



Ministère de l'Industrie,
de la Poste et des
Télécommunications



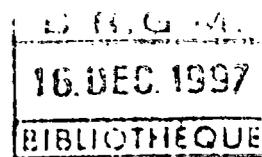
Analyse de la vulnérabilité à l'érosion du site de Saint-Pierre-en-Port (Seine-Maritime)

*Approche géologique des falaises, de l'arrière-pays immédiat
et de l'estran*

Lettre de commande n°1997-34200723

Septembre 1997

R 39751



BRGM
SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL
Service Géologique Régional Haute-Normandie
10, rue Sakharov 76130 MONT-SAINT-AIGNAN - Tél. : (33) 02.35.60.12.00

*Analyse de la vulnérabilité à l'érosion du site
de Saint-Pierre-en-Port (Seine-Maritime)*

*Approche géologique des falaises, de l'arrière-pays immédiat
et de l'estran*

Lettre de commande n°1997-34200723

Septembre 1997

R 39751

Mots clés : Falaises, Erosion, Fracturation, Eboulement, Evolution du Trait de côte, Protection du Littoral, Craie, Formations de pente, Altération, Argiles à silex, Seine-Maritime, France

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante : (1997) - Analyse de la vulnérabilité à l'érosion du site de Saint-Pierre-en-Port (Seine-Maritime). Approche géologique des falaises, de l'arrière-pays immédiat et de l'estran. Rap. BRGM R39 751.

© BRGM, 1997 : ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM

Synthèse

Le Service Géologique Régional de Haute-Normandie (BRGM) a été chargé par Monsieur le Président du Conseil Général de la Seine-Maritime de réaliser, en concertation avec les services de la DDE maritime (Dieppe), une mission d'étude concernant le site de Saint-Pierre-en-Port. L'objectif assigné au BRGM est de faire un état des lieux des falaises, de la frange littorale bâtie et de l'estran sous l'angle géologique, géomorphologique et hydrogéologique.

Deux problèmes distincts se posent sur le site de la valleuse de Saint-Pierre-en-Port :

1. - la **préservation d'un cordon de galets** afin de conserver au site son caractère touristique ;
2. - la **dégradation de la falaise, en pied et en sommet**, qui est susceptible d'affecter directement plusieurs habitations et de menacer toute présence humaine sur la plage.

Les ouvrages de défense réalisés depuis plus de 25 ans n'ont pas été en mesure d'apporter une solution pérenne à ces deux problèmes.

Le premier problème – *la préservation du cordon de galets* – se heurte à un double handicap :

- d'une part, le potentiel de production des galets est limité par la jetée ouest du port de Fécamp qui interrompt le transit des galets du sud-ouest vers le nord-est le long de la Côte d'Albâtre ; le casier hydro-sédimentaire est alors limité à quelque 10 km de côte crayeuse (hauteur moyenne 70 m) recouverte d'argiles à silex (4 à 10 m) ;
- d'autre part, au sein de ce casier hydro-sédimentaire il existe un appauvrissement très important du stock de matériaux disponibles à Saint-Pierre-en-Port, suite à des éboulements en masse (*les Chiens*) contemporains sur le littoral de Senneville et Életot, qui jouent désormais le rôle d'épis naturels ; de plus, le cordon de galets de Saint-Pierre-en-Port a été exploité (carrière de galets) jusqu'au début des années 70 ; une analyse détaillée tend à montrer que seuls 750 m linéaires de falaises sont directement productifs pour les galets du cordon de Saint-Pierre-en-Port . Dans ces conditions, l'épi actuel – bien que se dégradant à la base – apparaît suffisant pour maintenir un certain volume de galets.

Le second problème – *la dégradation de la falaise, en pied et en sommet* – est dû aux agents « classiques » qui affectent un tel milieu. A Saint-Pierre-en-Port, des paramètres propres au site viennent amplifier l'évolution naturelle :

- le pied de falaise est constitué d'une craie marneuse très tendre et affectée de nombreux sous-cavages ;

- les formations de recouvrement (colluvions) dans l'axe de la vallée sont particulièrement épaisses ;
- l'activité anthropique a conduit à des déséquilibres du système naturel, en dégradant la craie de la microfalaise (ancien casino) et en reportant les attaques érosives de la mer sur certains points (anciens et actuels aménagements de défense) ;
- le cordon de galets, protection naturelle du pied de falaise, est peu développé.

Les ouvrages longitudinaux (perré) sont à proscrire ; le perré de 200 m des années 70 a sans doute eu des effets très néfastes. Placés trop en avant, ils conduisent à une érosion accélérée en bordure des ouvrages ; trop verticaux, ils perturbent le profil de plage et modifient la répartition des galets.

Les enrochements conduisent à terme à déséquilibrer le profil d'érosion des falaises (en protégeant très temporairement le pied de falaise) et risquent de favoriser des glissements en masse sur les pentes formées de colluvions.

De nouveaux ouvrages de défense contre la mer paraissent inutiles. Nous insistons sur la nécessité de mettre en place un suivi global de l'évolution du système côtier (falaises et galets) sur la Côte d'Albâtre.

Table des matières

I. LES DONNEES DE BASE.

1. Introduction	9
2. Localisation géographique	11
2.1. Situation administrative	11
2.2. Espace géographique	11
2.3. Contexte climatologique	11
3. Interface terre-mer	14
4. Structure géologique	16
4.1. Données cartographiques de base	16
4.2. Données de la Banque du Sous-Sol (B.S.S.)	16
4.3. Données hydrogéologiques.....	18
4.4. Nouvelles données cartographiques.....	20
4.4.1. <i>Lithologie du substratum crayeux</i>	20
4.4.2. <i>Lithologie des formations d'altération et de recouvrement</i>	21
4.4.3. <i>Structure du substratum crayeux</i>	21
5. Géomorphologie de la falaise	26
5.1. Les falaises du sud-ouest (A).....	26
5.2. Les falaises sous-cavées dans la partie ouest de la plage (B)	26
5.3. Les falaises dans l'axe de la vailleuse (C).....	26
5.4. Les falaises du perré jusqu'à l'épi (D)	27
5.5. Les falaises au-delà de l'épi (E)	28
6. Analyse de l'estran	30
7. Positionnement dans la dynamique locale	32
7.1. Données générales	32
7.2. Tentative de quantification	33
8. Diagnostic du système de défense	38
9. Caractéristique de l'occupation socio-spatiale	39

II. ANALYSE DES RISQUES.

1. Identification des agents d'érosion du trait de côte et de leurs effets	42
1.1. Agents d'érosion du domaine maritime	42
1.1.1. <i>Les vagues</i>	42
1.1.2. <i>Les courants</i>	42
1.2. Les agents d'érosion liés aux eaux continentales	42
1.2.1. <i>Le ruissellement superficiel</i>	42
1.2.2. <i>Infiltration et résurgences d'eau douce</i>	43
1.2.3. <i>Les cours d'eau</i>	43
1.3. Les agents d'érosion d'origine climatique	43
1.3.1. <i>Les pluies</i>	43
1.3.2. <i>Le gel</i>	43
1.3.3. <i>Le vent</i>	44
1.3.4. <i>L'eustatisme</i> ou niveau moyen des mers	44
1.4. Les agents d'érosion d'origine biologique	45
1.5. Les agents d'érosion d'origine anthropique	46
1.5.1. <i>Les aménagements littoraux</i>	46
1.5.2. <i>L'urbanisation</i>	46
1.5.3. <i>L'extraction de matériaux</i>	46
1.6. Les processus d'érosion de la falaise.....	46
1.6.1. <i>Les grandes failles</i>	46
1.6.2. <i>Les plans de glissement</i>	47
1.6.3. <i>Les discontinuités sédimentologiques</i>	47
1.6.4. <i>L'altération au toit de la craie</i>	47
1.6.5. <i>La chute de microblocs</i>	48
1.6.6. <i>La petite fissuration</i>	48
2. Historique de l'évolution du trait de côte.....	49
2.1. Historique et rôle des ouvrages de défense contre la mer.....	49
2.1.1. <i>Exploitation des galets</i>	49
2.1.2. <i>Aménagements</i>	49
2.2. Suivi par photographies aériennes de l'évolution récente	50
2.2.1. <i>Données utilisées</i>	50
2.2.2. <i>Évolution de l'estran</i>	51
2.2.3. <i>Évolution de la falaise</i>	51
2.2.4. <i>Évolution de la vailleuse</i>	51
2.2.5 <i>Evolution de l'arrière-pays et de l'habitat</i>	52

