	1.0	6.103	6.1
Val-de-Saône	26/12/1999 11:00				

Tableau 17 - Temps de propagation et vitesses d'écoulement de la crue du 26 décembre 1999 (Hydratec, 2011)

Val-de-Saône constitue pour les maires des communes aval un repère permettant d'anticiper les inondations sur leur territoire. Les vitesses calculées doivent être modérées, puisque des apports latéraux par ruissellement peuvent amplifier l'onde de crue.

Les temps de montée de crue et de décrue sont rapides (moins de 24 h) et de même durée. Ces temps ont été estimés à l'amont de Brachy autour à 12 h et à 24 h à l'aval de Gueures.

7.5.2 Concomitance

Des concomitances ont pu être observées par le passé :

- Lors de la crue de 1995 entre la Saône et le Traversin ;
- En décembre 1999, il y eu presque concomitance entre la Saône et la Vienne (La Vienne a précédé la Saône de 4 à 8 h).

En règle générale, la crue de la Saône précède toujours celle du Traversin. Elément confirmé par les élus de Belleville-en-Caux, qui observent les ruissellements venant gonfler le Traversin s'étaler et se laminer sur leur commune.

7.6 Cartographie de la crue morphogène par stéréoscopie

L'objectif est de déterminer sur la Saône et la Vienne, l'enveloppe de la « zone inondable » appelée aussi enveloppe de la « crue morphogène ».

Le terme « crue morphogène » représente l'ensemble des crues les plus importantes depuis la dernière ère glaciaire qui ont façonné la plaine inondable du cours d'eau et marqué le relief.

Ces crues peuvent avoir des périodes de retour bien supérieures à 100 ans.

Cette enveloppe de crue présentée dans la cartographie informative des phénomènes naturels permet l'amélioration de la connaissance des événements « rares » (cf. annexe sur les crues morphogènes).

La « zone inondable » appelée aussi « plaine alluviale fonctionnelle » du cours d'eau est délimitée par l'« encaissant » qui représente les terrains situés hors d'eau. Ces deux grands sous-ensembles sont constitués chacun de plusieurs unités hydrogéomorphologiques décrites au § suivant.

La méthode a pour objectif la détermination de ces unités à partir de l'interprétation, à l'aide d'outils et de critères d'identification.

Ces critères d'identification sont le relief, la topographie, la morphologie, le type de sédiment, le type de végétation et les données relatives aux crues historiques souvent corrélées avec l'occupation du sol.

Les outils utilisés pour l'analyse des critères d'identification sont décrits au § suivant : lecture du relief à partir de photographies aériennes en 3 dimensions, visites de terrain...

Cette méthode est un outil efficace pour identifier les secteurs à enjeux. Les seules études hydrauliques, qui prennent en compte la plus forte crue connue ou la crue centennale (issue de calculs statistiques ou basés sur les caractéristiques des bassins versants), ne sont plus suffisantes face à l'augmentation des crues dites « rares ».

Elle permet, d'obtenir une cartographie homogène sur l'ensemble du linéaire. La dynamique des cours d'eau et leur évolution représentent un élément supplémentaire de compréhension de ces vallées, ce qui complète l'absence, sur certains secteurs, d'appareils de mesure ou d'insuffisance de données statistiques.

La méthode ne permet pas de quantification en termes de hauteur et de vitesse des événements cartographiés sur l'ensemble de la plaine alluviale. Les éléments permettant la quantification des hauteurs d'eau sont les données historiques et les suivis réalisés à l'aide des appareils de mesures recensés dans le cadre de cette étude.

Les effets des travaux anthropiques qui peuvent avoir des incidences directes sur le fonctionnement des cours d'eau (ponts, remblais, voies ferrées...) ne sont pas pris en compte par cette méthodologie. Cependant, même si leur incidence sur le tracé de la zone inondable n'est pas représentée, les facteurs anthropiques déterminants influençant les comportements des crues sont identifiés et localisés sur les cartes.

7.6.1 Description des unités hydrogéomorphologiques

La méthode utilisée passe par la détermination d'unités hydrogéomorphologiques.

Les unités hydrogéomorphologiques sont divisées en deux grands sous-ensembles :

- Les unités situées en zone inondable. Elles constituent la plaine alluviale fonctionnelle.
- Les unités situées en dehors de la zone inondable. Elles constituent l'encaissant.

L'objectif de la méthode hydrogéomorphologique est de déterminer les limites externes de la plaine alluviale.

La plaine alluviale fonctionnelle définit la zone inondable de la « crue morphogène » d'un cours d'eau. Elle est composée :

- d'un lit mineur qui correspond au lit intra-berges ;
- d'un lit majeur qui accueille les crues fréquentes. Dans le cas des cours d'eau étudiés, le lit majeur n'a, en général, pas été cartographié. En effet, les cours d'eau étudiés observent une vallée encaissée à fond plat qui ne permet pas de déterminer cette unité selon sa définition géomorphologique ;
- d'un lit majeur qui est fonctionnel pour toutes les crues de fréquentes à exceptionnelles. Il est emboîté dans des terrains formant l'encaissant.

Au-delà de la plaine alluviale on trouve l'encaissant qui définit la zone non-inondable de la « crue morphogène » d'un cours d'eau. Il est composé :

- du versant,
- des colluvions (dépôt de bas de pente provenant de l'érosion du versant)
- des terrasses alluviales (replat situé sur un versant à une altitude supérieure à celle du cours d'eau et qui représente le reste d'un lit ancien dans lequel le cours d'eau s'est enfoncé).

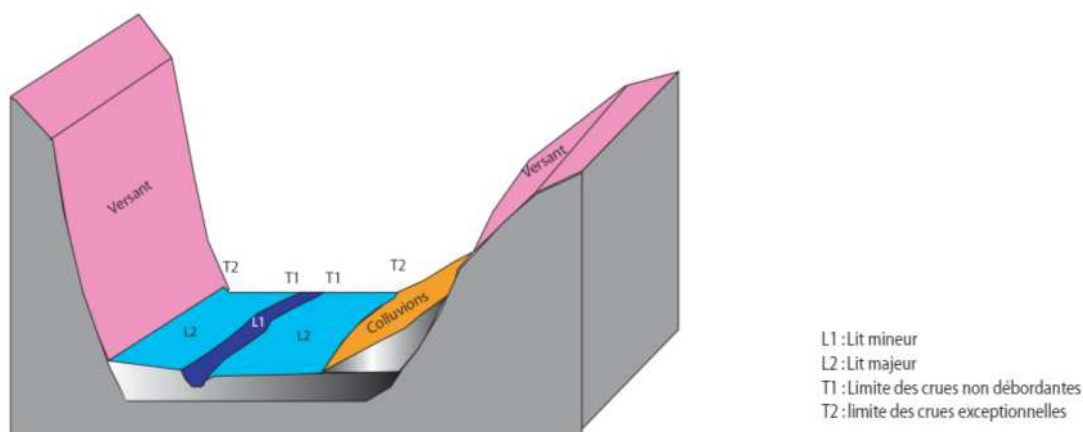


Figure 28 - Présentation schématique de la plaine alluviale

La méthode hydrogéomorphologique repose sur la délimitation de ces différentes unités à partir de l'interprétation, à l'aide d'outils, de critères d'identification qui sont : le relief, la topographie, la morphologie, le type de sédiment, le type de végétation, les données relatives aux crues historiques, souvent corrélées avec l'occupation du sol. Quelques exemples sont présentés ci-dessous :

Le relief et la topographie : La plaine inondable présente un relief relativement plat alors que le versant présente souvent des pentes marquées. Ainsi, un des critères d'identification de la délimitation de la plaine alluviale est la rupture de pente située au pied du versant.

Le type de sédiment : Le lit mineur présente des vitesses importantes qui lui permettent le transport de sédiments grossiers polis. Le lit majeur présente des vitesses moins marquées et donc le transport de sédiments plus fins polis par les eaux. Au contraire, le pied des versants va être marqué par la présence de colluvions (sédiments plus grossiers et tranchants provenant de l'érosion du versant). Ainsi l'analyse du type de sédiment va être un indicateur pour la délimitation des unités.

Le type de végétation et l'occupation du sol : Le type de végétation présent est représentatif (car dépendant) de la nature des sols et de leurs caractéristiques hydrologiques. De même le type d'occupation du sol a souvent été adapté à la connaissance des inondations (construction des anciens bâtiments hors d'eau, présence de cultures ou de prairies selon l'inondabilité des sols...).



Autant d'indicateurs qui une fois recoupés aux témoignages recueillis sur les crues historiques vont permettre la délimitation des différentes unités.

Les unités constituant la vallée sont ensuite transposées sur la carte.

Le contour du lit majeur a été représenté sur la cartographie, ainsi que les secteurs surélevés situés dans la cure morphogène.

7.6.2 Les outils utilisés

Les outils utilisés pour la détermination des unités sont les suivants :

- La photo-interprétation
- Les observations de terrain
- Les données collectées (historiques, ...)
- La numérisation

La photo-interprétation

La première étape consiste en un travail de photo-interprétation stéréoscopique (lecture en 3 Dimensions de photographies aériennes) qui constitue la première phase d'expertise. La photo-interprétation permet d'avoir une vision d'ensemble du secteur étudié, ce qui est souvent nécessaire pour comprendre son fonctionnement.

Les observations de terrain

La seconde étape permet de valider la cartographie tout en y apportant des points de détail, pas forcément observables durant la première phase. Les visites de terrain permettent outre la validation de la carte, d'observer l'ensemble des éléments marqueurs laissés par une crue de la rivière, notamment :

- La nature des formations superficielles des différents lits,
- La végétation, dépendante de la nature des sols et de leurs caractéristiques hydrologiques,
- Les traces d'inondation : laisses de crue, érosions, sédimentation dans le lit majeur,

MARQUEUR



La complémentarité de ces deux méthodes permet également d'apporter des informations sur l'extension urbaine récente ainsi que sur le développement des activités humaines sur la totalité du linéaire. Ces deux approches complémentaires sont indissociables l'une de l'autre.

Les données collectées (historiques, ...)

Dans le cadre d'une étude générale telle que celle traitée ici, il est primordial de collecter, d'analyser et de présenter clairement et précisément l'ensemble des informations disponibles relatif au fonctionnement de ces cours d'eau.

Cette collecte d'informations s'effectue auprès des administrations locales (DREAL, DDTM, Communes, services des archives départementales, ...).

Afin de compléter ce travail de recherche, un questionnaire a été distribué aux mairies concernées par cette étude. Cela permet d'obtenir des renseignements locaux qui viennent compléter les premières investigations. Le traitement de ces données nous renseigne plus précisément sur les événements majeurs qui se sont produits dans les communes ainsi que les actions qui sont en cours pour la gestion des abords des rivières.

Le traitement informatique

Ces outils permettent l'identification de l'emprise de la crue morphogène du secteur d'étude.



**Direction Départementale des Territoires et de la Mer
de Seine-Maritime**



PRÉFET DE LA
SEINE-MARITIME

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'Inondation sur le bassin versant de la Saône et de la Vienne

Analyse du secteur d'étude (phase1.1)

Volume 2 : relatif à la submersion marine

Version définitive



Mai 2015



Sommaire

Acronymes et abréviations	5
Lexique	5
Liste des Figures	6
Liste des tableaux	7
Chapitre 1 - Introduction	8
1 Règlementation.....	8
2 Contexte et objectifs des PPRN-L.....	8
Chapitre 2 - Sources.....	9
1 Documents / sites internet consultés.....	9
1.1 Documents.....	9
1.2 Sites internet.....	10
2 Organismes contactés	10
Chapitre 3 - Analyse géomorphologique du site	11
1 Visite du site d'étude	11
2 Photos aériennes du site	15
3 Levés topo-bathymétriques.....	16
4 Dynamique hydrosédimentaire.....	22
4.1 Origine, nature et répartition des sédiments.....	22
4.2 Mouvements sédimentaires.....	25
4.3 Dérive littorale et dynamique hydro sédimentaire.....	27
4.4 Mouvements dans le profil.....	30
Chapitre 4 - Analyse des systèmes de protection	31
1 Préambule.....	31
2 La Digue	33
2.1 Description.....	33
2.2 Gestion des aménagements	35
2.3 Inspection des aménagements	35
2.3.1 L'esplanade	36
2.3.2 La promenade.....	36
2.3.3 La digue-route.....	37
2.3.4 Le front de mer de Sainte-Marguerite-sur-Mer.....	37
2.3.5 Le parement côté mer.....	38
2.3.6 Le parement côté terre	39
2.3.7 Les épis	40
2.3.8 Le cordon de galets	44
2.3.9 Le dispositif de batardage	45
2.3.10 Les ouvrages traversiers	45
Chapitre 5 - Conditions océano-météorologiques.....	47
1 Vent.....	47
2 Courants.....	52
2.1 Généralités	52

2.2 Courants généraux.....	52
2.3 Courants de marée.....	54
2.4 Courants dus au vent	55
2.5 Courants de houle	55
3 Caractéristiques de plusieurs événements historiques	56
3.1 La tempête du 11 décembre 1979.....	57
3.2 La tempête d'octobre 1987.....	58
3.3 Tempête du 26 février 1990.....	58
3.4 La tempête de décembre 1999.....	61
3.5 L'événement de janvier 1995.....	62
3.6 L'événement de mai 2000	63
3.7 Tempête du 10 mars 2008.....	63
4 Niveaux d'eau.....	66
4.1 Eléments de référence	66
4.2 Marée astronomique	66
4.3 Surcote et décote	67
4.4 Houles et Setup.....	68
4.5 Niveaux d'eau extrêmes	71
4.6 Corrélation des niveaux d'eau extrêmes (marée+Setup).....	73
4.7 Etude sur le changement climatique et la hausse du niveau des mers	74
4.7.1 Recommandations de l'ONERC	74
4.7.2 Circulaire du 27 juillet 2011	74
4.7.3 Conclusion dans le cadre de notre étude.....	75

Acronymes et abréviations

ANEMOC	Atlas Numérique d'Etats de Mer Océanique et Côtier
CM	Cote marine
DDE	Direction Départementale de l'Équipement
DDTM	Direction Départementale des Territoires et de la Mer
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
IGN	Institut National de l'Information Géographique et Forestière
MEDDTL	Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement
PPRSM	Plan de Prévention des Risque de Submersion Marine
PPRL	Plan de Prévention des Risques Littoraux
SHOM	Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

Lexique

Terrigène	Qui provient de l'érosion des terres émergées
------------------	---

Liste des Figures

Figure 1 : Photos de la géomorphologie des plages de Quiberville-sur-Mer.....	12
Figure 2 : Falaise en érosion	13
Figure 3 : Engraisement de galets.....	14
Figure 4 : Photos aériennes disponibles.....	15
Figure 5 : Levés bathymétriques disponibles	16
Figure 6 : Référentiel altimétrique	17
Figure 7 : Isobathes (m CM) au large du littoral d'étude.....	17
Figure 8 : Localisation des profils transversaux	18
Figure 9 : Présentations graphiques des profils transversaux.....	21
Figure 10 : Répartition des sédiments superficiels le long de la côte d'Albâtre [B1].....	24
Figure 11 : Principe des courants de déferlement.....	25
Figure 12 : Mécanisme de la dérive littorale.....	27
Figure 13 : Dynamique hydro sédimentaire le long de la côte d'Albâtre [B1].....	28
Figure 14 : Localisation des vitesses moyennes de recul entre 1947 et 1995 (A), de la période de retour moyenne des éboulements (B) et du recul moyen par éboulement (C) et ses relations avec la lithologie [B1].....	29
Figure 15 : Ouvrages littoraux sur le site d'étude.....	32
Figure 16 : Localisation des épis (source : SOGREAH, 2005).....	40
Figure 17 : Caractéristiques des épis (SOGREAH, 2005).....	41
Figure 18 : Schéma du clapet vu de l'aval (SOGREAH, 2005).....	46
Figure 19 : Rose des vents à Dieppe – 08/2010 à 04/2013 – www.windfinder.com	48
Figure 20 : Roses des vents mensuelles à Dieppe – 08/2010 à 04/2013 – www.windfinder.com	49
Figure 21 : Exposition aux vents du littoral d'étude.....	51
Figure 22 : Circulation moyenne en Manche (IFREMER).....	53
Figure 23 : Vitesse et direction des courants de marée, en vive-eau, le long du littoral de la Seine-Maritime (SHOM, 1968).....	54
Figure 24 : Courants de houle (crédits : EGIS)	55
Figure 25 : Chronologie et caractéristiques de la tempête du 11 décembre 1979 (DHI, 2008)	57
Figure 26 : Chronologie et caractéristiques de la tempête du 16 octobre 1987 (DHI, 2008).....	58
Figure 27 : Marégramme de Dieppe lors de la tempête du 26 février 1990	59
Figure 28 : Analyse des niveaux d'eau à Dieppe lors de la tempête du 26 février 1990.....	60
Figure 29 : Chronologie et caractéristiques de la tempête de décembre 1999 (DHI, 2008).....	61
Figure 30 : Chronologie et caractéristiques de l'événement de janvier 1995 (DHI, 2008).....	62
Figure 31 : Chronologie et caractéristiques de l'événement de mai 2000 (DHI, 2008).....	63
Figure 32 : Surcote à Dieppe lors de la tempête du 10 au 11 mars 2008 ; données SHOM et DDE	64
Figure 1 : Vitesse du vent moyennée (sur 10 minutes) et surcote à Dieppe le 10 mars 2008 ; Données Météo-France.....	66
Figure 34 : Position du profil de plage devant l'épis buse pour le calcul du setup et du point d'extraction des données de houle (DHI, 2008).....	68
Figure 35 : Profils par beau temps et profil par tempête (DHI, 2008) utilisés.....	69
Figure 36 : Rose des fréquences des houles devant la plage de Quiberville-sur-Mer à partir d'une série de données sur la période de 1979-2001 (DHI, 2008).....	69

Liste des tableaux

Tableau 1 : Etat des épis	43
Tableau 2 : Statistiques des vents sur 3 ans	47
Tableau 3 : Niveaux caractéristiques de la marée astronomique d'après l'annuaire des marées du SHOM (2011).....	66
Tableau 4 : Périodes de retour et hauteurs associées en m des surcotes (DHI, 2008)	67
Tableau 5 : Périodes de retour et hauteur des setup extrêmes en m (DHI, 2008).....	70
Tableau 6 : Période de retour des niveaux extrêmes à Quiberville-sur-Mer (SHOM, B. Simon)	71
Tableau 7 : Période de retour centennale des niveaux extrêmes à partir de la corrélation Hs / Niveaux (DHI, 2008).....	73
Tableau 8 : Niveaux de référence à prendre en considération dans le PPRIL de Saône.....	75

Chapitre 1 - Introduction

1 Règlements

La loi n°95-101 du 02 février 1995 relative au renforcement de la protection de la nature a institué les Plans de Prévention des Risques aux termes de son article 16-1 modifiant les articles 40-1 à 40-7 de la loi n°87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs, aujourd'hui codifiés aux articles L 562.1 à L 562.9 du Code de l'Environnement.

La Direction Générale de la Prévention des Risques du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (MEDDTL/DGPR) a défini, dans le cadre de la circulaire du 27 juillet 2011, une doctrine nationale relative à la prise en compte de l'aléa submersion marine dans l'élaboration des plans de prévention des risques littoraux (PPRL). Cette doctrine a été mise en place, début 2011, un comité technique destiné à assurer la révision du *Guide méthodologique des Plans de Prévention des Risques Littoraux* (MATE/METL, 1997).

Ce rapport constitue la première phase (phase 1.1) d'un plan de Prévention des Risques littoraux pour les communes de Quiberville-sur-Mer et de Sainte-Marguerite-sur-Mer.

2 Contexte et objectifs des PPRN-L

La vulnérabilité d'une grande partie du littoral français s'illustre à travers des phénomènes tels que le recul du trait de côte ou la submersion marine. Ces processus directement liés à l'action marine peuvent être aggravés par les activités humaines.

Le littoral constitue une zone de forte fréquentation, les populations et activités s'y développent largement ce qui se traduit par une urbanisation intensive en zones vulnérables aux aléas liés à la mer.

L'élaboration des Plans de Prévention des Risques Littoraux (PPRL) a pour objectifs de définir les principes relatifs à la prise en compte du risque de submersion marine et de gestion des espaces situés en arrière des ouvrages de protection. En finalité, ils permettront de :

- Délimiter les zones exposées directement ou indirectement aux risques,
- Définir des interdictions ou des prescriptions quant à leurs aménagements et aux activités qui y sont pratiquées,
- Définir les mesures de protection et de sauvegarde qui doivent y être prises, dans le but de protéger, et le cas échéant d'améliorer la sécurité relative à la protection de vies humaines.

Le présent rapport constitue la partie relative à la submersion marine et au retrait du trait de côte de la phase 1.1 de l'élaboration du plan de prévention des risques littoraux et d'inondation sur le bassin versant de la Saône.

Chapitre 2 - Sources

1 Documents / sites internet consultés

1.1 Documents

Référence	Liste des documents
A – Documents liés au projet	
A1	Etude détaillée des niveaux marins et de la faisabilité de la mise en place d'un marégraphe, DHI 2008
A2	Etude d'aménagement pour une gestion globale de la Basse Vallée de la Saône, SOGREAH, 2005
B – Autres documents de référence	
B1	IFREMER – Evolution morpho-sédimentaire du domaine littoral et marin de la Seine-Maritime – Mai 2004.
B3	Circulaire du 27 juillet 2011 relative à la prise en compte du risque de submersion marine dans les plans de prévention des risques naturels littoraux – NOR : DEVP1119962C – République Française, Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement.
B4	ONERC (Observatoire National sur les effets du réchauffement Climatique) – Synthèse – Prise en compte de l'élévation du niveau de la mer en vue de l'estimation des impacts du changement climatique et des mesures d'adaptation possibles – Direction Générale de l'Energie et du Climat – Synthèse n°2 – Février 2010
B5	Salomon J.C., Breton M., 1993. An atlas of long-term currents in the Channel. Oceanol.Acta., 16, 5-6, 439-448.
B6	Bailly du bois P, Dumas F., 2005. Fast hydrodynamic model for medium and long-term dispersion in seawater in the English Channel and Southern North Sea, qualitative and quantitative validation by radionuclide tracers. Ocean Mod., 9, 169-210.
B7	H. Muller, B. Blanke, F. Dumas and V. Mariette. 2010. Identification of typical scenarios for the surface Lagrangian residual circulation in the Iroise Sea, Journal of Geophysical Research 115 (C7), pp. C07008–389.
B8	Garreau P., 1993. Hydrodynamics of the North Brittany coast. Oceanol. Acta. 16,5-6,469-477.
B9	E. Thiébaud, Y. Lagadeuc, F. Olivier, J.C. Dauvin and C. Retière. 1998.

	Do hydrodynamic factors affect the recruitment of marine invertebrates in a macrotidal area?, Hydrobiologia 375-376, pp. 165–176.
B10	C. Ellien, E. Thiébaud, F. Dumas, J.-C. Salomon and P. Nival, A modelling study of the respective role of hydrodynamic processes and larval mortality on larval dispersal and recruitment of benthic invertebrates: example of Pectinaria koreni (Annelida: Polychaeta) in the Bay of Seine (English Channel), Journal of Plankton Research 26 (2) (2004), pp. 117–132.
C – Données disponibles	
C1	SHOM – Ouvrage de marée, Références altimétriques maritimes, Ports de France métropolitaine et d'outre-mer – Edition 2012

1.2 Sites internet

ADRESSE DU SITE	THÈME
www.cocorisco.fr	Connaissance, compréhension et gestion des risques côtiers
www.geoportail.gouv.fr	Cartes historiques
http://anemoc.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/carte2/	Données de houles
www.windfinder.com	Données sur les vents

2 Organismes contactés

Nom de l'organisme	Services contactés / Éléments apportés
Archives départementales	■ Recherche des tempêtes et dégâts sur la digue de Quiberville-sur-Mar et Sainte-Marguerite-sur-Mer
SHOM	■ Niveaux marins extrêmes de 2008 et de 2012

Chapitre 3 - Analyse géomorphologique du site

1 Visite du site d'étude

Une visite technique du site a été effectuée par Egis le 2 septembre 2014.

La visite du site a été réalisée à 2 reprises :

- par conditions de pleine-mer le 2 septembre 2014 entre 14h et 16h30 ;
- par conditions de basse-mer le 2 septembre 2014 entre 10h et 13h ;

Une visite avec les élus des communes de Quiberville-sur-Mer et Sainte-Marguerite-sur-Mer a été effectuée le 06 novembre 2014 entre 9 h et 12 h 30 par conditions de pleine-mer.

Un reportage photographique de cette visite est présenté en Annexe 1 pour visualiser le site d'étude. Les conditions de niveau de marée lors de la visite y sont également détaillées.

Le littoral de la Saône est découpé en plusieurs casiers sédimentaires par l'intermédiaire d'épis transversaux afin de limiter la perte des sédiments liée au transit littoral longitudinal. Le transit littoral préférentiel est orienté du Sud-Ouest vers le Nord-Est de la pointe du Havre à la Somme. Contrairement à la plage de Pourville, le transit sédimentaire ne s'inverse pas avec un régime de houles incidentes sur quelques jours en provenance de la Mer du Nord.

La plage est protégée par 8 épis transversaux en béton visibles appelés dans l'étude épi n°1 à 8 d'Est en Ouest. Des vestiges d'anciens épis sont encore présents et visibles par basse mer.

Les ouvrages ont été recensés lors de la visite du site (épis, escaliers, rampes d'accès à la mer, digue longitudinale, muret de protection de haut de plage, émissaire, batardeaux, etc...) et localisés.

La nature de la plage est constituée par un mélange de plusieurs types de sédiments :

- le haut de plage est constitué essentiellement par des galets avec une sous-couche composée de sables,
- l'estran (zone concernée par le marnage) est constitué par des sédiments sableux et un substratum rocheux visible par endroit (surtout à l'Est de la plage coté Sainte-Marguerite-sur-Mer).



Figure 2 : Photos de la géomorphologie des plages de Quiberville-sur-Mer

Des falaises de craie sujettes à une érosion naturelle sont situées de part et d'autre de la plage de Quiberville-sur-Mer et Sainte-Marguerite-sur-Mer. Le recul du trait de côte est important dans ce secteur comme le témoigne les photos ci-dessous.



Chute du Blockhaus à l'Est de la plage



Erosion menaçant des habitations à l'Ouest de la plage

Figure 3 : Falaise en érosion

D'après les témoignages des élus recueillis sur le site, la plage :

- présente un engraissement important de galets à l'EST et à l'Ouest de la plage, cette engraissement devient problématique sur le front de mer à l'Ouest (des galets se retrouvent régulièrement sur la promenade sur la digue ;
- Un amaigrissement au centre au droit de l'exutoire buse de la Saône ;
- L'engraissement s'effectue toujours par un transit sédimentaire d'Ouest en Est.



Fort engraissement à l'Ouest de l'Epis ayant nécessité la mise en place d'un déversoir pour galets



Fort engraissement à hauteur de la promenade



Fort engraissement retenu par les parapets



Secteur « exutoire de la Saône », le moins engraisé

Figure 4 : Engraissement de galets

Plan de Prévention des Risques littoraux et d'inondation du bassin versant de la Saône et de la Vienne

2 Photos aériennes du site



Figure 5 : Photos aériennes disponibles

3 Levés topo-bathymétriques

Dans le cadre de ce PPRI, nous disposons des données topo-bathymétriques du LIDAR de 2011 ainsi que des données bathymétriques de la carte SHOM.

La figure ci-après présente le levé bathymétrique de la carte SHOM n°7417 sur la plage de Quiberville-sur-Mer et Sainte-Marguerite-sur-Mer.



Figure 6 : Levés bathymétriques disponibles

A titre informatif, le zéro du nivellement général se situe au-dessus du zéro hydrographique (0 m ZH ou 0 m CM) correspondant au niveau des plus basses mers (à +4,45 m CM d'après le guide du SHOM 2012) à Dieppe (cf. Figure ci-après).

