



INSTITUT POLYTECHNIQUE LASALLE BEAUVAIS  
Spécialité Géologie  
19, rue Pierre Waguet – BP 30313  
60 026 BEAUVAIS CEDEX

Rapport intermédiaire du Mémoire d'Aptitude en Géologie

## **L'érosion du trait de côte à Hauteville-sur-Mer**

Natalia DERNOVAYA  
Maxime LASJAUNIAS  
72<sup>ième</sup> Promotion

8 janvier 2010

Responsable mémoire : Pascal BARRIER  
Co-Encadrant : Pascale LUTZ

Année 2009-2010

# Partie I Synthèse Bibliographique

## Sommaire

Tables des figures.....	5
Introduction.....	7
I-Géographie.....	8
A-Localisation du secteur.....	8
B-Zéro hydrographique.....	11
1) Définition du zéro hydrographique.....	11
2) Localisation du zéro hydrographique.....	11
3) Techniques de détermination du zéro hydrographique.....	11
a) Les méthodes spatiales.....	11
α) Les techniques d'altimétrie spatiale.....	11
β) Les techniques de géodésie spatiale.....	12
b) Les modèles de marée.....	12
c) La technique de marégraphie.....	12
4) Conclusion sur le zéro hydrographique.....	13
II-Géologie.....	13
A-Histoire géologique du terrain.....	13
1) La phase Cadomienne (650-540 Ma).....	15
2) La phase Hercynienne (540-280Ma).....	16
3) La couverture sédimentaire post-Hercynienne.....	17
B-La géologie du terrain.....	20
1) Le bord de mer.....	20
2) La falaise morte.....	22
3) Ressources de la région.....	23
a) Calcaire.....	23
b) Tangué.....	23
III-Géopolitique : <b>Le rôle d'une association dans la « Défense contre la mer »</b> .....	24
A-Fin XIXème à 1928 : Hauteville-sur-Mer en plein essor.....	24
B-De 1928 à 1950 : la naissance d'une association dynamique.....	25
C-De 1950 à aujourd'hui : un poids important de l'association à Hauteville-sur-Mer.....	26
IV-Environnement.....	27
A-Facteurs d'érosion.....	27
1) Facteurs d'origine naturelle.....	28
a) L'évolution du niveau de la mer.....	29
b) Les tempêtes.....	29
c) La nature de la roche.....	29
d) Les transports sédimentaires.....	29
α) Les courants marins.....	29
β) La marée.....	30
γ) La houle.....	34
δ) Le vent.....	34
ε) Les apports fluviatiles.....	34
2) Facteurs d'origine anthropique.....	36
a) Les barrages de retenue.....	36
b) La déstabilisation des dunes.....	36

c) Les grands travaux portuaires et ouvrages de protection .....	37
d) Les aménagements de front de mer.....	38
B-Description des Méthodes d'études de l'érosion du littoral .....	39
1) Méthodes réalisées sur le terrain .....	39
a) Topographie relative par théodolite .....	39
b) Repère du GRESARC.....	40
c) Traceurs radioactifs .....	41
α) Introduction : objectif des traceurs radioactifs.....	41
β) Condition expérimentale et réalisation du protocole .....	41
γ) Traitements des données .....	42
2) Méthodes réalisées en laboratoire .....	43
a) Cartographie ou photographie.....	43
b) Photo interprétation.....	44
c) Maquette.....	44
d) Granulométrie .....	45
α) Définition .....	45
β) Prélèvements des échantillons sur le terrain .....	45
γ) Préparation des échantillons en laboratoire.....	45
ε) Méthodes pour la granulométrie .....	45
ε <sub>1</sub> ) Le tamisage.....	45
ε <sub>2</sub> ) Le granulomètre laser .....	46
ζ) Edition des résultats .....	47
Conclusion.....	48
Liste bibliographique.....	49

## Tables des figures

Figure 1 : Carte de France refait sur DAO ( <a href="http://www.bing.com/images">http://www.bing.com/images</a> ).....	8
Figure 2 : Carte du Cotentin échelle : 1cm↔15km ( <a href="http://www.bing.com/images">http://www.bing.com/images</a> retravaillée sur DAO).....	8
Figure 3 : Localisation du terrain d'étude autour d'Hauteville-sur-Mer (Traitement de carte IGN sur DAO).....	9
Figure 4 : Carte de l'estuaire de la Seine (FETTER-TURTAUD, 1981).....	10
Figure 5 : Détermination d'une surface de zéro hydrographique en utilisant une technique d'altimétrie spatiale (WOPPELMANN <i>et al.</i> , 1999).....	12
Figure 6 : Carte de la Surface Moyenne Océanique (SMO).....	13
Figure 7 : Carte géologique de la Normandie extraite de la carte géologique de la France au 1/1000000 (DURIEZ, 2004). ....	14
Figure 8 : Légende de la Carte géologique de la Normandie extraite de la carte géologique de la France au 1/1000000 <sup>ème</sup> (DURIEZ, 2004).....	15
Figure 9 : Fracturation d'origine varisque dans le socle cadomien de la feuille de Granville. (DORET, F., DUPRET, L., LAUTRIDOU, J.P., HOMMERIL, P. <i>et al.</i> , 1988).....	16
Figure 10 : Rosace de fréquence des directions de fractures affectant les calcaires carbonifères de Montmartin (66 mesures) (GRAINDOR, M.J., ROBLLOT, M.M., 1966).....	17
Figure 11 : Classification paléoclimatologique continentale pour le Plio-Quaternaire (Haq <i>et al.</i> 1987 in, DORET, F., DUPRET, L., LAUTRIDOU, J.P., HOMMERIL, P. <i>et al.</i> , 1988)...	18
Figure 12 : Coupe géologique schématisée Ouest-Est de la plage à Annoville, sud d'Hauteville-sur-Mer. (GRAINDOR, M.J., ROBLLOT, M.M., 1966).....	19
Figure 13 : Rosace de fréquence des directions de fractures mesurées sur le territoire de la carte (90 mesures) (GRAINDOR, M.J., ROBLLOT, M.M., 1966).....	19
Figure 14 : Schéma de l'estran (C.BONNOT-COURTOIS, <i>et al.</i> ).....	20
Figure 15 : Le Pré salé à Hauteville-sur-Mer (photo vers le S).....	21
Figure 16 : Dune à Regnéville (photo vers SW).....	21
Figure 17 : Slikke sableuse à Hauteville-sur-Mer (photo vers le Sud).....	21
Figure 19 : Falaise morte (photo vers le Nord).....	22
Figure 18 : Dessin d'une carotte pour litologie des sédiments de l'estuaire de la Seine (FETTER-TURTAUD, 1981).....	22
Figure 20 : Pli d'axe Est-Ouest dans le calcaire de Montmartin, Carrière de Claiids (photo vers l'Ouest, 2009).....	23
Figure 21 : Tanguère dans le Havre de Regnéville (photo vers l'Est).....	24
Figure 22 : Plan de Garden Plage : le nouveau Hauteville-sur-Mer côté plage.....	25
Figure 23 : La première digue de Hauteville sur Mer (vers le Sud) (Carte postale de 1936 et photo de 2008)).....	26
Figure 24 : Vue sur la nouvelle digue : à gauche l'enrochement (vers le Nord-est), à droite les accès piétons et voitures (vers le Nord).....	27
Figure 25 : Carte schématisée de l'érosion côtière par régions de France (Corine érosion côtière(AEE)/Ifen).....	28
Figure 26 : Carte des vitesses maximales des courants de marée en Manche (d'après Vaslet <i>et al.</i> , 1979).....	30
Figure 27 : Schéma de la force génératrice de la marée (SHOM).....	31
Figure 28 : Marée de vives eaux en pleine lune et en nouvelle lune ( <a href="http://marees.free.fr/glossaire.html">http://marees.free.fr/glossaire.html</a> ).....	31

Figure 29 : Marée de mortes eaux au premier et au dernier quartier ( <a href="http://marees.free.fr/glossaire.html">http://marees.free.fr/glossaire.html</a> ).....	31
Figure 30 : Schéma de la marée statique (SHOM).....	32
Figure 31 : Carte illustrant le décalage des horaires de marée en Manche .....	33
Figure 32 : Graphique des vitesses de marées en fonction du temps (flot ou jusant) au Pont de la Roque (GIRESSE, 1970).....	34
Figure 33 : Carte des troubles en suspension (BONNOT-COURTOIS, C., CALINE, B., L'HOMER, A., LE VOT, M., 2002).....	36
Figure 34 : Déstabilisation de dune à Annoville (photo vers Sud, 2003).....	37
Figure 35 : Digue basse vue depuis l'Est (photo vers l'Ouest) .....	38
Figure 36 : Photo aérienne de la digue longitudinale N-S d'Hauteville-sur-Mer ( <a href="http://www.francevuesurmer.com">www.francevuesurmer.com</a> ).....	38
Figure 37 : Mesure de la topographie relative à l'aide d'un théodolite (LUTZ, 2009).....	40
Figure 38 : Localisation des poteaux SW65 à SX70 sur le secteur d'étude et présentation de la station SW68 (photo orientée vers l'Est) ( <a href="http://mer-littoral.lamanche.net/sw65.htm">http://mer-littoral.lamanche.net/sw65.htm</a> ) .....	40
Figure 39 : Evolution du trait de côte au niveau de la station SW68 (GRESARC, 2002).....	41
Figure 40 : Préparation de l'injection des traceurs et outil utilisé (COURTOIS, 1966) .....	42
Figure 41 : Comparaison des positions des traceurs radioactifs au date du 16 et 18 septembre 1966.....	42
Figure 42 : Evolution du littoral pendant la période de 1947 à 1969 .....	43
Figure 43 : Organisation d'une colonne de tamis.....	46
Figure 44 : Granulomètre laser type Mastersizer 2000 de Malvern.....	47

## Introduction

Hauteville-sur-Mer plage est située au Nord Ouest de la France, dans la région Normandie, sur la côte Ouest du Cotentin, entre le Havre de Regnéville au Nord et le Havre de la Vanlée au Sud.

C'est dans cette ville, situé à 12km au Sud Ouest de Coutances et faisant partie de la commune de Montmartin-sur-Mer, que va se dérouler cette étude.

Le cadre géologique est le Massif Armoricaire dont les terrains sédimentaires et volcaniques sont traversés localement par des intrusions granitiques et déformés par la succession d'orogènes du Précambrien au Paléozoïque.

Le choix de ce secteur n'est pas le fruit du hasard. En effet il répond à la demande des membres de l'« Association de défense contre la mer », qui pour lutter contre l'érosion du trait de côte à Hauteville-sur-mer, désirent réaliser une étude scientifique afin de démontrer, localiser et quantifier ce phénomène d'érosion. Cette association représente une grande part de la population Hautaise, ce qui lui confère un rôle non négligeable dans la participation aux projets d'aménagement du littoral.

« Défense contre la mer » réalise des travaux pour faire face aux conséquences néfastes dues à la mer comme la construction de la digue d'Hauteville-sur-Mer. Le but majeur de ce syndicat reste la protection des habitats de Hauteville-sur-Mer plage.

Divers problèmes sont rencontrés par les habitants du littoral. L'activité de la mer peut être à l'origine de la destruction complète ou partielle de la digue et par conséquent des maisons situées en première ligne face à la mer. D'autre part elle peut être responsable d'inondations lors de fortes tempêtes. Tous ces dégâts sont dus à des facteurs d'érosion agissant sur des durées plus ou moins longues.

Ces facteurs, de différentes origines, qu'elles soient naturelles ou anthropiques, sont aussi de différents types, tels que la marée, la houle, le vent...

L'enjeu de cette étude est d'apporter des solutions ou éléments de réponses au problème d'érosion que subit le littoral dans ce secteur, ceci dans le but d'aider l'association « Défense contre la mer » et la mairie d'Hauteville-sur-Mer à prendre une décision sur la ou les techniques à mettre en place pour parer à ce problème.

Pour répondre à cette problématique une étude bibliographique est nécessaire avant tout.

Cette étude débutera par une localisation précise du site, puis s'étendra sur la description du contexte géologique et de la géologie du terrain. Dans un troisième temps une présentation de l'association de « Défense contre la mer » pourra être faite, ainsi qu'une explication des nécessités de cette lutte contre l'érosion. Suite à cela, les différents facteurs d'érosion et les différentes méthodes d'études de ce phénomène seront exposés.

## I-Géographie

### A-Localisation du secteur

Le site se localise en France, sur la côte Ouest de la région Normandie (*Fig.1*), dans le département du Cotentin (*Fig.2*), plus précisément dans la commune de Montmartin-sur-Mer, à Hauteville-sur-Mer plage. L'estuaire de la Sienne se situe à 30km au Nord de la baie du Mt St Michel.

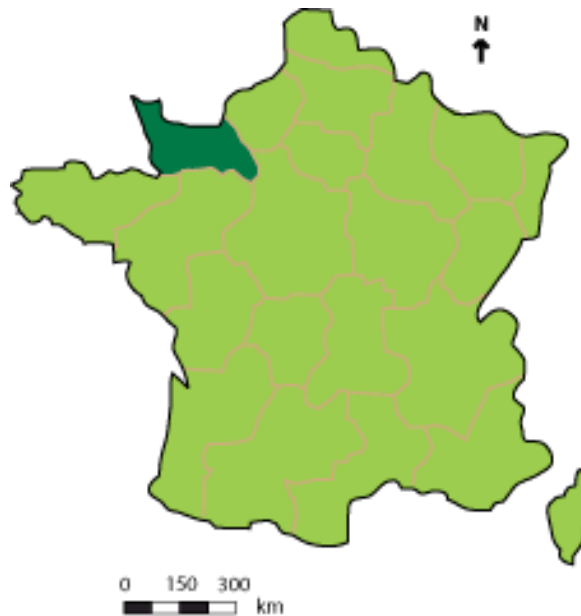
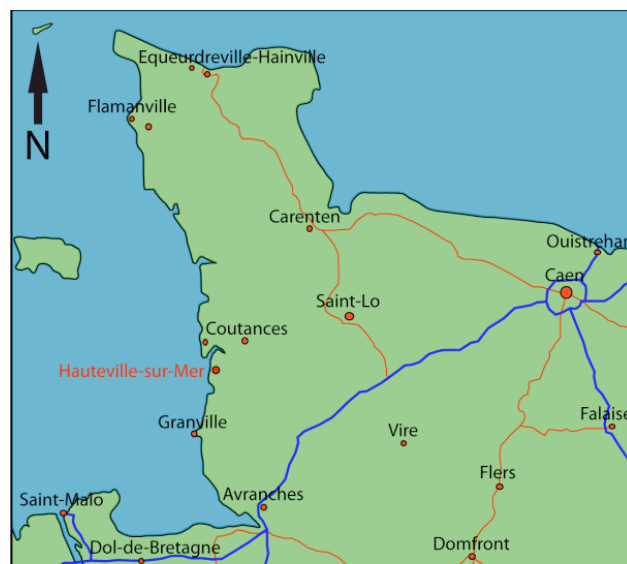


Figure 1 : Carte de France refait sur DAO (<http://www.bing.com/images>)



Légende :







- |   |   |
|---|---|
|  Mer       |  Trait de côte     |
|  Continent |  Routes nationales |
|  Ville     |  Autoroutes        |

Figure 2 : Carte du Cotentin échelle : 1cm  $\Leftrightarrow$  15km (<http://www.bing.com/images> retravaillée sur DAO)



Même si l'étude est centrée sur la plage d'Hauteville-sur-Mer, le terrain observé s'étend jusqu'au continent. Le terrain ainsi défini peut être délimité de manière suivante : au Nord il est limité par la ville de Coutances et le méandre de la rivière la Sienne, se jetant dans la mer et au Sud par Annoville. A l'Est c'est la mer, la Manche qui limite le terrain et à l'Ouest ce sont les villes d'Orval, Hyenville et Quettreville-sur-Sienne qui marquent la limite (Fig.3).

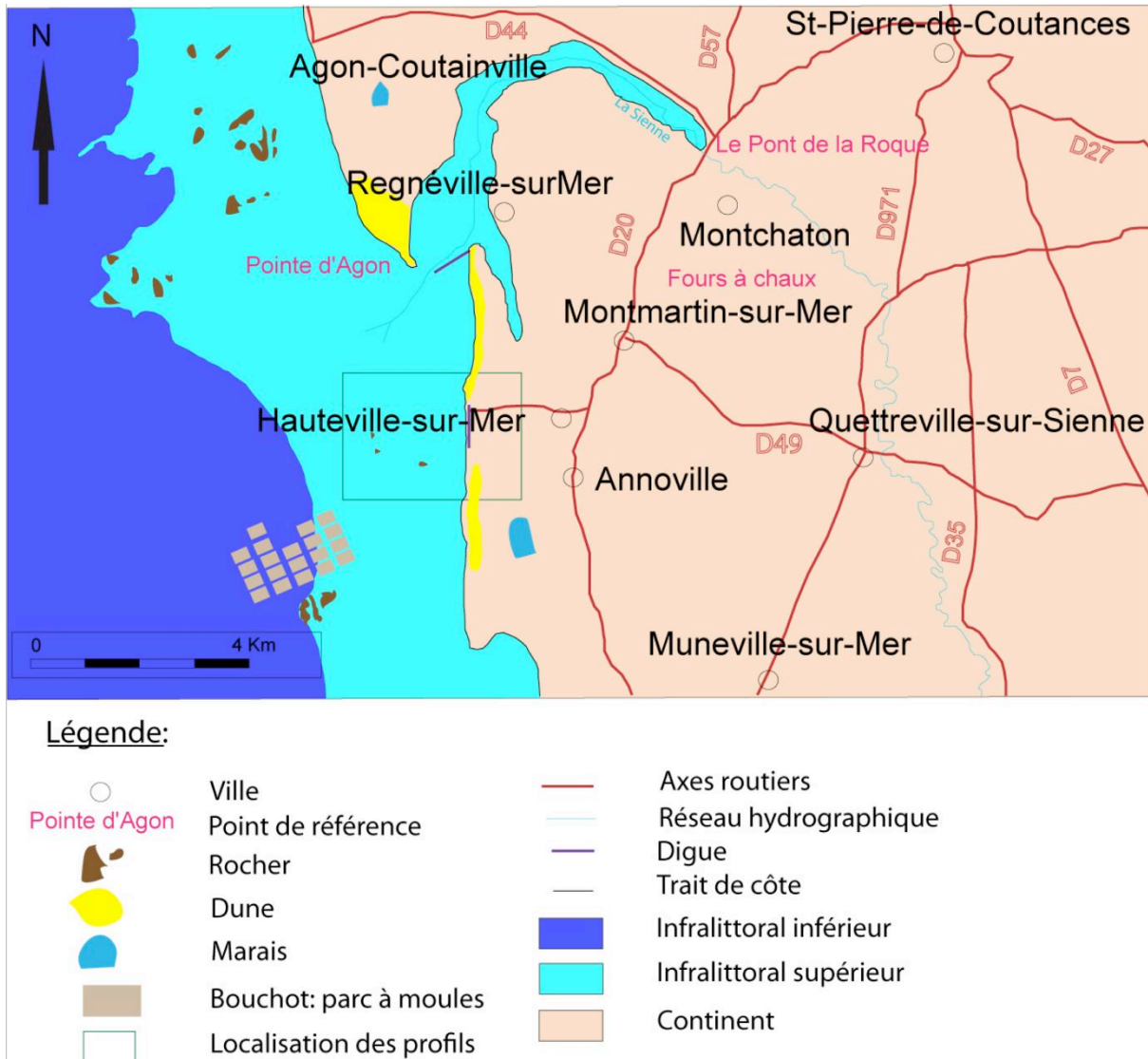


Figure 3 : Localisation du terrain d'étude autour d'Hauteville-sur-Mer (Traitement de carte IGN sur DAO)

Les principaux cours d'eau traversant le terrain sont donc: la Sienne, rivière méandriforme s'écoulant du Sud au Nord, coupant le synclinal de Montmartin en cluse, puis se jetant dans la mer à l'Ouest sous forme de grand méandre (Fig.4), et la Soulle, affluent de la Sienne, se jetant dans celle-ci a niveau du Pont de la Roque et venant de Coutances (DUPRET *et al.*,1989). Il y a aussi le canal de passevin, prenant source entre Hauteville-sur-Mer et Hauteville-sur-Mer plage et s'écoulant parallèlement à la Sienne, du Sud au Nord, pour finir son cours dans l'embouchure de celle-ci. La Sienne et les autres cours d'eaux suivent des trajets qui varient au cours du temps en fonction de la fracturation du terrain.