III. LA MAITRISE DES RISQUES.

1. Hypothèse de travaux de défense	54
2. Hypothèse de recul volontaire	55
2.1. Évolution de la falaise.....	55
2.2. Évolution de la vailleuse.....	55
2.2.1. <i>Versant est</i>	55
2.2.2. <i>Versant ouest</i>	57

Figures

Fig. 1 : Localisation de St-Pierre-en-Port (carte IGN à 1/25 000)	10
Fig. 2 : Précipitations moyennes (en 1/10e de mm) sur la période 1991-1996	12
Fig. 3 : Plan de St-Pierre-en-Port et traces des coupes géologiques	13
Fig. 4 : A l'interface terre-mer : la vailleuse de St-Pierre-en-Port.....	15
Fig. 5 : Hydrogéologie du secteur de St-Pierre-en-Port	19
Fig. 6 : Coupe type des falaises de St-Pierre-en-Port.....	20
Fig. 7 : Carte des principaux phénomènes structuraux observables sur la plage de St-Pierre-en-Port.....	23
Fig. 8 : Vue générale des falaises de St-Pierre-en-Port depuis la mer	23
Fig. 9 : Zones les plus dégradées du point de vue structural.....	25
Fig. 10 : Localisation des cinq secteurs de falaises (A à E) commentés dans le texte	29
Fig. 11 : L'estran de St-Pierre-en-Port.....	31
Fig. 12 : Synthèse de l'érosion littorale entre 1830 et 1966	12
Fig. 13 : Zones d'accumulation des galets entre Fécamp et St-Pierre-en-Port	34
Fig. 14 : Relation entre le volume de galets des cordons et la zone de falaises mobilisable	37
Fig. 15 : Caractéristiques d'urbanisme réglementaires du site de la plage de St-Pierre-en- Port	40
Fig. 16 : Zonation de l'érosion sur l'estran	45
Planche couleur 1 : Carte géologique de la région de Saint-Pierre-en-Port	17
Lexique	62
Références bibliographiques	63
Planches photographiques	64

Première partie

LES DONNEES DE BASE

1. Introduction

Le BRGM a été chargé par le Conseil Général de la Seine-Maritime de réaliser, en concertation avec les services de la DDE maritime, une mission d'étude concernant le site de Saint-Pierre-en-Port.

L'objectif assigné au BRGM est de faire un état des lieux des falaises, de la frange littorale bâtie et de l'estran sous l'angle géologique, géomorphologique et hydrogéologique. Une évaluation du dispositif actuel de protection, ainsi qu'un suivi historique du site entrent dans les buts de la présente étude.

Les données de base concernant le site en matière de localisation et de connaissance géologique, géomorphologique, hydrogéologique et hydrodynamique sont réunies dans une première partie qui constitue un « état des lieux ».

Dans une deuxième partie, les différents risques afférents au site sont d'abord identifiés. Un historique du site à partir d'archives photographiques et bibliographiques est réalisé. Ensuite, les effets des principaux agents d'érosion sont analysés.

La troisième et dernière partie concerne la maîtrise des risques. Il s'agit d'envisager l'évolution prévisionnelle du site en l'état actuel ou suite à de nouveaux aménagements.

Les informations de terrain ont été recueillies au cours de différentes missions en date des 4, 6 et 21 août, 9 septembre, 9, 10, 14 (survol aérien) et 29 octobre.

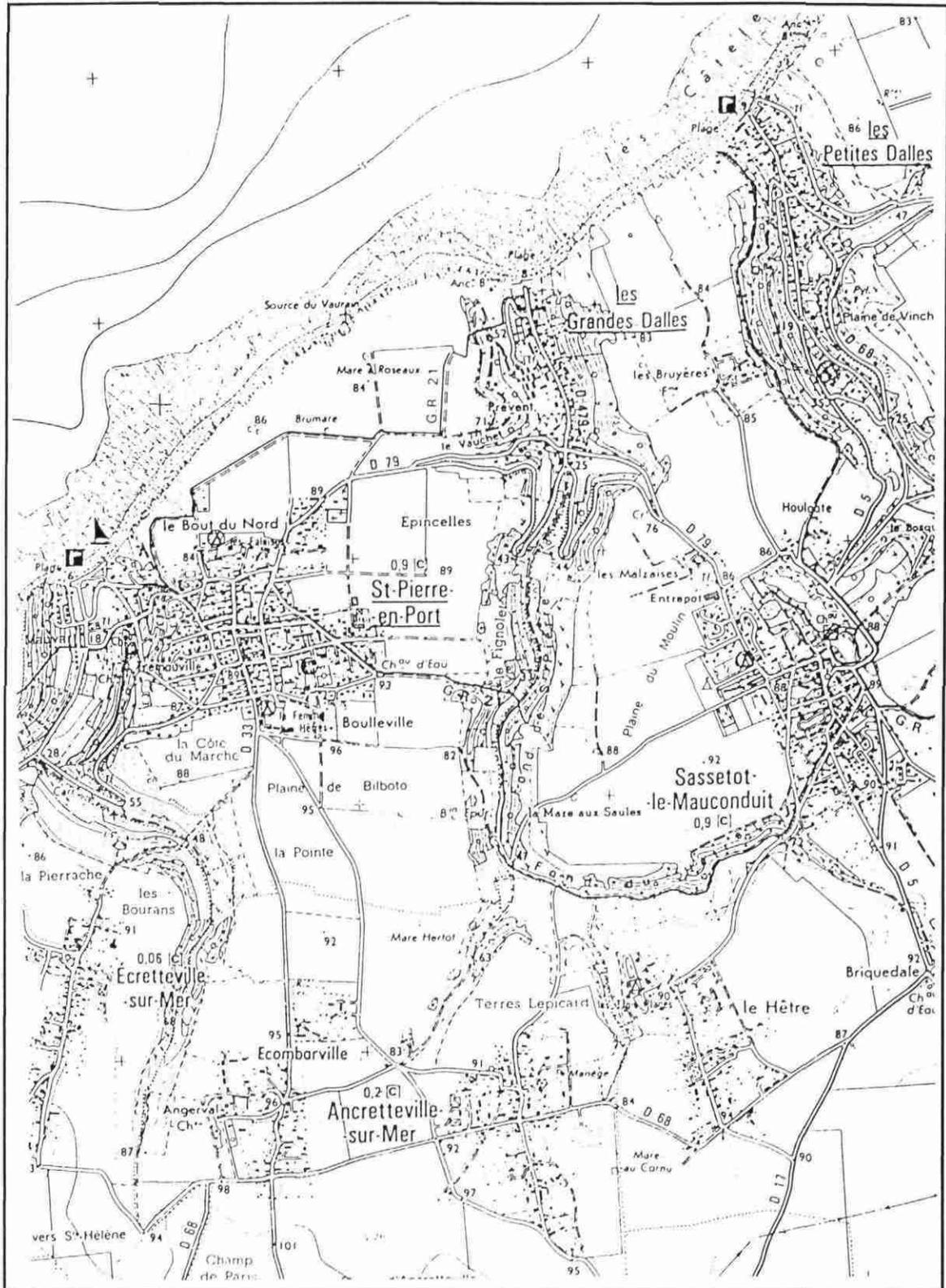


Fig. 1. Localisation de Saint-Pierre-en-Port (carte IGN à 1/25 000).