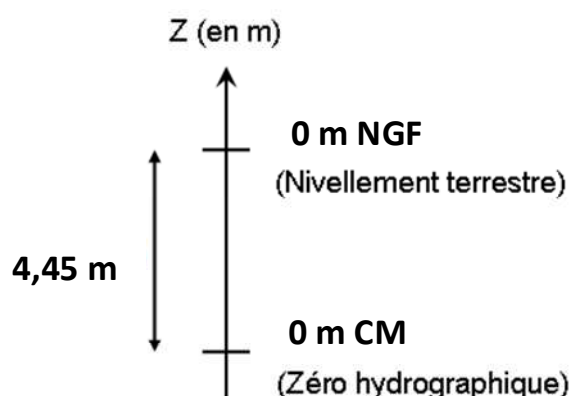


Figure 7 : Référentiel altimétrique

Le SHOM utilise une méthode dite de concordance pour définir le zéro hydrographique dans un port secondaire à partir d'un port référence voisin, où le zéro hydrographique est correctement défini. La concordance porte sur les basses mers mesurées dans les deux ports.

Cependant, dans la pratique une différence entre le zéro hydrographique et les plus basses mers astronomiques suivant les ports peut exister. L'étude A1 a travaillée sur les niveaux moyens pour vérifier cette hypothèse. **Le zéro hydrographique sur la plage de Quiberville a été estimé à 4.434 m par rapport à l'IGN69, ce qui reste proche des 4.45 m du SHOM.**

Le tableau ci-après présente la distance des isobathes -5, -10 et -20 m CM par rapport à la côte ainsi que la pente moyenne des fonds par rapport à la côte.

-5 m CM		-10 m CM		-20 m CM	
Distance (m)	Pente des fonds (%)	Distance (m)	Pente des fonds (%)	Distance (m)	Pente des fonds (%)
600 m	0.8 %	2500 m	0.4 %	5000 m	0.4 %

Figure 8 : Isobathes (m CM) au large du littoral d'étude

Les fonds devant le littoral d'étude sont relativement plats et de pente homogène de l'ordre de 0,5 % entre la côte et l'isobathe -20 m CM.

L'analyse du levé topo-bathymétrique du LIDAR permet d'analyser la géomorphologie des petits fonds de la plage de Quiberville-sur-Mer et Sainte-Marguerite-sur-Mer.

21 profils transversaux (P1 à P21) ont été implantés de l'Est vers l'Ouest sur le littoral d'étude de la plage à partir du levé topo-bathymétrique du LIDAR.

Les figures suivantes présentent la localisation des profils transversaux et la représentation graphique des profils.

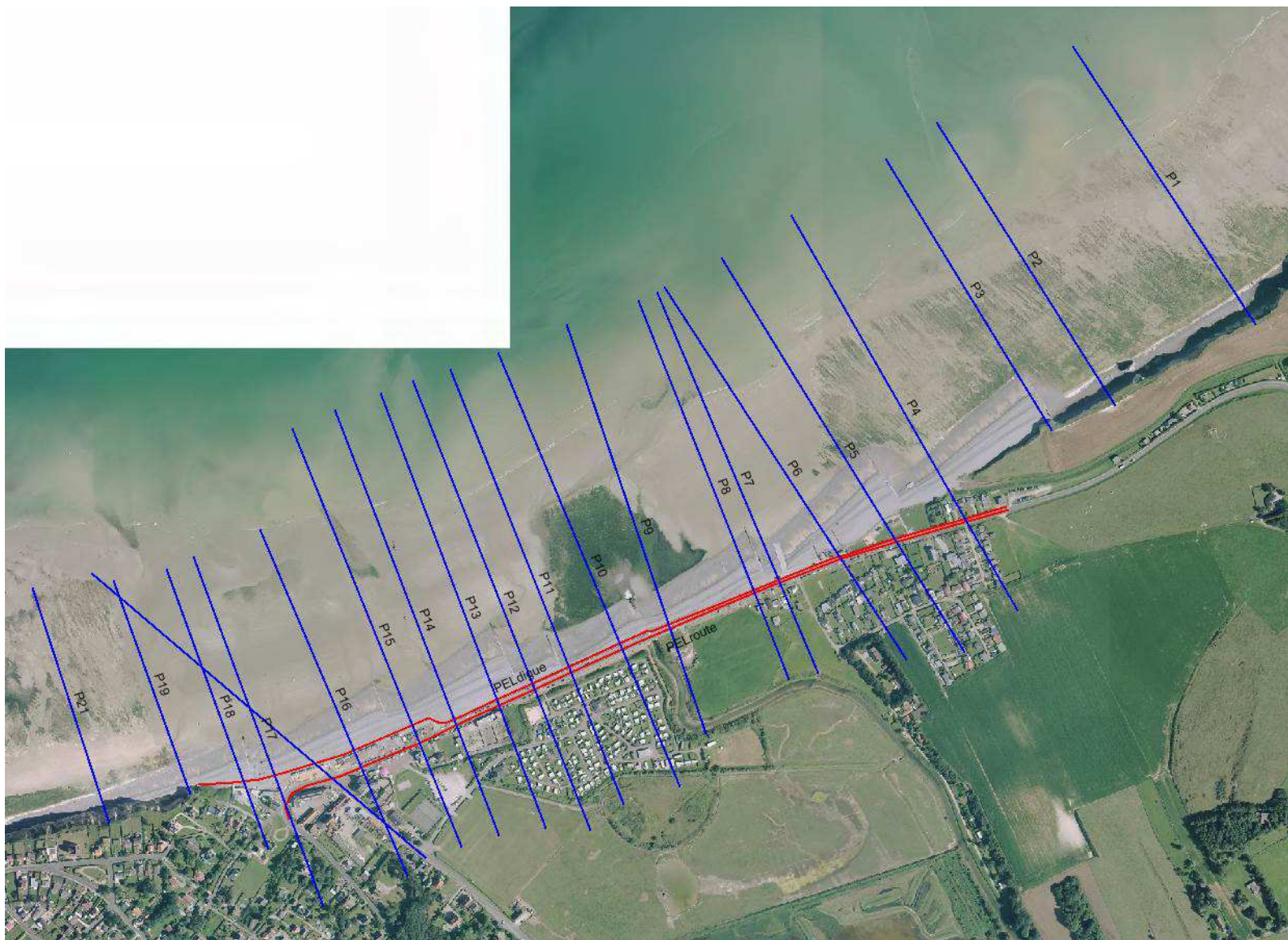
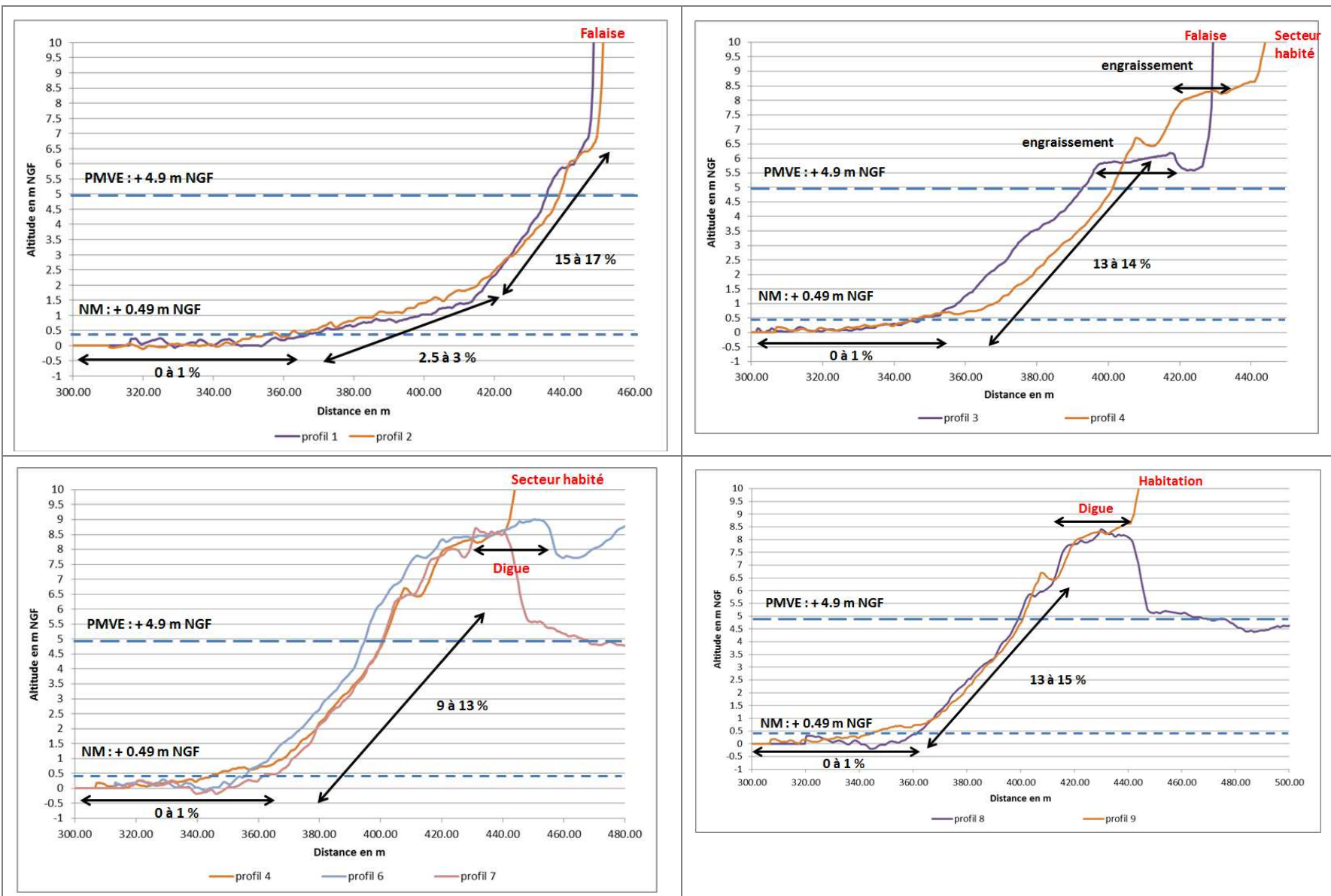
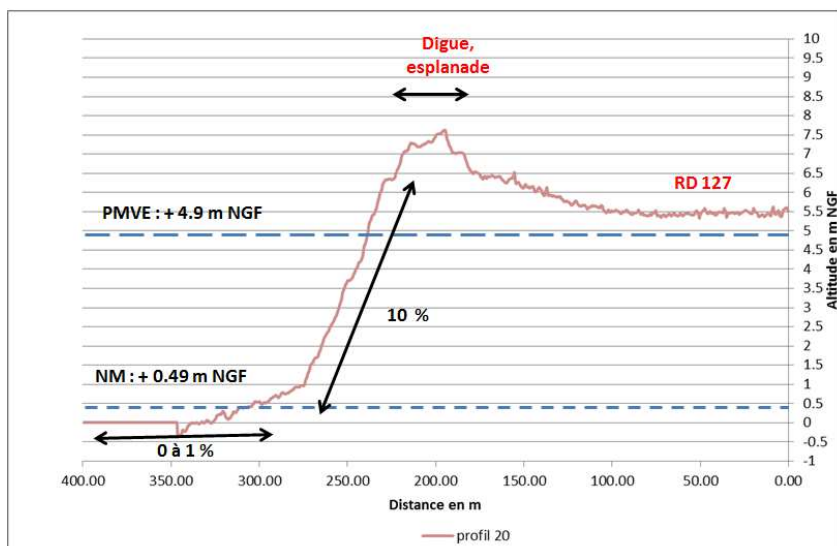
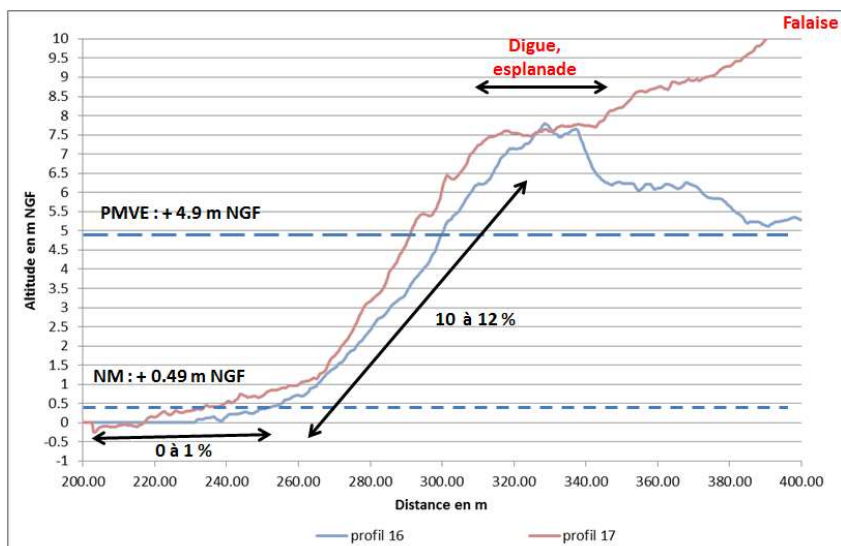
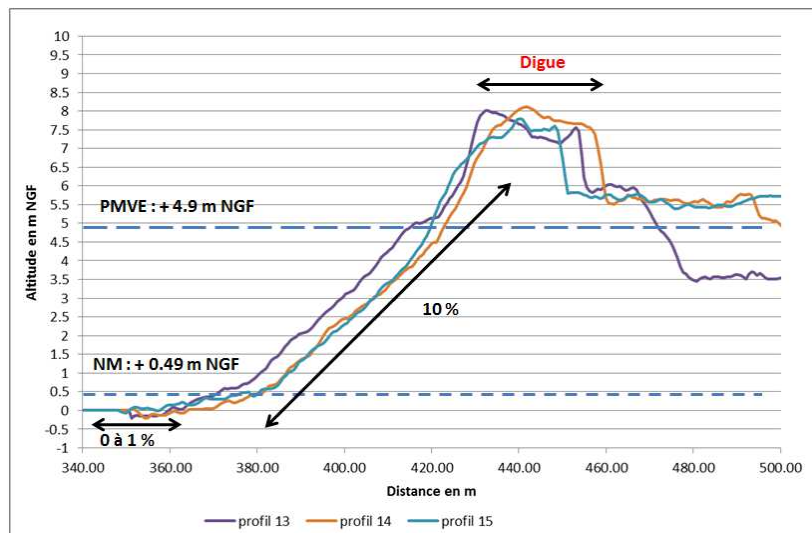
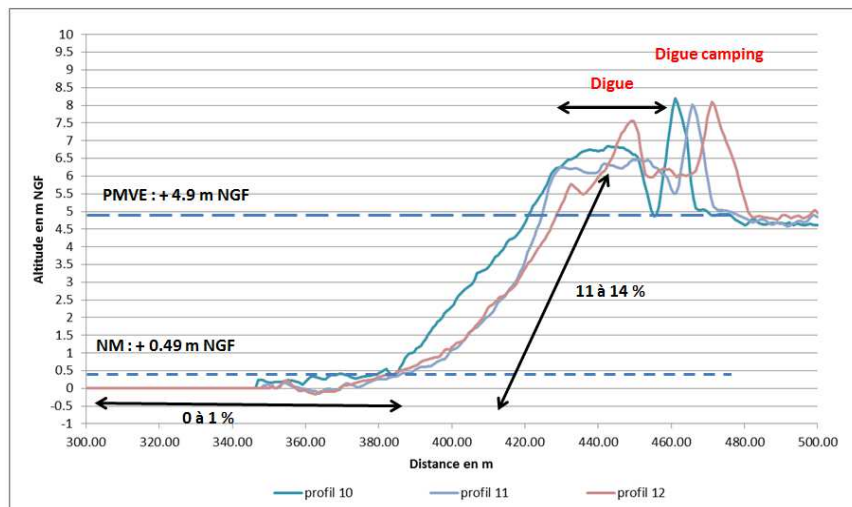


Figure 9 : Localisation des profils transversaux





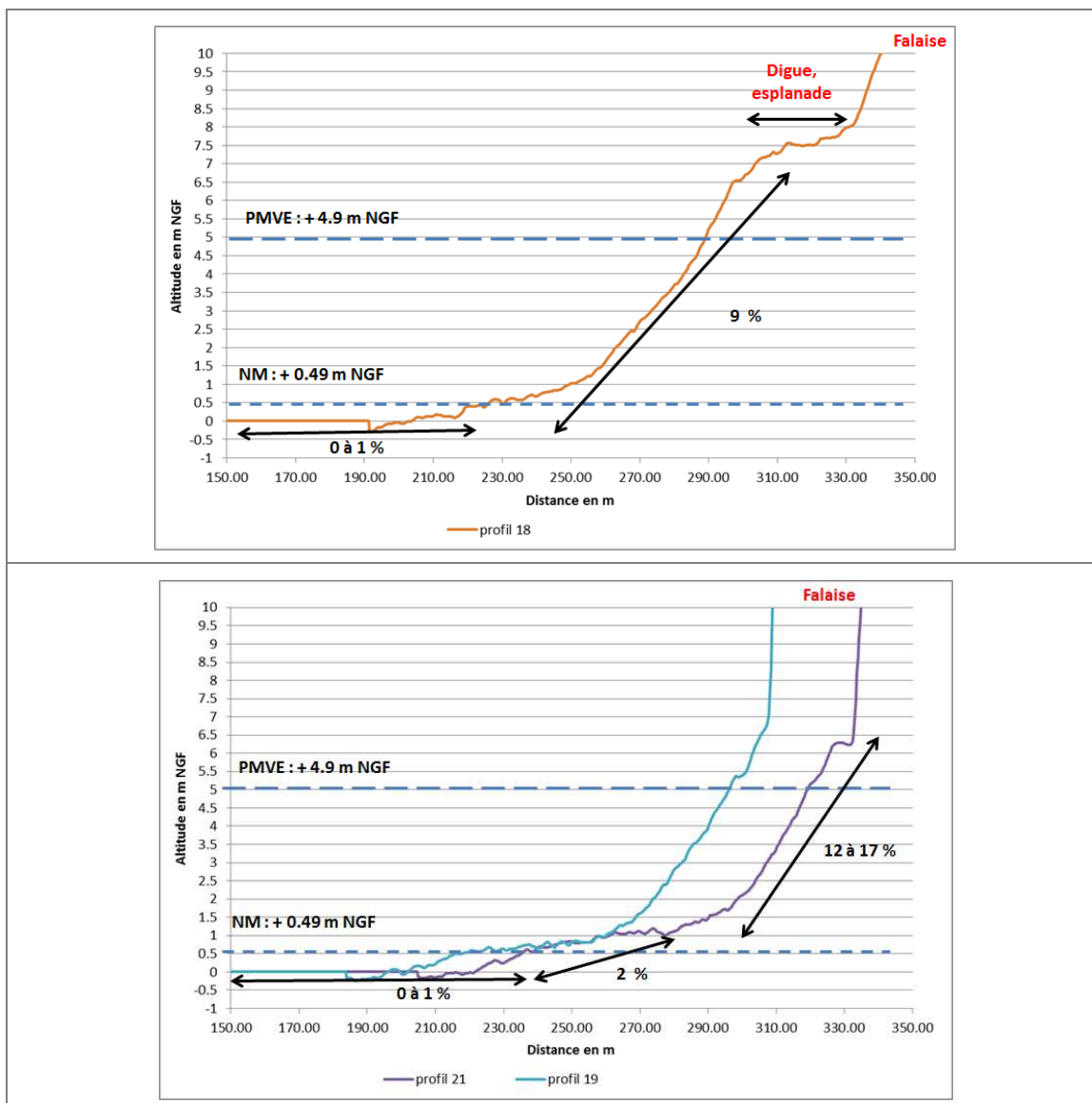


Figure 10 : Présentations graphiques des profils transversaux

L'analyse des graphiques ci-avant montre que :

- Les profils étudiés sur le littoral d'étude présentent des caractéristiques de pente similaires avec globalement les caractéristiques suivantes :
 - o Le haut de la plage de 0.5 m à 6 m NGF constitué de galets est très pentu de l'ordre de 9 à 15 % ;
 - o En dessous de 0.5 m NGF, les fonds sont plats avec une pente de l'ordre de 0 à 1 %. Ce sont essentiellement des sédiments sableux ;
 - o Pour les profils situés de part et d'autres de la plage au droit des falaises, les profils ont 2 inclinaisons différentes : 2 % à 3 % (platier rocheux) et 11 à 17 % (galets) ;
- Les fonds sont relativement cylindriques (pente des fonds rectilignes et régulières).

4 Dynamique hydrosédimentaire

4.1 Origine, nature et répartition des sédiments

La diversité morphologique et géologique du littoral conduit à une grande variété de sédiments :

- Les fonds rocheux : l'action des houles et des courants n'a que très peu d'effets.
- Les blocs de grosses tailles (éboulis de falaises), galets ou graviers : ce type de matériaux n'est mis en mouvement qu'en bordure du littoral (zone de déferlement) où dans les cours d'eau et leur débouché en mer en période de débits soutenus.
- Les sables plus ou moins grossiers que l'on peut trouver jusqu'à des fonds de -40 m en Atlantique.
- Les vases dans lesquelles sont englobés les limons, boues, argiles que l'on trouve essentiellement :
 - o Dans les baies ou zones abritées des houles et des courants,
 - o Dans les fonds marins au large des zones sableuses,
 - o Dans les estuaires.

Dans les zones constituées de sédiments meubles (sables, etc...), la répartition granulométrique est principalement liée aux variations de l'action de la houle dans le profil transversal à la plage. Les vagues exercent des actions qui varient le long du profil et les sédiments se trient pour s'adapter à ces conditions.

La houle induit une dérive littorale sur l'estran et crée dans les fonds inférieurs à une quinzaine de mètres un mouvement saisonnier dans le profil transversal de la plage.

D'une manière générale les triages granulométriques dans le profil se font de telle sorte que :

- Les matériaux les plus grossiers se trouvent au niveau de la ligne de déferlement,
- De la ligne de déferlement vers la terre, la granulométrie diminue dans un premier temps puis augmente jusqu'au haut de plage,
- Au large du déferlement le sédiment s'affine avec l'augmentation de profondeur. Au-delà de -15 m, l'énergie de la houle est généralement trop faible pour induire un transport du sable et la faible turbulence permet la décantation des vases en suspension.

Le triage parallèlement au rivage est lié au déplacement des sédiments le long de ce dernier engendré par l'action des houles d'incidences obliques par rapport au littoral. Lors de ces transports, il s'effectue une sélection des matériaux en fonction de leur taille, de leur forme et de leur densité. Ainsi :

- Les sédiments sont plus grossiers au centre des baies, là où l'énergie est la plus forte, qu'aux extrémités généralement plus calmes,
- Dans une zone littorale en érosion, du fait d'une sous-alimentation en sédiments, les matériaux restants sur place sont plus grossiers car moins mobiles, que ceux que l'on trouve sur les plages avoisinantes.

D'une manière générale les zones en érosion ont des sédiments plus grossiers que les zones en sédimentation.

Les fonds de la Manche orientale (de la baie de Seine au détroit du Pas-de-Calais) sont caractérisés par un relief peu mouvementé et des profondeurs n'excédant que rarement 50 m. Ils sont recouverts d'une pellicule mince et discontinue de sédiments meubles (sables et cailloutis) (Larsonneur, 1971). Les fonds sont parfois marqués, notamment dans le Pas-de-Calais et la baie de Seine, par des bancs sableux de 10 à 40 m d'épaisseur [B1].

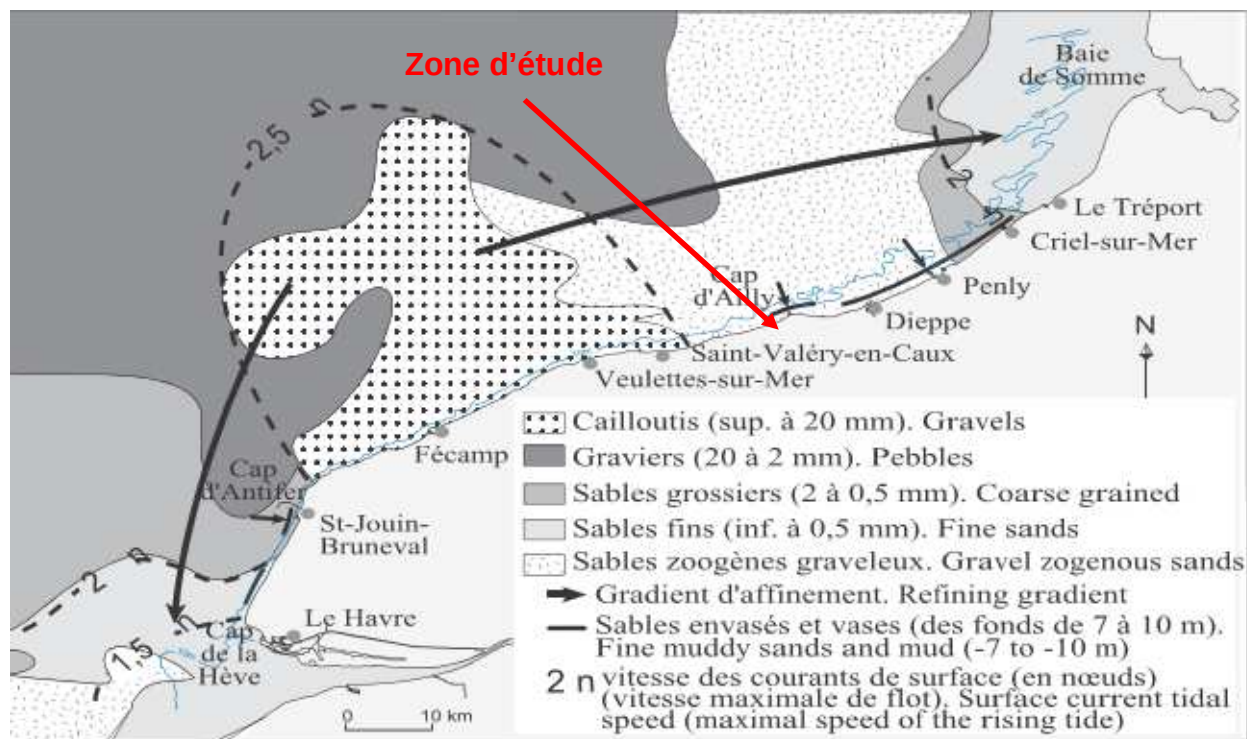
Des formes d'accumulation isolées, appelées « ridins », localisées aux abords de la côte, dans les fonds de 15 à 30 m, se situent au droit du cap d'Antifer et entre Dieppe et la baie de Somme (Augris et al, 1993).

Au droit de la côte d'Albâtre, la topographie de la plate-forme d'érosion marine comprise entre 0 et 20 m est également peu mouvementée. La pente moyenne est faible, de l'ordre de 0,7 %, et croît de la baie de Somme (0,1 %) à Antifer (2 %).

À l'approche des principales baies (Seine, Somme), la pente des fonds s'adoucit encore pour atteindre 0,1 % en raison d'une sédimentation importante correspondant à la formation d'un delta sous-marin (delta de jusant).

Globalement, la nature et la répartition des sédiments au large et dans les petits fonds sont assez simples dans cette partie de la Manche orientale (cf. Figure 11). Le substratum rocheux, généralement calcaire, est surmonté par une couverture sédimentaire meuble peu épaisse, sauf au niveau des ridins du Tréport où elle peut atteindre 8 m.

La couverture meuble est caractérisée, au-delà de 10 m de fond, par un gradient d'affinement, en étroite relation avec les champs de courants de marée, depuis le secteur Antifer/Saint-Valéry-en-Caux, constitué de cailloutis de taille supérieure à 20 mm, jusqu'aux baies de Seine et de Somme constituées de sables fins quartzeux de taille inférieure à 0,5 mm (cf. Figure 11). Les sédiments sont essentiellement terrigènes sauf entre Saint-Valéry-en-Caux et Penly où ils sont à dominance biogène. Du large vers les fonds de 6 à 10 m, les matériaux s'affinent, allant des cailloutis aux sables fins parfois envasés.



Source : Costa (1997), d'après Larsonneur et. al, 1978.