Cette embouchure constitue le Havre d'Agon-Regnéville, limite Nord du golfe normand-breton, orienté Est-Ouest, de plus en plus refermé au Nord. La Sienna a un débit faible par rapport à l'étendue de son embouchure, et un estuaire grand (8 km<sup>2</sup>) par rapport à la faible dimension de la rivière. Ceci pourrait s'expliquer par l'existence d'une rivière plus importante au Quaternaire ou encore par un entretien permanent de l'embouchure par la pénétration de la mer.

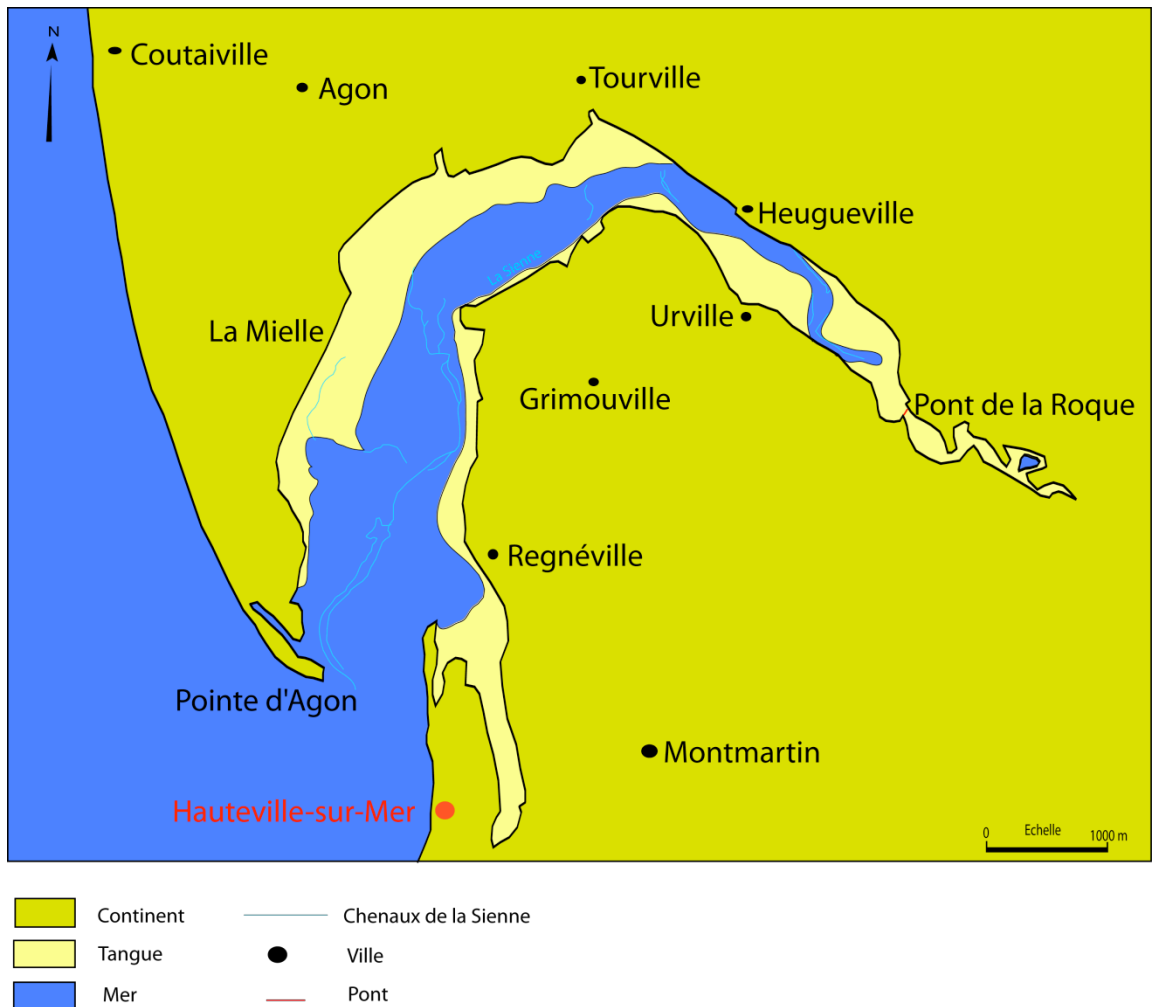


Figure 4 : Carte de l'estuaire de la Sienna (FETTER-TURTAUD, 1981)

Les principales villes localisées sur la zone sont Hauteville-sur-Mer bien sûr, Coutances, Regnéville, Montmartin-sur-Mer et Annoville. La pointe d'Agon avec son phare, est un cordon dunaire progressant vers le Sud en crochant et déviant ainsi l'embouchure, est aussi un bon point de repère (Fig.4).

L'accessibilité au terrain peut se faire par la mer ou par voie terrestre. En effet, à l'embouchure de la Sienna se trouve le port de Regnéville, qui est surtout un port de plaisance. La gare la plus proche est à Coutances. Et les principaux axes routiers sont les départementales D20 et D971, traversant la zone du Nord au Sud, et reliées entre elles par la D72 au niveau de Montchaton (Fig.3).

## B-Zéro hydrographique

### 1) Définition du zéro hydrographique

Le zéro hydrographique est l'équivalent de la surface de référence des altitudes sur terre. C'est le niveau de référence commun aux cartes marines et aux annuaires de marée.

Le zéro hydrographique correspond au niveau des plus basses mers. C'est-à-dire sous lequel le niveau de la mer ne descend que très rarement. Il est défini par rapport à des repères matériels. A partir de ce niveau de référence, les profondeurs portées sur les cartes marines sont comptées positivement vers le nadir, et les hauteurs de marée sont comptées positivement vers le zénith.

Cette référence est arbitraire mais adoptée par tous les membres de l'Organisation Hydrographique Internationale (OHI) sauf le Japon, car les méthodes de détermination restent critiques (SHOM, 1998).

### 2) Localisation du zéro hydrographique

Actuellement le zéro hydrographique est localisé par un marégraphe temporaire proche de la zone à étudiée, par un marégraphe permanent le plus près de la côte et enfin par un modèle de marée tenant compte des variations de la marée loin des marégraphes.

(Définition d'un marégraphe dans la partie suivante)

Mais ceci fait intervenir des hypothèses qui sont :

- la météorologie agit de la même sur toute la zone d'étude
- la pente du niveau moyen entre les marégraphes temporaires et permanents reste constante
- le modèle fournit des résultats précis

L'OHI a recommandé d'utiliser un ellipsoïde d'un repère terrestre comme référence verticale internationale pour le zéro hydrographique. Ce référentiel terrestre est précis, stable, accessible. (BALLAY A., 2002)

### 3) Techniques de détermination du zéro hydrographique

Différentes méthodes sont utilisées pour connaître le zéro hydrographique.

#### a) Les méthodes spatiales

##### α) Les techniques d'altimétrie spatiale

Ces techniques sont utilisées pour établir la différence entre la surface océanique moyenne (temporaire) et l'ellipsoïde terrestre.

Une des méthodes utilisées pour déterminer la surface du zéro hydrographique est celle de Woppelmann et al. A l'aide de la figure ci-dessous (*Fig.5*), il est possible de trouver la hauteur ellipsoïdale du zéro hydrographique  $h_z$  en tout point de la mer grâce la formule :

$$h_z = (h_s - D) - Z$$

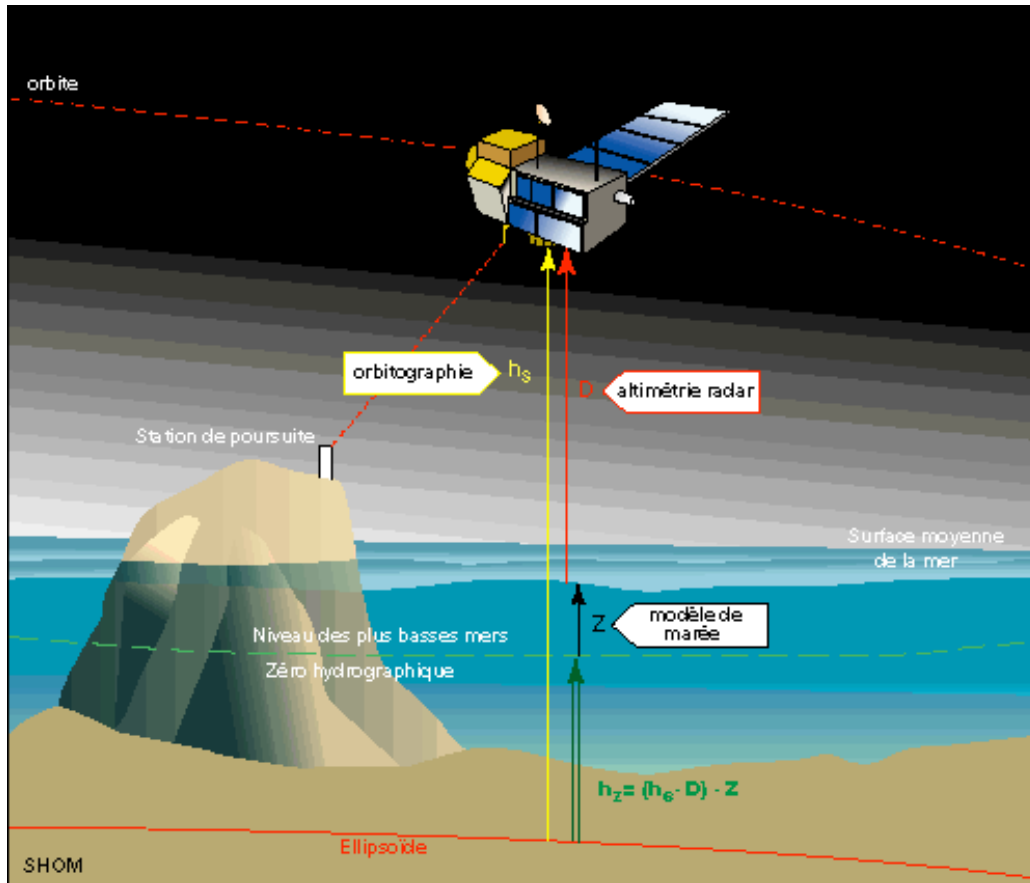


Figure 5 : Détermination d'une surface de zéro hydrographique en utilisant une technique d'altimétrie spatiale (WOPPELMANN *et al.*, 1999)

### β) Les techniques de géodésie spatiale

Elles permettent de densifier le repère terrestre et d'exprimer la position des repères de marée avec une précision centimétrique par rapport à l'ellipsoïde. Un exemple de technique est l'utilisation du Global Positioning System (GPS).

### b) Les modèles de marée

Cette méthode utilise les composantes de la marée en un lieu pour connaître la relation entre le niveau moyen de la mer et le niveau des plus basses mers astronomiques. Ainsi le résultat obtenu est le zéro hydrographique.

### c) La technique de marégraphie

Un marégraphe est une hauteur d'eau horaire dans une référence locale définie par rapport à des repères de marée.

Le SHOM et une autre société (CLS) ont cartographié le niveau moyen de la mer par rapport à un ellipsoïde de référence d'une précision centimétrique à partir d'une base de données altimétrique contenant 10 ans de mesure. Le résultat a été la Surface Moyenne Océanique (SMO *Fig.6*), comprenant les ondulations du géoïde marin (+/- 120m).

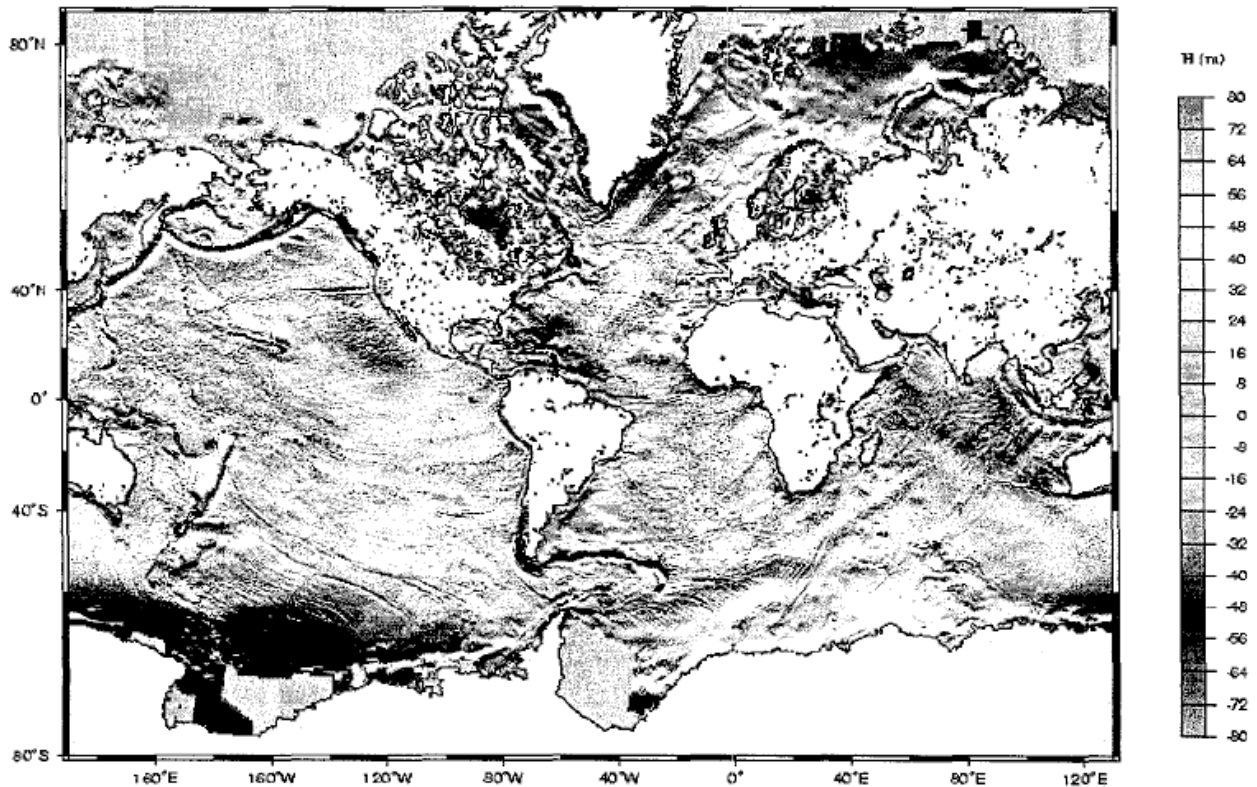


Figure 6 : Carte de la Surface Moyenne Océanique (SMO)

#### 4) Conclusion sur le zéro hydrographique

De nombreuses méthodes sont possibles pour déterminer le niveau des plus basses mers dont les précisions sont différentes mais cohérentes.

Pour l'Organisation Hydrographique Internationale (OHI) l'approche spatiale est un bon moyen pour trouver le zéro hydrographique. De plus cette technique permet d'améliorer la sécurité pour la navigation, une cohérence entre la limite terre-mer,...

## II-Géologie

### A-Histoire géologique du terrain

La géologie de la Normandie se caractérise par deux grands ensembles : la Massif Armoricaïn, avec des terrains magmatiques et métamorphiques, datant du Précambrien au Paléozoïque, à l'Ouest, et les dépôts du Bassin Parisien, du Secondaire au Quaternaire, à l'Est (*Fig.7 et Fig.8*).