2. Localisation géographique

2.1. Situation administrative.

La ville de Saint-Pierre-en-Port (canton de Valmont) est située au Nord-Ouest du département de la Seine-Maritime, dans l'arrondissement du Havre (Fig.1).

Le territoire communal est limité à l'ouest par Életot, au sud par Écretteville-sur-Mer et Ancretteville sur-Mer¹, et à l'est par Sassetot-le-Mauconduit.

2.2. Espace géographique.

La ville de Saint-Pierre-en-Port est localisée en bordure du plateau crayeux du pays de Caux et de la Manche. Elle est distante, à vol d'oiseau, de 10 km à l'ENE de Fécamp, 18 km au sud-ouest de Saint-Valery-en-Caux, 44 km à l'WSW de Dieppe, 45 km au nord-est du Havre, 60 km au nord-ouest de Rouen.

Le centroïde de la commune (mairie) a pour coordonnées [Lambert 1] : X = 467,630 ; Y = 1235,650 ; Z = 89 m.

L'agglomération principale de Saint-Pierre-en-Port est constituée par le quartier de Boulleville. Ce dernier est apparu à la suite de l'abandon de l'ancien site portuaire (plage actuelle) jugé trop dangereux. De fait, l'essentiel de la ville est situé sur le plateau culminant vers 90 m. La rupture avec le domaine littoral est franche et s'opère par l'intermédiaire de falaises dont la hauteur varie de 30 à 95 m (vers Életot). La plage de Saint-Pierre-en-Port est située au débouché d'une vailleuse (vallée sèche).

Le hameau des Grandes Dalles (*grandes vallées*) constitue le seul écart important de l'agglomération de Saint-Pierre-en-Port partagé avec Sassetot-le-Mauconduit.

2.3. Contexte climatologique

Le site de Saint-Pierre-en-Port ne possède pas de données climatologiques propres. La station météorologique la plus proche est celle de Fécamp. Les données de Paluel et de Saint-Valery-en-Caux sont également représentatives des principales caractéristiques climatiques du site d'étude.

Fécamp est typique du climat tempéré océanique, d'autant plus qu'il s'agit d'un site côtier. Les températures moyennes annuelles sont assez élevées (environ +11°C), avec des hivers doux (environ +4,5°C en janvier) et des étés frais (environ 17°C en juillet).

¹Noter que ni Ancretteville ni Écretteville n'ont de façade maritime.

Le gel est un phénomène peu fréquent sur la côte. On ne compte en moyenne que 22 jours de gel au Havre répartis de novembre à mars². L'hiver 1995-1996 a été marqué par 14 jours pour lesquels la température moyenne était inférieure à 0°C, avec un minimum de -6,4°C observé en janvier 1996. L'hiver 1994-1995 a été beaucoup plus clément avec seulement 2 jours pour lesquels la température moyenne était inférieure à 0°C (-3°C en décembre 1994).

Les précipitations – essentiellement pluvieuses – sont relativement réparties sur l'année, les mois les plus pluvieux étant ceux d'octobre et de novembre. Une moyenne de 812 mm de pluie a été établie pour la période s'écoulant de 1951 à 1989. Les observations sur la période récente (1991-1996) sont représentatives des fortes fluctuations que l'on peut observer d'une année à l'autre (Fig.2).

Ainsi, les années 1992-1994 ont été plutôt humides, succédant à une période plus sèche ayant débuté en 1989. A partir de 1995, et très fortement accentuée en 1996 (et au début de 1997), la sécheresse s'est installée. L'année 1996 avec seulement 497 mm de pluies est très inférieure à l'année 1976 (650 mm) qui servait jusqu'à présent de référence basse. On note que 1995 a également une pluviométrie très faible (659 mm).

Les pluies annuelles sont réparties sur 172 jours en moyenne à Fécamp.

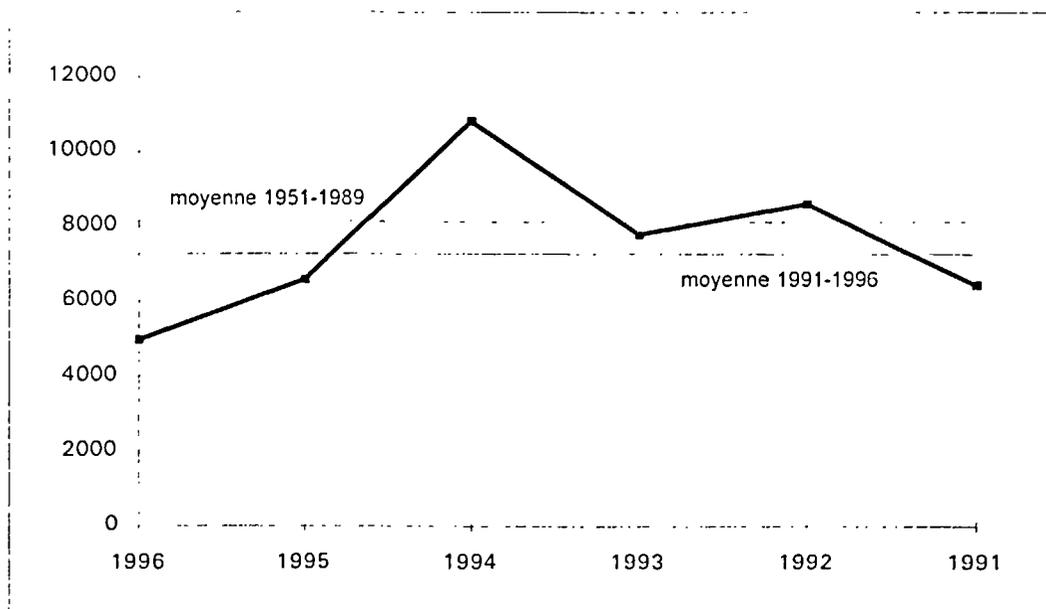


Fig.2. Précipitations moyennes (en 1/10e de mm) sur la période 1991-1996 (Fécamp).

²Entre 1970 et 1978, le jour de gel à Fécamp a oscillé entre 8 et 32 ; la moyenne est de 21, cohérente avec le chiffre moyen avancé pour Le Havre.