Figure 11 : Répartition des sédiments superficiels le long de la côte d'Albâtre [B1]

Dans le secteur d'étude, **il est constaté une absence de sables fins dans les sédiments du large**. Ceci peut sembler paradoxal lorsque l'on observe que les courants sont plutôt plus faibles au large qu'à quelques milles de la côte [B1].

La cause de cet écart est à rechercher dans les sources d'apport : le secteur côtier est assez faiblement alimenté en sables fins depuis l'embouchure de la Seine, par-delà la zone à cailloutis, tandis que le secteur du large ne bénéficie, potentiellement, que d'alimentation en sédiments plus grossiers.

Cette alimentation du secteur côtier depuis l'embouchure de la Seine est clairement mise en évidence par les différentes observations de courants, de figures sédimentaires, de topographie, de granulométrie au voisinage de points de clapage de sédiments, de résultats de suivi de traceurs radioactifs. Or, cette embouchure est une zone elle-même alimentée continuellement en sédiments fins : d'une part, de façon naturelle par les apports de crue de la Seine, d'autre part, de façon plus artificielle, à la fois par les dépôts de dragage des accès au port de Rouen (dépôts d'Octeville et du Annick) et par l'aménagement de l'estuaire.

En effet, cet aménagement a pour conséquence de déplacer progressivement les dépôts sableux estuariens vers la mer (Lesueur, 1999). La variabilité saisonnière des caractéristiques granulométriques au Nord-Est de l'embouchure montre que cette zone constitue un lieu de transit des sédiments, transit sensiblement plus rapide pour les vases que pour les sables.

Compte tenu de leur taille, des vitesses de courants plus modérées et d'une plus faible action de la houle sur le fond (profondeur plus importante), les sables du large sont transportés en plus faibles quantités que les sables fins rencontrés dans le secteur côtier. Cela pourrait expliquer **l'abondance actuelle, au large, des sables grossiers restés** pour une bonne part en place depuis la dernière transgression, les sédiments les plus fins ayant progressivement migré vers l'Est.

Dans le même temps, les abords de la côte, où les sables étaient en moyenne plus fins, ont été massivement déblayés, laissant apparaître localement le substratum rocheux (comme c'est le cas de part et d'autre de la plage de Quiberville-sur-Mer au droit des falaises).

Au large du littoral d'étude, les fonds sont des sables zoogènes graveleux.

D'après la visite sur site, les sédiments présents sur les plages du littoral d'étude sont constitués par un mélange de galets et de sables.

A pleine-mer seuls les galets sont visibles sur le haut de la plage. A basse-mer, on constate que les fonds de l'estran sont en faible pente et recouverts d'une couche de sédiments sableux et la présence d'un substratum rocheux. Ce dernier est notamment bien présent visuellement à l'Ouest de l'épi n°1.

4.2 Mouvements sédimentaires

Dans la zone côtière, la houle constitue le facteur essentiel des mouvements sédimentaires. Lors du déferlement, l'énergie des vagues est dissipée et transformée principalement en turbulence qui remet en mouvements les sédiments qui sont transportés par les courants qu'elle engendre et/ou ceux dus aux marées et aux vents.

La houle est l'agent fondamental des transports sédimentaires car :

- Elle remet en suspension les sédiments (plus particulièrement dans la zone de déferlement),
- Elle crée un courant littoral longitudinal dans la zone de déferlement lorsqu'elle déferle avec une incidence oblique par rapport au trait de côte (cf. ci-après),
- Elle favorise le transport des sédiments grossiers sur l'estran (« en dent de scie » dans la zone de « jet de rive »),
- Elle crée des courants d'expansion liés aux variations longitudinales de la hauteur de vague. Le sens du courant est contraire à celui du gradient de hauteur de vague (les masses d'eaux se déplacent des zones plus agitées vers les zones moins agitées). Ces variations sont liées aux transformations des ondes au cours de leur propagation au voisinage de la côte (notamment les phénomènes de diffraction-réfraction).

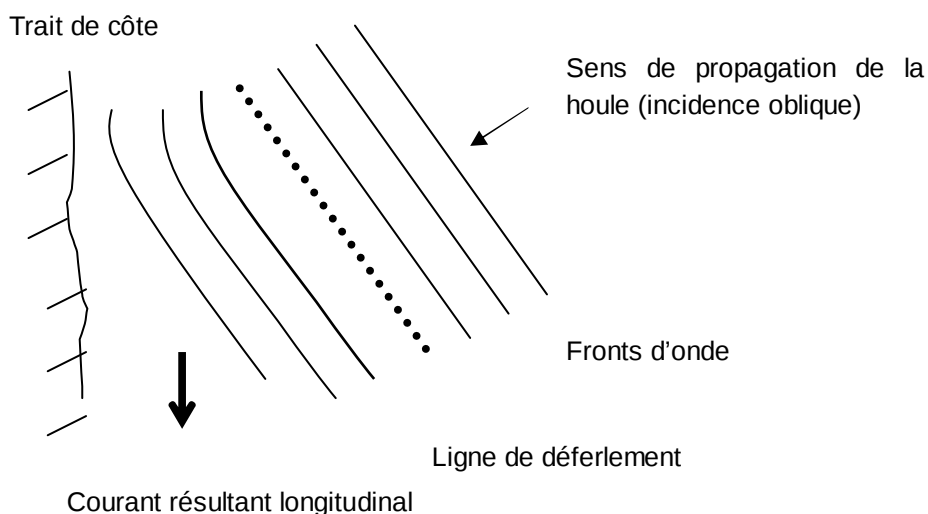


Figure 12 : Principe des courants de déferlement

Les vents sont générateurs de vagues et de clapots, de courants et de fluctuations du niveau de la mer (surcotes, décotes) et sont donc directement la cause du transport de sable sur la plage (transport éolien).

D'autres facteurs influent sur l'érosion littorale :

- La réduction des apports terrigènes¹,
- L'élévation du niveau de la mer.

L'évolution des côtes dures est plus complexe car les influences continentales s'ajoutent souvent aux actions de la mer. Ainsi, on distingue :

- Les reculs du pied rocheux sapé par les vagues,
- Les reculs par glissement ou éboulements successifs de zones instables en raison de leur nature (marneuse ou argileuse) ou de leur structure (pendage vers la mer).

Les mouvements sous l'action de l'agitation sont de deux types :

- Soit parallèlement à la plage lorsque l'agitation est oblique (phénomène de dérive littorale),
- Soit perpendiculairement à la plage pour les agitations frontales (mouvements dans le profil).

¹ Qui provient de l'érosion des terres émergées

4.3 Dérive littorale et dynamique hydro sédimentaire

Lorsqu'une vague parvient obliquement au rivage, elle donne naissance à un courant parallèle au rivage appelé dérive littorale.

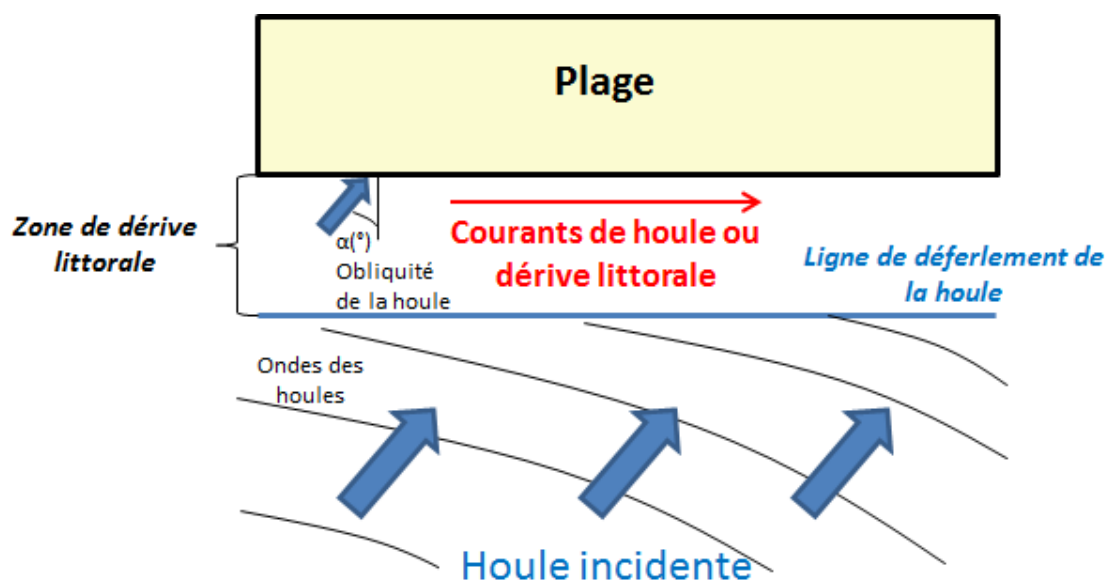


Figure 13 : Mécanisme de la dérive littorale

Ce courant (ou dérive littorale) transporte les matériaux sableux qui sont remis en suspension. Ce débit solide constitue le transit littoral dont la plus grande partie s'effectue pendant le déferlement.

La côte d'Albâtre est séparée en plusieurs cellules hydro sédimentaires indépendantes qui sont présentées sur la figure ci-après.

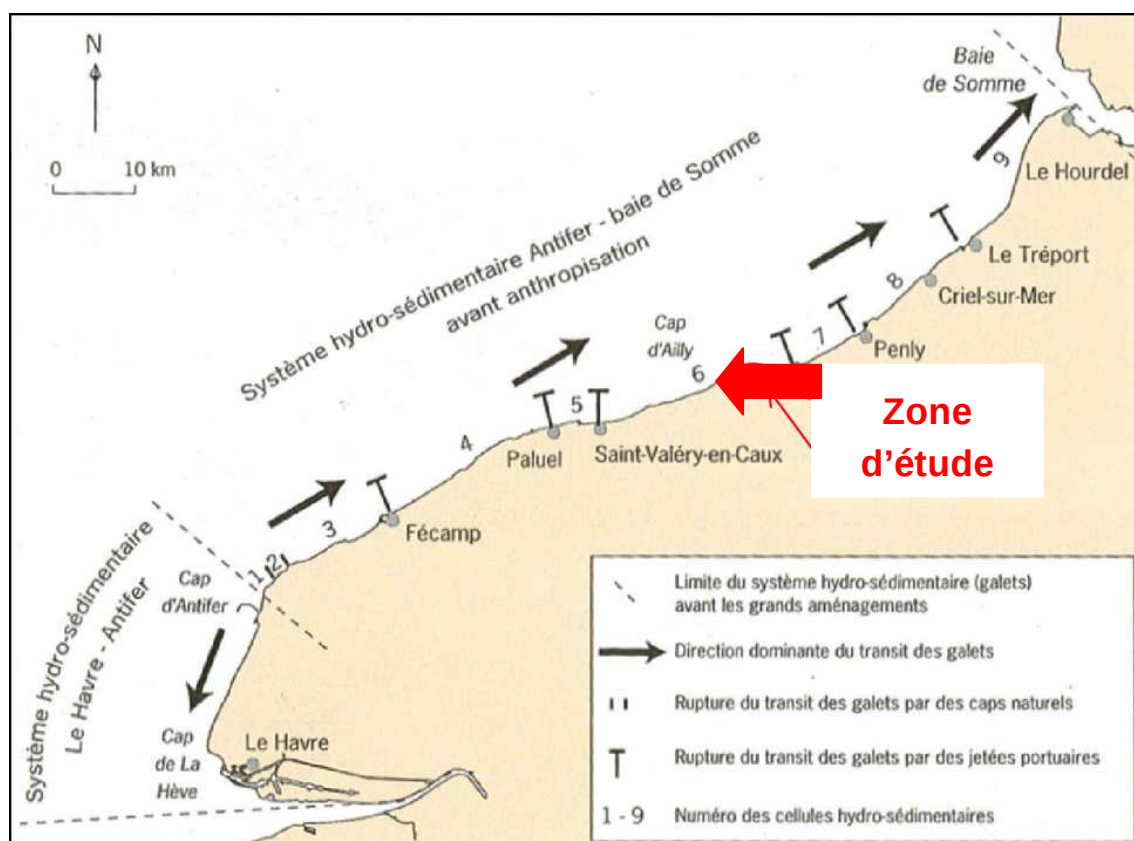
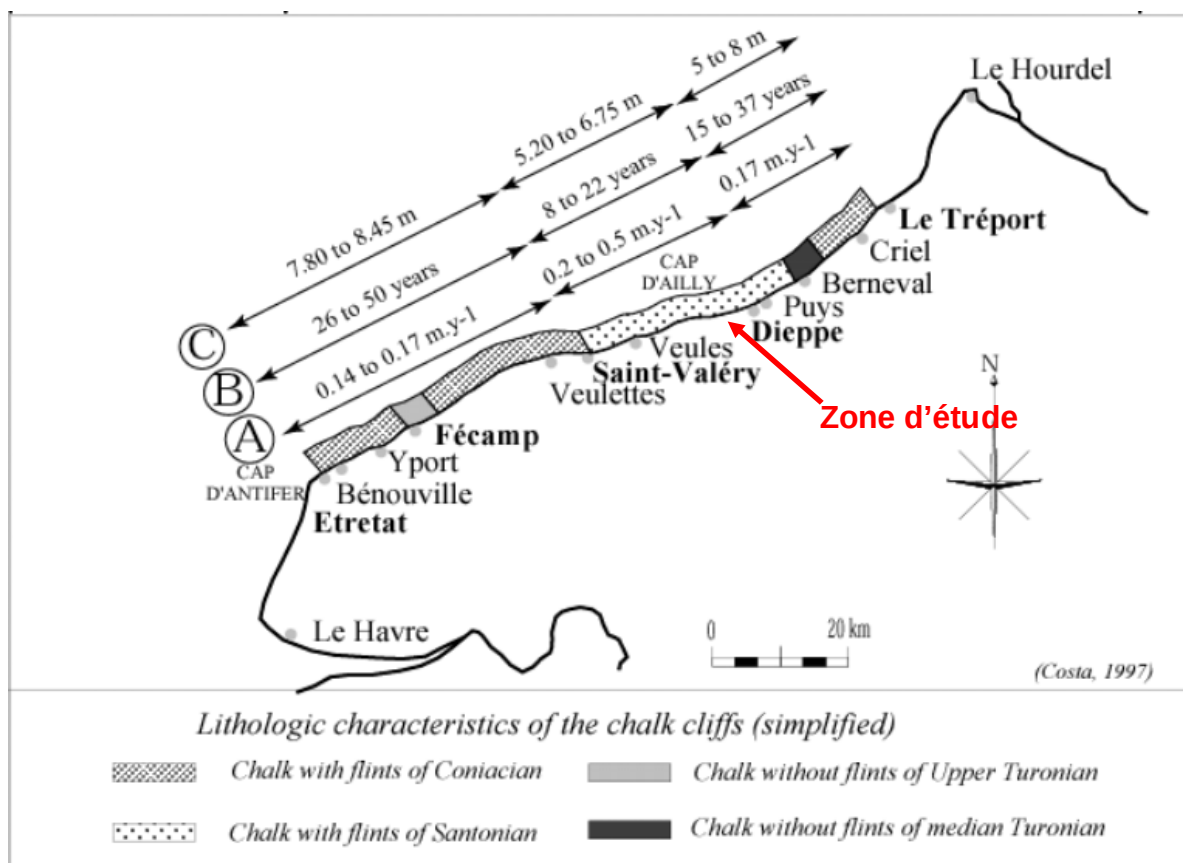


Figure 14 : Dynamique hydro sédimentaire le long de la côte d'Albâtre [B1]

Le littoral d'étude se situe dans la cellule hydro sédimentaire n°6 comprise entre Saint-Valéry-en-Caux et Dieppe.

Le transit sédimentaire est globalement orienté du Sud-Ouest vers le Nord-Est devant le littoral d'étude. Cependant, ce transit sédimentaire peut s'inverser lors de conditions de houles prolongées dans le temps en provenance de la Mer du Nord.

La figure ci-après présente l'évolution passée du littoral et les risques d'éboulement des falaises.



Source : Costa (1997)

Figure 15 : Localisation des vitesses moyennes de recul entre 1947 et 1995 (A), de la période de retour moyenne des éboulements (B) et du recul moyen par éboulement (C) et ses relations avec la lithologie [B1].

Le secteur de Saint-Valéry-en-Caux jusqu'à Berneval est un secteur, où affleure le Santonien, qui est soumis à une grande fréquence d'éboulements et d'écroulements d'un volume réduit.

Sur la période de 1966 à 1995, ce secteur recule en moyenne de 0,2 à 0,5 m/an (cf. Figure 15). Un secteur de fort recul est celui de Saint-Valéry-en-Caux à Dieppe, de l'ordre de 29 cm/an, qui est caractérisé par l'affleurement des craies d'âge Santonien à campanien faiblement garnis en lits de silex [B1].

4.4 Mouvements dans le profil

Selon les conditions d'agitation, une plage a pour objectif de tendre vers un état d'équilibre.

Grâce à cet état d'équilibre, l'action des vagues sur les sédiments du profil transversal et sur leurs mises en mouvement est minimisée. Ainsi, chaque profil de plage est adapté en fonction de l'agitation.

En ce qui concerne les estrans et les fonds sableux, ce phénomène de mise en mouvement des sédiments jusqu'à un état d'équilibre est particulièrement visible.

En période de beau temps, la plage présente un profil convexe avec un engraissement de la partie supérieure de l'estran et une érosion de la partie inférieure et des petits fonds. En périodes de tempête, le profil se creuse en haut de plage et s'engraisse en bas de plage. Les phénomènes sont donc inversés selon les conditions météorologiques.

Les vagues agissent sur les fonds jusqu'à une profondeur limite qui dépend des caractéristiques de l'agitation.

La profondeur limite d'action de la houle ou profondeur de fermeture est la profondeur à partir de laquelle l'action de la houle ne met plus en mouvement les sédiments dans le profil.

A partir de mesures et d'observations sur différents sites, HALLERMEIER a proposé, pour estimer la profondeur limite d'action des vagues, la formulation suivante :

$$d_l = 1,75 H_{s(12h)} - 57,9 H_{s(12h)}^2 / g T_s^2$$

Où :

- d_l : profondeur limite d'action de la houle,
- $H_s(12h)$: hauteur significative dépassée 12 heures par an,
- T_s : période significative associée.

Le deuxième terme étant négligeable, en pratique on considère $d_l = 1,75 H_{s(12h)}$.

Le transit littoral et les mouvements dans le profil s'effectuent entre la côte et la profondeur limite d'action des houles.

Chapitre 4 - Analyse des systèmes de protection

1 Préambule

La visite du site de la digue de Sainte-Marguerite-sur-Mer et Quiberville-sur-Mer a permis de décrire les ouvrages de protection présents sur cette plage. Des travaux ont été réalisés sur cette digue.

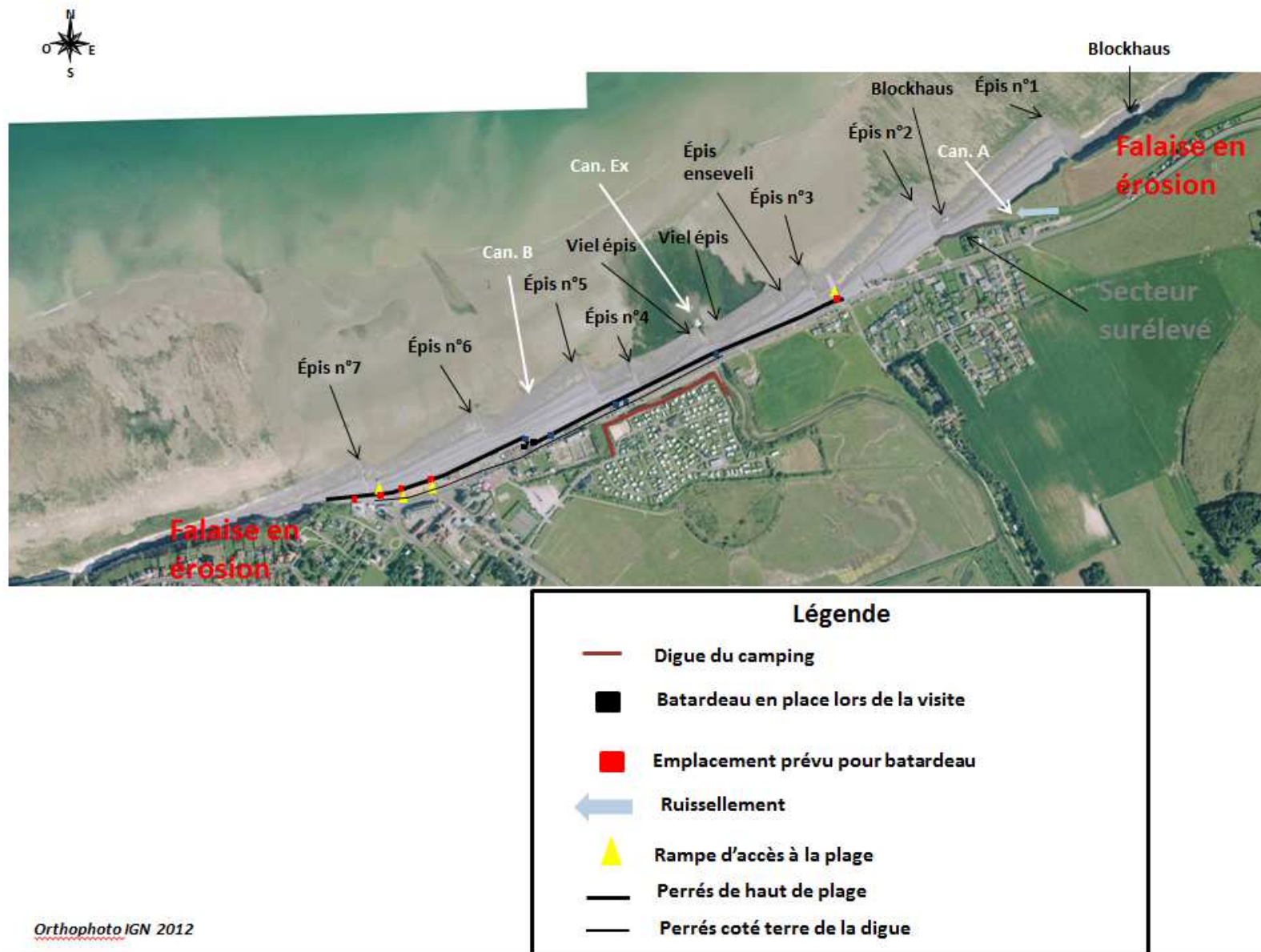


Figure 16 : Ouvrages littoraux sur le site d'étude

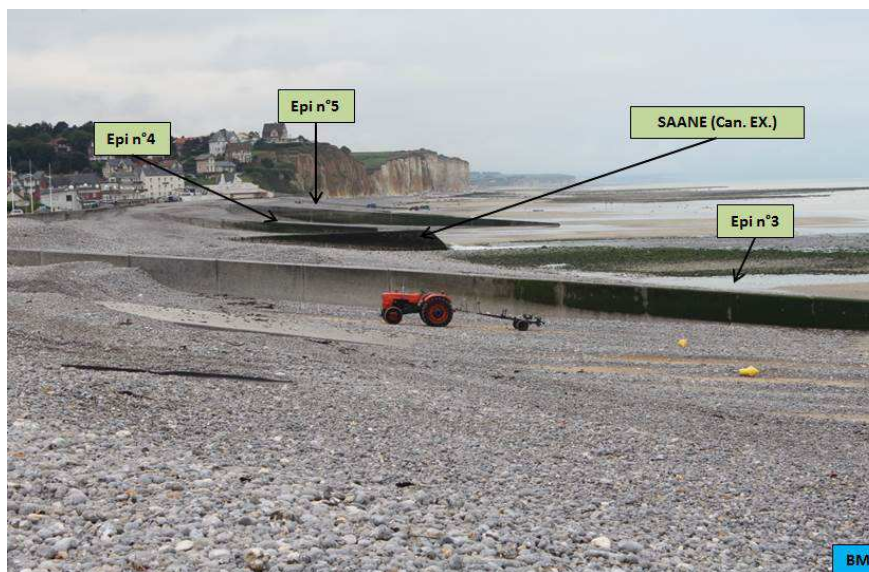
2 La Digue

2.1 Description

L'ouvrage dont il est question est un perré maçonné, dont le parement (côté mer) est protégé par un cordon de galets (cf. photo ci-après).



Le cordon de galets permet de protéger l'ouvrage contre le déferlement des vagues. 8 épis transversaux visibles lors de la visite (dont l'épis buse de la Saône) à la digue doivent normalement permettre de maintenir sur la plage une hauteur de galet suffisante. Aucun rechargement artificiel de galets n'est effectué.

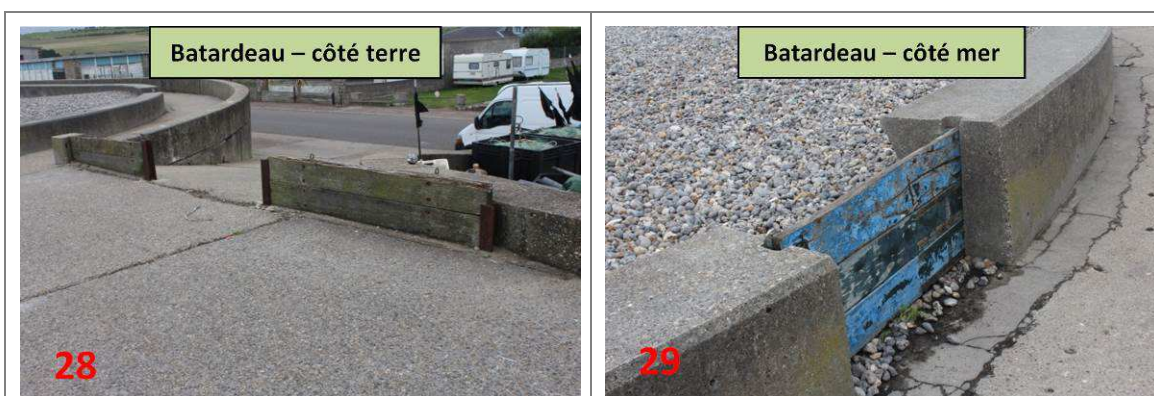




En crête de la digue, deux types de murets batardables ont été identifiés. Le muret, présent côté mer, est en béton avec une paroi légèrement incurvée. Le muret, côté zone protégée, se compose de blocs de béton.

Discontinus, ces murets présentent plusieurs zones batardables (cf. ci-dessous), qui peuvent être obstruées par l'insertion de bastaings (cf. photos ci-après), afin d'assurer leur continuité. Ils ont pour fonction d'empêcher toute entrée d'eau, par paquets de mer, dans la zone protégée.

A l'Est de l'esplanade, les batardeaux ont plus un rôle de contenir les galets sur la plage. En effet, le fort engraissement dans ce secteur a considérablement réduit les venues d'eau dans ce secteur.



2.2 Gestion des aménagements

Le Département de la Seine-Maritime est propriétaire et gestionnaire du parement amont du perré, des épis, des murets batardables en crête et de la promenade. La Direction de l'Environnement a en charge la gestion, l'entretien et la surveillance de ces différentes parties. Elle assure également la maîtrise d'œuvre pour les petits travaux de la digue (réfection de la maçonnerie, rejointage).

Bien que le Département de la Seine-Maritime soit propriétaire et gestionnaire des murets batardables, présents en crête d'ouvrage, l'acheminement et la mise en place des batardeaux sont assurés par la commune Quiberville-sur-Mer. Cette opération est effectuée par les agents du service technique de la commune. Il n'y a pas de batardeau sur la commune de Sainte-Marguerite-sur-Mer.

2.3 Inspection des aménagements

L'inspection a permis de mettre en exergue plusieurs désordres. Ceux-ci se matérialisent par des fissures longitudinales du couronnement, par des passages d'eau à travers les palplanches, (ancrage et soutènement de l'Épi n°1), par la dégradation du couronnement de plusieurs épis et du parapet de la digue à l'extrémité Ouest et surtout par le déchaussement de blocs béton sur le muret de la digue coté terre.