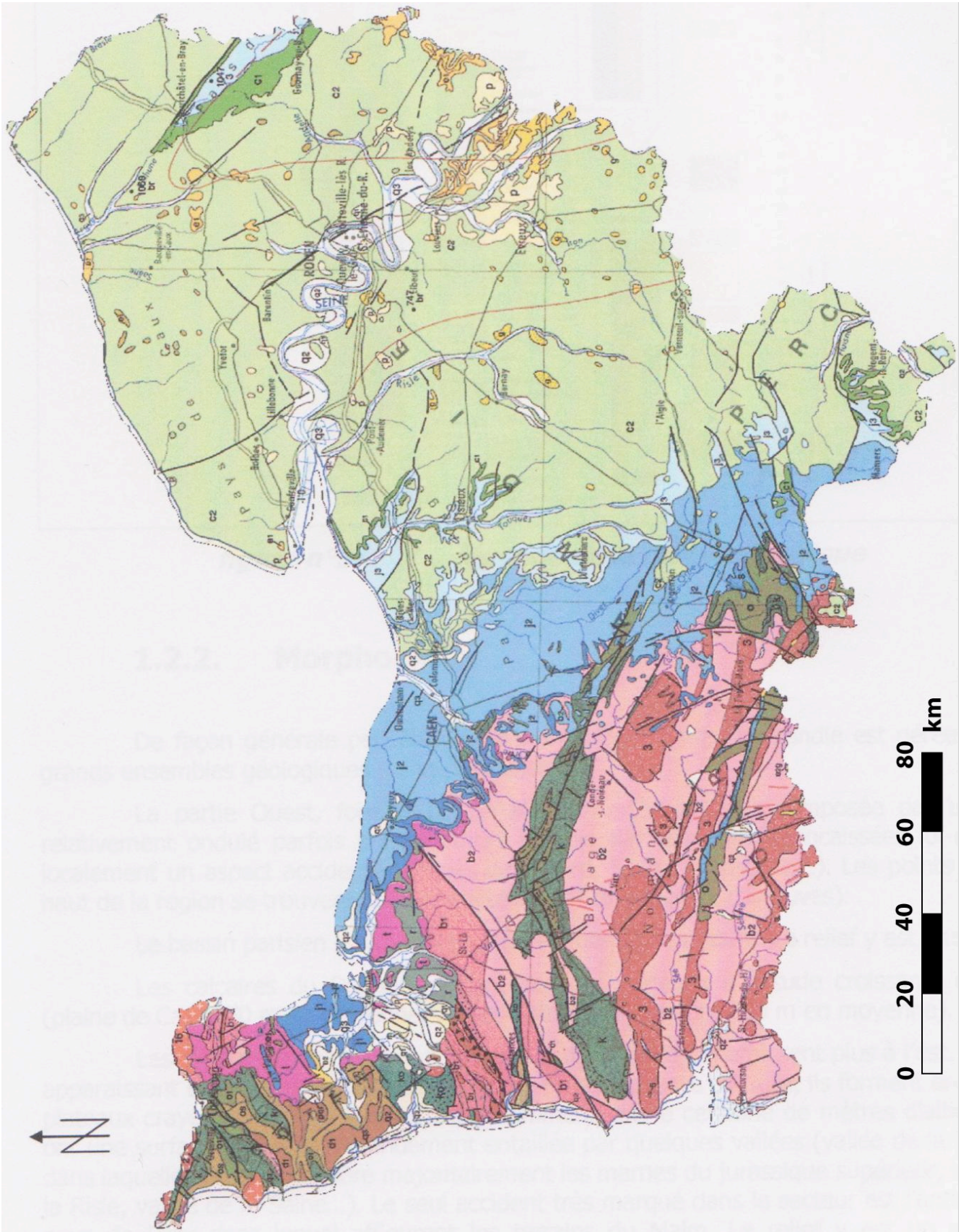


Figure 7 : Carte géologique de la Normandie extraite de la carte géologique de la France au 1/1000000 (DURIEZ, 2004).

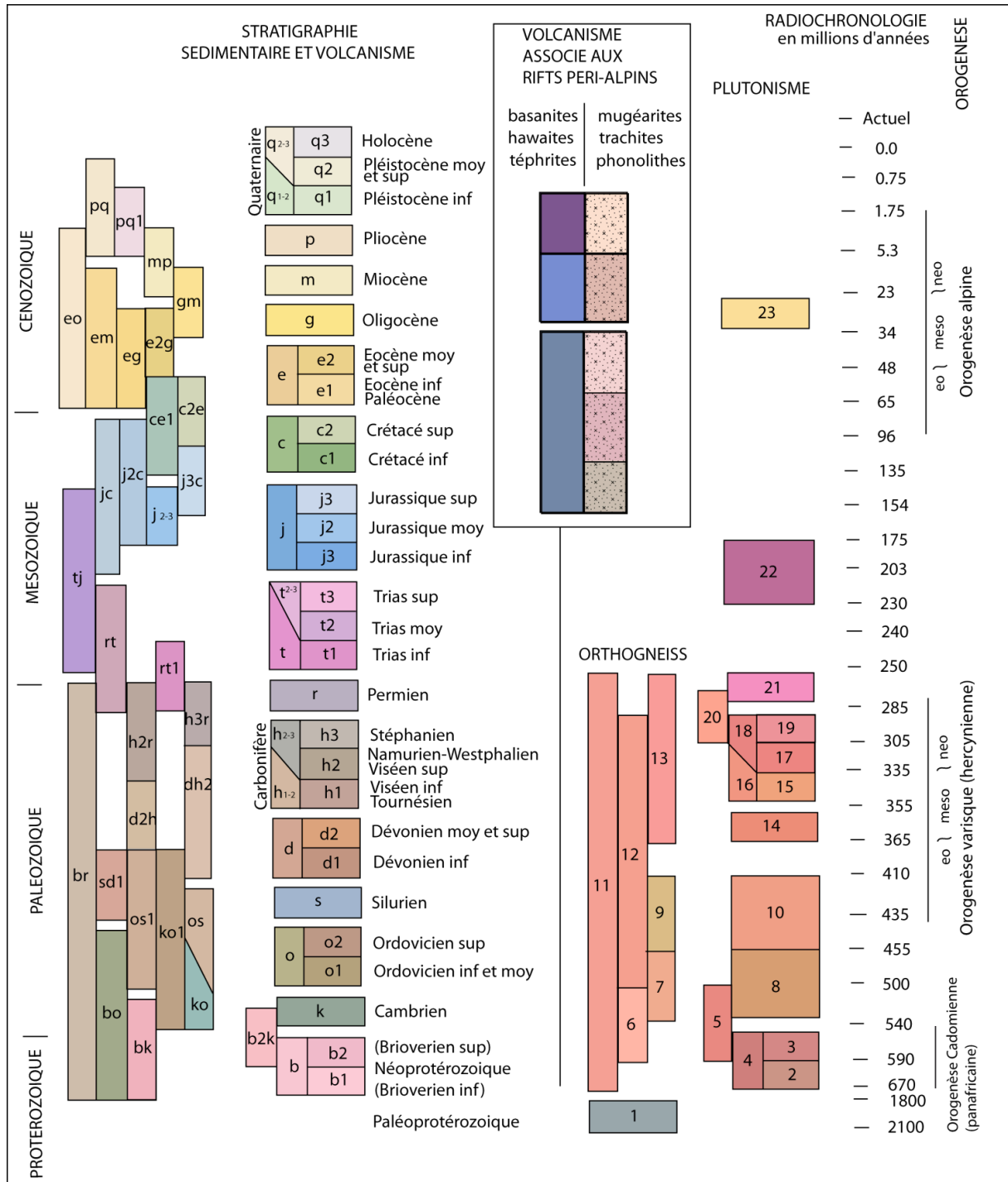


Figure 8 : Légende de la Carte géologique de la Normandie extraite de la carte géologique de la France au 1/1000000<sup>ème</sup> (DURIEZ, 2004)

### 1) La phase Cadomienne (650-540 Ma)

La Phase Cadomienne commence au Briovérien inférieur avec des épanchements volcaniques de tholéite issus de l'arc insulaire constantien, formé par la subduction de l'« Océan de le Manche » dans une direction NW-SE. Ces formations volcaniques sont à l'affleurement au Nord de la Sienna.

Des séries détritiques formées de siltites et grès fin et de phtanites, microquartzites à pigments charbonneux, du groupe inférieur se déposent de part et d'autre de l'arc, jusqu'à - 585Ma. On retrouve actuellement ces roches aux alentours de Coutances (GOGUEL, 1966). Puis des intrusions de diorite quartzique créent un métamorphisme de contact, donnant les schistes bleus de Coutances (GOGUEL, 1966).

L'érosion de l'arc insulaire, au Briovérien supérieur, donne lieu à des sédiments terrigènes turbiditiques, tels que les silts, les grauwares et les niveaux conglomératiques qui constituent entre autre le rocher Maillard, le Tréchet, et le Moncey et qui sont à l'affleurement au Sud de la Sienna.

Enfin, l'émersion de la chaîne Cadomienne se fait avec un plissement synschisteux N65 des séries précambriennes, à vergence Nord (*Fig.9*)

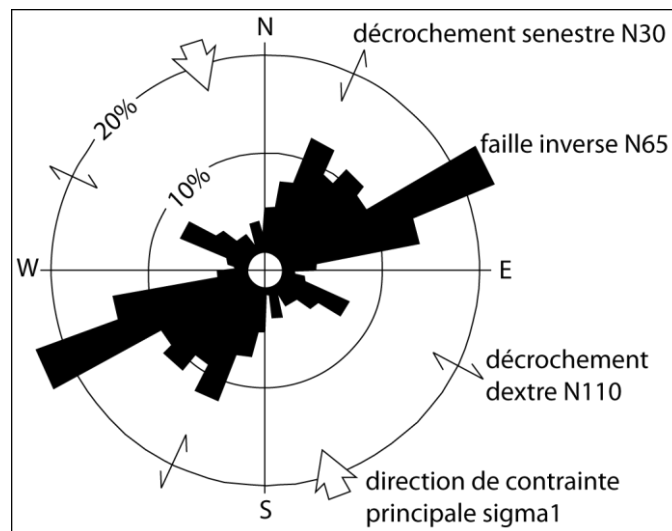


Figure 9 : Fracturation d'origine varisque dans le socle cadomien de la feuille de Granville. (DORÉ, F., DUPRÉ, L., LAUTRIDOU, J.P., HOMMERIL, P. *et al.*, 1988)

La phase se termine avec une fusion de la croûte continentale, d'où la remontée de granitoïdes, comme le granite à biotite de Montchaton, autour duquel se forme une auréole de métamorphisme de schistes tachetés à blastes de cordiérite. Puis vient la phase de pénéplaiement.

## 2) La phase Hercynienne (540-280Ma)

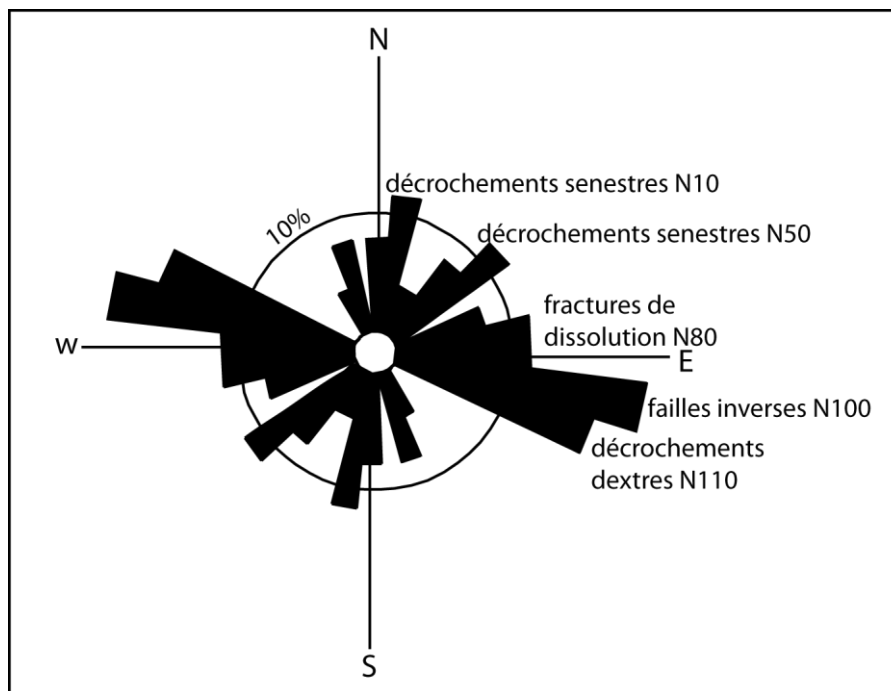
La phase Hercynienne débute avec une transgression, formant au Cambrien les grès de Lessay, et au Dévonien supérieur c'est la formation de Hyenville qui se caractérise par des Conglomérats à la base, des argilites et grès verts, et enfin des argilites, grès et quartzites rouges.

Avec les mouvements épirogéniques de la Bretagne, il y a une brève émission, puis à nouveau au Carbonifère inférieur, la sédimentation reprend : il y a formation de grès sombres à débris de végétaux charbonneux et tubuleux de Robillard, datant plus précisément du Tournaisien inférieur et moyen. Le paléoenvironnement à cette période devait ressembler à une grande lagune à forts apports sédimentaires. Et se forment, du Tournaisien supérieur au



Viséen moyen, les fameux calcaires fossilifères de Montmartin-sur-Mer. Dans ceux-ci on peut identifier certains fossiles, comme *Daviesella camoïdes*, *Spirifer Konincki*, *Productus pyxidiformis*, *Chonetes papilionacea*, *Caninia cylindrica*, *conocardium hibernicum* (DELPINE, 1922).

Entre 310 et 300Ma, intervient une compression quasi N-S, créant ainsi un plissement synschisteux d'axe N100 avec un pendage à l'Est, c'est le synclinal de Montmartin. Des cisaillements N10 et N 110 (*Fig.10*), avec un mouvement inverse associé, réactivent les anciens accidents Cadomiens et de nombreuses failles verticales subméridiennes (N20-150°E) recourent le tout (DANGEARD, 1951).



### 3) La couverture sédimentaire post-Hercynienne

Cette couverture sédimentaire est inexistante au Mésozoïque et sur une partie du Cénozoïque. En effet, la zone reste en émergence durant tout ce temps et la chaîne Hercynienne subit une forte érosion.

Au Tertiaire, durant l'Helvétien, se forment des faluns en zone marine. Et des graviers et sables peuvent être piégés dans les calcaires de Montmartin-sur-Mer (GOGUEL, 1966).

Au Quaternaire ancien, dans un contexte général périglaciaire, existe une alternance (*Fig.11*) de périodes froides, lors des régressions, et de phases interglaciaires accompagnées de transgressions, formant des terrasses marines.

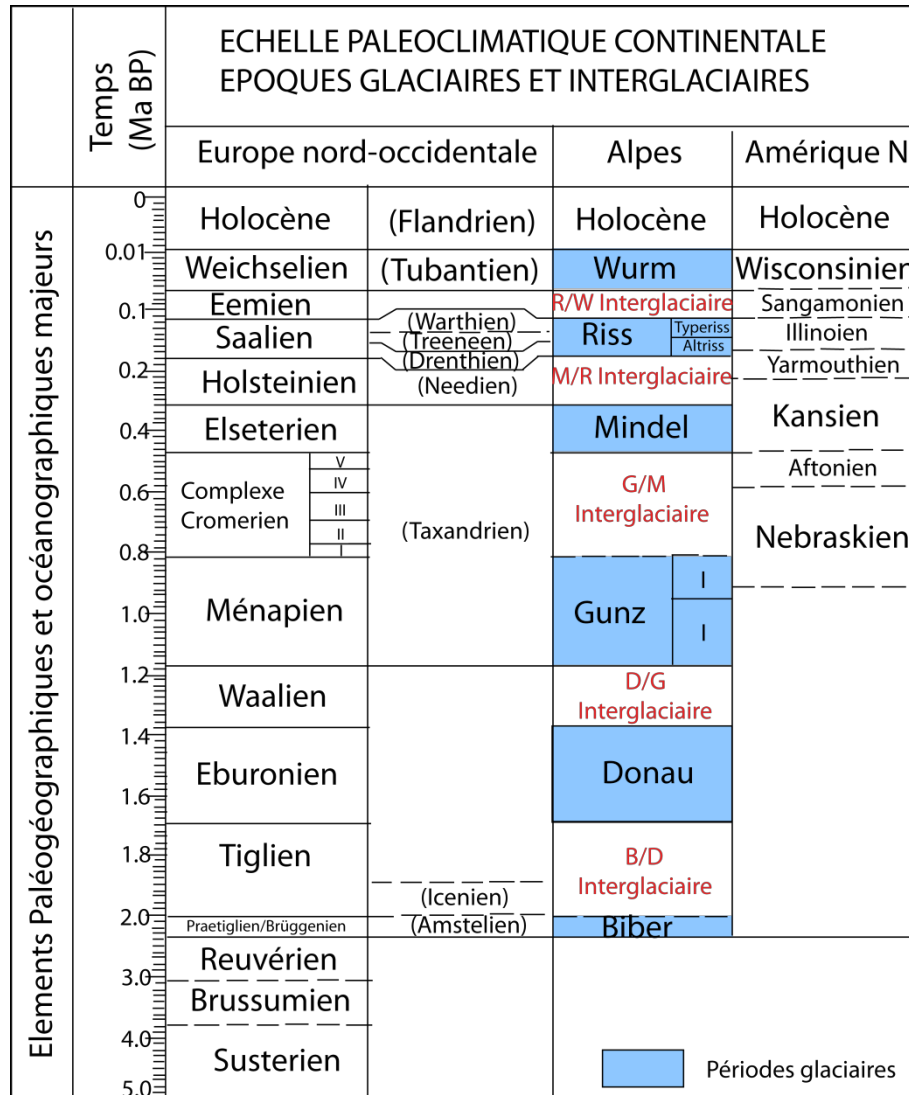
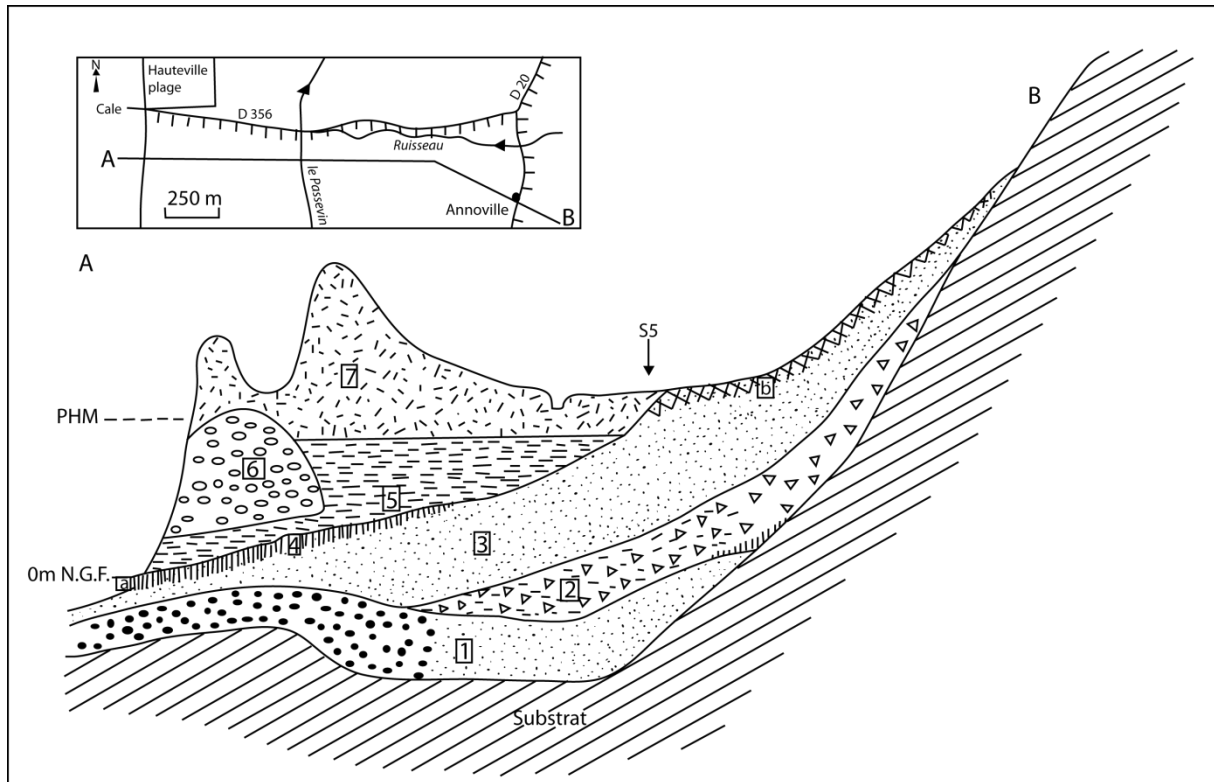


Figure 11 : Classification paléoclimatologique continentale pour le Plio-Quaternaire (Haq *et al.* 1987 in, DORET, F., DUPRET, L., LAUTRIDOU, J.P., HOMMERIL, P. *et al.*, 1988)

A l'Holocène, stade postglaciaire, la transgression flandrienne vient en discordance déposer la tourbe de Hauteville, produit de la fossilisation de débris de végétaux par des microorganismes dans les milieux humides et pauvres en oxygène. Cette tourbe est ici sableuse avec des argiles saumâtres antérieures à 6500 ans. Des cordons sableux et galets flandriens, comme ceux d'Annoville, se forment de 6500 à 1500 ans, en parallèle avec les argiles de Lingreville, qui sont, en fait, de la tange et des formations saumâtres se déposant dans les havres.