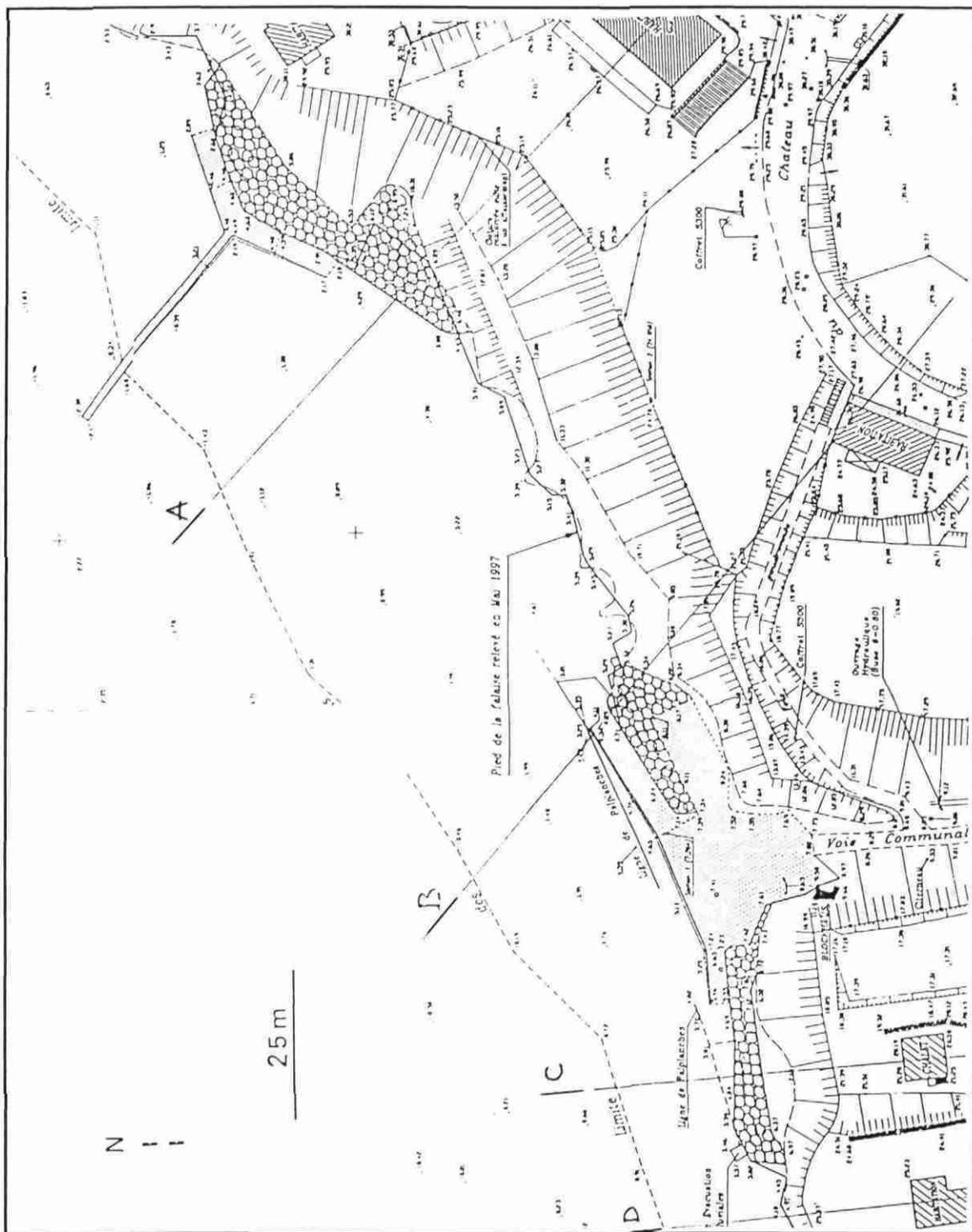


Fig. 3. Plan de Saint-Pierre-en-Port et traces des coupes géologiques (d'après plan topographique S.C.B. Bernard Louis).

3. Interface terre-mer³

Le plateau crayeux est entaillé par de profondes vallées sèches d'orientation nord-sud dans leur partie débouchant sur l'estran (le Haut Mauvart, les Grandes Dalles, les Petites Dalles). Vers l'amont, le bassin hydrographique remonte de 3 à 4 km jusqu'à Clainville (commune de Sainte-Hélène-de-Bondeville) et Ancretteville-sur-Mer (Fig.1).

Les falaises littorales séparent brutalement le domaine terrestre du domaine maritime. Ce dernier est représenté principalement par un cordon de galets de largeur variable dans le temps et dans l'espace (mais globalement ici peu important), et d'un estran rocheux susceptible d'être découvert sur environ 350 m lors des marées de vives eaux. La topographie de l'estran caractérise la trace du lit d'un ancien cours d'eau (Fig.4).

L'arrière-pays immédiat est caractérisé par une forte couverture de sédiments issue du colluvionnement (glissement) sur les pentes. La plupart des habitations est bâtie sur ces formations colluvionnées ou sur des loess peu consolidés. Le sondage de la Banque des Données du Sous-Sol (57-2-2), situé à 200 m à l'ouest de la résidence Pleine Mer, fait état de 6,40 m de formations de recouvrement et d'altération incluant 0,50 m de remblais, 2,95 m de sables, argiles et cailloux, 1,15 m de sable argileux rouge et 1,80 m d'argiles à silex. Cette valeur de 6,40 m est une valeur moyenne, sans doute dépassée dans l'axe de la vailleuse

Le débouché de la vailleuse semble un secteur très sensible. Il convient d'abord de rappeler qu'un ancien site portuaire a été abandonné suite à un événement (glissement de terrain, raz de marée, autre cause ?) remontant vraisemblablement au Haut Moyen Age. La voie communale n°204 qui permet l'accès au perré actuel a été détériorée durant les orages dévastateurs de mai 1983. Le chemin a été détruit sur plusieurs mètres de hauteur, entraînant vers l'estran les canalisations des bas-côtés.

Il n'existe pas de cours d'eau permanent empruntant les vailleuses (*vallées sèches*). De nombreuses sources – dont le débit fluctue en fonction des conditions météorologiques et des marées – apparaissent soit sur l'estran (souvent en limite du cordon de galets et de l'estran affleurant), soit dans la falaise elle-même par le jeu de l'altération karstique.

De part et d'autre de la vailleuse, respectivement vers Életot et les Grandes Dalles, les falaises sont extrêmement dégradées. Les entonnoirs de dissolution se sont vidangés en masse, sans doute en raison des conditions climatiques particulières des dernières années marquées par une alternance de périodes pluvieuses et arides (cf §2.3).

³Cf aussi §5, 6 et 9.