L'inspection a porté sur les parties de l'aménagement suivantes :

- L'esplanade (Quiberville-sur-Mer) ;
- La promenade (Quiberville-sur-Mer) ;
- La digue-route (Sainte-Marguerite-sur-Mer) ;
- Le front de mer de Sainte-Marguerite-sur-Mer ;
- Le parement côté mer ;
- Le parement côté terre ;
- Les épis ;
- Le cordon de galets ;
- Les dispositifs de batardage ;
- Les ouvrages traversiers.

2.3.1 L'esplanade

Exclusivement piétonne, cette esplanade est destinée aux activités de loisirs. Elle est constituée essentiellement de dalles de béton. La largeur en crête, définie par l'espacement entre les deux murets batardables, est d'environ 8.



Cette esplanade est élargie à son entrée principale (16 m environ) et à son extrémité Ouest (25 mètres). L'esplanade présente une longueur de 300 m environ. L'esplanade présente un bon état visuel et les dalles ne manifestent aucun signe de tassements ou de gonflements. Quelques fissures longitudinales sont visibles.

2.3.2 La promenade

Exclusivement piétonne, de 2 à 3 mètres de large sur environ 325 m de long, la promenade débute à l'Ouest de l'esplanade et se fini à proximité du débouché de la Saône. Des perforations dans le perré permettent aux eaux pluviales de s'écouler côté mer. Des fissures sur le couronnement béton sont visibles tout du long de la promenade.



2.3.3 La digue-route

La digue route s'étend sur la partie Est de l'épi buse de la Saône sur tout le linéaire de la plage. La base de la digue mesure environ 16 m et la largeur de la crête environ 10 m.



2.3.4 Le front de mer de Sainte-Marguerite-sur-Mer

Le front de mer à l'Est de la plage a été récemment aménagé. Cette partie de la plage est en grande partie protégée par un large et épais cordon de galets. Quelques enrochements ont été mis en place côté mer plus d'un point de vue esthétique qu'antiérosif.



2.3.5 Le parement côté mer

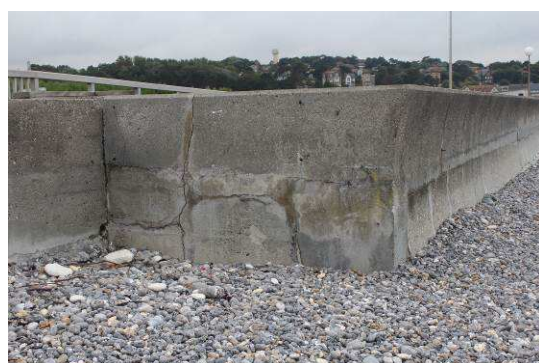
Le parement côté mer : perré est en béton coulé avec une paroi légèrement incurvée.



Extrémité Ouest de la plage



Au niveau de l'esplanade



A proximité de l'épi buse de la Saône



A l'Est de l'épi buse de la Saône au droit de la digue route

De par leur composition identique, le parement amont et le muret batardable en crête, côté mer, se confondent et constituent une seule et même entité.

Lors de la visite, le cordon de galet en haut de plage arrivait entre 30 cm le plus souvent et 1.5 m au-dessous du perré. L'inspection du parement est rendu impossible sur la plupart du linéaire en raison d'un engraissement important sur le haut de plage.

Les parties visitées du perré présentent des fissures longitudinales, transversales et verticales pouvant résulter d'un mouvement relatif de la structure couplé à l'action mécanique des houles.

Coté Sainte-Marguerite-sur-Mer, le parement dépasse d'environ 40 cm la digue route.

La gestion et l'entretien du parement amont sont de la responsabilité du Département de la Seine-Maritime. Des visites régulières sur site permettent d'anticiper tout désordre ou dysfonctionnement éventuel.

2.3.6 Le parement côté terre

Le parement côté terre est en bon état au niveau de l'esplanade. Des déchaussements de blocs béton et de nombreuses fissures sont visibles le long de la promenade. Le parement à l'Est de la Saane est en béton coulé recouvert par une strate herbacée. Le perré à une hauteur de 20 cm à 30 cm au-dessus du niveau de l'esplanade.



Esplanade côté terre



Entrée principale esplanade



Digue au niveau de la promenade



Fissures et déchaussements de blocs béton au niveau du parement de la promenade



Déchaussements de blocs béton au niveau du parement de la promenade



Parement aval digue route

2.3.7 Les épis

D'après l'étude A2, 12 épis dont l'épi buse de la Saône complétaient le système défense de la plage de Quiberville-sur-Mer/Sainte-Marguerite-sur-Mer en 1993 (cf. figure ci-dessous).

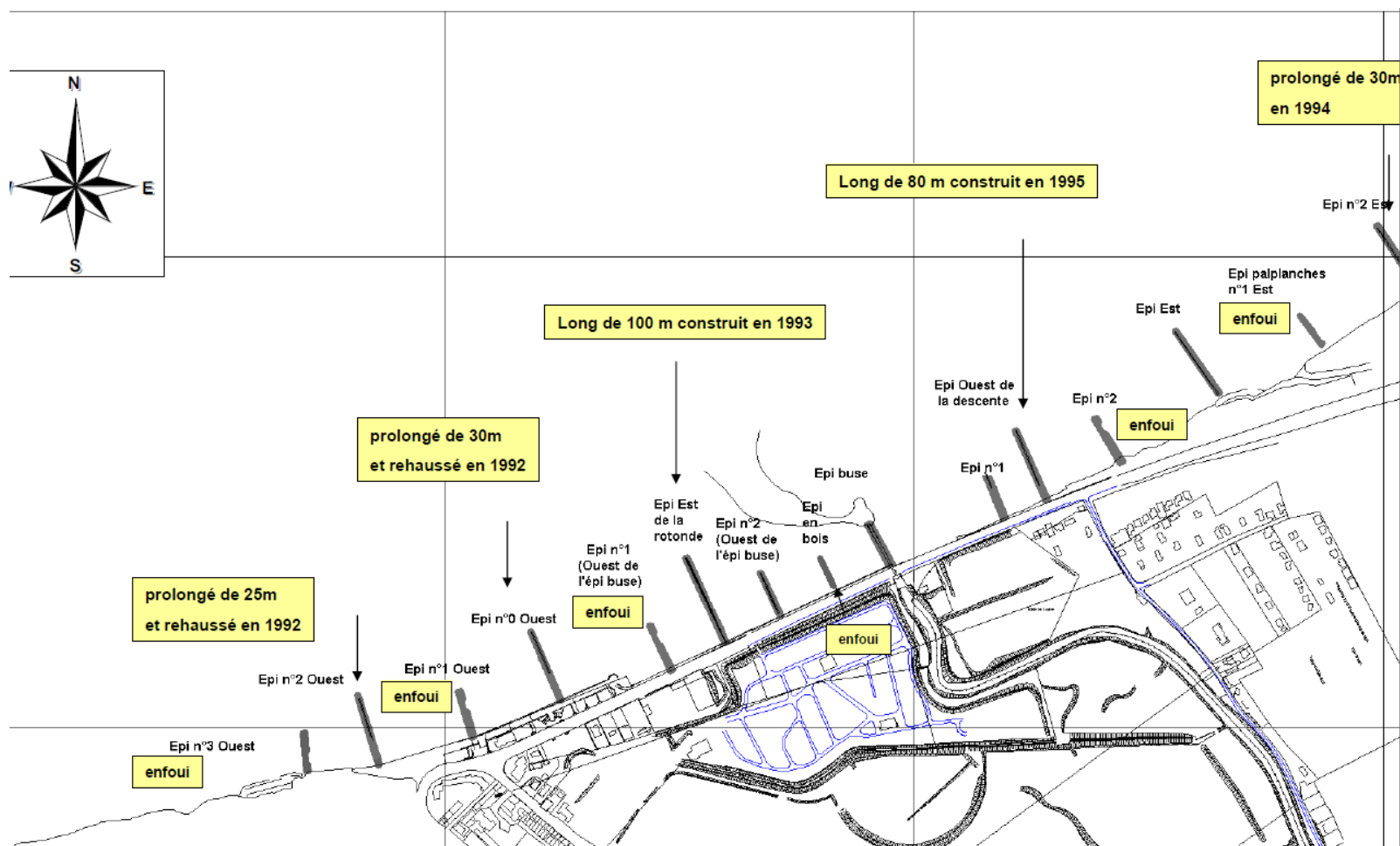


Figure 17 : Localisation des épis (source : SOGREAH, 2005)

Ouvrages transversaux	Longueur	Commentaires
A l'Ouest de l'épi buse		
Epi n°3 Ouest	45 m	Enfoui
Epi n°2 Ouest	80 m	prolongé de 25 m et rehaussé en 1992
Epi n°1 Ouest	50 m	Enfoui
Epi n°0 Ouest	80 m	prolongé de 30 m et rehaussé en 1992
Epi n°1	50 m	Enfoui
Epi Est de la rotonde	100 m	épi long construit en 1993
Epi n°2	50 m	
Epi en bois	40 m	Enfoui
Epi-buse	50 m	
A l'Est de l'épi buse		
Epi n°1	60 m	
Epi Ouest de la descente	80 m	épi long construit en 1995
Epi n°2	55 m	Enfoui
Epi Est	80 m	épi majeur qui bloque la plage et la stabilise sur 300 m
Epi palplanches n°1 Est	45 m	Enfoui
Epi n°2 Est	70 m	prolongé de 30 m en 1994

Figure 18 : Caractéristiques des épis (SOGREAH, 2005)

Les épis, inspectés lors de la visite sur le terrain sont au nombre de 8 dont l'épi buse de la Saône. Transversaux à la digue, ils ont pour fonction de maintenir en place les stocks de galets. Leur longueur est variable et oscille entre 50 et 100 mètres. Ce sont des épis plongeants : la cote d'arase en musoir est plus faible qu'au niveau de la base de l'épi.

Une grille, destinée à l'évacuation des eaux de franchissement, est présente au-dessus de l'aqueduc, par lequel la rivière de la Saône se jette dans la Manche.



Epis 1 : déchaussement par contournement de l'épi



Epis 2



Fissure et déjointoyage (Epis 2)



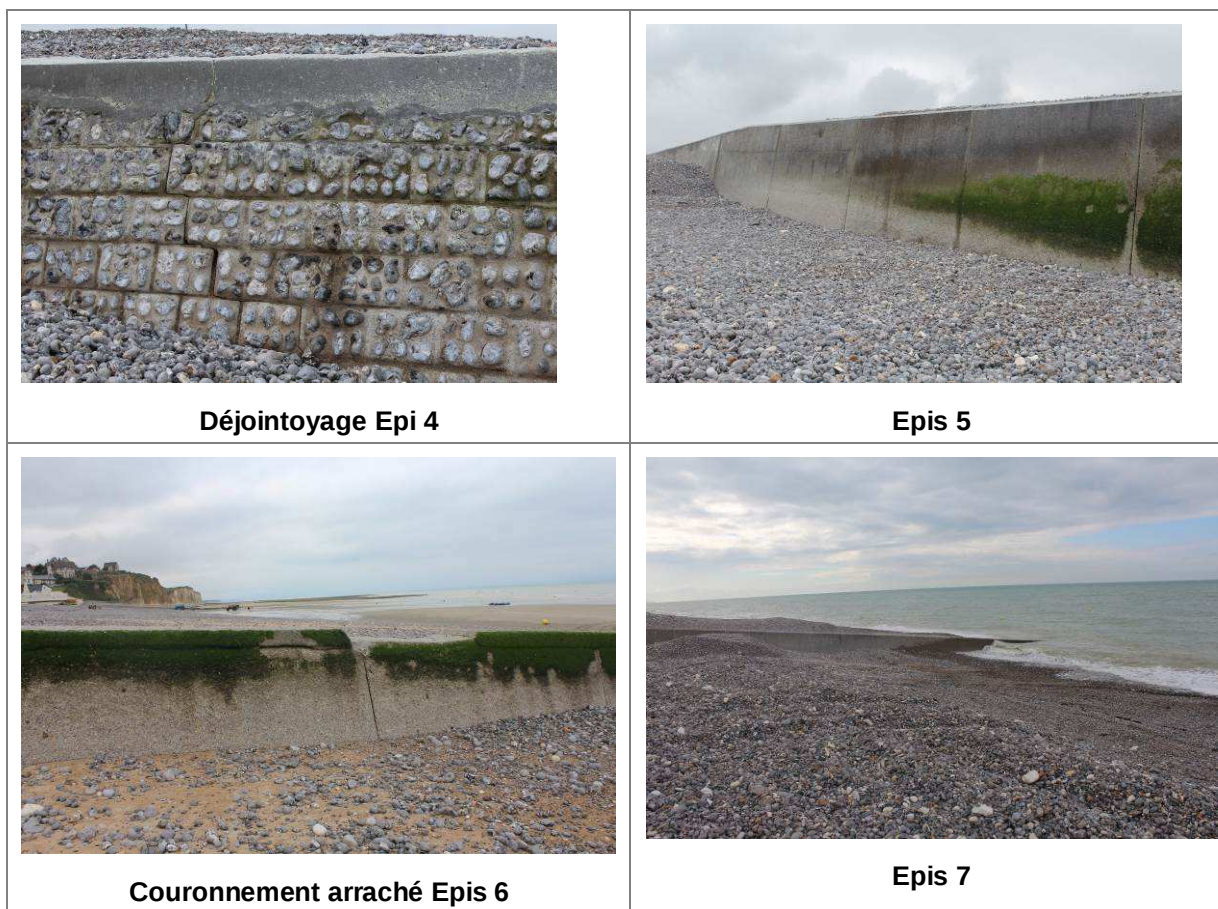
Epis 3



Epis buse de la Saône



Epis 4



Une synthèse de l'état des épis est présentée dans le tableau ci-dessous.

N° Epis	Etat général
1	Bon état général, déchaussement coté terre laisse apparaître les palplanches
2	Bon état général, présence de quelques fissures et d'un léger déjointoyage
3	Bon état général. Présence d'un très léger déjointoyage
Epis Buse	Bon état général
4	Bon état général, présence de quelques fissures et d'un léger déjointoyage
5	Bon état général
6	Couronnement arraché et dégradé globalement. Autrement bon état général des autres parties de l'épi
7	Bon état général

Tableau 1 : Etat des épis

2.3.8 Le cordon de galets

Le cordon de galets ne fait pas partie du système d'endiguement proprement dit. Cependant, il contribue fortement à la protection du perré, en le préservant des assauts de la mer et du déferlement des vagues. Les pleines mers de vives eaux n'atteignent pas le perré coté Saint-Marguerite-sur-Mer et au droit de l'Esplanade côté Quiberville-sur-Mer à cause de l'engraissement important en galet. La base du cordon de galets est à environ 0 à 1 m NGF 69. La teneur en galets augmente avec la cote du cordon.

De par le transit littoral, un léger déficit du volume de galets s'observe au centre de la plage au niveau de l'épi buse. Ce déficit est observable depuis plusieurs dizaines d'années.



Cordon de galets à hauteur de l'esplanade



Large cordon de galets coté Sainte-Marguerite-sur-Mer

La taille des matériaux assez grossiers permet la formation d'une pente entre 9 et 15 %.

La granulométrie des galets sur la plage de Quiberville-sur-Mer/Sainte-Marguerite-sur-Mer (Service Maritime de Dieppe) est la suivante :

- D10 entre 27 et 29 mm ;
- D50 : 54 mm ;
- D90 : 90 à 110 mm.

On retrouve des sables et des graviers (0.04 mm et 20 mm) sur les platiers rocheux et en pied et dans le corps des cordons de galets. Sur les platiers, des placages de sables très mobiles et particulièrement abondants (Ifremer, 2004) s'étendent sur une épaisseur maximale d'environ 1.5 m et sur quelques centaines de mètres carrés.

La base des cordons de galets est constituée par des matériaux sableux.

Des recharges de galets ont été effectuées :

- En 1992-1993 sur la plage de Quiberville-sur-Mer : Entre le pied de falaise ouest et la rotonde 17 500 m³.
- En 1996, sur la plage de Sainte-Marguerite-sur-Mer entre l'épi 2 (descente à la mer) et l'épi buse de 12 500 m³.

2.3.9 Le dispositif de batardage

Le dispositif de batardage de la digue promenade et de l'Esplanade se compose de deux murets batardables en crête (cf. Annexe), un en front de mer et un côté zone protégée, et de bastaings de bois permettant l'obstruction des accès à la promenade. Ce système a pour fonction d'empêcher toute entrée d'eau, par paquets de mer, dans la zone protégée. A l'Est de l'esplanade les bastaings maintiennent les galets sur la plage.

Les murets, d'une hauteur variable (20 à 60 cm), ne présentent pas de désordre particulier. Plusieurs batardeaux étaient en place au moment de la visite, certains passages batardables n'avaient pas de batardeaux.

2.3.10 Les ouvrages traversiers

Canalisation B :

D'un diamètre approximatif de 20 cm, elle est destinée à alimenter l'huîtrière en eau salée. En raison de la hauteur du cordon de galets, en proximité immédiate du perré, la canalisation n'a pu être inspectée. La partie visible de la buse présente une importante corrosion. Cette constatation laisse supposer une corrosion similaire sur toute la longueur de la canalisation.

La propriété et la gestion de cette canalisation relève d'un maître d'ouvrage privé. Les élus ont relaté que la circulation d'eau dans cette canalisation s'effectue aujourd'hui au gré des marées. Ainsi, le niveau d'eau des bassins de l'huîtrière fluctue en fonction des marées.

Ouvrage traversier Ex :

Destiné au rejet des eaux fluviales vers la Manche, l'exutoire de la rivière de la Saône se compose d'un ouvrage en béton, de section carrée. Il est intégré au corps de l'Épi buse et traverse le perré en intégralité. En amont Immédiat du perré, l'interface entre l'ouvrage et le cours d'eau se matérialise par une voute et une vanne présente. Lors des pleines mers le courant s'inverse et remonte la Saône.

En raison du rejet permanent des eaux fluviales par l'ouvrage, seul son exutoire a pu être contrôlé. Celui-ci présente un bon état général.

La propriété et gestion de cet ouvrage relève du Département de la Seine-Maritime. Cet ouvrage dispose d'organes mobiles et d'une vanne plate.

L'ouvrage est constitué par un clapet mobile sur un axe horizontal supérieur. Son radier est à la coté de 6 m CM, de 2 m de large et de 1.7 m de haut. Ce clapet est situé à l'aval d'un canal de 1.6 m de large et de plus de 2 m de haut qui est vouté. Ce canal débouche en aval dans une chambre correctrice, puis dans un canal bétonné de 1.5 m par 1.5 m sur 52 m (pente 0.01 %).

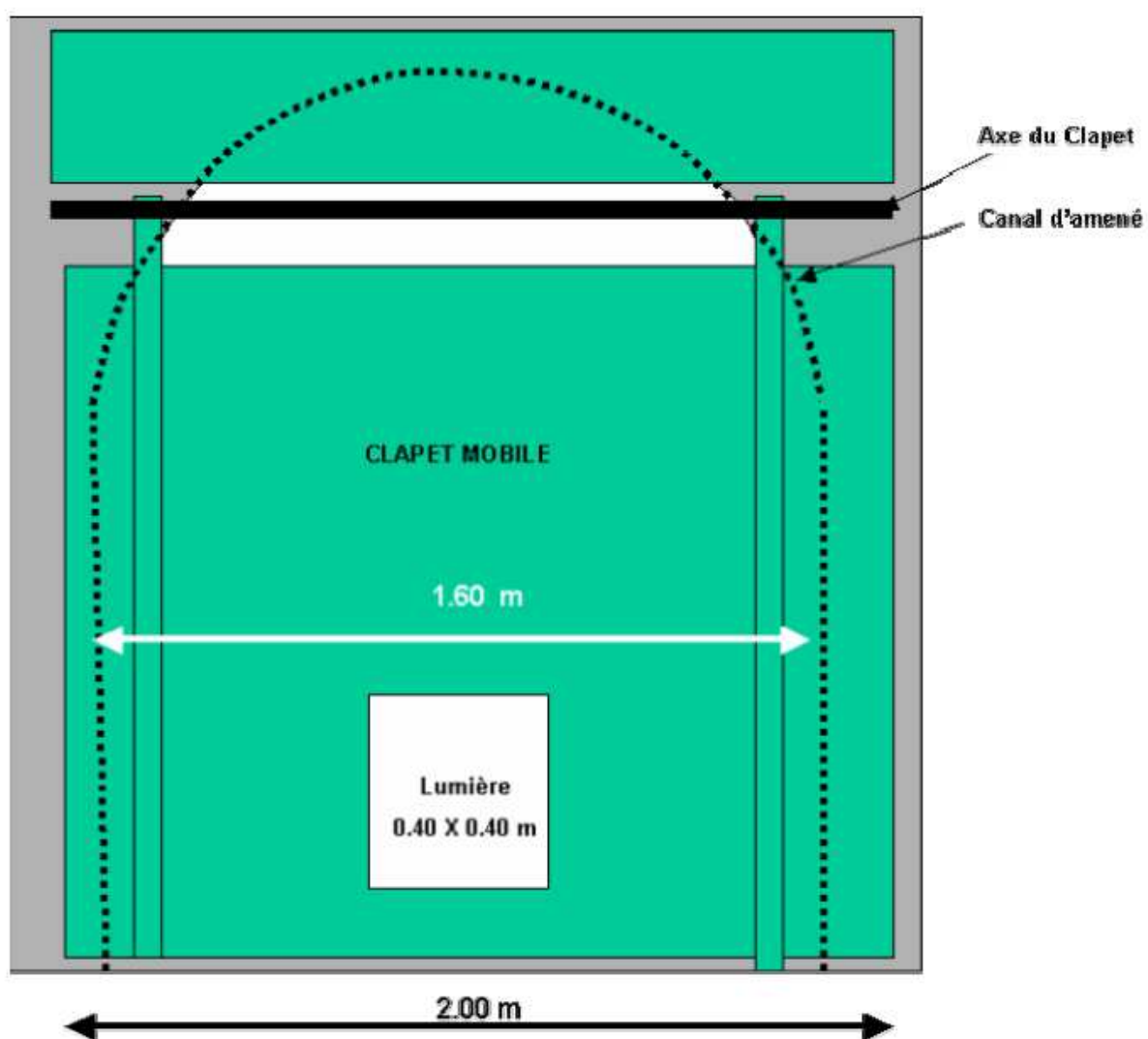


Figure 19 : Schéma du clapet vu de l'aval (SOGREAH, 2005)

Chapitre 5 - Conditions océano-météorologiques

1 Vent

Le vent intervient dans le régime du littoral sous quatre formes : génération des vagues, surcotes (et décotes) du plan d'eau, courants et transports éoliens.

Dans le cadre de cette étude, les données disponibles sont : la force et l'orientation du vent au niveau de Dieppe (lat : 49.93 – long : 1.08), de août 2010 à avril 2013 (les données sont issues de relevés effectués de 7h00 à 19h00).

Les statistiques de vent sont basées sur des observations réelles de la station météo à Dieppe.

Ces données sont présentées dans le tableau et sur la figure suivante :

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Annuel
Direction dominante des vents	S	S et NE	NE	S et NE	W	NE	W	W	S	S	S	S	S et NE
Vitesse moyenne des vents (en km/h)	20	20	15	19	19	19	19	19	17	19	19	24	19

Tableau 2 : Statistiques des vents sur 3 ans

Remarques : A titre indicatif, nous précisons que : W = Ouest, N = nord, E = Est et S = Sud.

Si la direction dominante des vents est W, cela signifie que le vent provient de l'Ouest.

La rose des vents ci-après présente la vitesse moyenne des vents (en nœuds) sur la période du 08/2010 à 04/2013.

Cette rose des vents permet de distinguer les directions de provenance des vents associées à leurs vitesses moyennes (en nœuds).

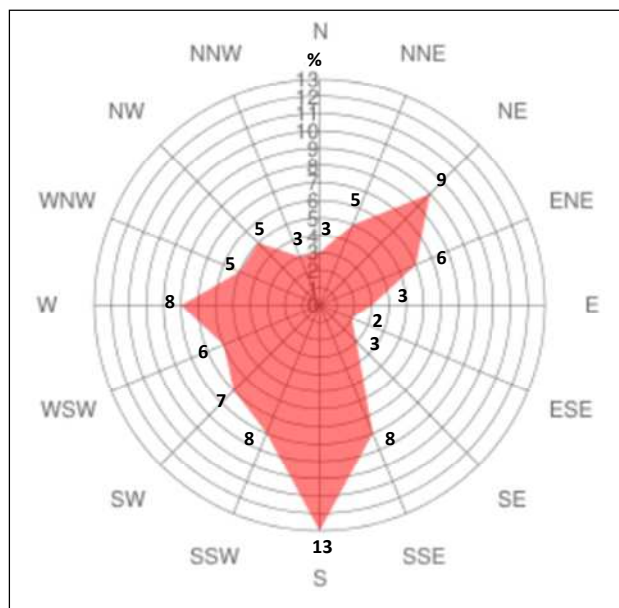


Figure 20 : Rose des vents à Dieppe – 08/2010 à 04/2013 – www.windfinder.com

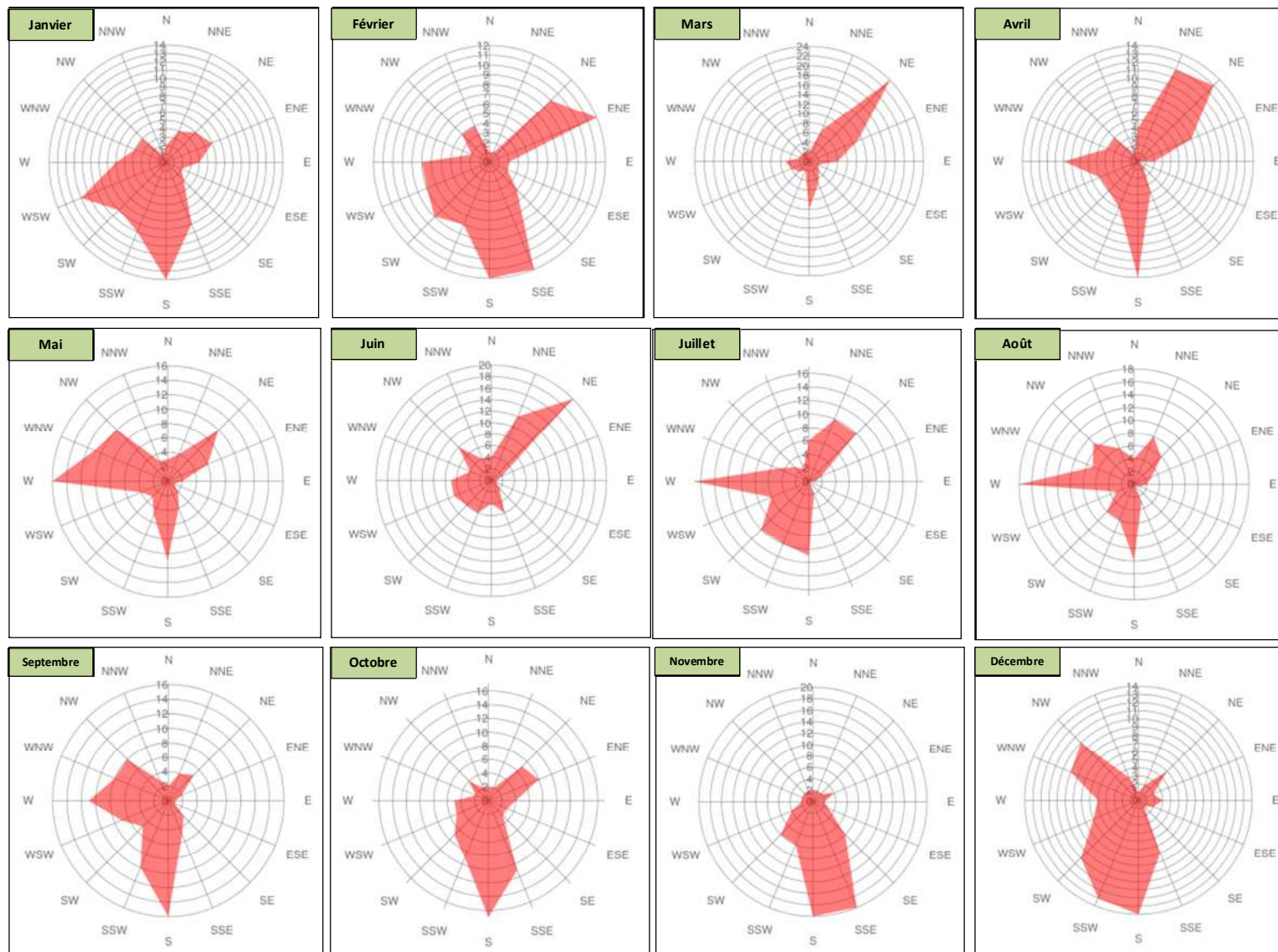


Figure 21 : Roses des vents mensuelles à Dieppe – 08/2010 à 04/2013 – www.windfinder.com

L'analyse de ces données permet de mettre en évidence deux grandes tendances :

- Les vents dominants proviennent principalement du secteur Sud, puis des secteurs Nord-Est et Ouest.
- En période automnale et hivernale (septembre à février), les vents dominants proviennent majoritairement du secteur Sud.
- En période printanière et estivale (mars à août), les vents dominants se répartissent selon les trois principales directions que sont le Sud, le Nord-Est et l'Ouest.
- La vitesse moyenne annuelle des vents est de 19 km/h ou 5 m/s).
- Les vents moyens les plus forts soufflent durant la période hivernale entre les mois de novembre et de février.