Enfin, de la tange récente, post 5<sup>ème</sup> siècle, continue à s'accumuler en même temps que des dunes récentes surmontent les anciens cordons littoraux (*Fig.12*).



**Légende:**

- 1- galets et sables émiens (Mx) (Sables d'Annville-Hauteville)
- 2- dépôts de solifluxion du Weichsélien ancien
- 3- sables éoliens pléniglaciaires weichséliens (Ny)
- 4- tourbe d'Hauteville
- 5- Argile de Lingreville (FMz2)
- 6- galets du cordon flandrien (Mz2)
- 7- dunes récentes
- a- tourbeux ou humifère
- b- sol podzolique

Figure 12 : Coupe géologique schématique Ouest-Est de la plage à Annville, sud d'Hauteville-sur-Mer.  
(GRAINDOR, M.J., ROBLLOT, M.M., 1966)

Le terrain est, comme il a été vu, très fracturé (*Fig. 13*). Cette tectonique entraîne des modifications structurales et géomorphiques. Ainsi les rivières, comme la Sienne, vont au cours des temps géologiques voir leur trajet évoluer, car celle-ci suivent la fracturation.

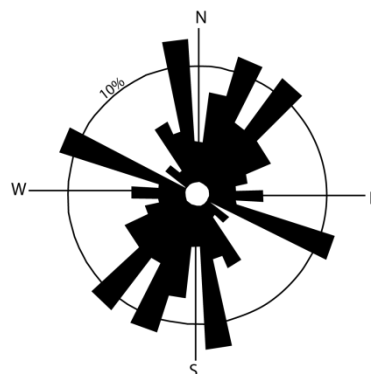


Figure 13 : Rosace de fréquence des directions de fractures mesurées sur le territoire de la carte (90 mesures)  
(GRAINDOR, M.J., ROBLLOT, M.M., 1966)

## B-La géologie du terrain

### 1) Le bord de mer

Un estuaire n'est pas seulement la partie d'un fleuve remontée par la marée dynamique ; il est aussi constitué de toutes les zones naturelles, cultivées, urbanisées, industrialisées, en connexion directe ou indirecte avec le lit du fleuve (AUGER et BARNOUIN, 1999).

Des courants alternatifs parcourent l'estuaire sur une grande partie de son étendue. La limite amont de l'estuaire est fixée par la limite de remontée de la marée dans le fleuve. Pour la Sienne, il s'agit du pont de la Roque.

L'estran est la zone de balancement des marées, c'est-à-dire que ces limites sur le littoral sont les niveaux connus de plus hautes et de plus basses mers. On l'appelle également zone de marnage. Celui-ci peut être sableux, comme à Hauteville-sur-Mer, ou rocheux. Ce milieu particulier du littoral abrite un écosystème tout aussi particulier, pouvant s'adapter aux conditions maritimes et aériennes et résister aux vagues et à la marée. Les espèces rencontrées sont les annélides (arénicole, sabelaria alveolata, ...), les bivalves (ostrea, glycymeris, mytilus, chlamys,...) les crustacés (crabes,...), des algues vertes, brunes,...

On peut subdiviser l'estran en 2 zones : le schorre, partie supérieure, et la slikke, partie inférieure (Fig.14).

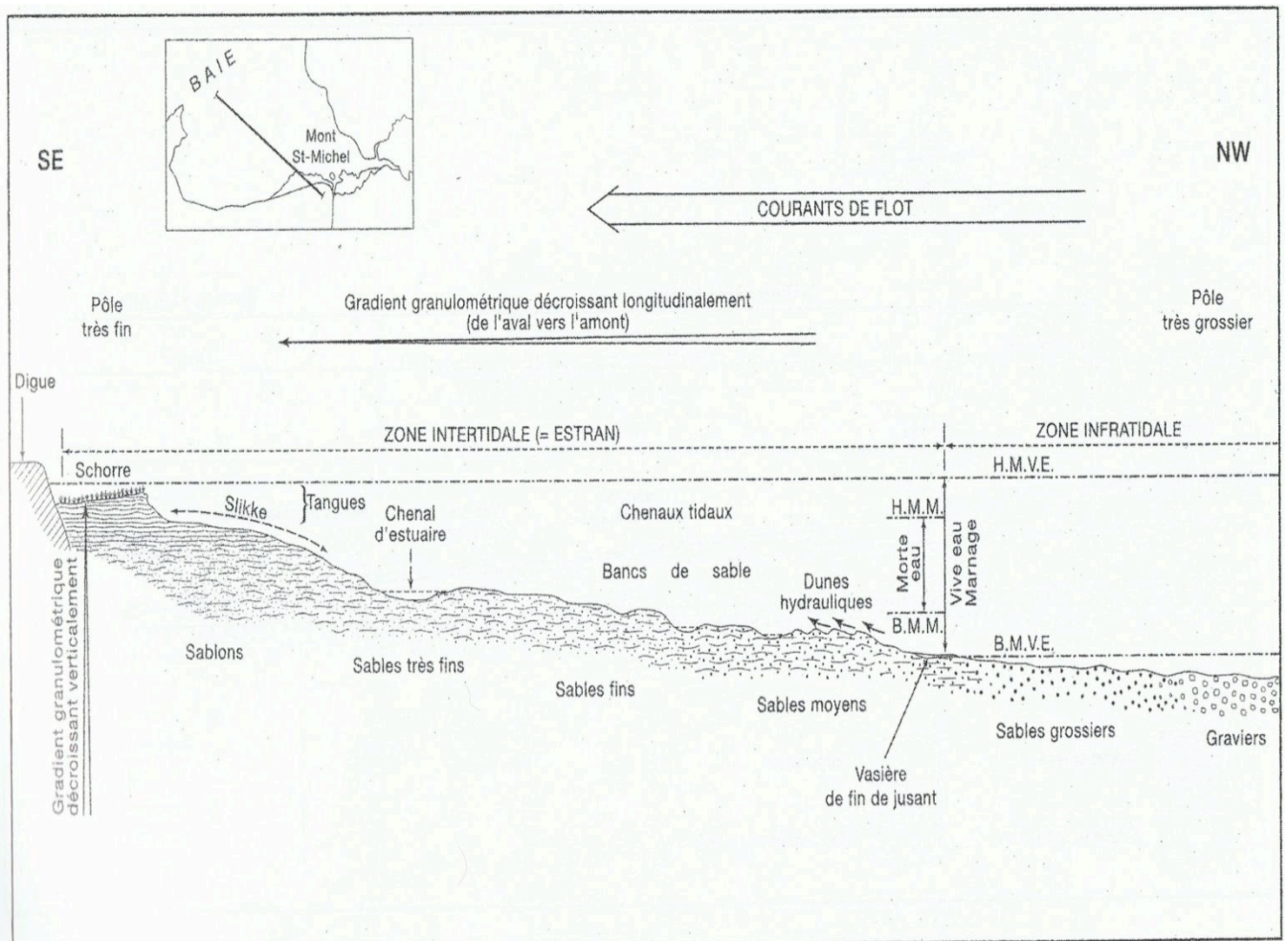


Figure 14 : Schéma de l'estran (C.BONNOT-COURTOIS, et al.)

Le schorre est la partie supérieure de l'estran, le supratidal, recouvert d'eau uniquement lors de marées de vives eaux. C'est la partie haute des vasières littorales. Le schorre peut encore être appelé herbu ou pré salé (*Fig.15*); en arrière des dunes (*Fig.16*) se trouvent des champs utilisés pour l'élevage de moutons, les fameux moutons des prés salés. Ce sont ces champs qui sont recoupés par des chenaux, à base vaseuse, et périodiquement inondés d'eau de mer. Ils se caractérisent par une végétation basse halophile, qui retient le sable des dunes. Les herbus du Mont St Michel, vastes de 4 000 hectares, sont les plus grands d'Europe. Sur le terrain, le schorre, quasi horizontal, se caractérise par des vases calcaireuses, c'est-à-dire marnes ou marnes sableuses, il est donc composé d'au moins 25% de lutites et de 30 à 50% de carbonates (Notice carte géol. de COUTANCES, 1989).



Figure 15 : Le Pré salé à Hauteville-sur-Mer (photo vers le S)    Figure 16 : Dune à Regnéville (photo vers SW)

La Slikke est la partie basse de l'estran, elle est inondée à chaque marée haute, même de mortes eaux. C'est la zone intertidale, elle se situe en aval des vasières littorales (*Fig.17*). En région tempérée, la slikke est nue, pauvre en végétation mais abrite une énorme biomasse bactérienne et toute la faune décrite pour l'estran. Beaucoup d'oiseau viennent à marée basse pour se nourrir des verres et mollusques vivant dans la vase ou le sable. Dans notre cas, la slikke, de faible pente, est entièrement constituée de sables lithoclastiques, elle est donc peu carbonatée (*Fig.18*).



Figure 17 : Slikke sableuse à Hauteville-sur-Mer (photo vers le Sud)

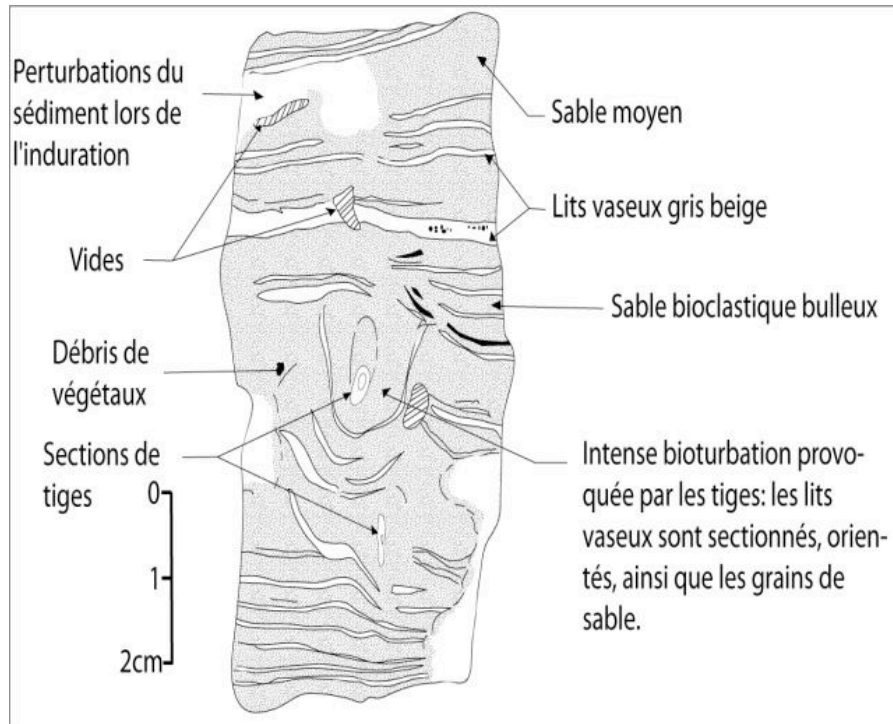


Figure 18 : Dessin d'une carotte pour litologie des sédiments de l'estuaire de la Sienne (FETTER-TURTAUD, 1981)

## 2) La falaise morte

A l'Est de la plage, dans les terres, le pré salé se termine par une falaise, orientée N-S. Il s'agit d'une falaise morte (*Fig.19*), ancien trait de côte subparallèle à l'actuel, composé d'arkoses rouges, roche conglomératiques, du Dévonien supérieur, faisant partie des formations de Hyenville, recouverte de dépôts de solifluxion, sable coquillière, en pente de 30° environ, pente stable recouverte de végétation.



Figure 19 : Falaise morte (photo vers le Nord)

### 3) Ressources de la région

#### a) Calcaire

Il existe beaucoup de carrières de calcaire, aujourd'hui abandonnées, aux alentours d'Hauteville-sur-Mer (*Fig.20*). Ce calcaire est daté du Carbonifère et fut abondamment exploité au XIXème siècle pour la fabrication de chaux, en faisant fondre le calcaire dans des fours à chaux. La chaux servait aux agriculteurs à fertiliser leurs terres. Le calcaire pouvait aussi servir à la construction locale (moellons et pierre d'appareil) et jusque dans les îles anglo-normandes.



Figure 20 : Pli d'axe Est-Ouest dans le calcaire de Montmartin, Carrière de Cluids (photo vers l'Ouest, 2009)

#### b) Tangue

La tangue est un mélange de sédiments sableux à débris principalement coquilliers calcaires et d'une fraction vaseuse de limons et d'argiles. Elle s'accumule dans les zones de vasières littorales recouvertes par des grandes marées, dans les prés salés (*Fig.21*). La tangue fut exploitée en agriculture pour l'amendement des sols, du Moyen-âge jusqu'à une époque récente (Notice carte géol. de COUTANCES).



Figure 21 : Tanguère dans le Havre de Regnéville (photo vers l'Est)

La carrière du ruisseau des Epaises, au Sud-est de Montsurvent, est la dernière carrière dans le socle Briovérien encore exploitée dans la région. Des granulats sont extraits des volcanoclastites du Briovérien inférieur. Ceux-ci servent à la viabilité et la construction.

### III-Géopolitique : Le rôle d'une association dans la « Défense contre la mer »

#### A-Fin XIXème à 1928 : Hauteville-sur-Mer en plein essor

Hauteville sur Mer se situe comme son nom l'indique près de la mer à quelques kilomètres. Mais pas au bord, car les anciens de tout temps craignaient les folies de la mer : tempêtes, inondations,...

Les mentalités commencent à changer vers la fin du XIXème siècle grâce notamment au succès de la baignade. Ainsi les gens se rapprochent de plus en plus de la mer, au point d'avoir des cabanes de bains au bord de la mer. Il est possible de compter une trentaine de cabanes, construites par des « étrangers » à la commune, au début du XXième siècle.

En 1907, Emile Desgradins et Louis Cirée deux promoteurs franciliens attirés par le cadre de Hauteville proposent de construire 10 maisons qui auront pour but d'accueillir les estivants. La commune voit cette occasion de sortir de son isolement et l'opportunité de s'agrandir.

En 1912, un montmartiniais Maurice Legrand, habitant de la commune de Montmartin-sur-Mer, fait construire à Hauteville une trentaine de belles villas au bord de la mer.

Le cadre de la petite station, les aménagements pour les touristes et l'apparition de la publicité dont l'affiche de Constant Duval mettant en avant les atouts de Hauteville jouent en



faveur de cette petite ville de campagne. En effet en 1912 et 1913 pendant la période d'août et septembre 400 baigneurs sont venus dans cette ville alors qu'elle ne comptait même pas la moitié d'habitants en période d'hiver. Hauteville est en plein essor.

Très tôt des personnes veulent que Hauteville devienne une station balnéaire de moyenne à grande importance, dont en témoigne les plans du nouveau Hauteville plage. M. Louis Cirée eu l'idée dès 1910 de créer un Hauteville ressemblant à Deauville ; une station accueillante: plage aménagée, hôtels, maisons de plaisance,... Il ira jusqu'à dessiner « Garden Plage » pour répondre à ses désirs (*Fig.22*).