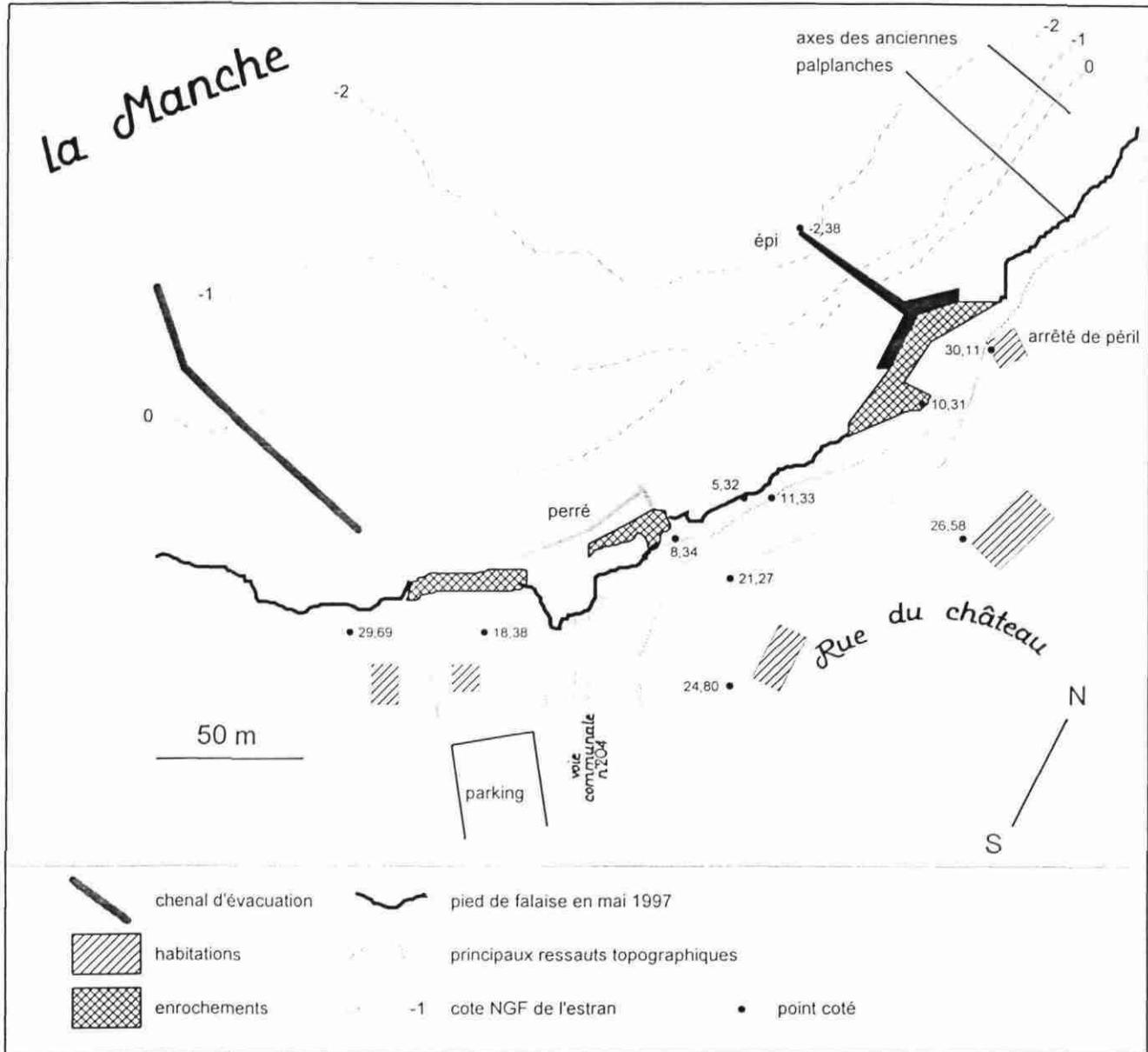


Fig. 4. A l'interface terre-mer : la valleuse de Saint-Pierre-en-Port

4. Structure géologique

4.1. Données cartographiques de base.

Le territoire de la commune de Saint-Pierre-en-Port est couvert en intégralité par la carte géologique à 1/50 000 de Fécamp (n°57, 1969, pl. coul. I) et la carte géologique à 1/80 000 d'Yvetot--Le Havre--Saint-Valery (n°19, 3e édition, 1965), toutes deux éditées par le BRGM.

Les terrains du plateau du Caux sont généralement recouverts de loess (*limons des plateaux*) favorables à l'agriculture.

Le substratum crayeux (falaises et estran) est constitué d'une craie à silex de couleur blanche, parfois jaunâtre attribuée au Sénonien inférieur. Cette craie est décalcifiée dans sa partie supérieure. La formation résiduelle est appelée *argiles à silex*.

Les fonds de vallées sèches sont occupés par des colluvions résultant d'un mélange, au prix de glissement sur les pentes des vallons, des limons des plateaux et des produits de dégradation de la formation d'argiles à silex.

Les marnières (anciens puits d'extraction de craie) ont été nombreuses dans le secteur de Saint-Pierre-en-Port. Elles semblent avoir été préférentiellement foncées dans la craie granuleuse, tendre, que l'on rencontre au sommet des plateaux, aux Grandes Dalles, à Életot, au Hêtre (Sassetot-le-Mauconduit), etc.

Des carrières à ciel ouvert ont été ouvertes dans toutes les vallées, tout particulièrement à l'ouest de Bouleville, aux Grandes Dalles, à Ecretteville-sur-Mer et Ancretteville-sur-Mer.

4.2. Données de la Banque du Sous-Sol (B.S.S.)

Les données collectées dans la B.S.S. permettent de connaître l'épaisseur des formations observées sur le terrain et d'approcher la nature et l'agencement des terrains en profondeur.

Plusieurs forages profonds ont été réalisés dans le secteur de Saint-Pierre-en-Port. L'un d'entre eux (n°57-2-1) a atteint les sables verts de l'Albien à 172 m (*forage artésien des Grandes Dalles réalisé en 1909*).

L'épaisseur des limons est souvent difficile à apprécier dans la zone littorale, car le sommet des falaises montre une limite d'érosion actuelle atteignant les argiles sous-jacentes. Cependant, il est possible d'observer des coupes de 1 à 2 m dans des limons, notamment dans les secteurs où la falaise semble se dégrader rapidement.

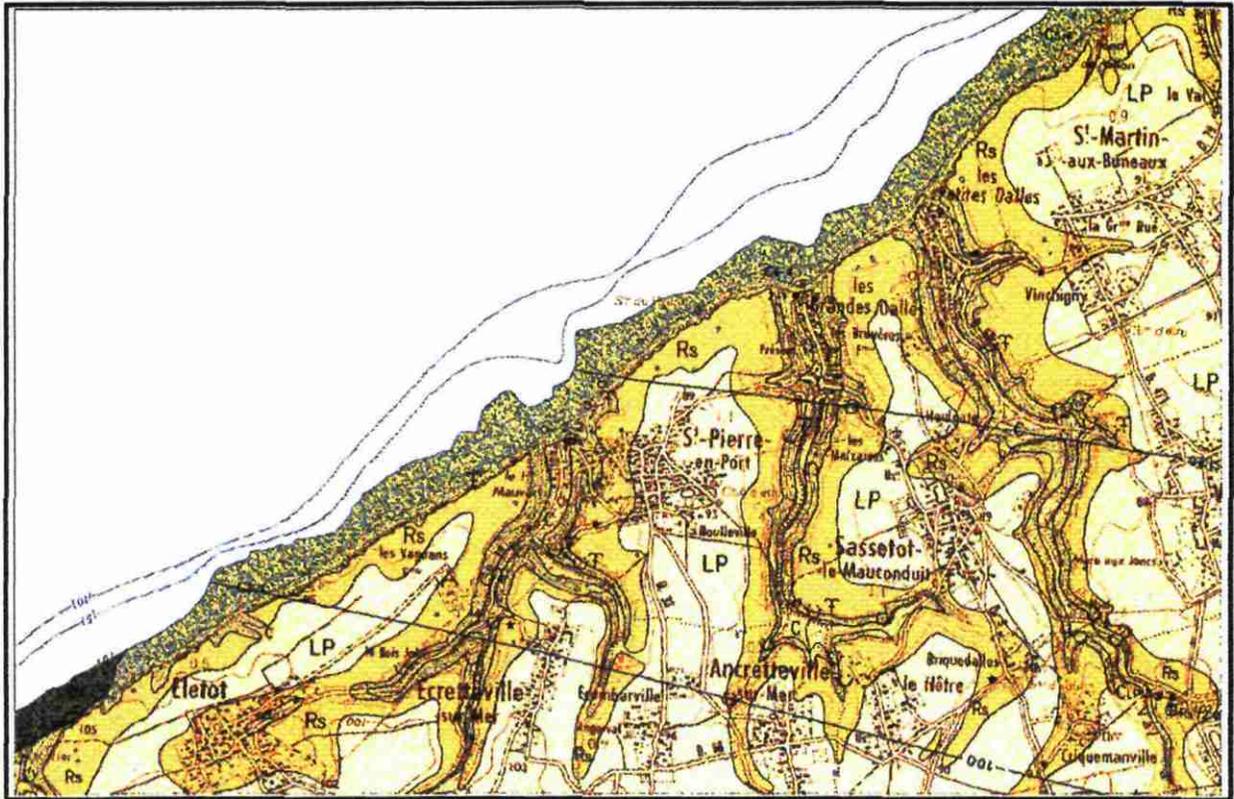


Planche couleur I. Carte géologique de la région de Saint-Pierre-en-Port
(d'après la carte originale à 1/50 000 éditée par le BRGM, feuille Fécamp, n°57)

Légende : LP : limons des plateaux ; RS : argiles (résidus) à silex ; C5-4 (vert clair) :
craie du Sénonien ; C3 (vert sombre) : craie du Turonien

Les argiles à silex ont été traversées par plusieurs sondages. Leur épaisseur varie de 2 à 6 m dans le secteur de Saint-Pierre-en-Port. En falaises, une épaisseur de l'ordre de 4 m est fréquemment observée. Il convient cependant de noter que les poches d'altération dans lesquelles se concentrent les formations résiduelles à silex sont d'ampleur très variable : habituellement de 5 à 30 m.