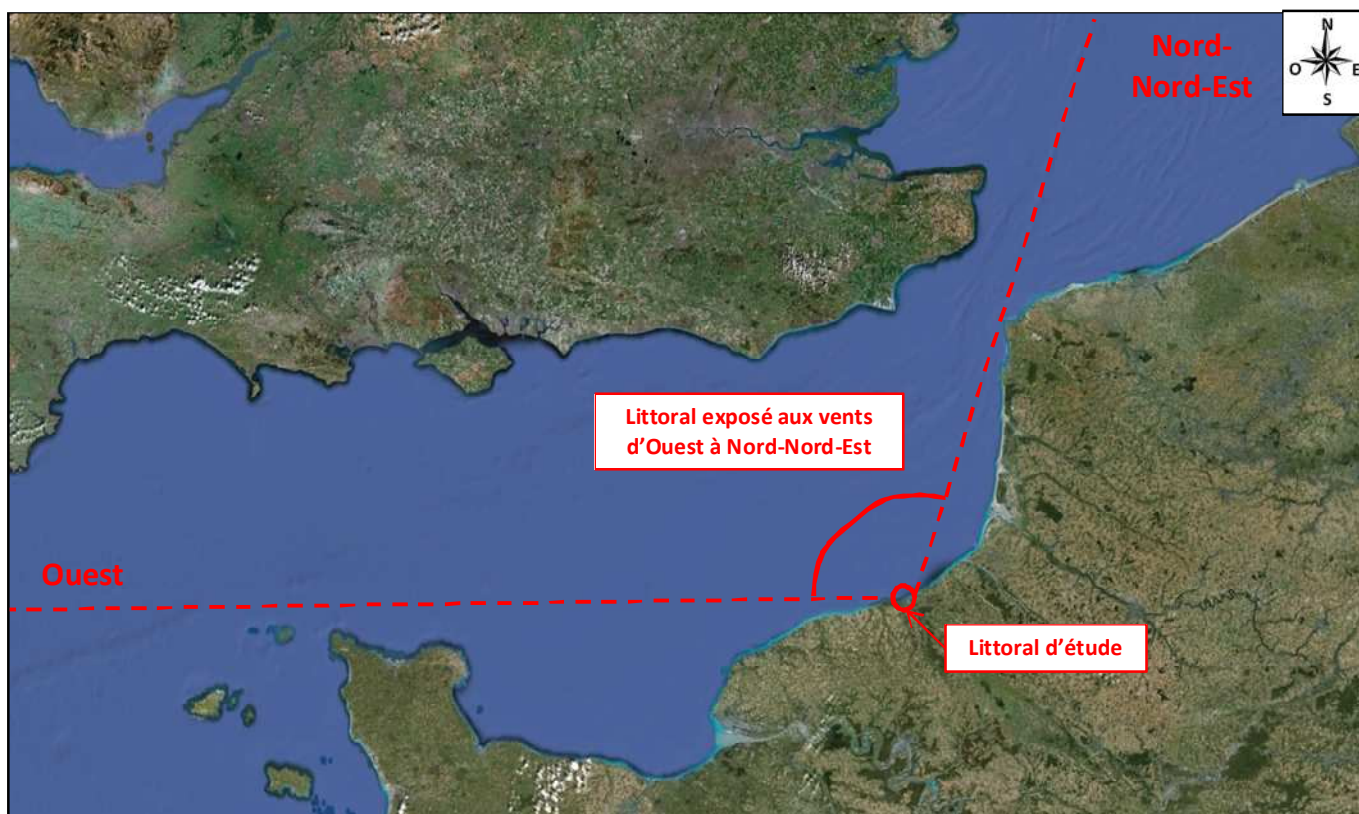
Les vents dominants au niveau de la zone d'étude proviennent du secteur Sud.

Les vents provoquent deux types d'influence notables sur les mouvements sédimentaires :

- **Sur les sables du littoral** : par le transport éolien surtout lorsqu'il s'agit d'une côte basse d'accumulation sableuse. En effet, à partir d'une vitesse critique le vent peut transporter le sable lorsque celui-ci est sec et ainsi participer à l'engraissement d'une dune.
- **Sur les courants de surface et de fonds**. Le vent génère sur une eau calme un courant de 1 à 2 % de sa vitesse. S'il existe un courant de surface, celui-ci peut être atténué ou renforcé suivant la direction du vent. En profondeur, le vent crée des courants suivant une direction et une intensité qui sont décrites par une loi physique nommée la spirale d'Eckman. Les vents sont donc, à la fois, responsables de la houle (sur de grandes échelles) et de l'agitation locale du plan d'eau (clapot).

L'agitation sur un secteur va dépendre notamment du fetch (distance sur laquelle souffle le vent). Lorsqu'un littoral est orienté face à la direction dominante des vents avec un fetch important, alors il aura tendance à être soumis à une agitation plus importante qu'un littoral abrité.

Le secteur d'étude est orienté globalement selon les directions d'Ouest à Nord-Nord-Est.



Source: Google Earth

Figure 22 : Exposition aux vents du littoral d'étude

2 Courants

2.1 Généralités

Le principal processus physique qui génère les courants en Manche est la marée semi-diurne. C'est en Manche que l'on trouve les marnages les plus importants et les courants de marée les plus forts de toutes les côtes métropolitaines. Ces courants de marée ont un rôle important à la fois sur le transport des masses d'eau à court et long terme et sur le mélange vertical (voir §3).

A plus long terme, ces courants ont une composante permanente, appelée courant résiduel de marée, liée à la propagation de la marée et à l'effet du frottement. Ce courant est beaucoup plus faible que le courant instantané mais son influence sur le transport à long terme des masses d'eau est déterminante car ce courant est permanent, sa force étant modulée par les cycles vives eaux mortes eaux (période de 14 jours).

L'action du vent en surface est le second processus physique d'importance en Manche. Le vent peut inverser la circulation moyenne ou détruire des structures tourbillonnaires induites par la marée.

La Manche n'est que peu influencée par les apports fluviaux. Seuls les plus grands fleuves sont susceptibles de créer une circulation spécifique. A l'échelle de la Manche, seule la circulation induite par les apports en eaux douces de la Seine est capable de créer des différences de courants significatives entre la surface et le fond.

2.2 Courants généraux

Les courants résiduels moyens sont dirigés de l'Atlantique vers la Mer du Nord. Le Temps de transit moyen dans la Manche est d'environ 6 mois à 1 an ([B5], [B6]). La figure représente la circulation moyenne des masses d'eau en Manche.

A l'ouest de la Bretagne, et à l'est d'Ouessant, les courants moyens sont dirigés vers le nord [B7]. Ils forment quelques structures tourbillonnaires en mer d'Iroise. Les vents de secteur ouest à nord peuvent s'opposer à cette circulation moyenne et l'inverser temporairement.

L'entrée des eaux en Manche s'effectue le long des côtes de Bretagne ([B5], [B6], [B8]). Les courants moyens sont de l'ordre de 3 à 5 cm/s au large du Finistère Nord. Alors qu'une branche du courant résiduel pénètre en Manche le long des côtes Bretonnes, une seconde branche se dirige vers l'extrémité sud-ouest de l'Angleterre. Ce courant moyen dirigé vers le nord effectue une incursion en Manche Occidentale avant de longer les côtes de la Cornouaille anglaise.

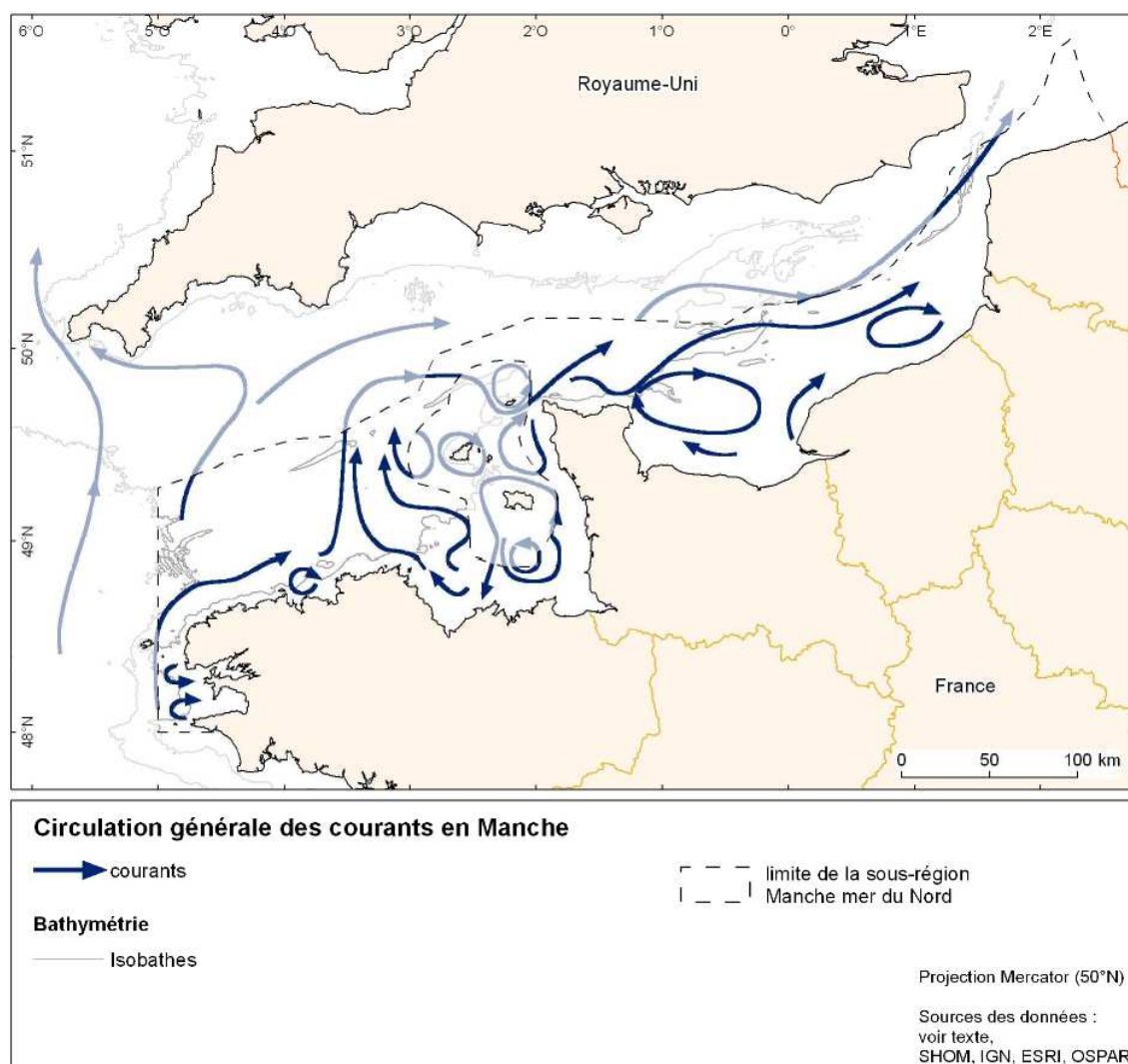


Figure 23 : Circulation moyenne en Manche (IFREMER)

La circulation en Manche Orientale est marquée par la présence d'un vaste tourbillon anticyclonique (sens des aiguilles d'une montre) générée dans le sillage du Cotentin ([B5], [B9]). Ce tourbillon anticyclonique est appelé tourbillon de Barfleur. Les vitesses sont de l'ordre de 2-3 cm/s en l'absence de vent. Plus à l'est, l'estuaire externe de la Seine est sans doute la région où les écarts de courants entre la surface et le fond sont les plus marqués. En surface les courants sont dirigés vers l'ouest puis le nord. Au fond la circulation est dirigée vers l'estuaire [B9].

Le vent peut modifier notablement le schéma de circulation proposé. Les vents de sud-ouest auront tendance à augmenter la dérive vers l'est. A l'inverse, les vents de nord-ouest à nord est vont diminuer cette circulation et sont même susceptibles de l'inverser [B10]. Les vents pouvant créer des inversions sont les vents de nord : à titre d'exemple, un vent soufflant du nord durant quelques jours à 5 m/s peut inverser le flux, sur l'ensemble de la colonne d'eau, en condition de marée moyenne.

Les courants généraux dans la Manche et en particulier dans la Manche orientale au large du littoral d'étude sont faibles et surtout négligeables par rapport aux courants de marée qui sont les courants prépondérants.

On peut considérer qu'au niveau de la dynamique sédimentaire de la zone littorale, les courants généraux en Manche sont sans incidence notable.

2.3 Courants de marée

Le régime des courants de marée est très influencé par les conditions locales (topographie et frottement de la côte, présence de bancs, de chenaux...).

Les études menées en Manche sont présentées sur la figure ci-après et montrent que (doc. 27):

- la circulation résultante des courants de marée en Manche orientale s'effectue parallèlement à la côte vers le Nord-Est, mais peut être ponctuellement perturbée par des forçages météorologiques (Qanin & Le Vaillant, 1995; Janin & Anriébicque, 1996);
- les courants de marée en Manche orientale sont forts (fréquemment de 2 à 3 nœuds, soit 1 à 1,5 m/s);
- les vitesses maximales en vive-eau moyenne croissent du cap de La Hève (0,6 m/s) à Étretat (près de 2 m/s; SHOM, 1996), puis décroissent progressivement vers l'Est pour atteindre 0,90 m/s devant la baie de Somme ;

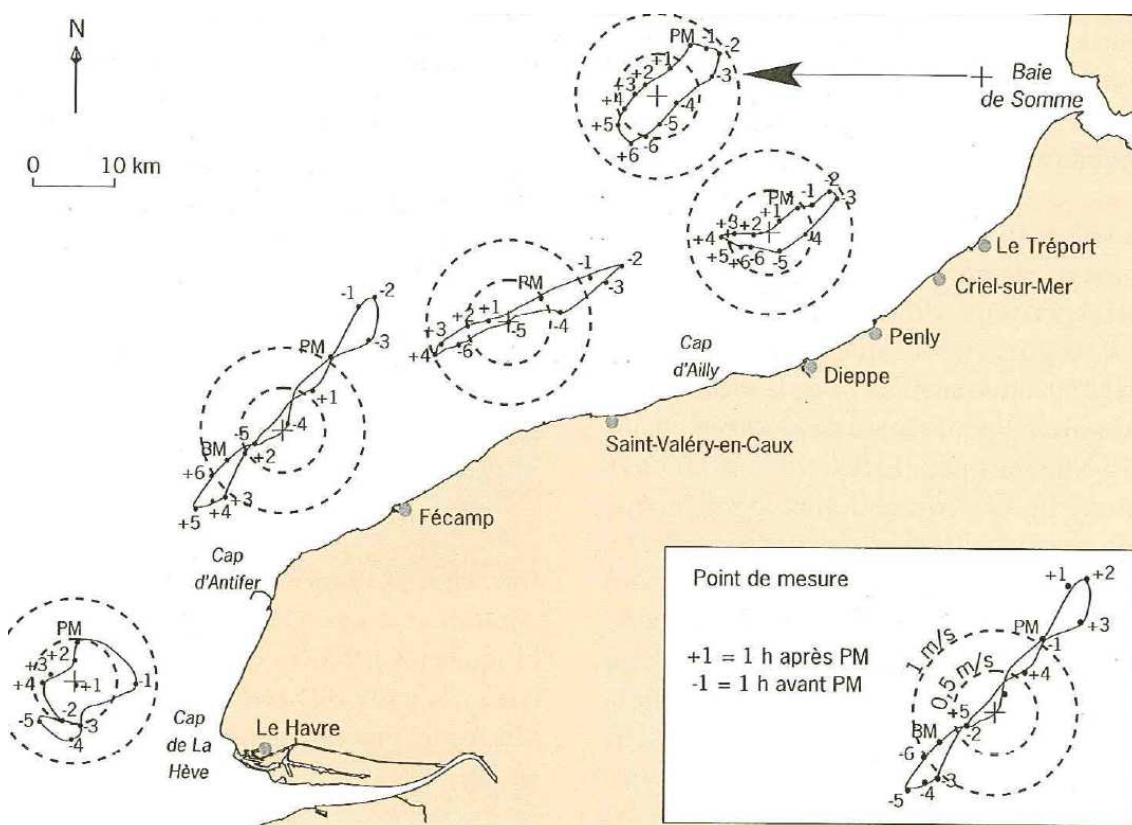


Figure 24 : Vitesse et direction des courants de marée, en vive-eau, le long du littoral de la Seine-Maritime (SHOM, 1968)

Devant le littoral d'étude de Quiberville on constate que :

- les courants de marée sont alternatifs et parallèles au littoral.
- Les courants de flot (de PM -4h à la PM) sont orientés vers le Nord-Est et peuvent atteindre jusqu'à +1 m/s.
- Les courants de jusant (de PM +2h à PM +6h) sont orientés vers l'Ouest et peuvent atteindre jusqu'à +0,6 m/s.
- La vitesse des courants au flot est plus importante que celle des courants au jusant.

2.4 Courants dus au vent

Il n'y a que peu de données quantitatives sur les courants liés aux vents. Les vents ont une importance considérable sur les courants. Selon qu'ils sont de directions proches ou opposées aux courants, les vents les renforcent ou les affaiblissent.

Dans l'hémisphère Nord, le courant dû au vent porte à droite par rapport au vent qui le génère.

2.5 Courants de houle

Quand la houle déferle avec une certaine obliquité par rapport au rivage, elle donne naissance à un courant parallèle au rivage dont le sens est celui de la composante de la célérité des vagues. Ce courant est localisé dans la zone comprise entre le déferlement et la côte.

La figure ci-après présente le mécanisme des courants de houle appelés aussi dérive littorale.

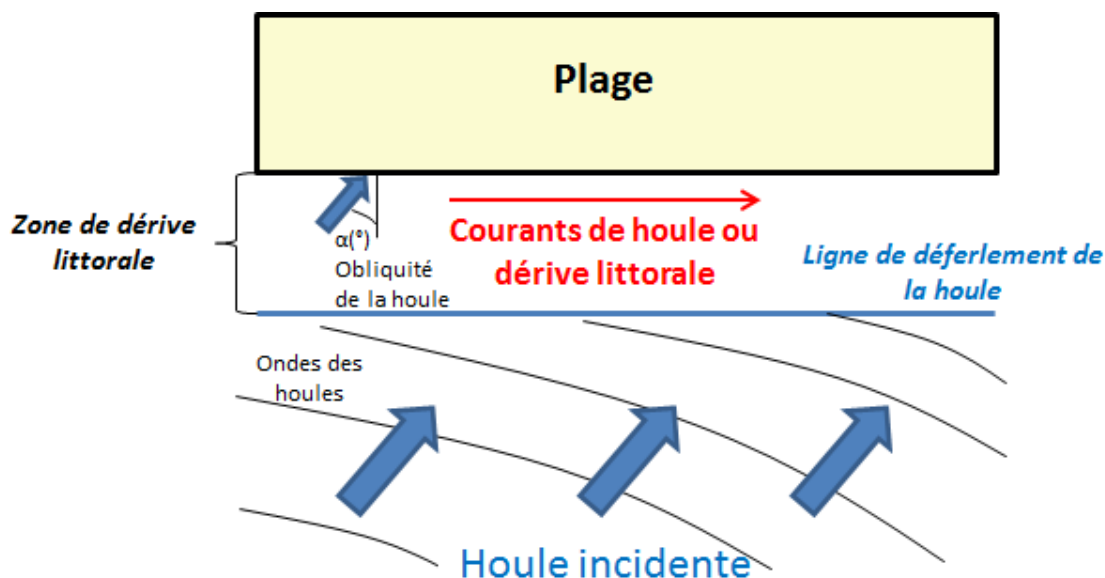


Figure 25 : Courants de houle (crédits : EGIS)

Ces courants parfois violents, notamment en période de tempête, varient en fonction de l'obliquité des lignes de crête de la houle par rapport aux lignes bathymétriques et de la morphologie des fonds marins.

Pour des plages de pente classique, on a, en ordre de grandeur, des courants de 0,5 m/s pour une houle de 2 m et une obliquité de 10°.

3 Caractéristiques de plusieurs événements historiques

Cinq événements sont décrits dans cette partie à partir de l'étude A1 :

- La tempête de décembre 1979 ;
- La tempête d'octobre 1987 ;
- La tempête du 26 février 1990 ;
- L'événement de janvier 1995 ;
- La tempête de décembre 1999 ;
- L'événement de mai 2000 ;
- La tempête du 10 mars 2008.

Les trois événements suivant janvier 1995, décembre 1999 et mai 2000 correspondent aux trois crues récentes de la Saône.

D'autres tempêtes se sont abattues au cours du dernier siècle sur les plages de Haute-Normandie mais où les informations techniques manquent pour les décrire :

- La tempête du 15 et 16 janvier 1922 ;
- La tempête du 20 décembre 1918 et 30 août 1923 ;
- 15 novembre 1977 ;
- 12 janvier 1978 ;
- 23 novembre 1984 ;
- 29 novembre 1996 ;
- 27 et 28 février 2010 (Xynthia).

3.1 La tempête du 11 décembre 1979

Lors de cette tempête, la surcote maximale fut de 1.5 m avec des surcotes de 0.5 m dépassées pendant 14 h consécutives.

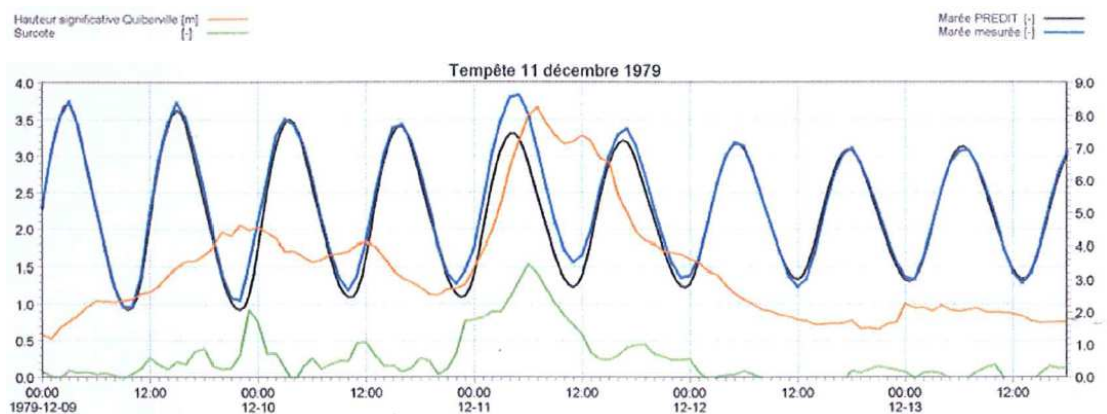
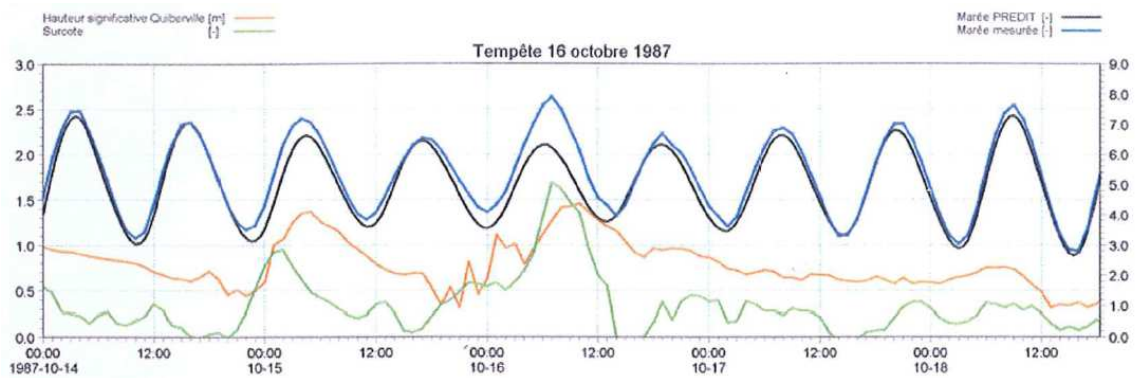


Figure 26 : Chronologie et caractéristiques de la tempête du 11 décembre 1979 (DHI, 2008)

3.2 La tempête d'octobre 1987

Cette tempête est restée dans les mémoires notamment par les dégâts qu'elle occasionna. Le marégraphe de Dieppe a enregistré un niveau de 8 m CM contre 6.4 m CM prévu soit une surcote de 1.6 m estimée à 200 ans de périodes de retour (DHI, 2008). Le coefficient de marée était de 24 et la surcote a dépassé les 0.5 m pendant 16 h consécutives.



3.3 Tempête du 26 février 1990

Cette tempête du 26 février 1990 qui a causé de nombreux dégâts et de la submersion s'est produite dans un contexte particulier. En effet, le début d'année 1990 a été marqué par de nombreuses tempêtes qui ont progressivement mis à mal le cordon de galets présent au pied de la digue.

Ainsi, la conjonction entre :

- une marée astronomique élevée de coefficient 102,
- une tempête se produisant au même moment que la pleine mer,
- un cordon de galets amoindri au pied de la digue,
- une houle de l'ordre de $H_s=4,71$ m (valeur au point ANEMOC 3232), soit une tempête de période de retour comprise entre 5 et 10 ans.

Nous avons constaté lors de l'analyse des niveaux d'eau du marégraphe de Dieppe fournis par le REFMAR que les valeurs de niveaux enregistrés lors de la tempête du 26 février 1990 étaient manquantes.

Cependant, le Cerema, nous a fournis dans le cadre de ce PPRL, un document papier avec les niveaux mesurés au marégraphe de Dieppe (cf. ci-après).