Mais la première guerre mondiale vint détruire le projet d'aménager une station balnéaire importante. (Office de Tourisme de Hauteville-sur-Mer, 2008)

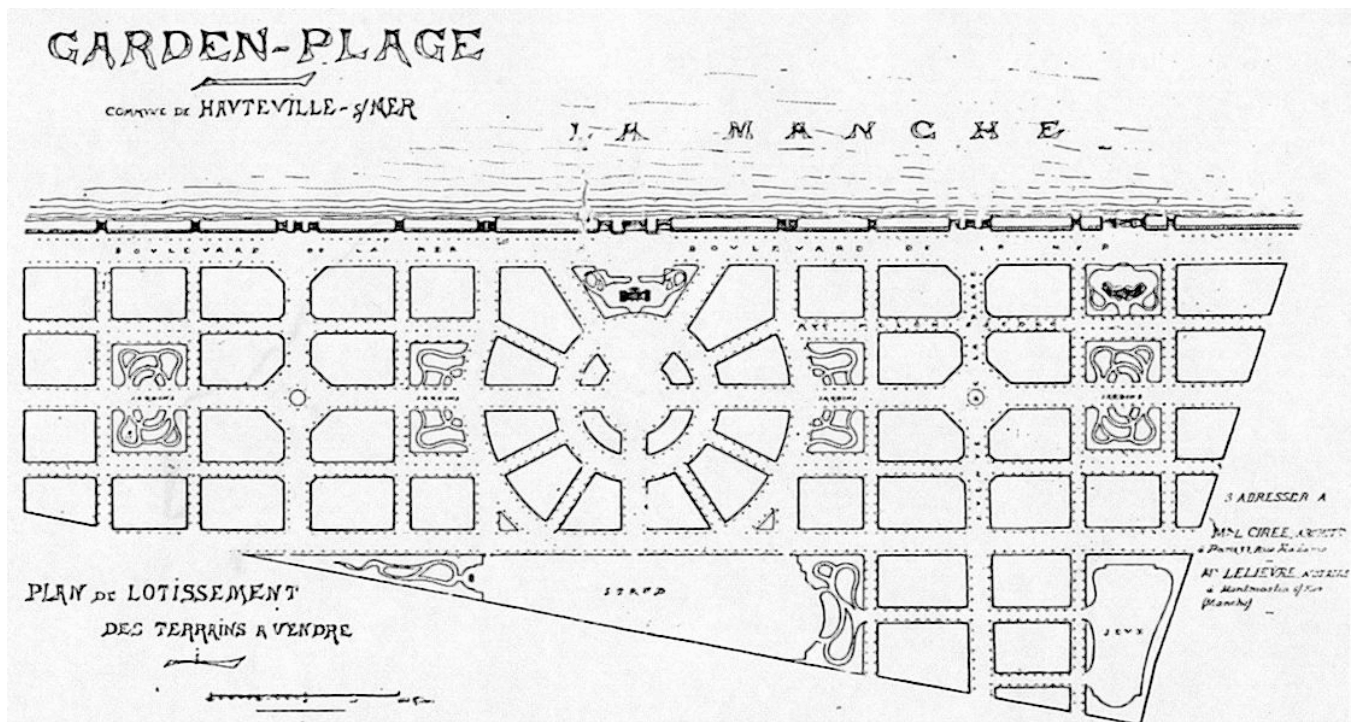


Figure 22 : Plan de Garden Plage : le nouveau Hauteville-sur-Mer côté plage  
(Office de tourisme de Hauteville-sur-Mer, 2008)

## B-De 1928 à 1950 : la naissance d'une association dynamique

L'entre deux guerres sera marqué par M. de Barbe de la Barthe qui est à l'origine de la station de Hauteville. De nombreuses maisons et cabanes de bains se font construire au bord de mer et très vite l'importance d'une protection de ces habitats contre la mer se fait ressentir.

Ainsi le 10 octobre 1928 l'arrêté préfectoral autorise la création de l'Association syndicale des propriétaires ou appelé aussi « Défense contre la mer » dont le président est M. Louis Cirée. (Préfecture de la Manche, 1928)

Le fait de créer cette association permet à celle-ci de réaliser des aménagements du littoral, de toucher des subventions nécessaire à la réalisation de ces travaux notamment par l'intermédiaire d'impôt locaux ou de toucher des fonds débloqués par l'état.

Plusieurs maisons situées à une centaine de mètre de la côte se retrouvent rapidement près de la mer sous l'effet de l'érosion du littoral. La première grande action de ce syndicat va être la construction d'une digue en 1933 le long du trait de côte (*Fig.23*). Cette digue en béton armé longue de 900 m est construite par l'entreprise Frasnél de Granville et sert de protection aux habitants. Elle permettra un recul du rivage de 25m environ.



Figure 23 : La première digue de Hauteville sur Mer (vers le Sud) (Carte postale de 1936 et photo de 2008)

Malheureusement cette digue se voit fragilisée par les bombardements de la Deuxième Guerre Mondiale, ce qui la rend vulnérable contre les assauts de la mer comme par exemple lors de la tempête du 14 septembre 1943.

Après un déminage de la plage, l'association est à l'origine de la reconstruction d'une nouvelle digue remplaçant l'ancienne. Cette deuxième digue se fait en 1950 par l'entreprise Grès et Ghéza de Granville (Archives départementales de Saint Lô).

### C-De 1950 à aujourd'hui : un poids important de l'association à Hauteville-sur-Mer

Cette deuxième digue est faite d'un placage de béton sur la dune. Le pied du placage s'appuie sur un rideau de palplanches comportant en tête une poutre de béton armé, sur la partie supérieur du placage deux chemins étagés ; un inférieur pour les piétons et un supérieur pour les voitures. Cette construction permet un retrait de côte de 8m par rapport à l'ancien tracé.

La digue actuelle est la même que celle de 1950 sauf que cette dernière a subit des restaurations. Effectivement la digue est sous l'influence de la marée dont les coefficients

varient, des tempêtes, ... Elle s'érode progressivement du bas et devient de plus en plus fragile car rendu instable.

En novembre 1977 et janvier 1978 sous l'effet de la houle (marée des vives eaux) il y a rupture de la carapace en béton. Ainsi des travaux seront effectués jusqu'en 1993 afin de renforcer la digue. Ils constitueront à protéger les moellons et à monter une carapace en enrochement reposant sur un filtre géotextile sur l'ensemble de la digue. De plus des regards sont disposés le long de l'accès piétons pour pouvoir mettre du sable afin de lutter contre l'érosion de la digue et de son affaissement.

En octobre 2000 une réalisation de batterie d'épis en avant de la digue disposés longitudinalement seront créés pour éviter le phénomène d'érosion jouant sur la stabilité de la digue.

Aujourd'hui la digue est longue de 820m, orientée Nord-Nord Est / Sud-Sud Ouest. Elle est haute de 6,15m et la largeur de l'enrochement est de 14,35m (*Fig.24*).

Toutes les actions citées précédemment sont menées par le Syndicat des propriétaires de Hauteville. Actuellement cette association est présidée par M. Pierre-Marie LAMELLIERE et compte plus de 600 adhérents.

Elle joue un rôle important dans la commune de Hauteville et dans le secteur du Havre de Regnéville du fait du nombre d'adhérents et par son passé historique avec les nombreux aménagements effectués pour lutter contre la mer.

Le but premier de l'association est inchangé depuis 1928 c'est la protection des habitants et des habitats vivant près de la mer.



Figure 24 : Vue sur la nouvelle digue : à gauche l'enrochement (vers le Nord-est), à droite les accès piétons et voitures (vers le Nord)

## IV-Environnement

### A-Facteurs d'érosion

Un quart du littoral français est touché par l'érosion, avec un taux maximal au Nord pas de Calais de 75% (Les données de l'environnement, n°22, juin 1996, IFEN). La Basse-Normandie, elle, voit 38% de son rivage reculer (*Fig.25*). ce qui la place en 5<sup>ème</sup> position des régions françaises les plus touchées (IFREMER). Sur la côte d'Agon-Coutainville à Genêts le recul du trait de côte atteint 178.4m depuis 1992 (IFREMER). L'érosion côtière est un phénomène naturel, pouvant être aggravé par l'activité humaine.

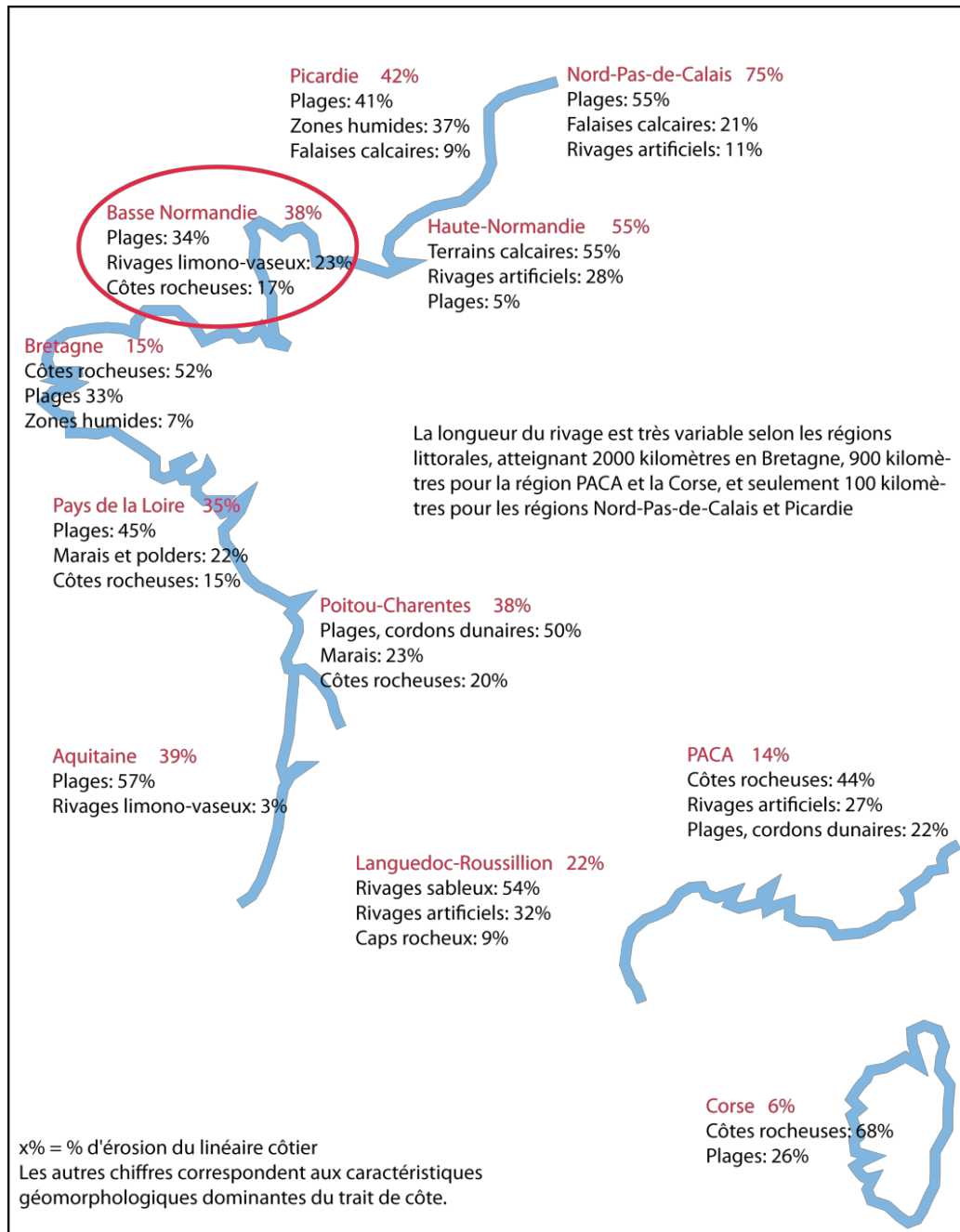


Figure 25 : Carte schématique de l'érosion côtière par régions de France (Corine érosion côtière(AEE)/Ifen)

### 1) Facteurs d'origine naturelle

Le littoral est un milieu géologique particulier en constante évolution. Il suit un cycle sédimentaire, naturel et bien déterminé, d'accumulation-érosion. L'érosion est favorisée par les facteurs naturels suivants :

a) L'évolution du niveau de la mer

Lors de l'augmentation du niveau de la mer, pouvant être due partiellement à la fonte des calottes glacières et donc au réchauffement climatique, est provoqué un recul des plages d'importance variable selon le lieu et le temps. Ce phénomène est secondaire en Basse-Normandie car le niveau de la mer n'y augmente en moyenne que de quelques millimètres par an (IFREMER).

b) Les tempêtes

Autrement appelé, houle de mauvais temps, les fortes vagues associées aux tempêtes sont très fréquentes en Europe de l'Ouest, et dans le Nord de la France. Celles-ci accentuent l'érosion par l'attaque des hauts de plages et peuvent emporter les cordons littoraux meubles (IFREMER), ou être à l'origine de la destruction des constructions proches du littoral. Pour ces raisons, il est stipulé dans la loi littorale qu'une bande inconstructible de 100m est nécessaire.

c) La nature de la roche

Les roches les plus meubles sont les plus vulnérables à l'érosion. Les estrans sont soit sableux soit rocheux. Ainsi en Manche et Mer du Nord, c'est 30% du linéaire côtier qui subit une érosion confirmée dont 50% correspondent à des plages et 28% à des côtes rocheuses (IFREMER).

d) Les transports sédimentaires

α) Les courants marins

Un courant marin est un déplacement d'eau de mer qui tend à rééquilibrer thermiquement la répartition inégale de l'énergie apportée par les rayons du Soleil. Des vents sont aussi générés, qui sont les facteurs principaux des courants de surface. Les courants de profondeur, eux sont créés par une différence de densité, due à des niveaux de salinité différente, eux-mêmes dus, aux différences de température engendrées par ce déséquilibre (IFREMER).

D'autre part, des courants marins à contre sens de la rotation de la Terre se produisent à l'équateur.

Les plus forts courants marins se localisent au Nord du Cotentin, ils peuvent dépasser 3 nœuds en vives eaux (BONNOT-COURTOIS, CALINE, L'HOMER, LE VOT, 2002). Dans la baie du Mont St Michel, ils sont à l'origine d'un transport de 1,5 millions de m<sup>3</sup> de sédiments par an (IFREMER).

Le courant de marée est un courant particulier engendré par les marées. Dans la zone étudiée, ils sont de l'ordre de 1 à 2 nœuds près de la côte (*Fig.26*).

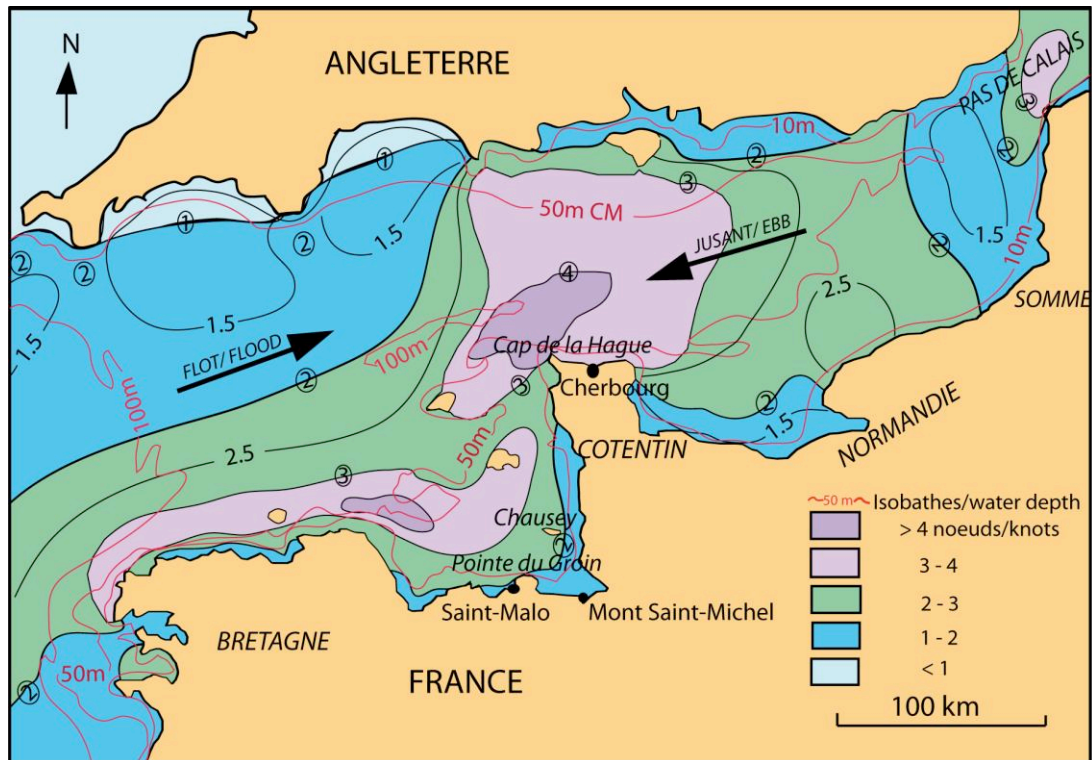


Figure 26 : Carte des vitesses maximales des courants de marée en Manche (d'après Vaslet *et al.*, 1979)

### β) La marée

Déjà en 330 avant Jésus-Christ, les hommes s'intéressèrent au phénomène des marées. Le grec Pythéas partit de Marseille, pour un long voyage vers les Iles Britanniques observa alors des marées d'amplitude insoupçonnée dans le monde méditerranéen et fit une découverte fondamentale : la marée était d'une manière ou d'une autre contrôlée par le mouvement de la Lune (SHOM).

Aujourd'hui la marée hydrographique est définie comme étant la variation du niveau de la mer constituée du mouvement montant (flot) puis descendant (jusant) causé par l'effet conjugué des forces d'attraction gravitationnelle de la Lune et du Soleil et de la force centrifuge, identique en tout point de la Terre, due au mouvement de la Terre sur son orbite autour du centre de gravité du système Terre-astre (Fig.27).

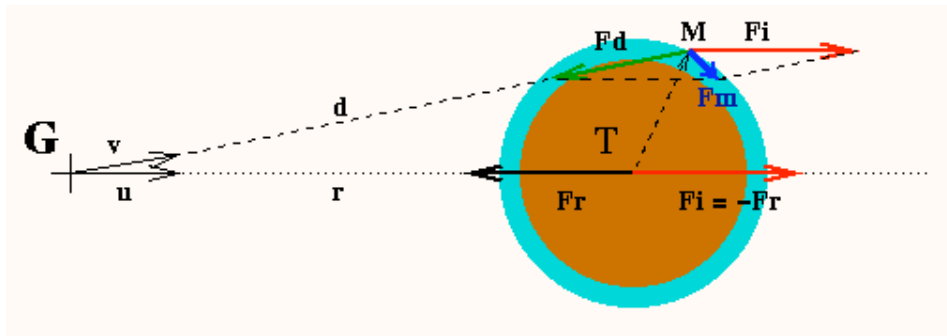


Figure 27 : Schéma de la force génératrice de la marée (SHOM)

La marée est dite de vives eaux, forte amplitude, lors de l'alignement des deux astres avec la Terre (Fig.28). Une telle combinaison des forces marémotrices, cela se produit lors de pleine lune et de nouvelle lune. La hauteur d'eau est dans ce cas augmentée de 20% par rapport au niveau moyen des marées (GOURCEROL et LAFAILLE, 2009).