La craie sénonienne a été traversée sur plus de 38 m au sondage des Grandes Dalles (57-2-1). En dessous, la craie marneuse du Turonien a été rencontrée sur 70 m, puis la craie glauconieuse du Cénomaniens sur 21 m. Les argiles du Gault (Albien) ont été reconnues sur 20 m et le sondage a été interrompu dans les sables verts (Albien), objectif aquifère de la foration.

4.3. Données hydrogéologiques.

Les circulations d'eau aboutissent à de nombreuses résurgences sur l'estran (Fig.5). Ces sources sont concentrées dans les niveaux du Turonien (vers Fécamp). Sur l'estran de craie sénonienne, comme à Saint-Pierre-en-Port, les sources sont moins nombreuses : elles existent cependant au Vaurain (n°57-2-36), ainsi que dans la partie orientale de la plage.

Le débit des sources – compris entre 10 et 100 l/s d'après l'Atlas hydrogéologique de la Seine-Maritime – est en fait très fluctuant. Il dépend des conditions météorologiques, mais aussi de la position marégraphique (coefficient croissant ou diminuant). Les eaux qui ressortent en pied de falaises correspondent au rabattement de la nappe de la craie en bordure littorale ; la cote de la nappe augmente rapidement lorsque l'on aborde le domaine continental (Fig.5). Il est à noter que les eaux observées sur l'estran dans le secteur NE (secteur E des falaises, cf §5) présentaient une forte odeur d'hydrocarbures lors de la mission de fin septembre.

Les eaux peuvent apparaître directement au toit d'un banc crayeux (surtout s'il s'agit de la craie marneuse de base). Les écoulements peuvent aussi être dirigés par des fractures de la craie, auquel cas les résurgences semblent se produire indépendamment de la nature lithologique.

Dans la partie centrale de la vailleuse, les formations colluviales de nature essentiellement argileuse sont propices à un intense ruissellement. Dans ce type de milieu, il est fréquent d'observer des écoulements à l'interface entre les formations superficielles plus ou moins meubles et le sommet des argiles à silex imperméables. Ce phénomène tend naturellement à accélérer l'érosion sur la bordure littorale.

Il convient de rappeler que les aménagements anthropiques ont été susceptibles d'engendrer une perturbation significative du trajet naturel des eaux de ruissellement. Parmi les ruines des fondations du casino, on peut encore voir un canal d'écoulement qui devait drainer les eaux pluviales. Le revêtement imperméable (asphalte) de l'ancienne

promenade en front de mer (actuellement dans le secteur de falaises D) a dû contribuer à la dégradation très particulière (aspect pulvérulent) de la microfalaise sous-jacente, en asséchant durant plusieurs décennies un milieu rocheux qui est naturellement saturé (pied de falaise soumis aux fluctuations de la mer, aux embruns et à la remontée de la nappe par ascension capillaire). Un contentieux s'est produit au début des années 80 (BRGM, 1984) au sujet de l'évacuation des eaux en bordure de falaise sur la propriété Van Lawick.

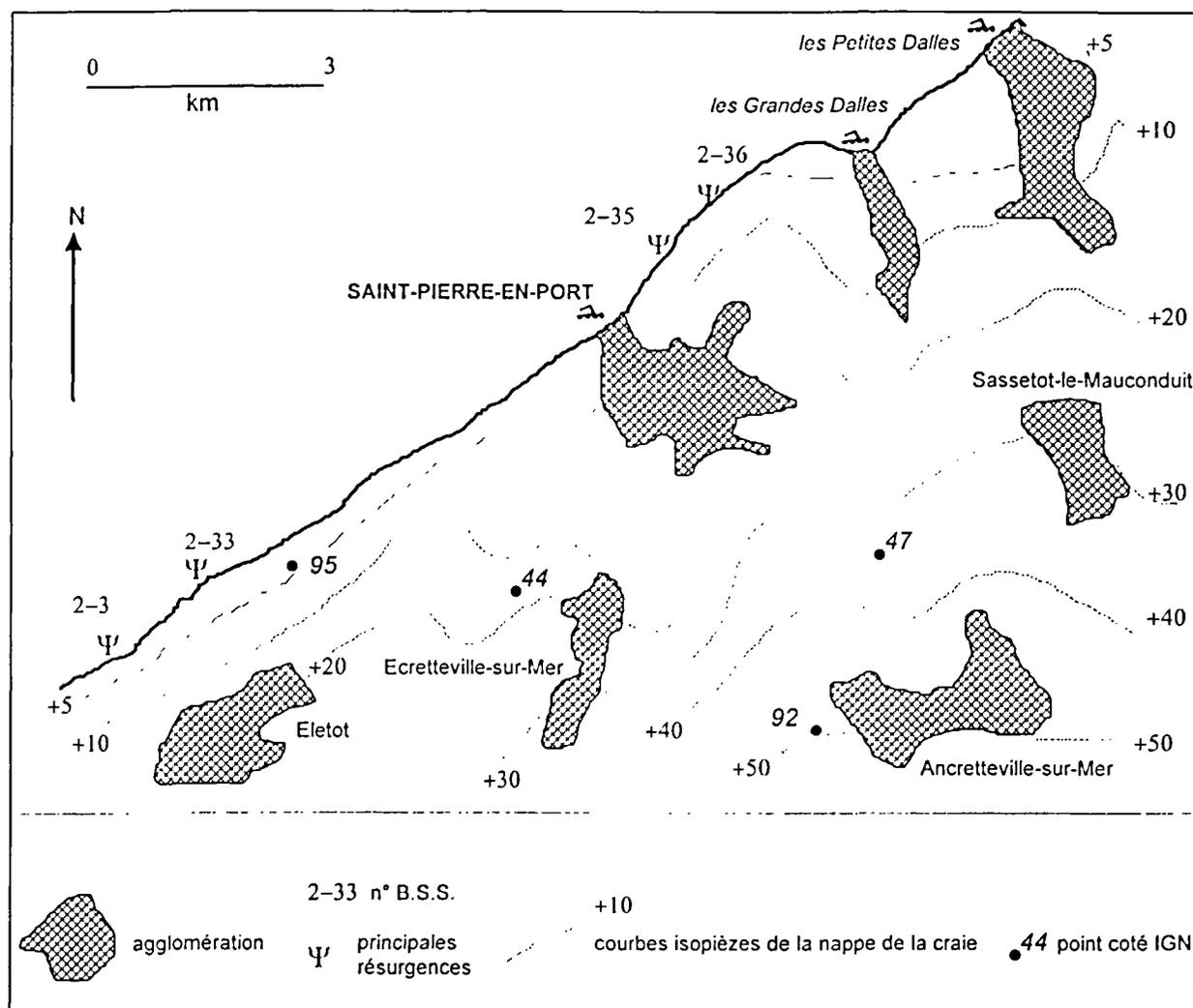


Fig. 5. Hydrogéologie du secteur de Saint-Pierre-en-Port
(d'après l'Atlas hydrogéologique de la Seine-Maritime)

4.4. Nouvelles données cartographiques.

4.4.1. Lithologie du substratum

On distingue deux grands ensembles lithologiques dont la limite constitue un niveau-repère observable dans les falaises de Saint-Pierre (Fig.6) :

- l'ensemble supérieur renferme beaucoup de silex (en bancs continus ou en rognons), les strates crayeuses étant régulières (puissance variable de 0,4 à 0,7 m) ; les silex sont de teinte grise dominante ;

- l'ensemble inférieur est constitué d'une craie moins riche en silex – de teinte noire ou gris foncé – souvent glauconieuse, devenant plus marneuse vers la base ; on distingue notamment un banc de craie jaune qui peut être suivi sur l'ensemble du site ; il est puissant d'une vingtaine de mètres en moyenne.