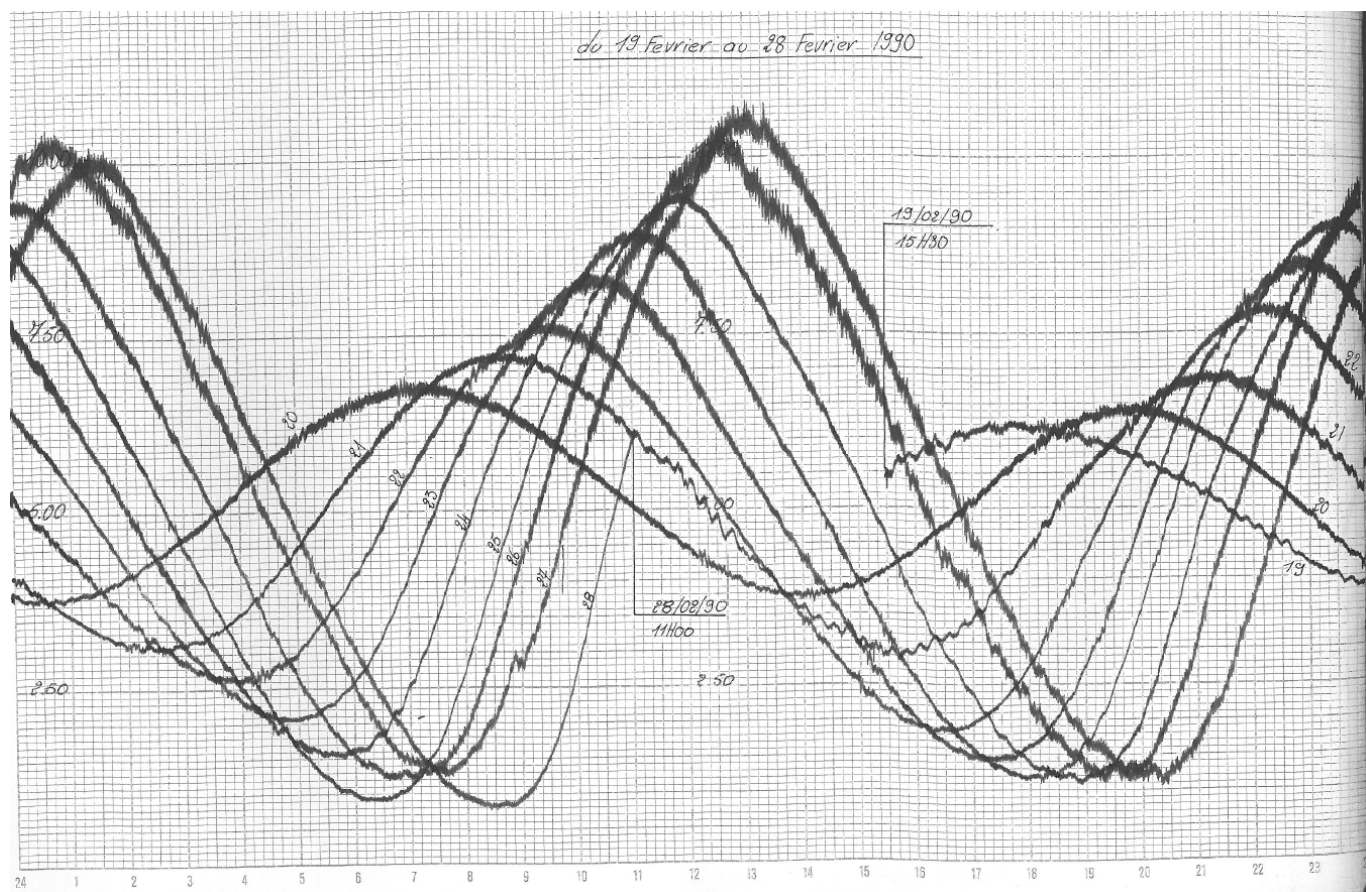


Figure 28 : Marégramme de Dieppe lors de la tempête du 26 février 1990

Nous avons analysé le marégramme ci-avant et l'avons retranscrit en format numérique et avons comparé les mesures enregistrées avec les prédictions du SHOM afin d'avoir une approximation de la surcote au moment de la tempête.

La figure ci-après présente cette analyse :

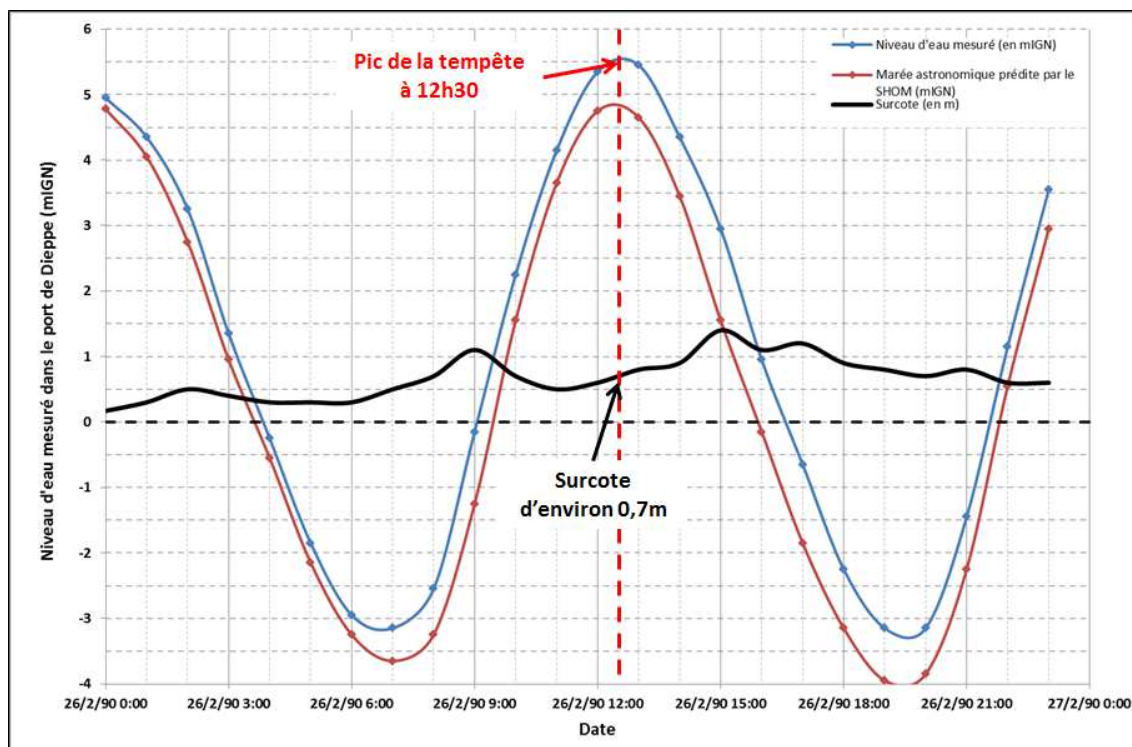


Figure 29 : Analyse des niveaux d'eau à Dieppe lors de la tempête du 26 février 1990

Au moment du pic de tempête, la surcote était de l'ordre de +0,7 m.

Les caractéristiques de l'évènement historique du 26 février 1990 retenues sur la plage de Pourville sont : $H_s = 4,71$ m, $T_p = 11,1$ s, $Dir = N284^\circ$ et $Niv = +5,75$ m IGN.

3.4 La tempête de décembre 1999

La tempête de décembre 1999 dispose des caractéristiques suivantes :

- Un coefficient de marée de 105 le 23 décembre 1999 qui descend à 45 le 31 décembre 1999. Lors du pic de la tempête le coefficient était de 94 ;
- Deux pics de houle ont été enregistrés : le premier le 25 décembre à 4 h 00 UT et le second le 27 décembre à 00 h 00 UT ;
- La surcote ne coïncide pas avec la marée haute, elle augmente avec le montant. La surcote maximale enregistrée fût de 1.5 m et elle a dépassé les 0.5 m pendant 5 h consécutives. La surcote moyenne maximale de pleine mer de 0.6 m à une période de retour de 2 an (DHI, 2008) ;
- Le niveau d'eau de 5.76 m NGF dispose d'une période de retour de 4 ans environ (DHI, 2008).

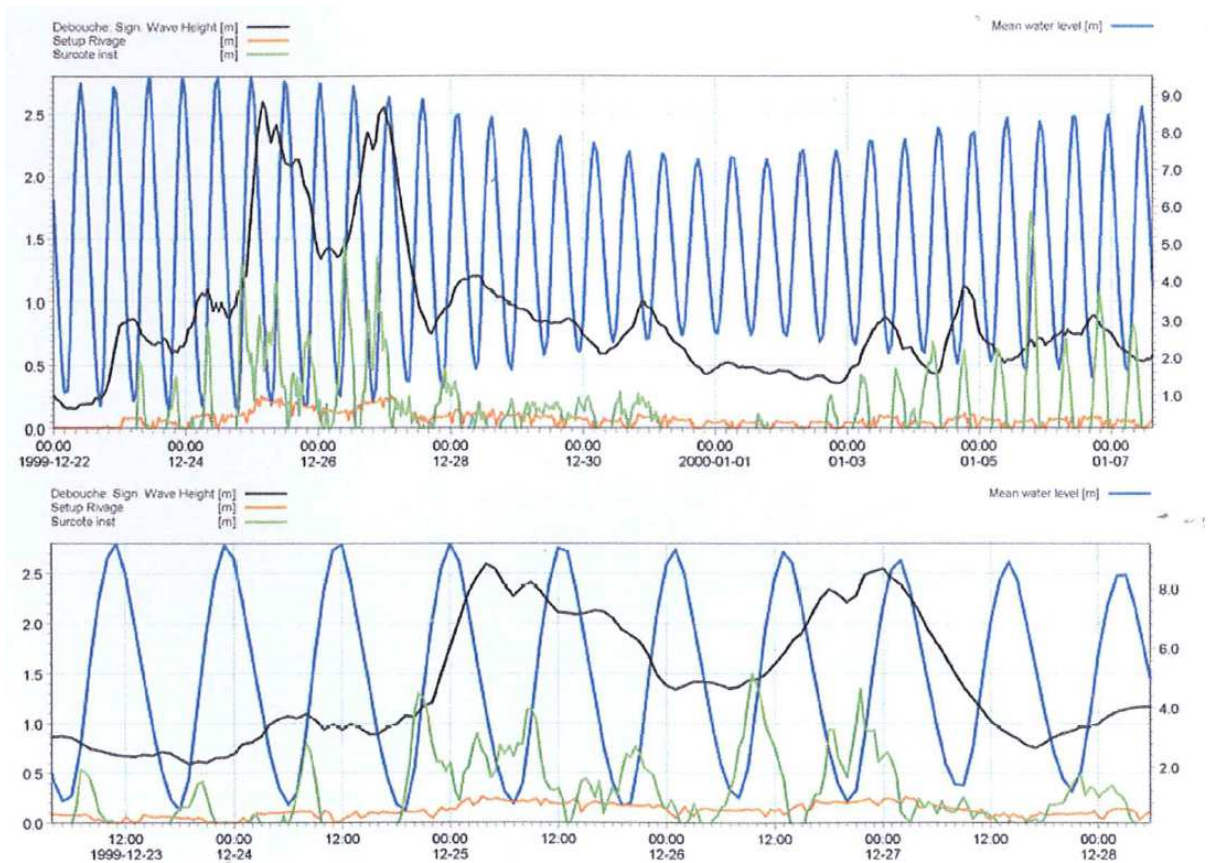


Figure 30 : Chronologie et caractéristiques de la tempête de décembre 1999 (DHI, 2008)

3.5 L'événement de janvier 1995

Lors de cet événement, le coefficient de marée passe de 80 (29 janvier) à 104 (2 février).

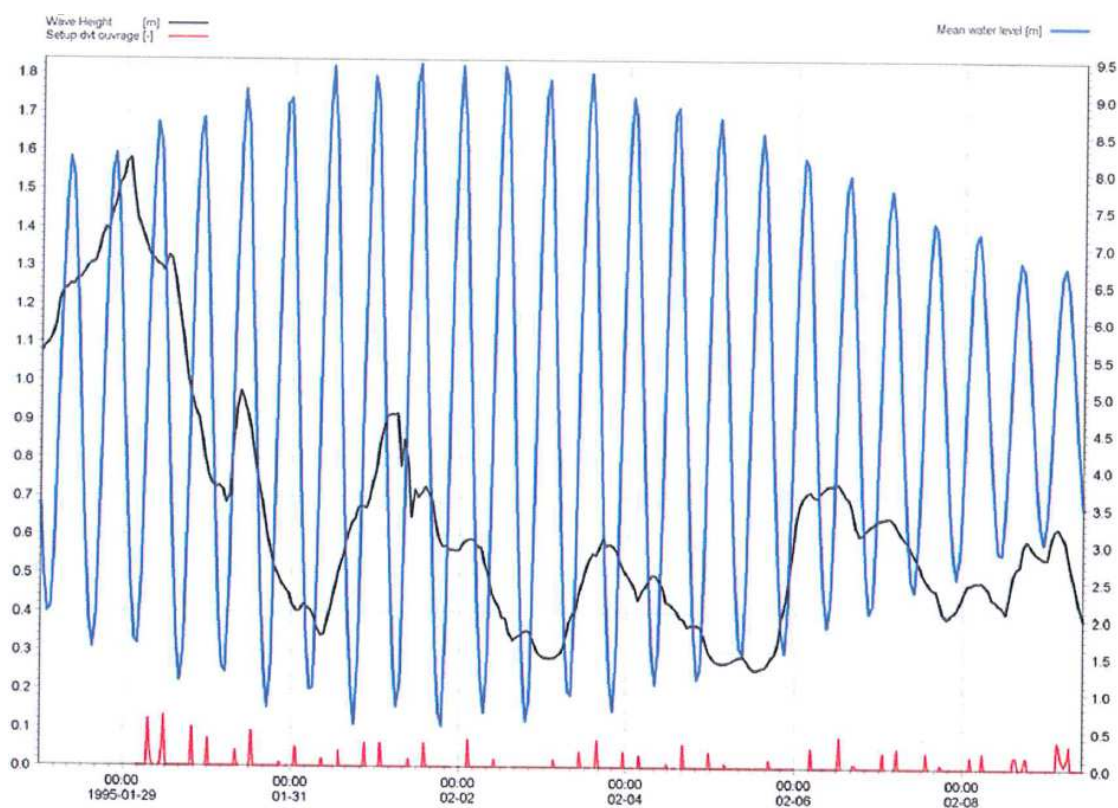


Figure 31 : Chronologie et caractéristiques de l'événement de janvier 1995 (DHI, 2008)

3.6 L'événement de mai 2000

Lors de cet événement, le coefficient de marée passe de 80 (16 mai) à 86 (18 mai).

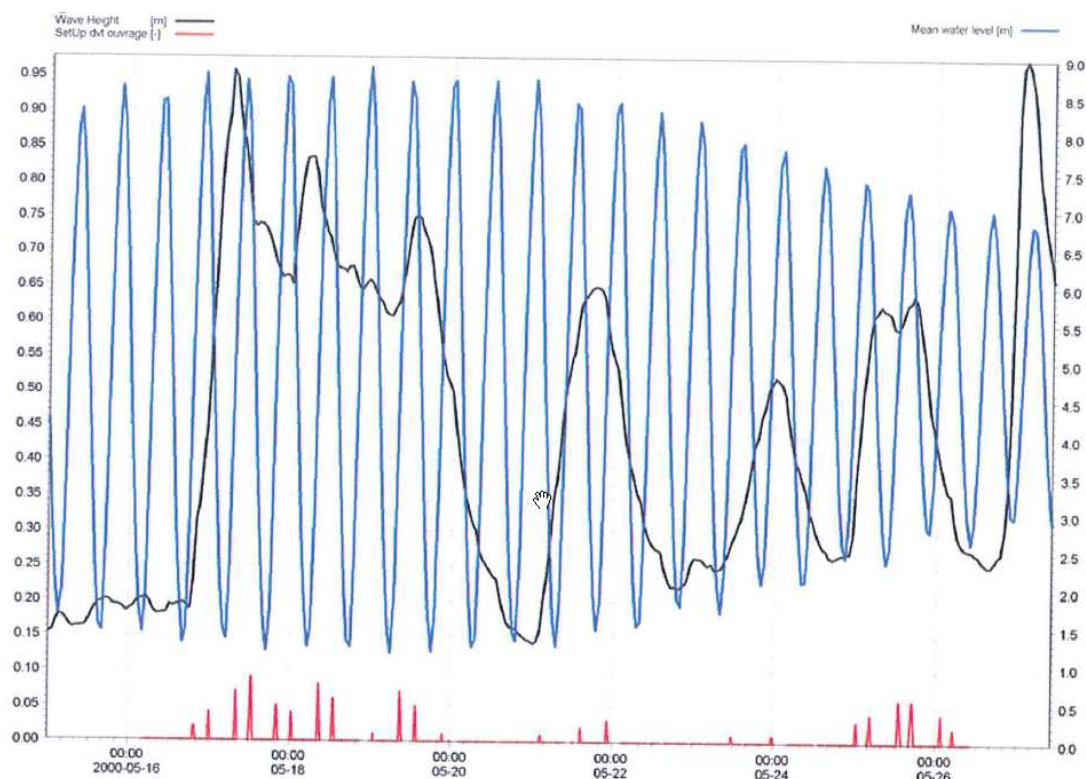


Figure 32 : Chronologie et caractéristiques de l'événement de mai 2000 (DHI, 2008)

3.7 Tempête du 10 mars 2008

NB : De nombreuses informations intéressantes sur la tempête du 10 mars 2008 ont été issues de l'article intitulé « Aspects météo-marins de la tempête du 10 mars 2008 en Atlantique et en Manche » [B1].

La tempête du 10 Mars 2008 a touché la pointe nord-ouest de l'Europe pendant une marée de vive-eau engendrant de nombreux dégâts et des cas de submersion sur les côtes nord-ouest de la France. La Haute-Normandie a été touchée dans la nuit du 10 au 11 mars 2008 durant la pleine mer et pendant le passage de la « traîne active ».

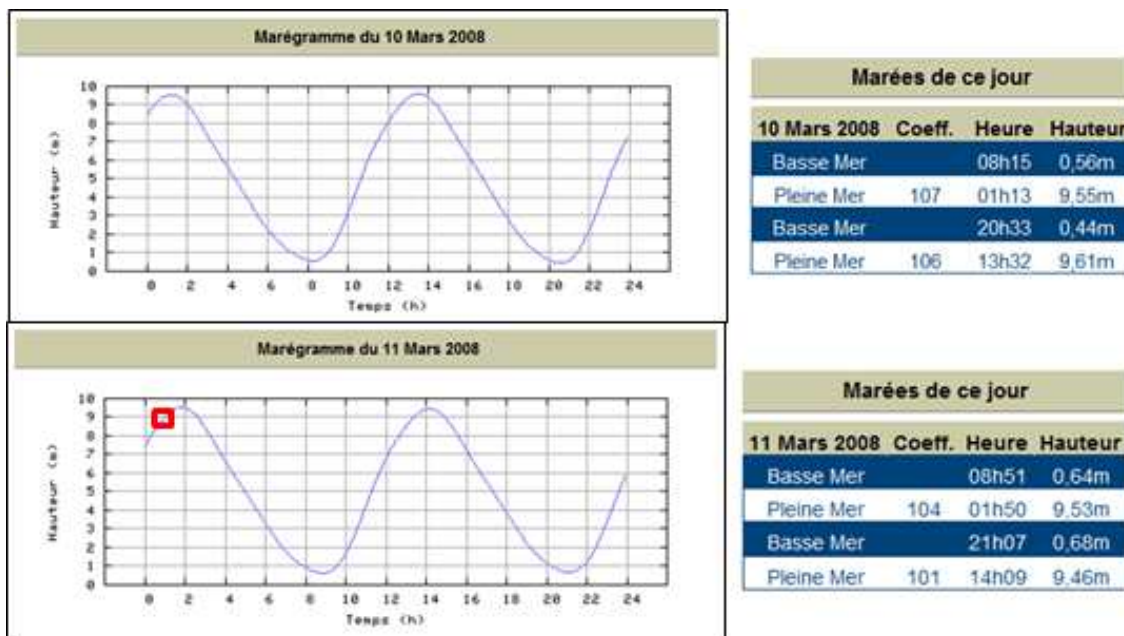
Les observations et les études réalisées sur cette tempête s'accordent sur le caractère exceptionnel du phénomène.

Le soir du samedi 8 mars 2008, quelques jours avant que la tempête ne touche les côtes de l'ouest de la France, une dépression prend naissance au niveau de Terre-Neuve, avec une pression en son centre de 1010 hPa. Elle se déplace assez lentement le long du 55e parallèle nord et atteint l'Irlande le 10 mars à 06 h 00 UTC. La trajectoire de la dépression est conforme à la configuration la plus fréquente du rail des dépressions, dite « zonale ».

Les niveaux d'eau ont atteint lors de cette tempête des valeurs inattendues. Ils étaient dus à la combinaison de phénomènes indépendants (surcote importante accompagnée d'une mer énorme et pleine mer de vive-eau). Les niveaux d'eau maximums à l'origine de la submersion

des côtes basses ont été à chaque fois précédés par le passage d'un front froid. Les vitesses de vent et les hauteurs de houles atteintes pendant cette tempête avaient une période de retour de deux ans. Les niveaux d'eau mesurés par les marégraphes du SHOM sur la façade Atlantique et sur la Manche avaient une occurrence de deux à cent ans.

En première approche de notre réflexion, voici le cycle de marée astronomique prédit par le SHOM le jour de la tempête (les valeurs sont fournies en CM, il faut soustraire 4,45m pour obtenir les valeurs en mIGN).



La figure suivante présente la surcote à Dieppe enregistrée lors de la tempête du 10 au 11 mars 2008.

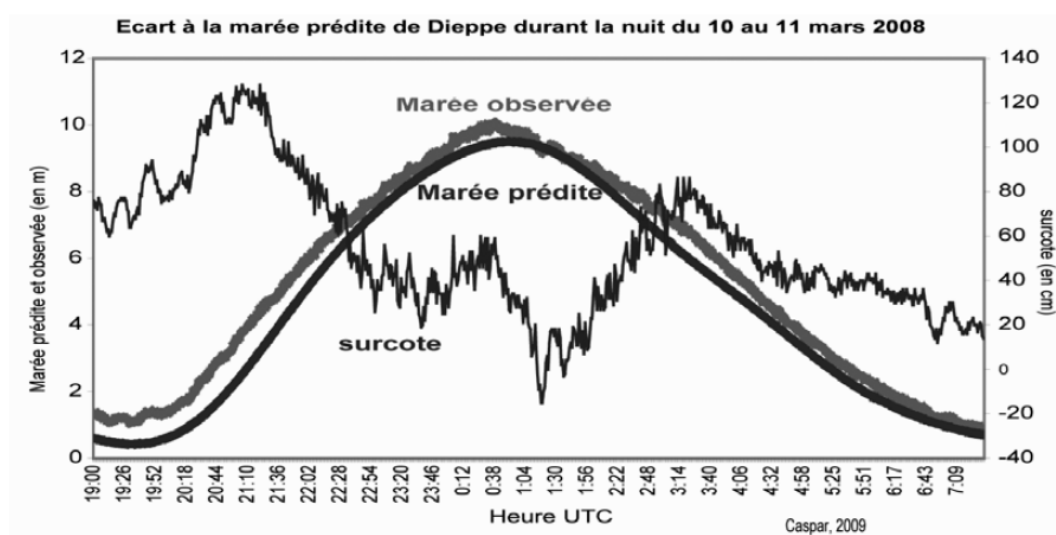


Figure 33 : Surcote à Dieppe lors de la tempête du 10 au 11 mars 2008 ; données SHOM et DDE

Ainsi, la surcote au moment de la pleine-mer était de l'ordre de 60 cm. Le niveau d'eau enregistré était de +10,13 m CM, soit +5,68 m IGN.

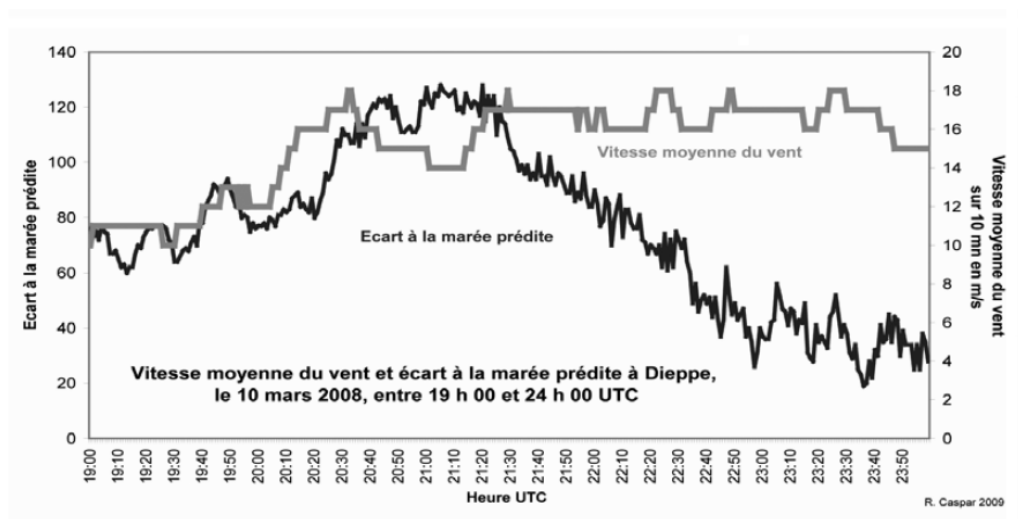


Figure 34 : Vitesse du vent moyennée (sur 10 minutes) et surcote à Dieppe le 10 mars 2008 ; Données Météo-France

Les caractéristiques de l'évènement historique du 10 mars 2008 retenues sur la plage de Pourville : $H_s = 3,9$ m, $T_p = 9$ s, $Dir = N280^\circ$ et $Niv = +5,68$ m IGN.

4 Niveaux d'eau

Le niveau de la mer est la conjugaison des trois phénomènes suivants : la marée astronomique, les surcotes (et décotes) et d'un Setup. L'élévation moyenne du niveau de la mer liée au réchauffement climatique va s'ajouter à ces 3 phénomènes.

4.1 Eléments de référence

L'ensemble des cotes altimétriques évoquées dans cette étude sera rapporté au zéro NGF ou zéro du nivellement général français.

4.2 Marée astronomique

Les fluctuations du niveau de la mer sont essentiellement liées à la marée astronomique.

La marée est de type semi-diurne (2 cycles de marée par jour). On parle de marées de type semi-diurnes lorsque les composantes diurnes sont négligeables devant les composantes semi-diurnes. Il y a alors deux pleines mers et deux basses mers par jour, d'importances sensiblement égales. Ce type de marée est prépondérant en Atlantique et en Manche.

La détermination des niveaux d'eau caractéristiques est issue du SHOM (« Références altimétriques maritimes – Edition 2012 », (cf. [C1])).

Les caractéristiques des niveaux de mer (en m NGF et m CM) dans le port de Dieppe sont données dans le tableau suivant :

Dieppe			
Cycles de marée	Abbréviations	Cote (m CM)	Cote (m NGF)
Plus Haute Mer Astronomique	PHMA	10.11	5.66
Pleine Mer de Vive Eau	PMVE	9.35	4.90
Pleine Mer de Morte Eau	PMME	7.40	2.95
Niveau moyen	NM	4.94	0.49
Basse Mer de Morte Eau	BMME	2.55	-1.90
Basse Mer de Vive Eau	BMVE	0.80	-3.65
Plus Basse Mer Astronomique	PBMA	-0.07	-4.52

Tableau 3 : Niveaux caractéristiques de la marée astronomique d'après l'annuaire des marées du SHOM (2011)

On constate que le marnage peut atteindre près de 10,2 m dans ce secteur d'étude.

On retiendra que globalement, les trois niveaux d'eau principaux sont :

- PMVE (Coeff. 95) = +9,35 m CM ou +4,9 m NGF,
- NM = +4,94 m CM ou +0,49 m NGF,
- BMVE (Coeff. 95) = +0,80 ou -3,65 m CM.

4.3 Surcote et décote

A la marée astronomique, viennent s'ajouter des surcotes ou des décotes ponctuelles du niveau moyen de la mer pouvant avoir pour origines :

- Les facteurs météorologiques (pression atmosphérique et vent).
 - o Un vent de terre pousse l'eau vers le large et provoque une décote, alors qu'un vent de mer accumule l'eau au rivage et provoque une surcote.
 - o Une variation de 1 hPa en pression atmosphérique se traduit par une variation du niveau de la mer de 1 cm. Pour une dépression, on constate une augmentation du niveau de la mer (phénomène d'aspiration) et l'inverse pour un anticyclone (phénomène de pression).

L'analyse statistique des surcotes (DHI 2008) fait ressortir que la loi de Log-Pearson est la plus adaptée selon le coefficient de corrélation.