Figure 28 : Marée de vives eaux en pleine lune et en nouvelle lune (<http://marees.free.fr/glossaire.html>)

Au contraire, lorsque les axes Terre-Lune et Terre-Soleil se recoupent en un angle droit, l'amplitude est plus faible ; la marée est dite de mortes eaux (Fig.29). Ceci s'observe lors du premier et du dernier quartier de Lune.



Figure 29 : Marée de mortes eaux au premier et au dernier quartier (<http://marees.free.fr/glossaire.html>)

Par conséquent, les marées les plus faibles de l'année pourront s'observer aux solstices d'hiver et d'été et les plus fortes aux équinoxes.

Différents types de marée existent, selon l'endroit où l'on se trouve sur le globe. Pour comprendre ce phénomène, il faut expliquer la théorie de la marée statique (Fig.30).

Considérons la surface terrestre parfaitement sphérique recouverte d'eau, en équilibre avec la force génératrice de marée. La surface de l'eau prendrait alors la forme d'un ellipsoïde de révolution dont le grand axe serait dirigé vers l'astre.

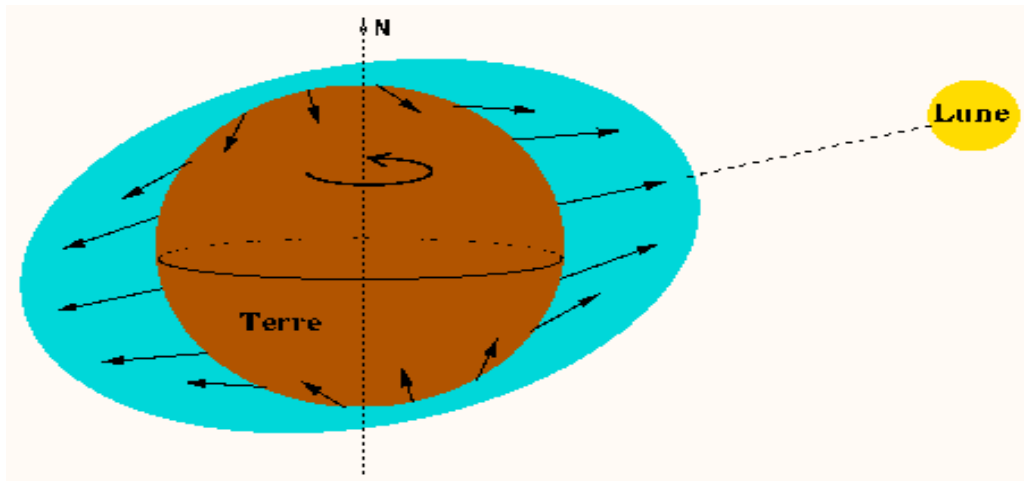


Figure 30 : Schéma de la marée statique (SHOM)

Du fait de la rotation de la terre autour de son axe, on observerait deux pleines mers et deux basses mers par jour : marée semi-diurne. Une haute mer dans la direction de l'astre, l'autre dans la direction opposée et les deux basses mers sont observées lorsque l'astre est à l'horizon.

Or, il peut arriver, pour les latitudes élevées, que la déclinaison soit importante, et de ce fait l'astre n'atteint pas l'horizon. La pleine mer secondaire disparaît alors et la marée devient de type diurne : on observe une seule pleine mer et une seule basse mer par jour.

Il existe deux autres types de marée, dépendant de même de la disposition des astres :

Le type semi-diurne à inégalité diurne est représenté par toujours deux marées hautes et deux marées basses par jour mais les hauteurs de deux basses ou deux hautes mers sont très différentes. On peut trouver ce cycle dans l'océan Atlantique.

Et le type mixte est un cas intermédiaire entre les types diurne et semi-diurne. La Lune étant à l'équateur, il existe deux pleines et deux basses mers par jour. La déclinaison de la Lune est à son maximum, une seule haute mer et une seule basse mer sont observables.

Mais la théorie statique n'est que la représentation d'un équilibre qui, en raison de l'inertie des masses d'eau, n'est jamais atteint.

Des variations d'amplitude des marées sont provoquées par le décalage entre le plan de rotation de la Lune autour de la Terre et celui de la Terre autour du Soleil. Ainsi sont définies les petites marées et les grandes marées.

Cette attraction combinée de la Lune et du Soleil est cependant perturbée ou même parfois contrariée par d'autres phénomènes physiques comme l'inertie des masses d'eau, la forme des côtes, les courants marins, la profondeur des mers, les variations de hauteur d'eau d'origine météorologique, appelées surcotes-décotes ou encore le sens du vent local. Cette perturbation se traduit par un décalage des heures d'arrivée de la marée sur les côtes (*Fig.31*).



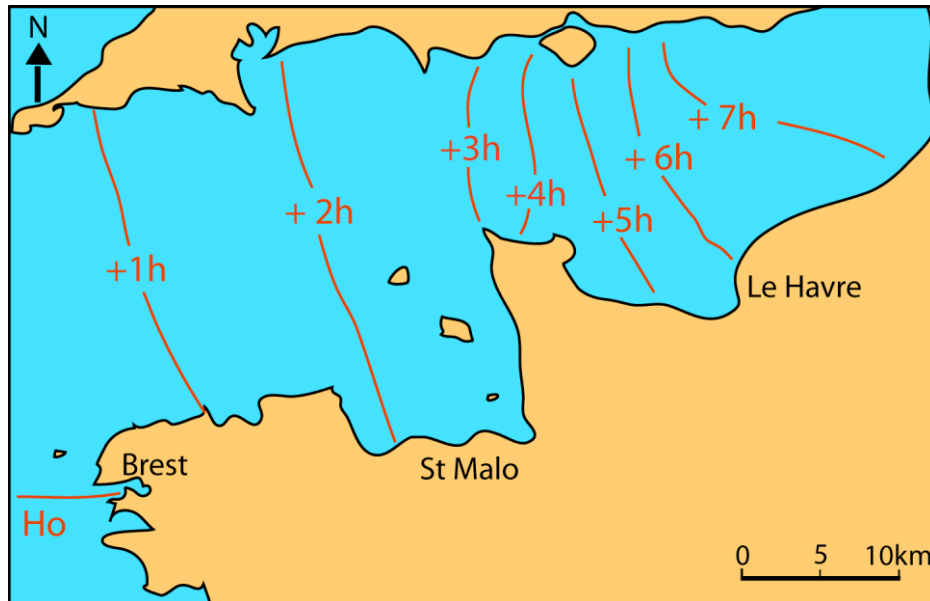


Figure 31 : Carte illustrant le décalage des horaires de marée en Manche  
(<http://marees.free.fr/glossaire.html>)

Un coefficient de marée est calculé pour les marées semi-diurnes. Le coefficient est calculé pour une pleine mer. C'est le quotient du marnage semi-diurne de la formule harmonique par la valeur moyenne du marnage pour les marées de vive-eau d'équinoxe (admise à 6,1m à Brest). C'est un nombre sans dimension compris entre 20 et 120 et qui varie peu d'un jour sur l'autre. Par convention, le coefficient 100 est attribué au marnage semi-diurne moyen lors des vives-eaux voisines des équinoxes (21 mars, 21 septembre) (SHOM).

Dans le golfe Normand-Breton, la marée est de type semi-diurne. L'estuaire de la Seine connaît un marnage important allant jusqu'à 9 m, la vague du flot pouvant s'étendre jusqu'au Pont de la Roque ; phénomène de mascaret.

Le marnage est la différence de hauteur d'eau entre une haute mer et une basse mer consécutive. Le marnage maximal observé dans le monde est dans la baie de Fundy, au Canada entre la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick (SHOM). Le marnage peut y atteindre jusqu'à 16m. La zone de marnage désigne l'estran.

Le flot, arrivant de l'Ouest, remplit le golfe dans une direction SW-NE. Lorsque celui-ci se vide, les courants partent à l'Ouest, puis s'orientent vers le Sud pour repartir à l'Est (BONNOT-COURTOIS, CALINE, L'HOMER, LE VOT, 2002). Le flot est beaucoup plus bref et intense que le jusant (*Fig.32*). Et parfois, il y a érosion dynamique du dépôt.

L'étude du rythme de dépôt en devient imprécise car le nombre de lits sédimentaires déposés à chaque marée haute est inexact (FETTER-TURTAUD, 1981).

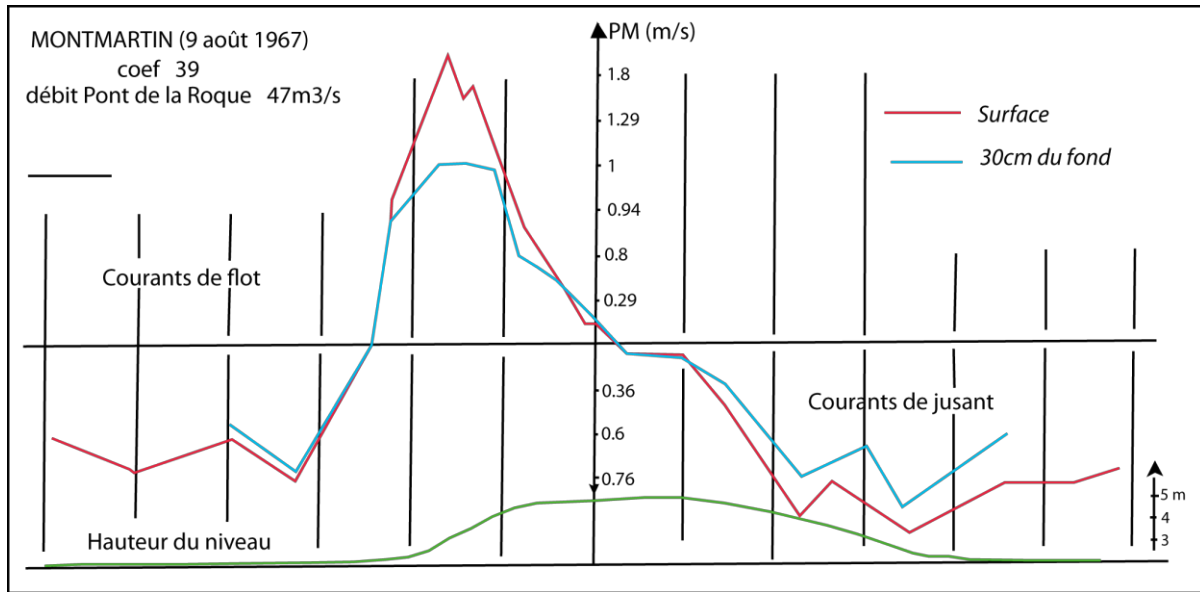


Figure 32 : Graphique des vitesses de marées en fonction du temps (flot ou jusant) au Pont de la Roque (GIRESSÉ, 1970)

### γ) La houle

La houle est un mouvement ondulatoire formé à la surface de la mer par un champ de vent lointain. Elle n'a pas de relation avec le vent local et est à peine sensible en pleine mer. Celle-ci s'amplifie au voisinage de la côte et au niveau des hauts fonds, lorsque la profondeur diminue, elle peut alors atteindre plusieurs mètres et déferler.

### δ) Le vent

Le vent est un mouvement de l'atmosphère, provoqué comme il a déjà été dit par un réchauffement inégalement réparti de la surface de la planète par l'énergie solaire, et la rotation de la planète.

Les roches les plus meubles seront les plus faciles à éroder, de ce fait les dunes y sont très sensibles. Plus le vent est fort et régulier, plus l'érosion sera efficace, ce qui est le cas sur les plages. Le transport se fait par saltation dans le cas des grains les plus grossiers, comme les sables ou cailloutis et par suspension pour les particules les plus fines, comme les limons. Dans le Cotentin, les vents empruntent, dans 34 à 39% des cas, une direction d'Ouest à Nord-Ouest vers l'Est à Sud-est. D'automne à l'hiver, ce sont les vents terrestres qui dominent, dans un sens Est=>Ouest.

### ε) Les apports fluviaux

La Sienne a un grand estuaire par rapport à la faible dimension de la rivière et a un fort débit de l'ordre de 10 à 20 m<sup>3</sup> (PASKOFF, 1985). C'est donc un agent actif de l'érosion lors des crues, car le resserrement du chenal vers l'amont crée une accélération du courant (P.GIRESSE, 1970). Le débit fluvial peut considérablement influencer le jusant.

Le marnage plus faible en périodes de crue qu'en étiage (GIRESSE), ce qui démontre l'importance des variations du débit de la rivière.

La Sienne a une vitesse d'écoulement entre 0.5 et 0.7 m/s en période d'étiage (FETTER-TURTAUD, 1981). De plus le méandre que celle-ci suit à son embouchure, crée par la digue basse, provoque une érosion du côté de la plage et une accumulation des sédiments du côté de la pointe d'Agon, ce qui crée un ensablement du port de Regnéville et une disparition de la plage d'Hauteville-sur-Mer.

Sur cette carte de turbidité (*Fig.33*), faite à partir d'une photo satellite prise à marée descendante de fort coefficient, on peut observer des panaches sédimentaires particulièrement chargés aux débouchés des estuaires (BONNOT-COURTOIS, C., CALINE, B., L'HOMER, A., LE VOT, M., 2002).



Figure 33 : Carte des troubles en suspension (BONNOT-COURTOIS, C., CALINE, B., L'HOMER, A., LE VOT, M., 2002)

## **2) Facteurs d'origine anthropique**

Le littoral est depuis toujours un lieu convoité par les Hommes car il permet le développement du commerce, de l'industrie et du tourisme. Le rivage et les écosystèmes littoraux subissent de profondes perturbations, liées à ces pressions humaines. Ces perturbations agissent conjointement et placent les plages dans une situation précaire. A titre d'exemple, on peut citer:

### **a) Les barrages de retenue**

Les fleuves sont d'importants fournisseurs en sédiments pour les plages. La construction de barrages en amont des havres crée des pièges à matériaux, qui ne seront jamais acheminés vers le bord de mer. Les conséquences sur le milieu, l'hydraulique et les transports sédimentaires de ce genre aménagements se font sentir en l'aval comme en amont du fleuve.

### **b) La déstabilisation des dunes**

Ces dunes bordières constituent une réserve importante en sédiments qui peut être mobilisée par les vagues lors des tempêtes (*Fig.34*).

Leur déstabilisation peut être liée tout simplement à la fréquentation touristique, estimée sur certaines plages à près de 500 000 personnes sur 100 km.

L'extraction de matériaux, tels les granulats, pour les besoins de constructions, crée des dommages importants pour les dunes, qui en sont fragilisées.

Certains moyens de transport, comme les tracteurs, empruntent souvent le même chemin, ce qui à force, crée un chenal et donc une érosion et une déstabilisation de la plage.



Figure 34 : Déstabilisation de dune à Annoville (photo vers Sud, 2003)

### c) Les grands travaux portuaires et ouvrages de protection

Ils sont initialement créés pour protéger les habitations et autres constructions urbaines, les épis et digues risquent de perturber gravement le transit des matériaux et de modifier l'évolution du rivage.

Les épis concentrent les sédiments en contrebas de l'édifice mais avec la houle, les secteurs situés au-delà de ces obstacles démaigrissent et reculent car ils sont privés d'apports sédimentaires. L'érosion n'est que déplacée. Les conséquences de la réalisation d'une digue basse (*Fig.35*), au niveau de la passe d'entrée du havre ainsi qu'une batterie d'épis sur le littoral de Montmartin-sur-Mer sont que les plages sableuse de la commune de Regnéville-sur-mer ont complètement disparu et la Sienne, perturbée par la présence de la digue basse, est venue coller son chenal à cette dernière, menaçant de contourner la digue par l'est (IFREMER).



Figure 35 : Digue basse vue depuis l'Est (photo vers l'Ouest)  
à Hauteville-sur-Mer

Une digue parallèle au trait de côte (*Fig.36*) est un obstacle brutal à la mer ; les vagues viennent se déferler sur le barrage et le rongent à sa base, ce qui crée à long terme un risque d'effondrement.



Figure 36 : Photo aérienne de la digue longitudinale N-S d'Hauteville-sur-Mer (www.francevuesurmer.com)

#### d) Les aménagements de front de mer

Les villas, promenades (*Fig.36*), routes, ou parkings, construits sur l'emplacement de dunes voire sur le haut des plages réduisent la largeur de l'estran. Toutes ces constructions sont par conséquent directement menacées des risques d'inondations ou de destruction par la

mer, en plus de diminuer le pouvoir de dissipation de l'énergie des vagues par les dunes (IFREMER). Autre conséquence ; la nature des sédiments des plages s'en trouve modifiée.

## B-Description des Méthodes d'études de l'érosion du littoral

Pour lutter contre l'action érosive de la mer sur le littoral il faut connaître les mouvements sédimentaires produit par les agents d'érosion : courants, houles, vents. Ainsi les méthodes rencontrées devront répondre à cette affirmation. Toutes les méthodes se font à une date ou période donnée donc à des facteurs d'érosion particuliers.

### 1) Méthodes réalisées sur le terrain

#### a) Topographie relative par théodolite

Elle consiste à connaître la topographie relative du secteur étudié. Elle nécessite de peu de moyens. En effet il faut se munir d'un GPS, d'un décimètre, d'une mire et d'un théodolite.

Une fois le secteur choisi comme la plage de Hauteville sur Mer, des coupes ou profils sont tracées. Ces dernières sont perpendiculaires à la plage, même si des coupes parallèles peuvent être faites afin de compléter le modèle de la plage.

Pour réaliser les mesures deux personnes sont nécessaires : une qui tient la mire l'autre qui prend les mesures à l'aide du théodolite.

Après avoir déroulé le décimètre par terre qui sert de repère mais aussi d'obtenir un profil le plus rectiligne possible, il faut placer le théodolite. Sachant que la pente de la plage est faible, il est possible de mettre le théodolite tous les 25 m et à une distance d'environ 30m du décimètre. Le théodolite est un outil permettant de mesurer des différences de hauteur. Il est constitué d'un trépied réglable où se fixe une lunette et un niveau. Avant chaque mesure il faut s'assurer que le théodolite soit de niveau.