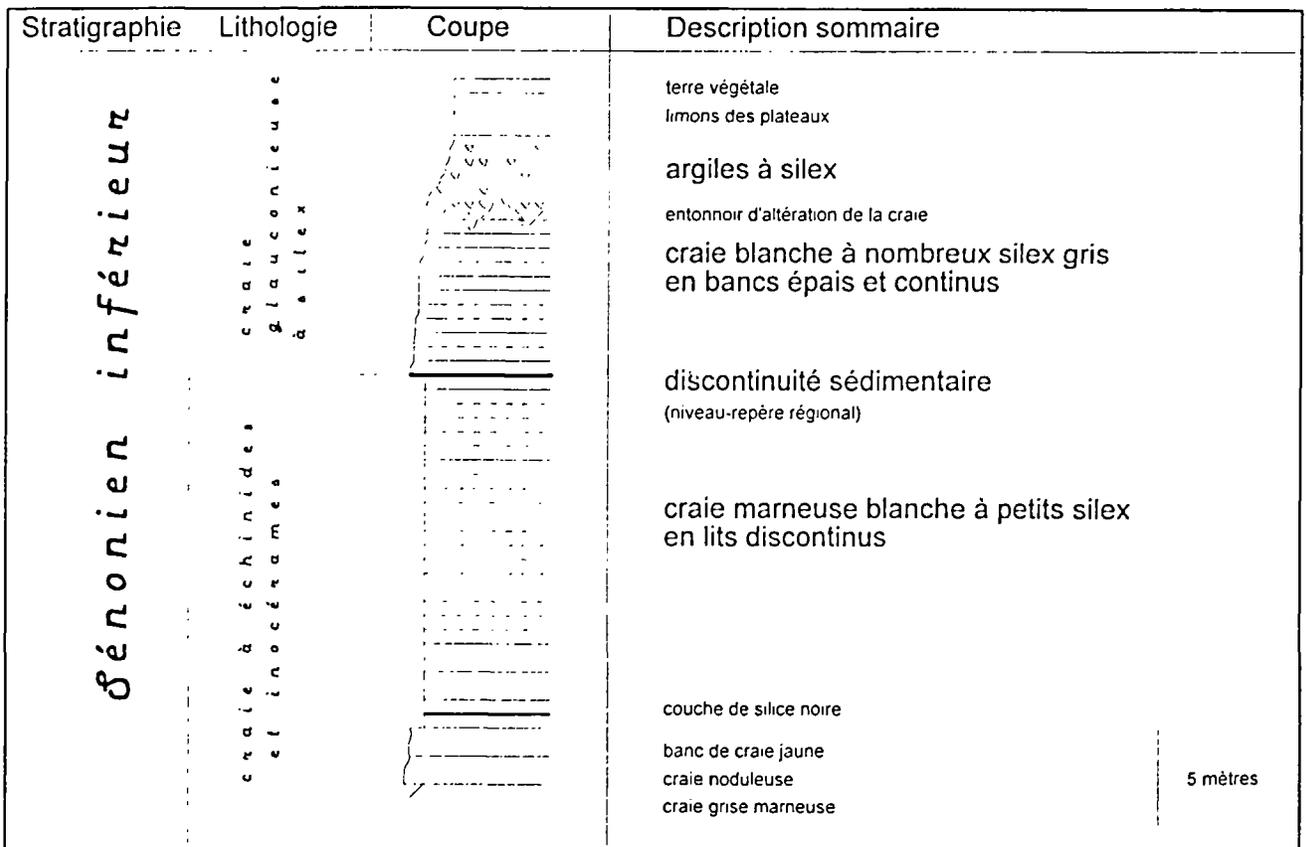


Fig. 6. Coupe type des falaises de Saint-Pierre-en-Port
(cf aussi photographie n°3)

4.4.2. Lithologie des formations d'altération et de recouvrement

Le haut des coupes est occupé par quelques décimètres de terre végétale renfermant d'abondantes traces anthropiques (*déconstruction*) dans les secteurs anciennement habités (casino, valleuse). Cette couche est généralement bien fixée par un couvert de végétaux herbacés.

En-dessous vient une formation très développée en Haute-Normandie : les limons des plateaux. Ces loess, plus ou moins modifiés par une évolution pédologique, forment une couverture quasi continue à la surface du plateau du pays de Caux. Il s'agit d'un dépôt de nature principalement siliceuse avec une composante argileuse ; ils ne sont pas calcaires. Les particules siliceuses sont très fines (de 2 à 50 μm) ; elles ont été transportées par les vents (dépôt éolien) qui balayaient le plateau aride et froid au Quaternaire ancien. La composition des argiles montrent classiquement une répartition égale en kaolinite, montmorillonite et illite. On trouve parfois quelques minéraux lourds éolisés (grains émoussés) comme la silice. Dans les coupes de Saint-Pierre-en-Port, ces limons semblent pouvoir être divisés en plusieurs niveaux ; cependant, le comportement rhéologique de chacun des niveaux ne paraît pas très variable.

Les argiles à silex résultent de la décalcification de la craie. Il en résulte une couche d'argiles (insolubles) riches en silex issue de la dissolution d'une certaine épaisseur initiale de craie. La base de cette formation est irrégulière car elle suit la surface d'altération de la craie sous-jacente. En 3D, cette altération conduit à des poches (entonnoirs) de dissolution qui atteignent fréquemment plusieurs dizaines de mètres de profondeur. L'épaisseur des argiles à silex qui oscille généralement entre 10 et 40 m est toutefois difficile à estimer précisément dans le domaine littoral car la surface du plateau crayeux est fortement érodée. Des entonnoirs d'altération importants sont observables dans les secteurs de falaises massives (secteurs A et E de la figure). Certains d'entre-eux atteignent 12 à 15 m. Lorsqu'ils se vidangent, les entonnoirs évidés forment des zones très instables et rapidement érodées.

Dans l'axe de la valleuse, les formations visibles résultent pour l'essentiel du colluvionnement (glissement) des argiles à silex et des limons. Les coupes montrent des passées de silex se biseautant rapidement dans une matrice principalement argileuse.

4.4.3. Structure du substratum crayeux

Les falaises de Saint-Pierre-en-Port sont affectées par de nombreux phénomènes d'origine structurale. La résultante de ces phénomènes est une dégradation importante du massif rocheux qui se traduit fréquemment par des effondrements plus ou moins volumineux (Fig.7).

Les failles principales (N000 et N110N80⁴) contrôlent étroitement les phénomènes de sous-cavage (secteur B notamment). Dans la partie interne de la valleuse, les incisions sont plus arrondies et moins profondes, mais l'analyse structurale permet d'attribuer à des fissures peu exprimées dans la craie altérée ces attaques préférentielles des microfalaises.

Le massif rocheux est particulièrement dégradé par la présence de fractures ou de diaclases très denses. L'écart interfractural⁵ tend à augmenter au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'axe de la valleuse. De même, les diaclases observées au niveau de l'épi ont tendance à se rapprocher de l'horizontale lorsque l'on se dirige vers la plage (secteur D de la Fig.10).

Ce schéma illustre un phénomène bien connu en géomorphologie structurale : la décompression des fractures dans l'axe d'une valleuse (Fig.8, d'après photographie n°13). Globalement on distingue trois zones :

- les falaises massives situées vers Életot et les Grandes Dalles, affectées de fractures verticales sur toute la hauteur ; de nombreux entonnoirs de dissolution de la craie se sont vidangés récemment (période 1995-1997) ;

- les falaises intermédiaires (secteurs A et E de l'analyse géomorphologique des falaises §5) qui présentent des fractures souvent légèrement obliques (pendages de 65 à 80°), qui semblent s'interrompre au niveau de la discontinuité sédimentaire majeure ; les entonnoirs de dissolution de la craie y sont beaucoup moins développés, voire inexistantes ;

- l'axe de la valleuse formé de craie très altérée qui n'enregistre pas bien la fracturation ; il s'agit d'une zone de percolation importante des eaux, ce phénomène contribuant à la dégradation générale.