Période de retour [années]	Weibull	Log-Pearson type 3
1.00	0.517	0.501
5.00	0.737	0.712
10.00	0.839	0.825
50.00	1.088	1.156
100.00	1.199	1.336
PPCC1	0.959	0.974
PPCC2	0.971	0.993

Tableau 4 : Périodes de retour et hauteurs associées en m des surcotes (DHI, 2008)

4.4 Houles et Setup

La configuration du littoral : les effets dynamiques dus aux vents, aux courants, aux déferlements des vagues, etc... sont très dépendants de la morphologie du rivage.

Le déferlement de la houle à la côte : l'effet de set-up est fonction de la hauteur et de la période des vagues et peut atteindre des valeurs décimétriques lors des tempêtes. Cet effet est nul dans les ports car le déferlement est inexistant.

Les données de houle calculées par DHI en 2008 ont été extraites au point ci-dessous dont le référencement est en Lambert II. La modélisation du Setup s'est effectuée sur ce profil (cf. ci-dessous).



Figure 35 : Position du profil de plage devant l'épis buse pour le calcul du setup et du point d'extraction des données de houle (DHI, 2008)

Lors d'événement de tempête, le cordon de galets est lessivé par la houle et le sable interstitiel se retrouve sur l'estran sableux (observations du profil de tempête selon les relevés de Costa les 10 et 15 février 1996 sur la plage de Quiberville-sur-Mer). Ainsi, l'étalement du cordon s'effectue par le bas. A contrario en période de temps calme, l'engraissement sableux de l'estran va participer au redressement du profil et à la reconstitution de sa partie interne par percolation.

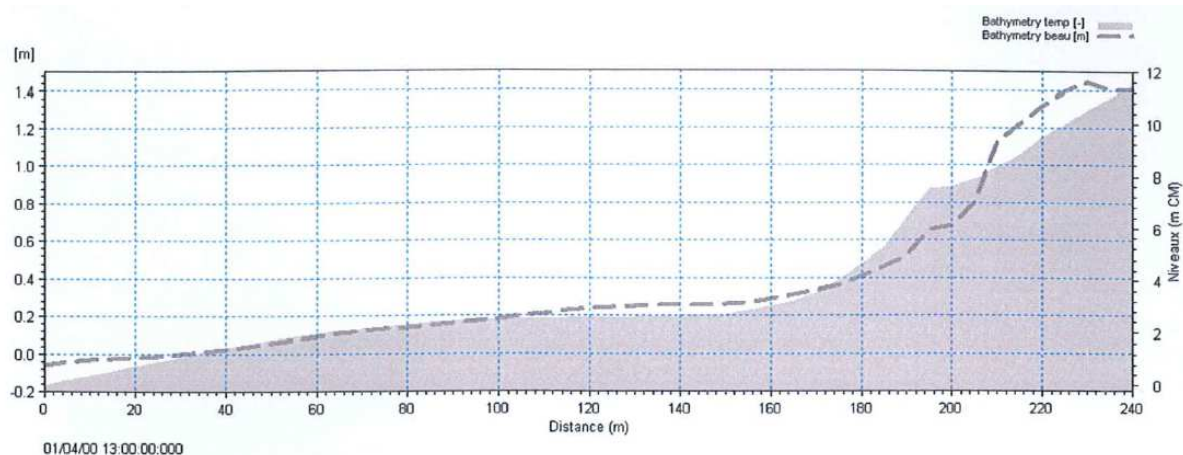


Figure 36 : Profils par beau temps et profil par tempête (DHI, 2008) utilisés

Les houles proviennent du Nord-Ouest essentiellement au droit de la plage de Quiberville-sur-Seine.

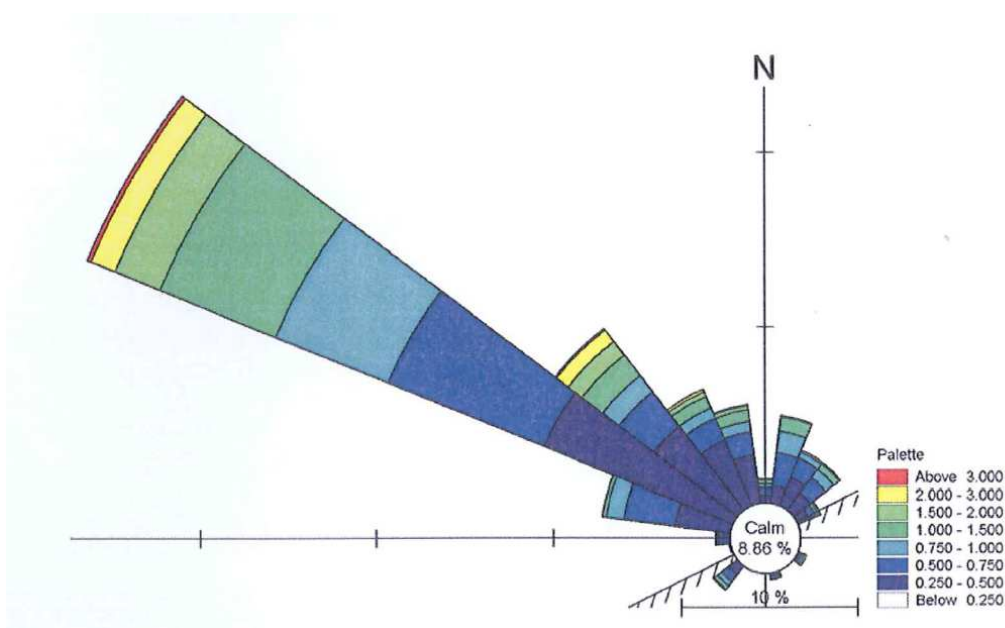


Figure 37 : Rose des fréquences des houles devant la plage de Quiberville-sur-Mer à partir d'une série de données sur la période de 1979-2001 (DHI, 2008)

L'analyse statistique des Setup (DHI 2008) fait ressortir que la loi de Pareto est la plus adaptée selon le coefficient de corrélation.

Période de retour [années]	Pareto Généralisée	Weibull
0.25	0.419	0.415
0.5	0.474	0.472
1	0.525	0.529
2	0.574	0.584
5	0.634	0.657
10	0.676	0.711
20	0.716	0.765
50	0.765	0.835
100	0.8	0.888
PPCC1	0.999	0.998
PPCC2	0.999	0.998

Tableau 5 : Périodes de retour et hauteur des setup extrêmes en m (DHI, 2008)

4.5 Niveaux d'eau extrêmes

Le SHOM a édité en 2012 un rapport intitulé « Statistiques des niveaux marins extrêmes des côtes de France (Manche et Atlantique) ». Cette version est la mise à jour du premier rapport édité en 2008. Le SHOM recommande de considérer, lorsque les deux valeurs de niveau sont différentes entre les deux versions 2008 et 2012, la valeur la plus sécuritaire.

Ce rapport indique pour les périodes de retour 5 ans, 10 ans, 20 ans, 50 ans et 100 ans les niveaux d'eaux extrêmes de pleine mer et de basse mer pour 18 ports de référence dont le port de Dieppe (37,7 ans de mesure : 01/01/1954 au 25/11/2009).

Ces niveaux sont présentés en m NGF et prennent en compte :

- Un niveau de marée PMVE : pleine mer de vives eaux (coefficient 95),
- Une surcote liée aux phénomènes météorologiques (vent + pression).

Précisons que ces valeurs ne prennent pas en compte :

- La surcote liée à l'action des vagues à la côte : phénomène de setup lié à la hausse du niveau de l'eau due au déferlement des vagues.
- La hausse future du niveau des mers due au réchauffement climatique. Dans le cadre d'un PPRL, il est signifié d'intégrer systématiquement au niveau marin de référence une surcote de 20 cm constituant une première étape de prise en compte du changement climatique (cf. [B3]).

Une actualisation des périodes de retour des niveaux extrêmes a été faite en 2007 (DHI, 2008) au droit de la plage de Quiberville-sur-Mer. Les cotes des niveaux extrêmes à Quiberville (SHOM, 2007) sont données dans le tableau ci-dessous.

Période de retour [années]	10	20	50	100
Cote maximale [m]	5.75	5.81	5.9	5.97

Tableau 6 : Période de retour des niveaux extrêmes à Quiberville-sur-Mer (SHOM, B. Simon)

Dans le cadre de ce PPRL, les cartes servant de référence sont celles de la Manche Est établit par le SHOM en 2008 et 2012.

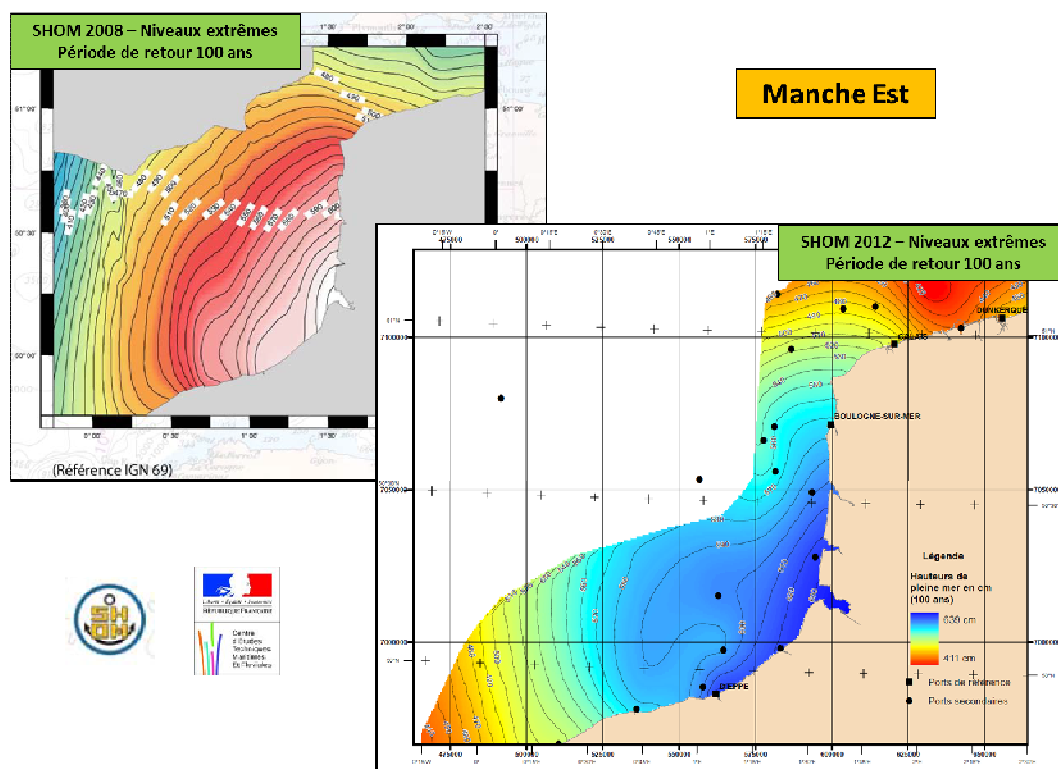


Figure 37 : Niveaux extrêmes de pleines mers en Manche (Nord de la France) – Période de retour de 100 ans (SHOM version 2008 et 2012)

Les niveaux extrêmes de pleine mers sur la plage de Quiberville-sur-Mer sont comprises entre :

- Les isobathes 5.9 et 6 m NGF pour la carte du SHOM 2008 ;
- Les isobathes 5.8 et 5.9 m NGF pour la carte du SHOM 2012.

Le guide PPRIL version 2014 recommande d'utiliser les niveaux extrêmes les plus élevés entre les 2 guides. Ainsi, les isobathes **5.9 et 6 m NGF sont retenus**.

La côte de 5.97 m NGF (DHI, 2008) sera donc retenue comme niveau marin extrêmes centennal.

4.6 Corrélation des niveaux d'eau extrêmes (marée+Setup)

L'analyse statistique donne plusieurs couples niveau / Setup pour une même période de retour, ici 100 ans.

Niveau (marée + surcote) [m IGN69]	Hs [m]	Setup [m]	Niveau extrême [m IGN69]
5.30	3.94	0.65	5.95
5.38	3.64	0.60	5.97
5.46	3.21	0.66	6.12
5.53	2.89	0.61	6.14
5.59	2.57	0.57	6.16
5.68	2.15	0.51	6.19
5.75	1.83	0.18	5.93
5.81	1.51	0.13	5.94
5.90	1.09	0.09	5.99
5.97	0.77	0.02	5.99

Tableau 7 : Période de retour centennale des niveaux extrêmes à partir de la corrélation Hs / Niveaux (DHI, 2008)

Le niveau extrême retenu est de 6.19 m NGF.

Il est obtenu avec un niveau 5.68 m NGF, une houle de 2.15 m et un setup de 0.51 m.

4.7 Etude sur le changement climatique et la hausse du niveau des mers

Suite à la conférence des Nations-Unies sur le changement climatique qui a eu lieu à Copenhague du 7 au 18 décembre 2009, une note a été rédigée en février 2010 par l'ONERC (cf. [B4]) (Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique). La synthèse est présentée ci-après et concerne la prise en compte de l'élévation du niveau de la mer en vue de l'estimation des impacts du changement climatique et des mesures d'adaptation possibles.

4.7.1 Recommandations de l'ONERC

Dans le cadre des études sur les impacts du changement climatique et les mesures d'adaptation possibles, il y a lieu d'utiliser les hypothèses suivantes dans la prise en compte de l'élévation du niveau de la mer (cf. [B4]) :

- 3 hypothèses à l'horizon 2100 :
 - o Hypothèse optimiste : 0,40 m,
 - o Hypothèse pessimiste : 0,60 m (guide PPRL version 2014),
 - o Hypothèse extrême : 1 m.

Il convient d'utiliser la même hypothèse quelle que soit la zone étudiée.

4.7.2 Circulaire du 27 juillet 2011

La circulaire du 27 juillet 2011 (cf. [B3]), établie suite aux catastrophes provoquées par la tempête Xynthia de février 2010 concernant les risques de submersion marine préconise que : « les plans de prévention des risques littoraux devront intégrer un aléa calculé sur la base de l'hypothèse pessimiste d'augmentation du niveau de la mer à l'horizon 2100. »

Dans la dernière version du guide PPRL, 2 hypothèses de changement climatique sont à prendre en compte :

- 1 hypothèse en situation actuelle (guide PPRL version 2014) :
 - o + 20 cm
- 1 hypothèse à l'horizon 2100 :
 - o Hypothèse pessimiste : 0,60 m (guide PPRL version 2014),

4.7.3 Conclusion dans le cadre de notre étude

Les données existantes sur les tempêtes historiques au droit de la plage de Quiberville-sur-Mer donnent des niveaux marins inférieurs aux niveaux extrêmes centennaux estimés. **Ainsi, dans le cadre de ce PPRIL les niveaux extrêmes centennaux estimés seront retenus.**

Les niveaux à retenir sont les suivants :

	Etat actuel	A l'horizon 2100
Niveaux marins (marée+surcote) en m	5.68	5.68
Setup en m	0.51	0.51
Hausse niveau des mers (changement climatique) en m	0.20	0.60
Incertitude en m	0.25	0.25
Total en m	6.64	7.04

Tableau 8 : Niveaux de référence à prendre en considération dans le PPRIL de Saône

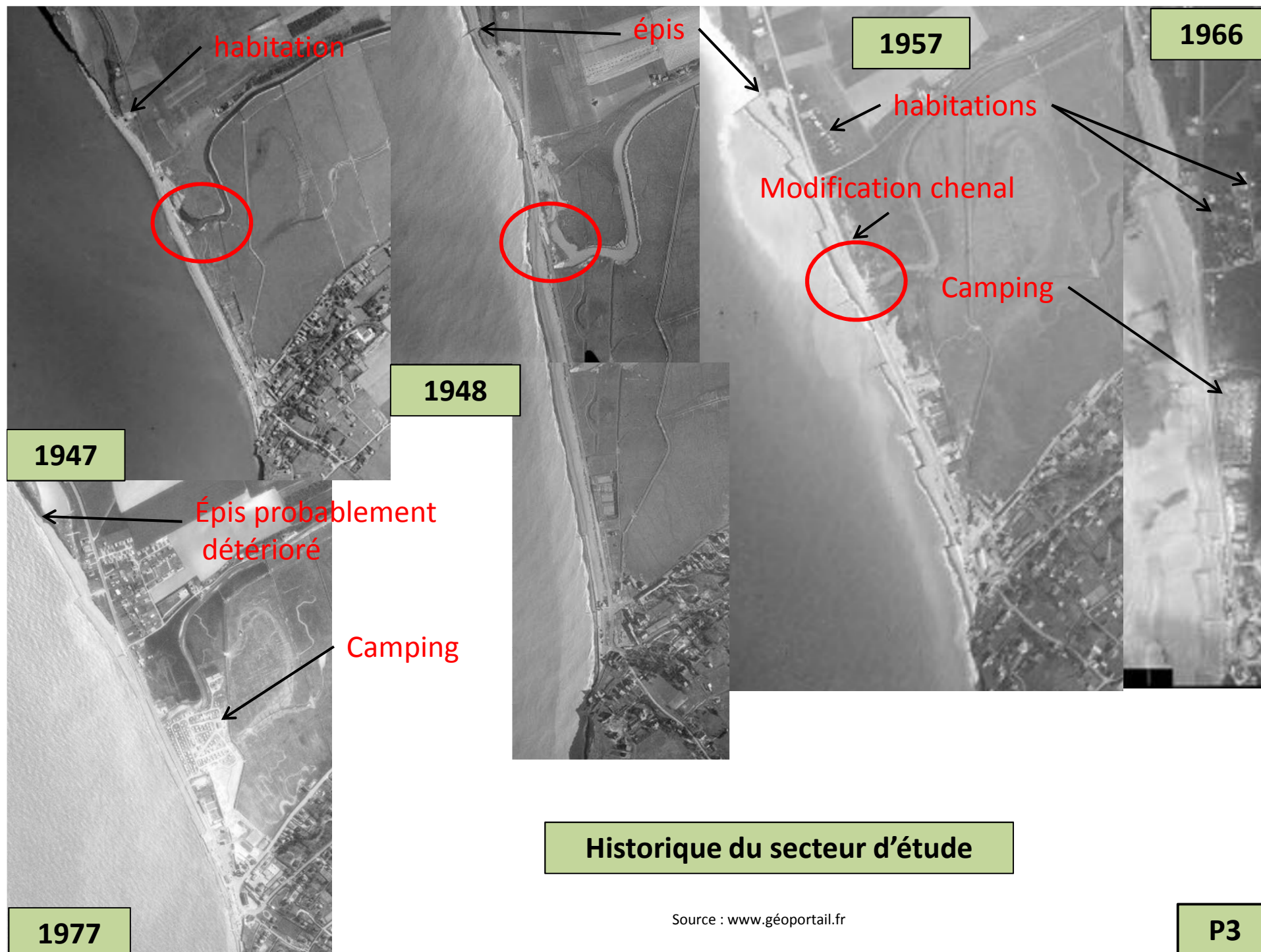
Dans le cadre de ce PPRIL les niveaux extrêmes à prendre en considération sont de 6.64 m NGF en état actuel et de 7.04 m NGF à l'horizon 2100.

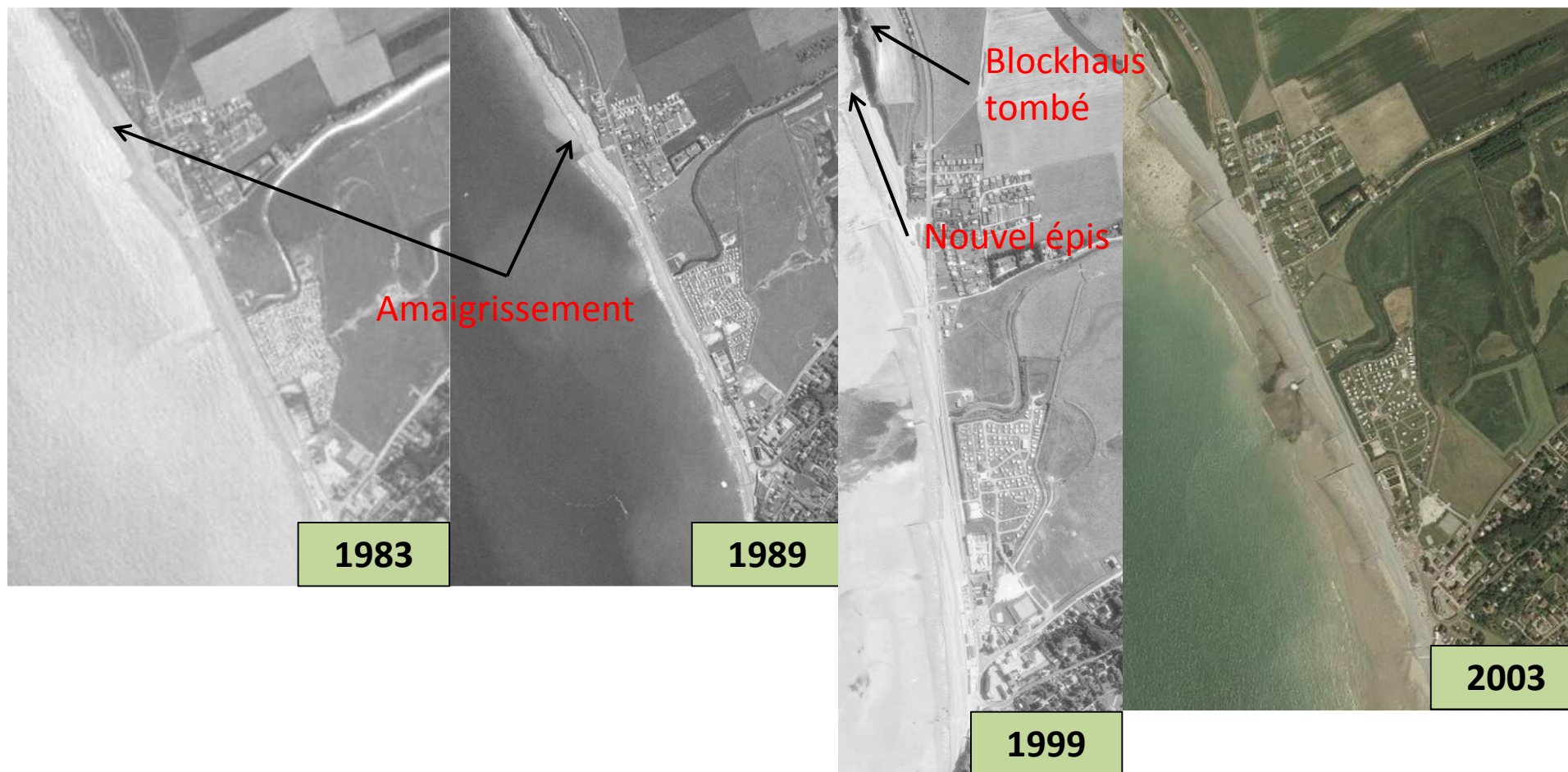
Reportage photographique de la visite du site du 02/09/2014 et du 06/11/2014