La personne qui prend la mire (règle graduée) se déplace le long du décimètre par exemple tous les 20m et à chaque endroit où elle s'arrête elle prend les coordonnées GPS de ce point. Une fois la mire à la verticale, la lecture de la hauteur de la mire au niveau du théodolite se fait en regardant la croix centrale de la lunette. La mesure est notée et les mesures se poursuivent jusqu'au déplacement du théodolite (*Fig.37*).

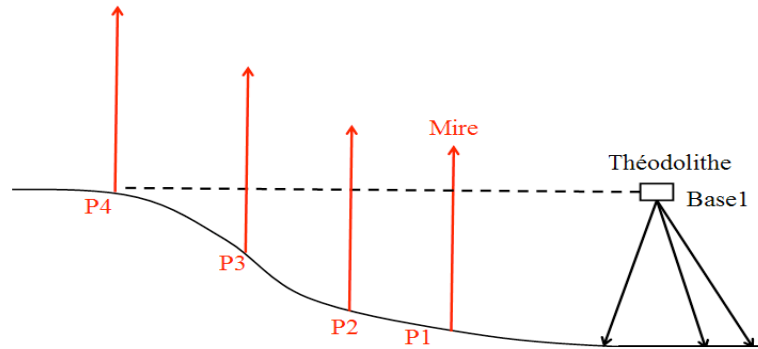


Figure 37 : Mesure de la topographie relative à l'aide d'un théodolite (LUTZ, 2009)

Lors du déplacement du théodolite, la mire doit rester à la dernière mesure prise. Il faut reprendre la dernière valeur avec la nouvelle position du théodolite, et les mesures de la mire reprennent (LUTZ, 2009).

Après la fin des mesures les valeurs sont reportées sur un graphe pour obtenir la topographie relative du profil. Ainsi des profils pris à des endroits identiques mais à des dates différents peuvent être comparés pour constater une érosion ou accumulation de sable.

Cette méthode est simple car demande peu de moyen technique et facile d'utilisation.

#### b) Repère du GRESARC

L'évolution du littoral et des profils de la côte Ouest du Cotentin est suivie par le Groupe de Recherche sur les Environnements Sédimentaires Aménagés et les Risques Côtiers (GRESARC) depuis 1991.

Le secteur d'étude choisi se limite à la commune de Regnéville-sur-Mer, de Montmartin-sur-Mer et d'Hauteville-sur-Mer.

Dans un premier temps des repères ou stations sont placés sur la plage du secteur à différents endroits. Ces repères sont des rondins de bois plantés verticalement dans le sable. La zone comprend 6 stations dont leurs positions ont été déterminées suivant l'importance du lieu à observer. Ils sont numérotés de SW65 à SW70, du Nord au Sud (*Fig.38*).

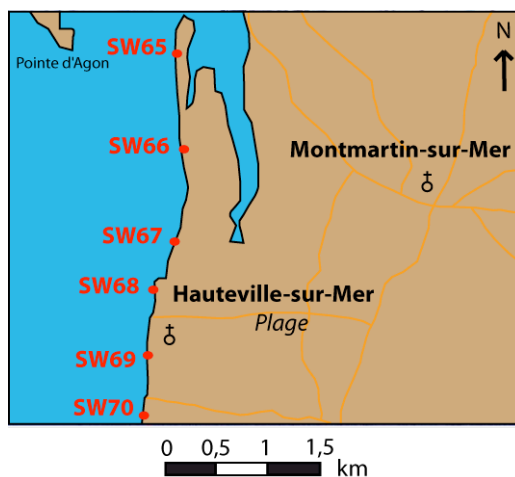


Figure 38 : Localisation des poteaux SW65 à SX70 sur le secteur d'étude et présentation de la station SW68 (photo orientée vers l'Est) (<http://mer-littoral.lamanche.net/sw65.htm>)



De manière arbitraire une référence zéro est prise en compte. Elle correspond à l'interface entre le sable et l'air, une fois la station installée. Il est nécessaire aussi de connaître la hauteur initiale du poteau émergé.

Pour établir l'évolution de la plage il faut mesurer la hauteur du poteau à différentes dates, qui seront ensuite ramenées au référentiel zéro. Si les hauteurs sont croissantes dans le temps il y a érosion de la plage. Au contraire si les hauteurs sont décroissantes dans le temps il y a accumulation de sable sur la plage.

Les relevés peuvent être reportés sur un graphe comme sur la *Fig.39* :

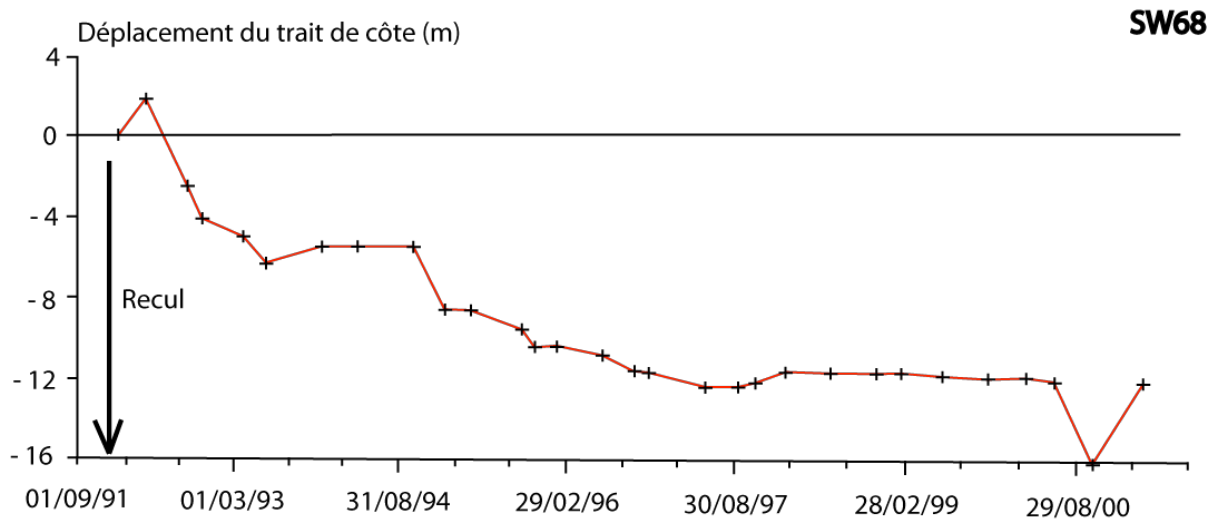


Figure 39 : Evolution du trait de côte au niveau de la station SW68 (GRESARC, 2002)

Le profil de la station SW68 (nord de la digue d'Hauteville-sur-Mer) est la succession depuis 1992 de période d'érosion et d'accrétion, dont la tendance récente est l'accrétion. (GRESARC, 2002)

### c) Traceurs radioactifs

#### α) Introduction : objectif des traceurs radioactifs

Les traceurs sont des sables naturel décalcifiés où s'ajoute un élément radioactif, dont la radioactivité est faible. Tout ceci permet de suivre l'évolution du grain de sable lors de son transport sédimentaire.

#### β) Condition expérimentale et réalisation du protocole

Dans un premier temps il est impératif de connaître les horaires et les amplitudes des marées pendant la période d'expérience.

Ensuite il faut marquer les sédiments pour cela deux méthodes peuvent être utilisées. Celle de Giresse (1966) dont la surface des particules comporte un dépôt d'or radioactif (Au 198) fixé par une couche poreuse de gel de silice. L'or 198 a une durée de vie de 3 jours. Il choisit des grains tamisé aux environs de 200 microns. Le choix de cette taille permet de faciliter l'interprétation et de réduire des paramètres (GIRESSE, 1966).

Ou la méthode de Courtois (1966) qui consiste à marquer la particule en déposant au préalable un dépôt inactif de chlorure et d'argent, suivi d'un contact sur le terrain avec le chlorure d'or actif pour plusieurs classes granulométriques. Ces classes sont représentatives de l'ensemble des éléments présents sur la plage.

Puis les traceurs sont injectés sur l'estran à marée basse au moyen d'outil adapté (Fig.40).

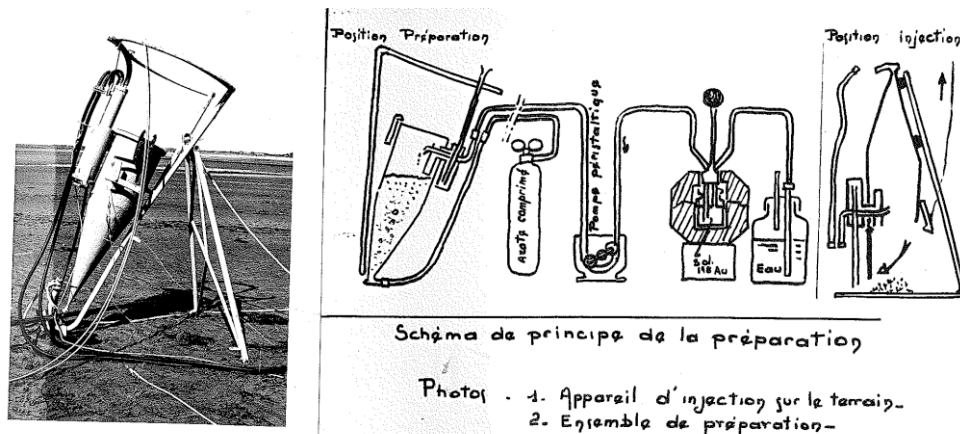


Figure 40 : Préparation de l'injection des traceurs et outil utilisé (COURTOIS, 1966)

Après l'injection des éléments radioactifs s'ensuit leur détection au moyen d'un détecteur. Ce détecteur est utilisé à marée basse, il agit à courte distance et réglé sur une détection à 50 KeV, agissant à 2cm du sol. Les mesures d'angles et de trajet de détection sont enregistrées par la machine.

### γ) Traitements des données

Pour l'étude réalisée au Nord de Hauteville, l'ensemble des mesures prises sont reportées sur une carte. Les éléments dont la radioactivité est identique sont reliés ensemble, cela forme des courbes (Fig.41).

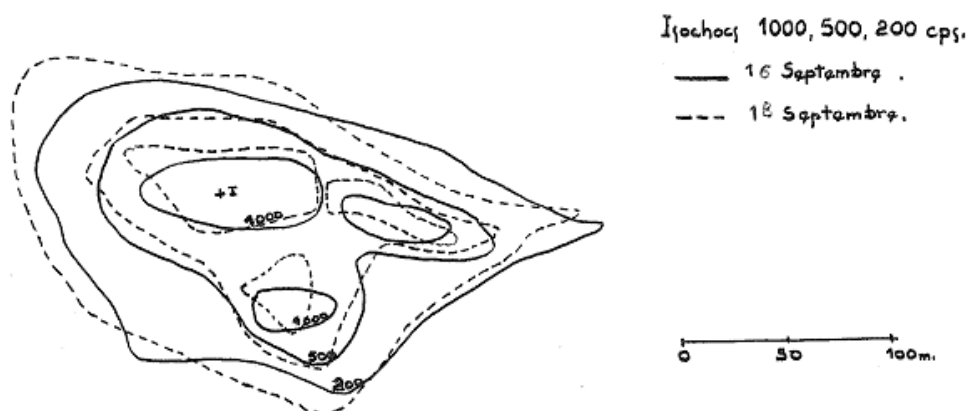


Figure 41 : Comparaison des positions des traceurs radioactifs au date du 16 et 18 septembre 1966 (COURTOIS, 1966)

A ce stade des interprétations peuvent être tirées.

## 2) Méthodes réalisées en laboratoire

### a) Cartographie ou photographie

Le but de cette méthode est d'établir des comparaisons entre des cartes ou photographies d'années différentes pour montrer l'évolution du littoral.

Après avoir choisi des cartes types IGN ou photos aériennes, en s'assurant d'avoir la même échelle, le travail de comparaison peut s'effectuer. Il est ainsi possible de montrer comme pour la carte de Gallien (1971) un changement du lit de la Sienne entre les années 1947 et 1969 (*Fig.42*). Ceci va influencer sur l'érosion du littoral.

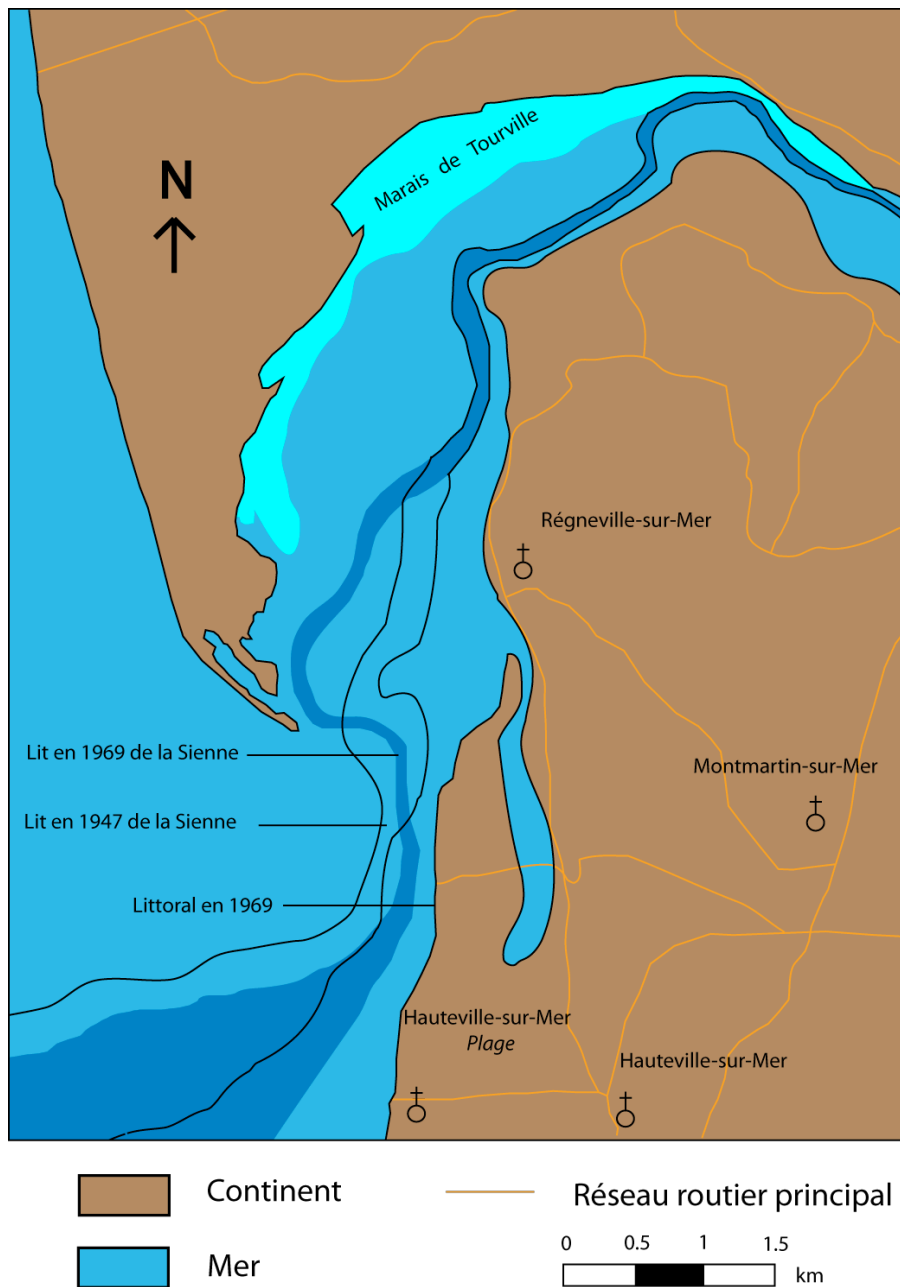


Figure 42 : Evolution du littoral pendant la période de 1947 à 1969  
(Echelle d'origine : 1/20 000<sup>ème</sup>) (GALLIEN, 1971)

### b) Photo interprétation

Il faut réclamer des photos dites d'interprétation à des organismes comme l'Institut Géographique National (IGN), après avoir précisé le secteur d'étude.

Ces photos sont prises d'un avion ou un satellite, qui se situe à la verticale du secteur étudié. Après développement, la photo du secteur, généralement en noir et blanc, est scindée en trois dont les bords se superposent. Cette décomposition permet de voir en trois dimensions en utilisant des lunettes spéciales : le stéréoscope. (PROUDHON, 2009)

Ainsi il est possible d'observer la morphologie comme les dunes, l'hydrographie, les rides de courant,... qui seront mit en valeur sur un calque kodatrace. Des interprétations sont ensuite établies. Par exemple en connaissant la direction des rides de courant, la direction des courants de marée peut être extrapolée.

Cette méthode est généralement utilisée avant d'aller sur le terrain car elle donne un aperçu des structures géologiques. C'est un bon moyen d'interpréter le phénomène d'érosion de la plage.

### c) Maquette

Cette étude sur modèle réduit permettra de connaître les phénomènes d'érosion qui ont lieu sur le littoral d'Hauteville-Montmartin.

Le secteur d'étude, la Baie de Sienne, est délimité par le Sud du Havre de Regnéville avec l'extrémité de la Pointe d'Agon jusqu'à Hauteville. L'échelle de la maquette est de 1/250° en plan voisine et 1/100° en hauteur.

La partie Nord du Havre de Regnéville est modélisée par une cuve à eaux dont le débit est variable. Un générateur de marée et de courant est utilisé pour représenter les variations du niveau de l'eau et les courants. Un autre générateur reproduit la houle en respectant les mêmes changements de directions, amplitudes, périodes,... et leurs fluctuations dans le temps. Quant aux sédiments ils sont représentés par des particules plastiques.

Ainsi les érosions et sédimentations sur le modèle s'effectue de la même façon que dans la nature, dont le tarage du modèle le confirme.

A ce stade l'expérience peut débiter. Il sera ainsi possible de connaître l'évolution future du littoral en étudiant l'influence de la position du chenal de Regnéville sur la stabilité de la plage de Montmartin-sur-Mer. En particulier si une déviation du chenal le long de cette plage n'entraîne pas son surcreusement donc un appel d'apport de sables de la plage de Hauteville.