Localisation du secteur d'étude



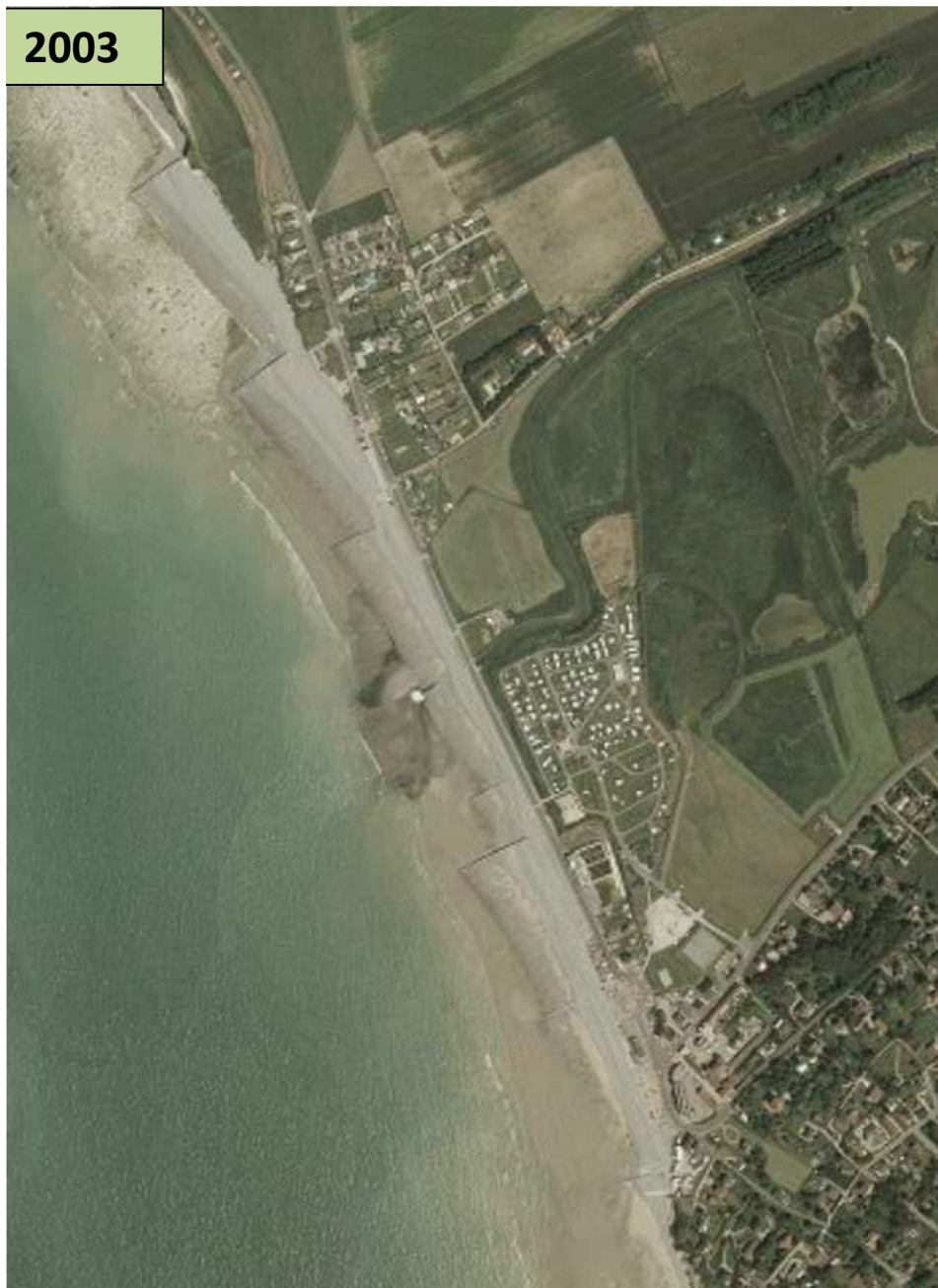




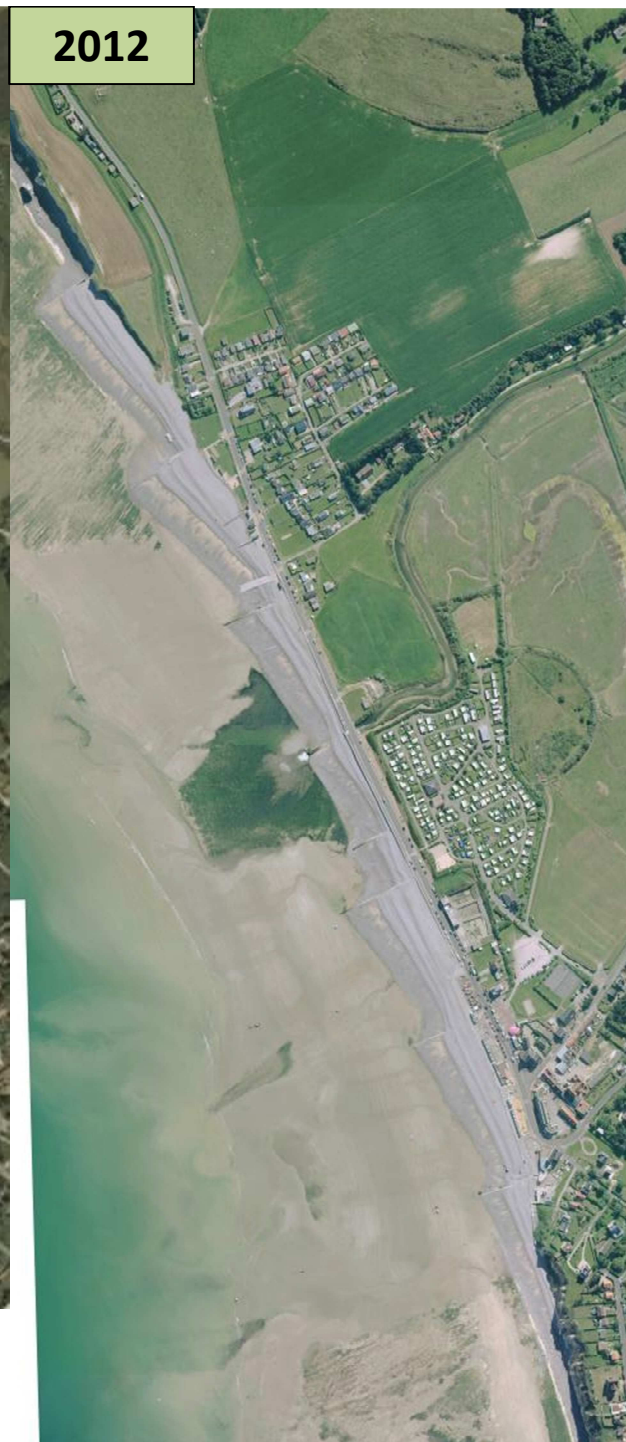
Historique du secteur d'étude

Source : www.geoportail.fr

2003



2012



Historique du secteur d'étude

Source : www.geoportail.fr

P5

Conditions de marée au moment des visites – Les 02/09/2014

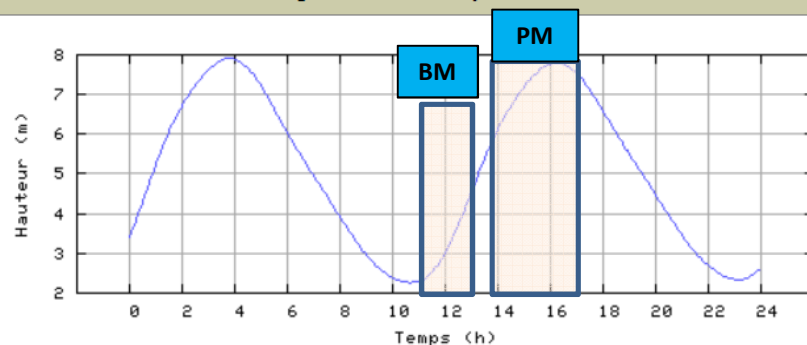
Port de Dieppe

Heures de visite

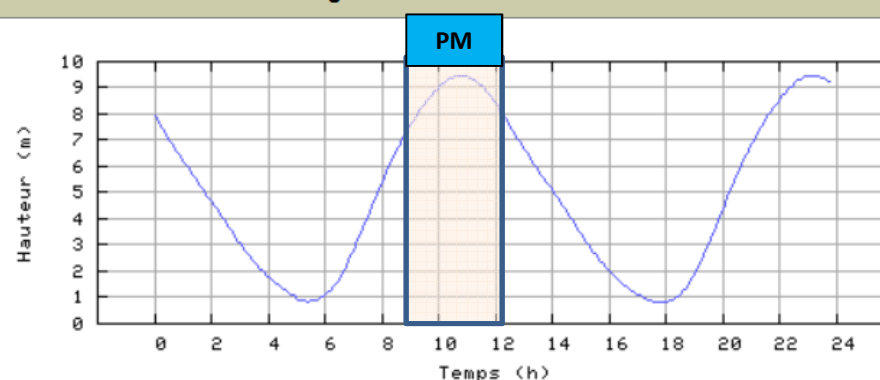
Visite technique

Visite avec les élus

Marégramme du 02 Septembre 2014



Marégramme du 06 Novembre 2014



Marées de ce jour

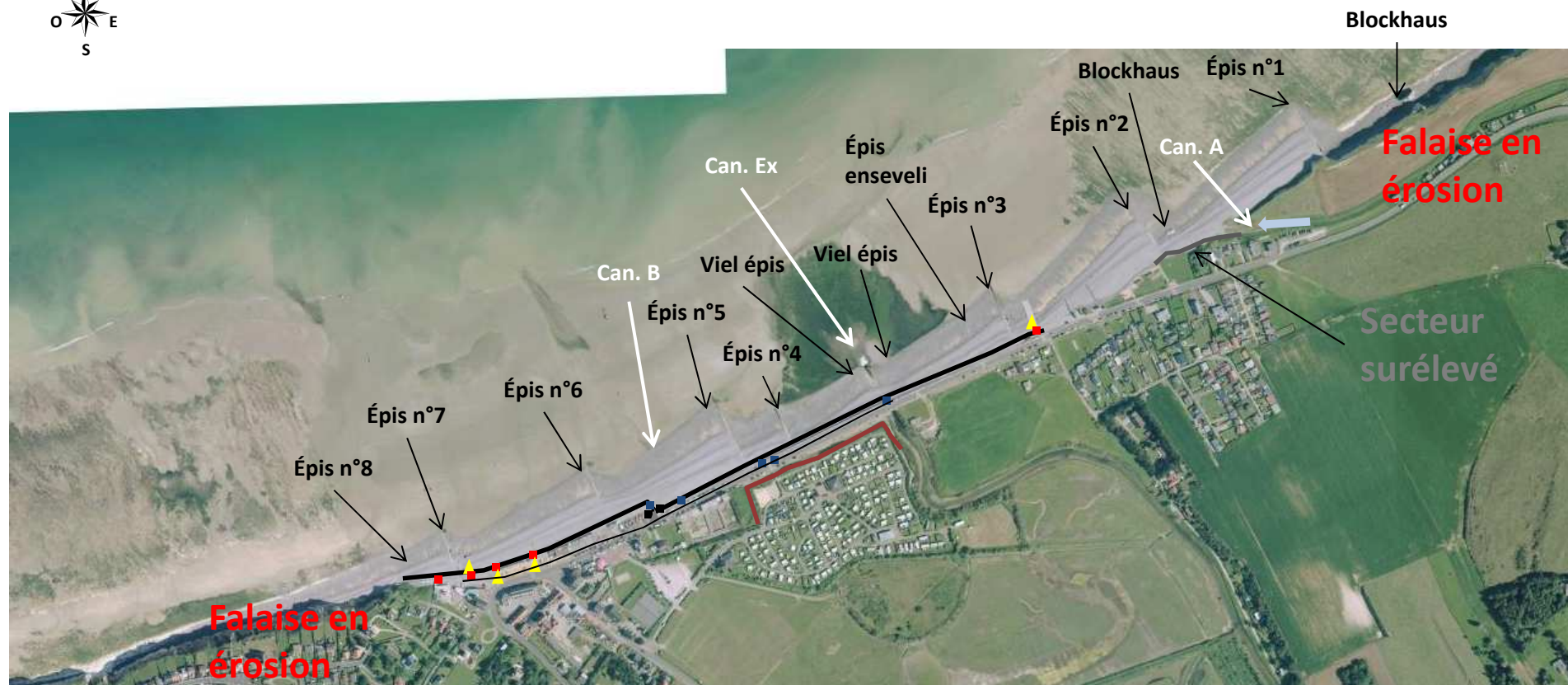
2 Septembre 2014	Coeff.	Heure	Hauteur
Basse Mer		10h40	2,27m
Pleine Mer	55	03h48	7,92m
Basse Mer		23h08	2,35m
Pleine Mer	50	16h14	7,79m

Marées de ce jour

6 Novembre 2014	Coeff.	Heure	Hauteur
Basse Mer		05h34	0,86m
Pleine Mer	98	10h58	9,48m
Basse Mer		18h00	0,80m
Pleine Mer	100	23h20	9,48m

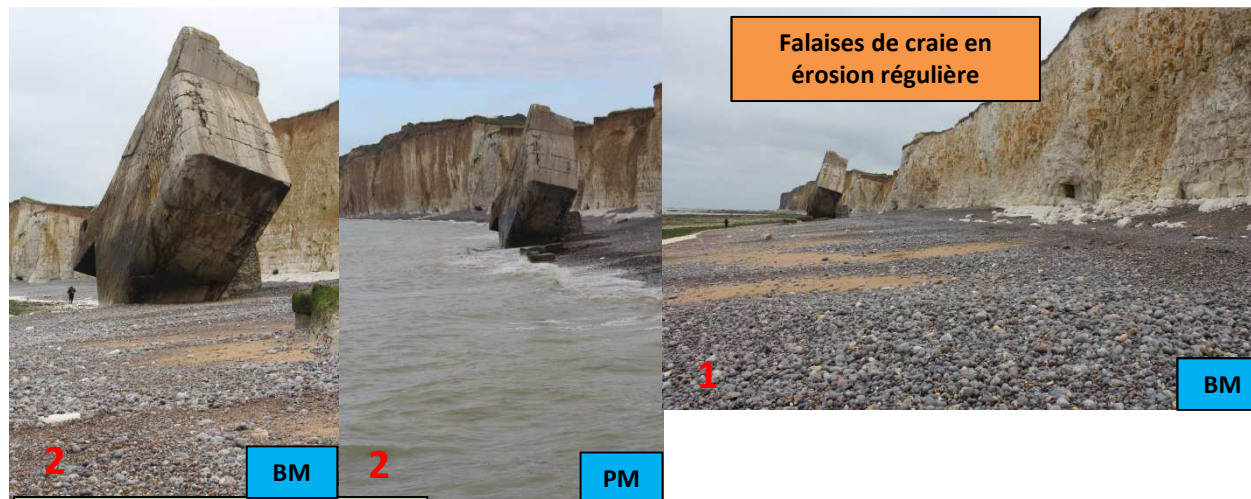
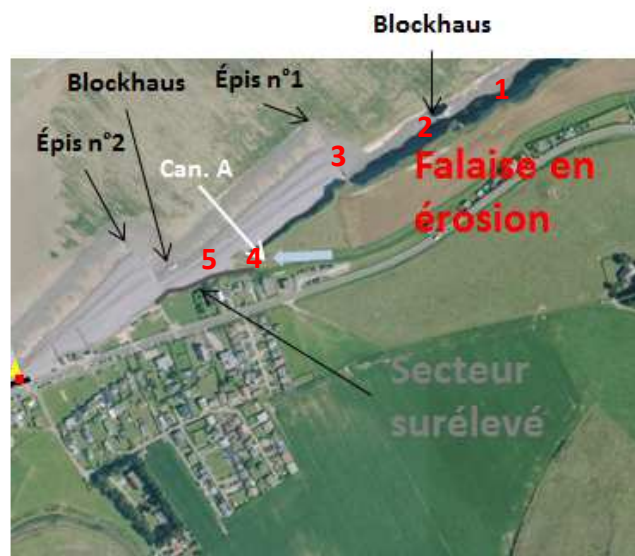
Source: SHOM: <http://www.shom.fr/les-services-en-ligne/predictions-de-maree/predictions-en-ligne/>

La visite du site a été réalisée à Basse-Mer et à Pleine-Mer. Les encarts **BM** et **PM** indiquent le niveau de marée au moment de la photo.



Légende

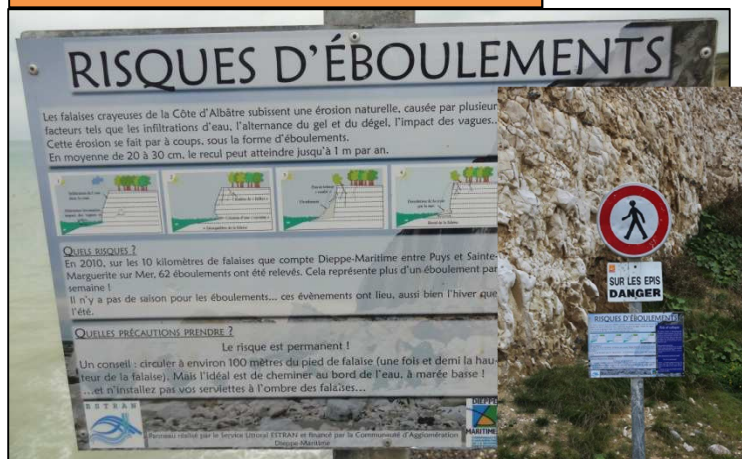
-  Digue du camping
-  Batardeau en place lors de la visite
-  Emplacement prévu pour batardeau
-  Ruissellement
-  Rampe d'accès à la plage
-  Perrés de haut de plage
-  Perrés coté terre de la digue



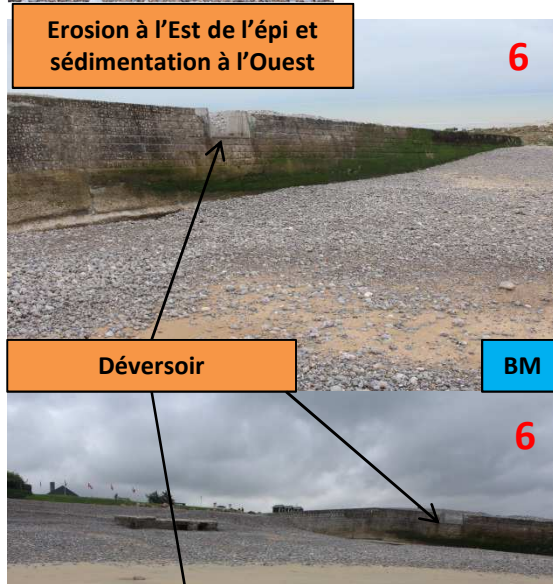
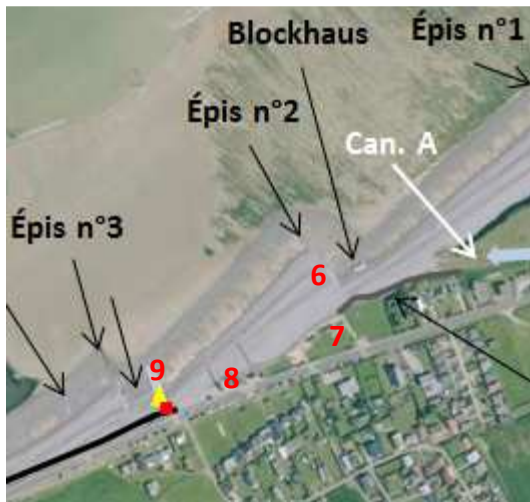
Blockhaus à la mer témoignant de l'érosion de la côte

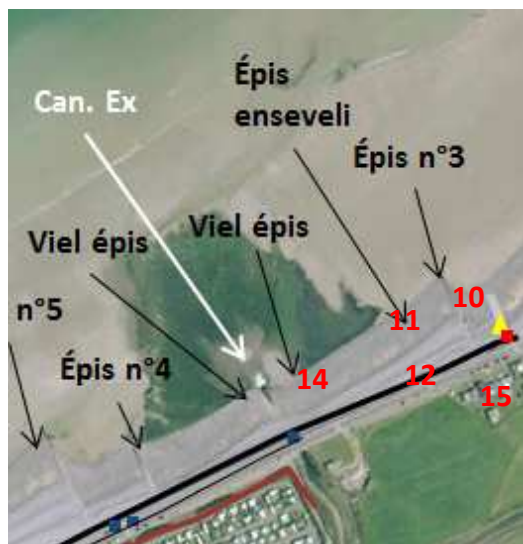
Epis n°1

Panneau de communication sur l'érosion des falaises et d'avertissement sur les risques d'éboulements



P8

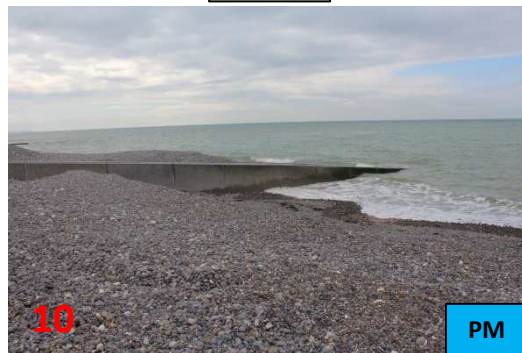




Vieil épis



Epi n°3

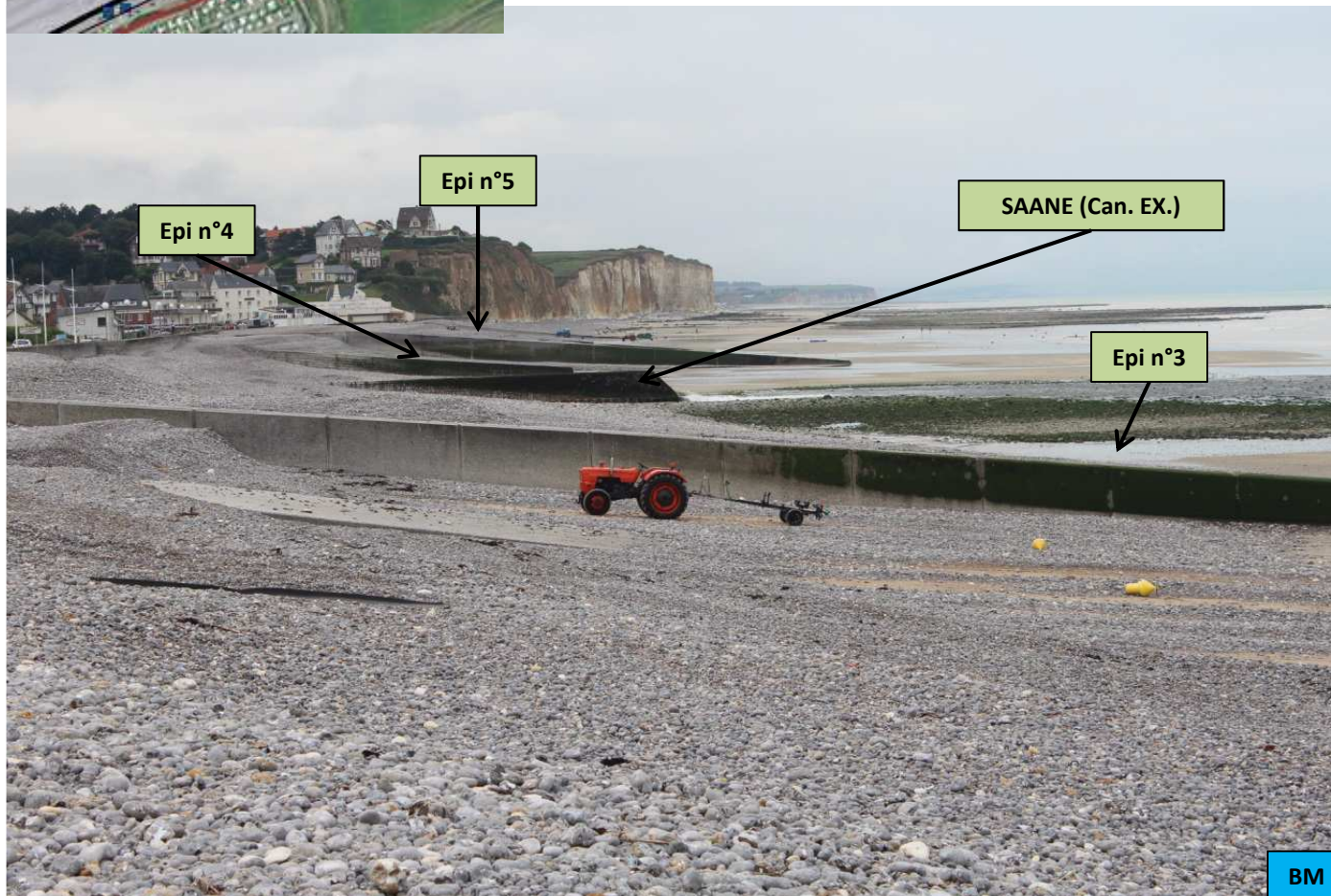
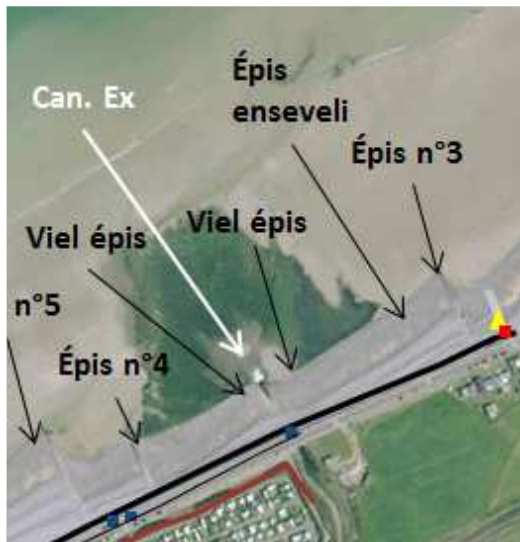


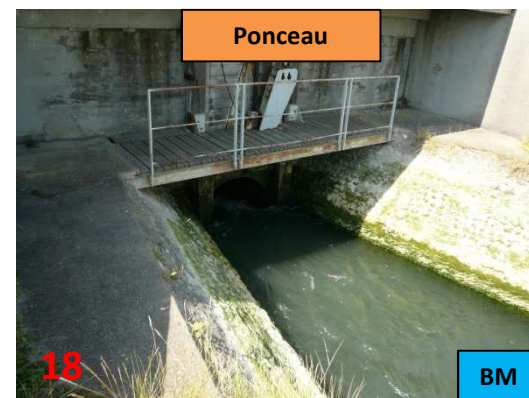
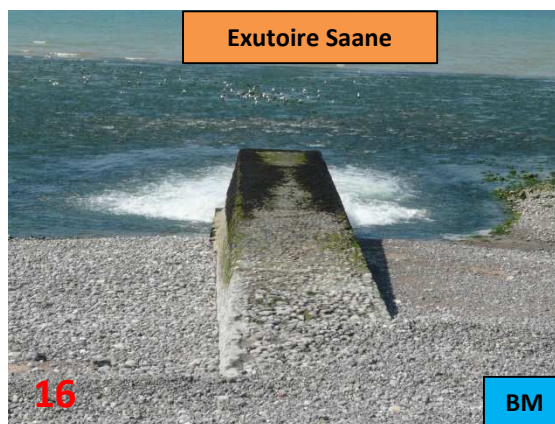
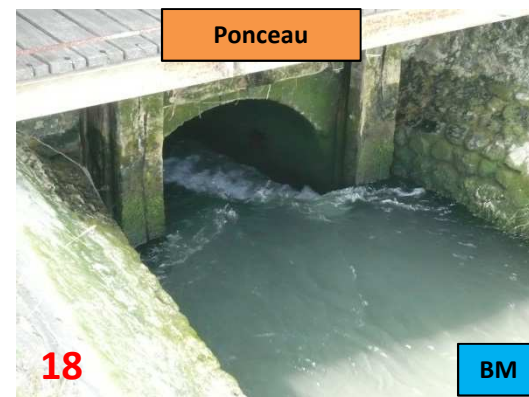
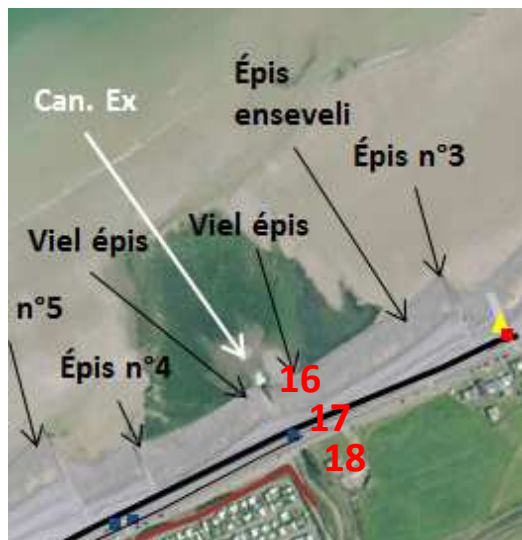
Epi enseveli

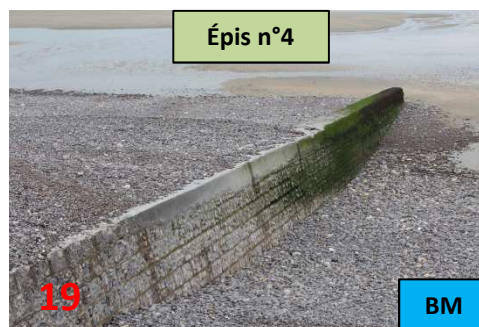
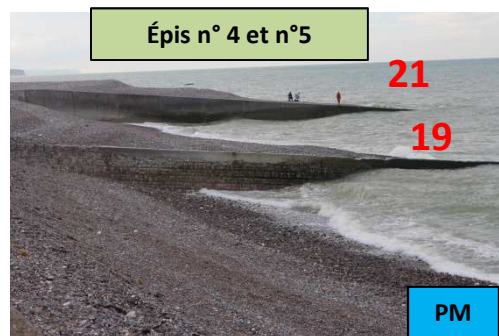
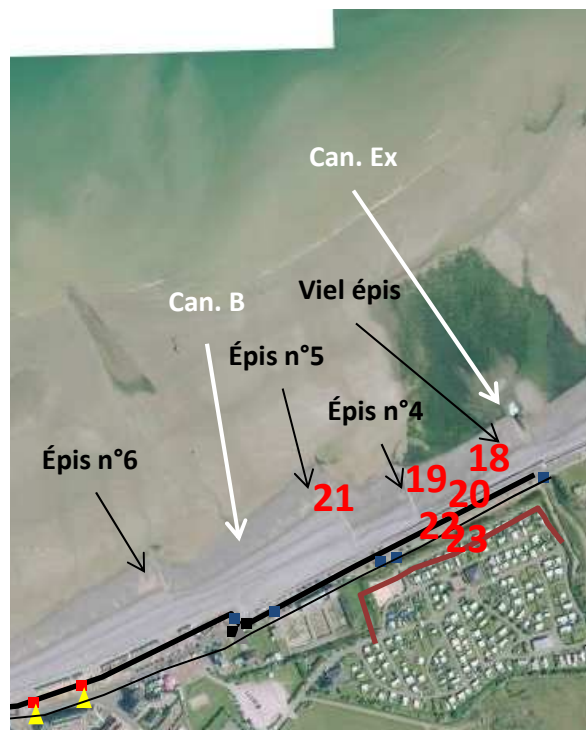


Digue route

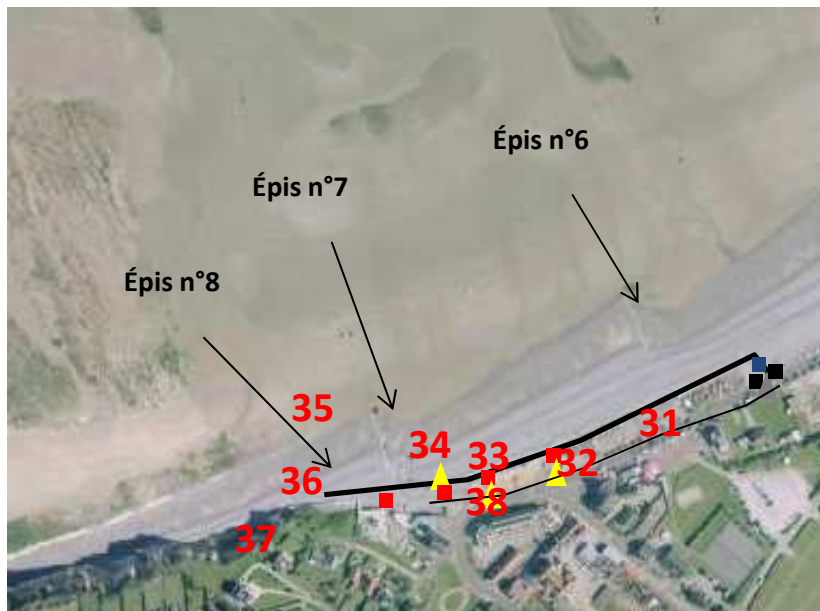












Panneau d'avertissement et éboulements