L'utilisation d'une maquette est utile dans la compréhension des phénomènes de l'érosion. Mais le temps de réalisation est très important. En effet le délai d'exécution, c'est-à-dire la construction du modèle, le tarage, les observations mais en ne tenant pas compte de la recherche de solutions contre l'érosion, est de l'ordre de 6 à 7 mois. De plus cela demande des moyens techniques important donc un coût onéreux. (L.C.H.F., 1978)

Cette expérience a été réalisée en 1982 à Maison Alfort.

#### d) Granulométrie

##### $\alpha$ ) Définition

La granulométrie est l'étude de la répartition des éléments d'une roche selon leur taille. Des classes granulométriques sont définies en fonction d'un diamètre minimale et un diamètre maximale. Pour connaître la granulométrie d'un échantillon il faut compter le nombre d'éléments appartenant à une même classe (FOUCAULT *et al.* 2005).

##### $\beta$ ) Prélèvements des échantillons sur le terrain

La première étape pour la granulométrie est le prélèvement d'échantillons sur le terrain. Etant donné que le secteur d'étude est la plage de Hauteville-sur-Mer, les échantillons sont des sédiments meubles. Ils sont ramassés le long d'un profil perpendiculaire à la plage et choisi selon l'intérêt scientifique. Généralement dès qu'il y a un changement de faciès un prélèvement est établi.

Chaque condition de ramassage doit se faire de la même façon: prélevé à des profondeurs identiques une même quantité de sédiments. Une poignée de sable suffit. Chaque échantillon est numéroté et leurs coordonnées GPS sont répertoriées. Ils sont ensuite placés dans un sac hermétique qui ira au laboratoire.

##### $\gamma$ ) Préparation des échantillons en laboratoire

Une fois les échantillons parvenus au laboratoire, il faut les préparer pour permettre une bonne mesure de la taille des particules. Suivant la méthode d'étude cette étape peut être facultative, c'est le cas pour le tamisage.

Si la méthode est l'utilisation d'un granulomètre laser, alors il est impératif de déshydrater l'échantillon. Le sable est placé dans une cuve dont le thermostat est entre 90 et 100° pendant 24h.

Après cette préparation il est possible de commencer à compter le nombre d'éléments dans l'échantillon.

##### $\epsilon$ ) Méthodes pour la granulométrie

Suivant la taille des grains deux méthodes sont possibles. Tout d'abord le tamisage utilisé pour des particules « grossières ». Tandis que le granulomètre laser est préférentiellement utilisé pour des particules plus fines.

##### $\epsilon_1$ ) Le tamisage

Avant de tamiser il est nécessaire de connaître le poids exact de l'échantillon.

L'échantillon est déposé en haut d'une colonne de tamis. Cette colonne est constituée de tamis calibrés dont le diamètre le plus important est en haut et le plus faible en bas. Les diamètres varient de 0.125 à 2.00 mm. Le tamisage se fait généralement à sec (*Fig.43*).

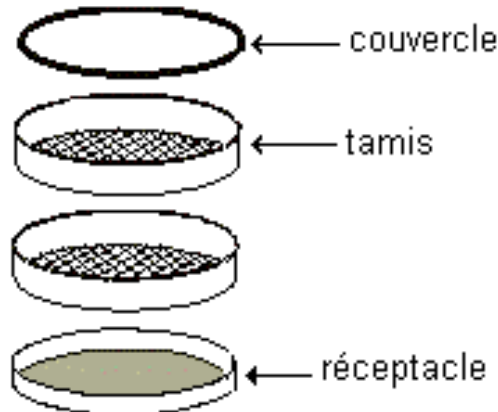


Figure 43 : Organisation d'une colonne de tamis  
(<http://www.la.refer.org>)

Après il faut remuer les tamis pour trier les sédiments suivant leur taille. Il est possible d'utiliser une colonne vibrante.

Dès que l'expérience est terminée il faut peser un par un les tamis pour connaître la proportion d'une classe dans un échantillon.

NB : si le tamisage a été fait avec de l'eau penser à déshydrater chaque tamis avant de les peser.

#### ε<sub>2</sub>) Le granulomètre laser

Cette technique est basée sur la diffraction de la lumière d'un laser. Une faible quantité d'échantillon est placée dans une cuve pour granulomètre laser. LaSalle Beauvais utilise comme granulomètre laser le Mastersizer 2000 de Malvern (*Fig.44*).

Les particules seront projetées sous la forme d'un spray dont le laser éclaire les grains. L'intensité du rayonnement diffracté et l'angle de diffraction dépendent de la taille des grains. Les particules les plus petites ont des angles de diffraction les plus grandes.

Par cette méthode des taches sont obtenues. Elles ont la particularité d'avoir un disque central avec des cercles concentriques de plus en plus atténués. Cette figure dite de diffraction est la tache d'Airy, elle permettra de déterminer la taille des grains. (RHENAPHOTONICS ALSACE, 2009)

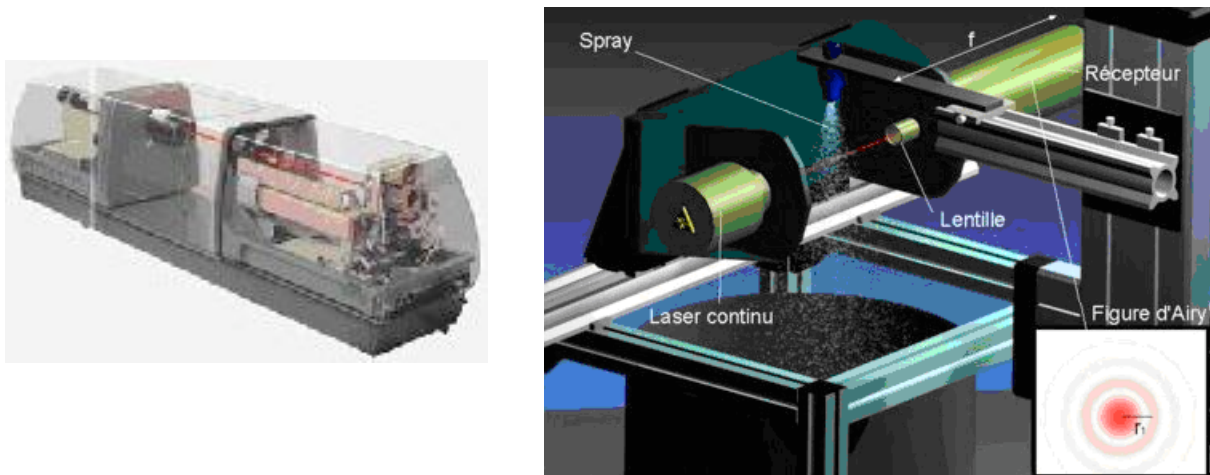


Figure 44 : Granulomètre laser type Mastersizer 2000 de Malvern  
(RHENAPHOTONICS ALSACE, 2009)

La granulométrie laser présente un avantage, celui de la rapidité. En effet il faut quelques secondes pour connaître la taille de milliers de particules présentes en même temps dans le faisceau laser.

Les résultats seront donnés grâce à un logiciel informatique.

#### ζ) Edition des résultats

Des valeurs sont ainsi obtenues, c'est le cas pour l'étude de novembre 1958 réalisé par le Laboratoire Central d'Hydraulique de France (L.C.H.F) sur les sédiments de la plage d'Hauteville. Ils ont obtenus les résultats suivants :

- diamètre moyen du grain sur l'estran : 0,23 mm (déciles extrêmes 0,14 et 0,50 mm)
- diamètre moyen du grain sur la haute plage : 0,19 mm (déciles extrêmes 0,14 et 0,25 mm)
- diamètre moyen du grain dans les dunes : 0,19 mm (déciles extrêmes 0,13 et 0,27 mm)

De plus il a été constaté que sur la haute plage et dans les dunes : les éléments contiennent 80 à 85% de particules détritiques.

Sur l'estran les éléments contiennent 70% particules détritiques (éléments coquilliers).

Après l'observation des résultats des interprétations pourront alors être établis sur le phénomène d'érosion, par exemple la taille du sédiment a une influence lors de son dépôt (L.C.H.F., 1978).

Toutes ces méthodes sont utiles dans la recherche de solutions pour la défense contre la mer.

## Conclusion

L'étude bibliographique a permis de poser le problème en expliquant le contexte, qu'il soit géographique, géologique, environnemental ou géopolitique et les enjeux que celui-ci implique. Il est donc possible d'en retirer plusieurs choses.

Pour commencer, il existe une prédisposition à l'érosion du site, de part sa situation géographique, qui connaît un fort taux d'érosion côtière, dû aux fortes tempêtes et à des grandes vitesses de courants marins dans le Nord de la France et d'autre part, de sa géologie, caractérisée par un ancien socle faillé et un estran sableux, et donc beaucoup plus vulnérable à l'érosion. Le littoral est donc un milieu particulier ; fragile et convoité à la fois.

D'autre part, une réponse a pu être apportée à la question de nécessité de lutte contre l'érosion. En effet, des Hommes vivent dans ces lieux et ont des besoins, auxquels ils tentent de répondre par la création d'associations. Une motivation de leur part est notable par la prise en main du problème dont ils font preuve, telle la mise au point de techniques d'étude diverses et variées de ce phénomène d'érosion. Mais une prise de conscience sur l'importance du respect de l'environnement naturel a été faite et il en découle encore une fois la création d'associations.

D'où la naissance d'une dimension géopolitique du problème, le but étant de garder un équilibre entre les besoins humains et le respect de la nature, afin de tenter de satisfaire tout le monde. C'est ce que l'on appelle développement durable.



## Liste bibliographique

### Ouvrages :

- [1] AUGER, C., BARNOUIN, B., 1999. Une nouvelle prise en compte de l'environnement des estuaires français. Recherches marines, Estuaires, n°22. p.2-4.
- [2] BONNOT-COURTOIS, C., CALINE, B., L'HOMER, A., LE VOT, M., 2002. La baie du mont-saint-michel et l'estuaire de la rance. Mémoire 26. Pau : CNRS, EPHE, TotalFinaElf. 256p. ISBN2-901 026-53-2.
- [3] COMMUNAUTE DE COMMUNES DU CANTON DE MONTMARTIN-SUR-MER, 1999. Promenades et Randonnées dans la région de Montmartin-sur-Mer. 1/25000.
- [4] COURTOIS G., 1966. Etude par traceurs radioactifs des transports littoraux entre Hauteville et Regneville (Cotentin). Centre d'Etudes Nucléaire de Saclay (France). Commissariat à l'énergie atomique. 24p.  
XII-Erosion du littoral
- [5] DANGEARD, L., 1951. La Normandie. In : DANGEARD, L. Géologie régionale de la France. VII. Paris : Hermann.241p.
- [6] DELPINE, G., 1922. Transgression de la mer carbonifère. C.R. XIIIème Congrès géol.intern. : Liège.1922. p619-630.
- [7] DORET, F., DUPRET, L., LAUTRIDOU, J.P., HOMMERIL, P. et coll. (1987)- Carte géol. France (1/50000), Feuille GRANVILLE (172)-Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières. Notice explicative par DORET, F., DUPRET, L., LAUTRIDOU, J.P., HOMMERIL, P. et coll. (1988), 56p.
- [8] DORET, F., DUPRET, L., LAUTRIDOU, J.P., HOMMERIL, P. et coll. (1988)-Notice explicative, Carte géol. France (1/50000), feuille GRANVILLE (172)-Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières, 56p. Carte géologique par DORET, F., DUPRET, L., LAUTRIDOU, J.P., HOMMERIL, P. et coll. (1987).
- [9] DUPRET, L., LAUTRIDOU, J.P., PONCET, J., HOMMERIL, P. et coll. (1987)-Carte géol. France (1/50000), Feuille COUTANCES (142)-Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières. Notice explicative par DUPRET, L., LAUTRIDOU, J.P., PONCET, J., HOMMERIL, P. et coll. (1989), 58p.
- [10] DUPRET, L., LAUTRIDOU, J.P., PONCET, J., HOMMERIL, P., et coll. (1989)- Notice explicative, Carte géol. France (1/50000), feuille COUTANCES (142)-Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières, 58p. Carte géologique par DUPRET, L., LAUTRIDOU, J.P., PONCET, J., HOMMERIL, P. et coll. (1987).
- [11] DURIEZ, M., 2004. Inventaire des mouvements de terrain dans le Calvados et la Manche. Etude des rapports entre la pluviométrie, la piézométrie et le déclenchement des mouvements de terrain en Haute Normandie. Rapport de stage en Entreprise : IGAL. 59p.

- [12] FETTER-TURTAUD, N., 1981. Litage et rythme de la sédimentation en domaine estuarien, sur les côtes de la Manche. Thèse pour titre de docteur 3<sup>ème</sup> cycle spécialité Sédimentologie et Géologie des ensembles sédimentaires : Université de Paris Sud Centre Orsay. 211p.
- [13] FOUCAULT A., RAOULT J-F., 2005, Dictionnaire de Géologie. DUNOD, 6<sup>ème</sup> édition. 382 p.
- [14] GALLIEN, 1971, Evolution du littoral pendant la période de : 1947 à 1969. *In* : Travaux de défense contre la mer (Littoral de Montmartin/Mer). Granville (France) : Direction Départementale de l'Equipement et du Logement. Joint au rapport n°833 du 13 janvier 1971. 2p.
- [15] GIRESSSE P., 1966. Contribution des traceurs radioactifs à l'étude de la dynamique des dépôts de l'estuaire de la Sienne. *In* : Cahiers Océanographiques, XVIII, 1. Janvier 1966.
- [16] GOGUEL, J., 1966. Carte géologique à l'échelle 1/80000 de Coutances. Ministère de l'industrie et de l'aménagement du territoire. Ed. BRGM feuille 44,1 notice explicative 8p. et 1 carte.
- [17] GOURCEROL, B., LAFAILLE, C., 2009. L'érosion côtière de Hauteville sur Mer (50). Mémoire d'aptitude en géologie : Institut Polytechnique Lasalle Beauvais. 120p.
- [18] GRAINDOR, M.J., ROBLLOT, M.M., (1966, 3<sup>ème</sup> édition)- Carte géologique détaillée de la France (1/80000), feuille COUTANCES (44)-Paris : Ministère de l'industrie, Service de la Carte Géologique. Notice explicative par GRAINDOR, M.J., ROBLLOT, M.M. (1966), 8p.
- [19] GRAINDOR, M.J., ROBLLOT, M.M., (1966, 3<sup>ème</sup> édition)- Notice explicative, Carte géologique détaillée de la France (1/80000), feuille COUTANCES (44)-Paris : Ministère de l'industrie, Service de la Carte Géologique. Carte géologique par GRAINDOR, M.J., ROBLLOT, M.M. (1966).
- [20] GRESARC (Groupe de Recherche sur les Environnements Sédimentaires Aménagés et les Risques Côtiers), 2002, Evolution récente des profils de plage et du trait de côte (période 1991-2001). *In* : Elargissement de la passe d'entrée du Havre de Regnéville - Creusement d'un chenal Ouest sur le delta de flot - Construction d'un épi à la pointe d'Agon. Caen : GRESARC. p 57-64.
- [21] GUESNON, E., 1958, Cinquantenaire de la plus jeune plage du littoral, P.Bellée, Coutances, 20p.
- [22] IFEN, 1996. L'érosion du littoral, phénomène naturel, doit-elle être contenue à tout prix ? Les données de l'environnement, n°22. P.1-4.
- [23] LARSONNEUR, C., 1971. Manche centrale et baie de seine : géologie du substratum et des dépôts meubles. Thèse de doctorat d'état : Université de Caen. 432p.
- [24] **L.C.H.F. (Laboratoire Central d'Hydraulique de France)**, 1978, Protection de la plage et du front de mer contre les dégradations sous l'effet des houles, 19p.

- [25] LERICOLAIS, G., 1997. Evolution plio-quadernaire du fleuve manche : stratigraphie et morphologie d'une plateforme continentale en régime périglaciaire. Thèse pour obtenir le grade de DOCTEUR spécialité Géologie Marine : Université Bordeaux I. 266p.
- [26] LUTZ P., 2009, Géodésie : Les mesures de la topographie relative par théodolithe, 14p.
- [27] OFFICE DE TOURISME D'HAUTEVILLE-SUR-MER, 2008. Exposition : La petite histoire de Hauteville-plage. Hauteville-sur-Mer. De juin à octobre 2008.
- [28] PASKOFF, R., 1985. Les littoraux : Impacte des aménagements sur leur évolution. Collection Géologie. Paris : Ed. Masson. 183p.
- [29] PREFECTURE DE LA MANCHE, 1928, Arrêté du 10 octobre 1928 fixant l'autorisation de l'Association Syndicale de Hauteville sur Mer a exister.
- [30] PROUDHON B., 2009, Photo-interprétation : Introduction, 34p
- [31] SHOM, 1994. La lettre du S.H.O.M. (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine), aux navigateurs, n°11, décembre 1994, p 6-8.
- [32] WOPPELMANN G., ALLAIN S., BAHUREL P., LANNUZEL S., SIMON B., 1999. Zéro hydrographique : vers une détermination globale. Revue XYZ, Nr. 79, 2<sup>e</sup> trimestre 1999, p 27-34.

#### Sites informatiques :

- [1] BALLAY A., SIMON B., WOPPELMANN G., 2002. Détermination du zéro hydrographique dans un système de référence terrestre mondial. /n : VII<sup>èmes</sup> Journées Nationales Génie Civil-Génie Côtier. 15-17 mai 2002, Anglet, France. Google Scholar.
- [2] LES MAREES, LA MER A BOIRE ? Glossaire-Tout sur les marées. Date de consultation : 4 janvier 2010. Disponible sur : <http://marees.free.fr/glossaire.html>.
- [3] IFREMER, 2010. Milieu. /n : Ifremer environnement. Votre région. Basse Normandie [en ligne]. Date de mise à jour : 21/02/2008. Disponible sur : [http://wwz.ifremer.fr/envlit/region/basse\\_normandie/milieu](http://wwz.ifremer.fr/envlit/region/basse_normandie/milieu)
- [4] RHENAPHOTONICS ALSACE, 2009. Site de Rhenaphotonics Alsace [en ligne] Date de consultation 3/11/2009. Disponible sur <http://www.rhenaphotonics.fr/granulometrie-laser.php>
- [5] SHOM, 2000. Océanographie/Marée. In : SHOM [en ligne]. Date de mise à jour : 20 avril 2000. Disponible sur : <http://www.shom.fr/>