Il semble exister une relation entre la présence des ouvrages de défense et des incisions préférentielles. Ainsi, au NE de l'épi et au SW du perré actuel, la base de la falaise (lithologie marneuse très favorable) est attaquée (Fig. 7).

⁴N110N80 signifie que la faille possède une direction (ou azimut) de 110° par rapport au nord et que son pendage est de 80° vers le nord.

⁵distance entre deux failles de même azimut

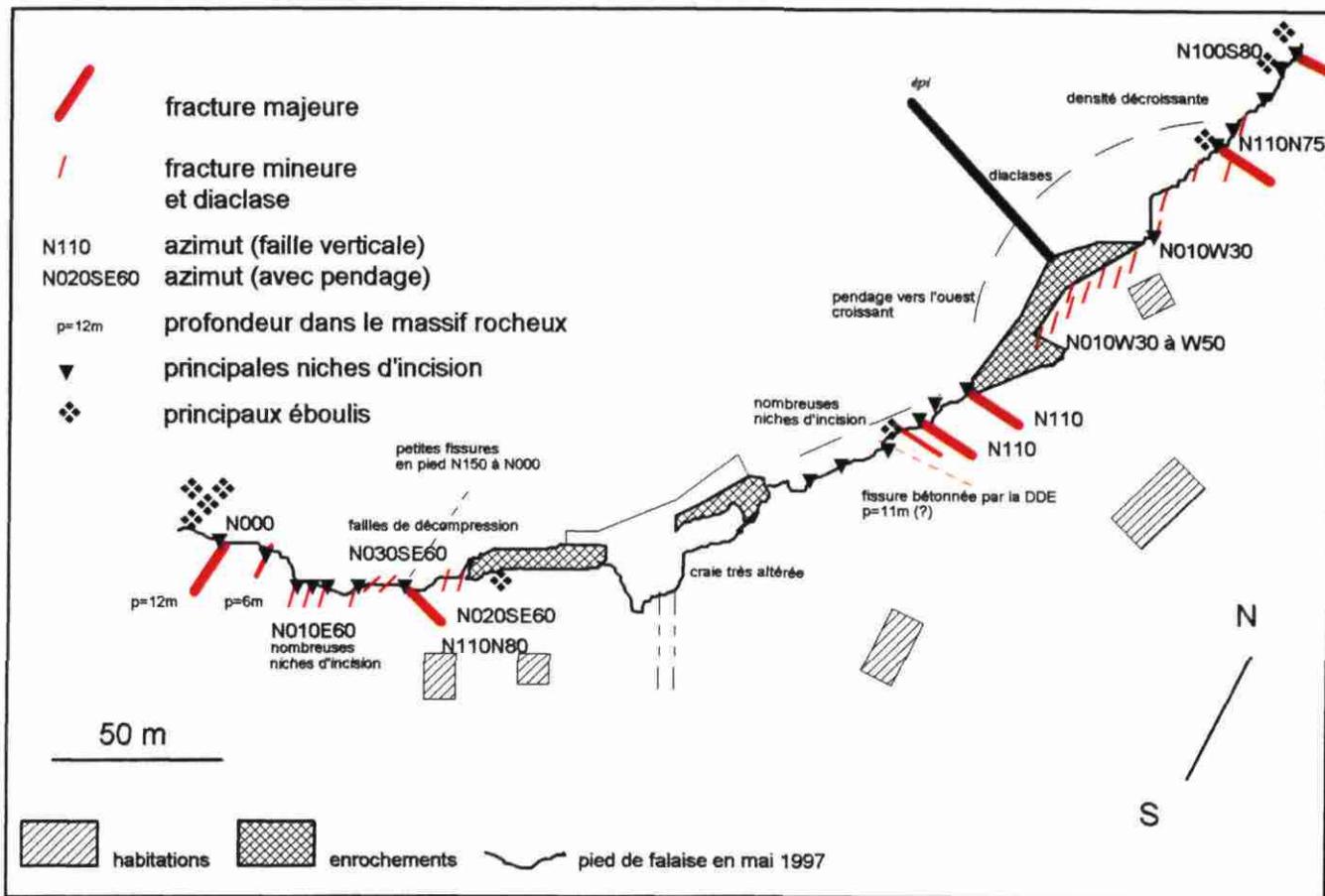


Fig. 7. Carte des principaux phénomènes structuraux observables sur la plage de Saint-Pierre-en-Port

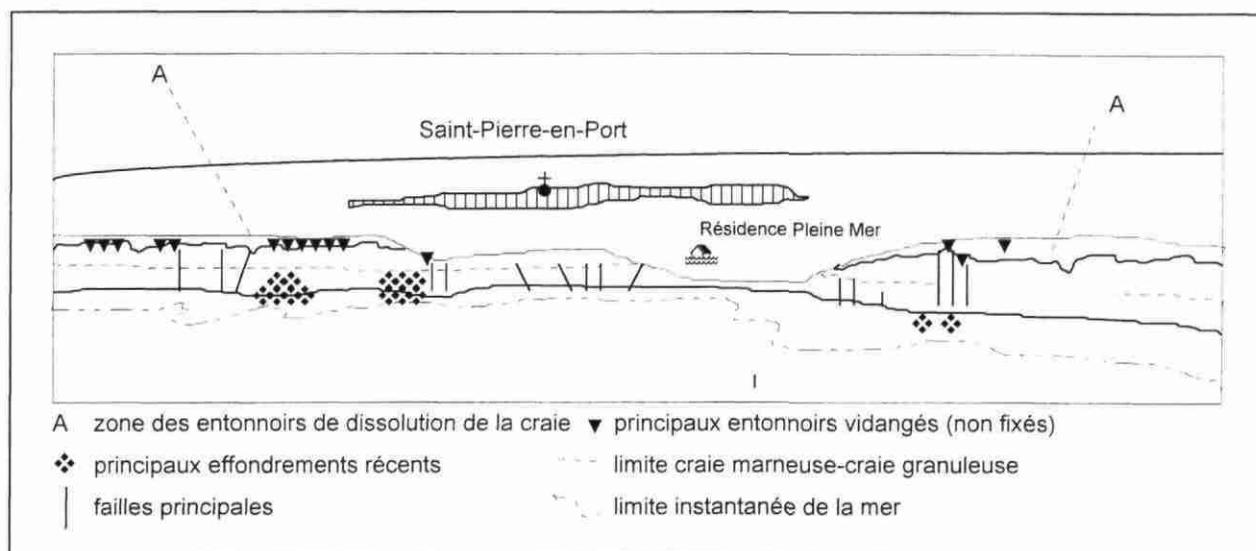


Fig. 8. Vue générale des falaises de Saint-Pierre-en-Port depuis la mer (d'après un cliché aérien du 14 octobre 1997)

En conclusion de ce paragraphe consacré aux aspects structuraux, il apparaît que plusieurs secteurs de falaises sont fortement dégradés (Fig.9). Les raisons de cette dégradation peuvent être déduites de l'étude structurale et lithologique du site.

L'exemple de Saint-Pierre-en-Port illustre bien le fait que les ouvrages de défense (perré, épi, enrochements) ne sont pas en mesure de résoudre les problèmes posés. En effet, la dégradation du massif rocheux est un phénomène inéluctable et combine une action en pied de falaise (*fractures ouvertes*), mais aussi une action en sommet de falaise (*vidange des entonnoirs*). Ces deux aspects sont le plus souvent contrôlés par la structure du massif rocheux.

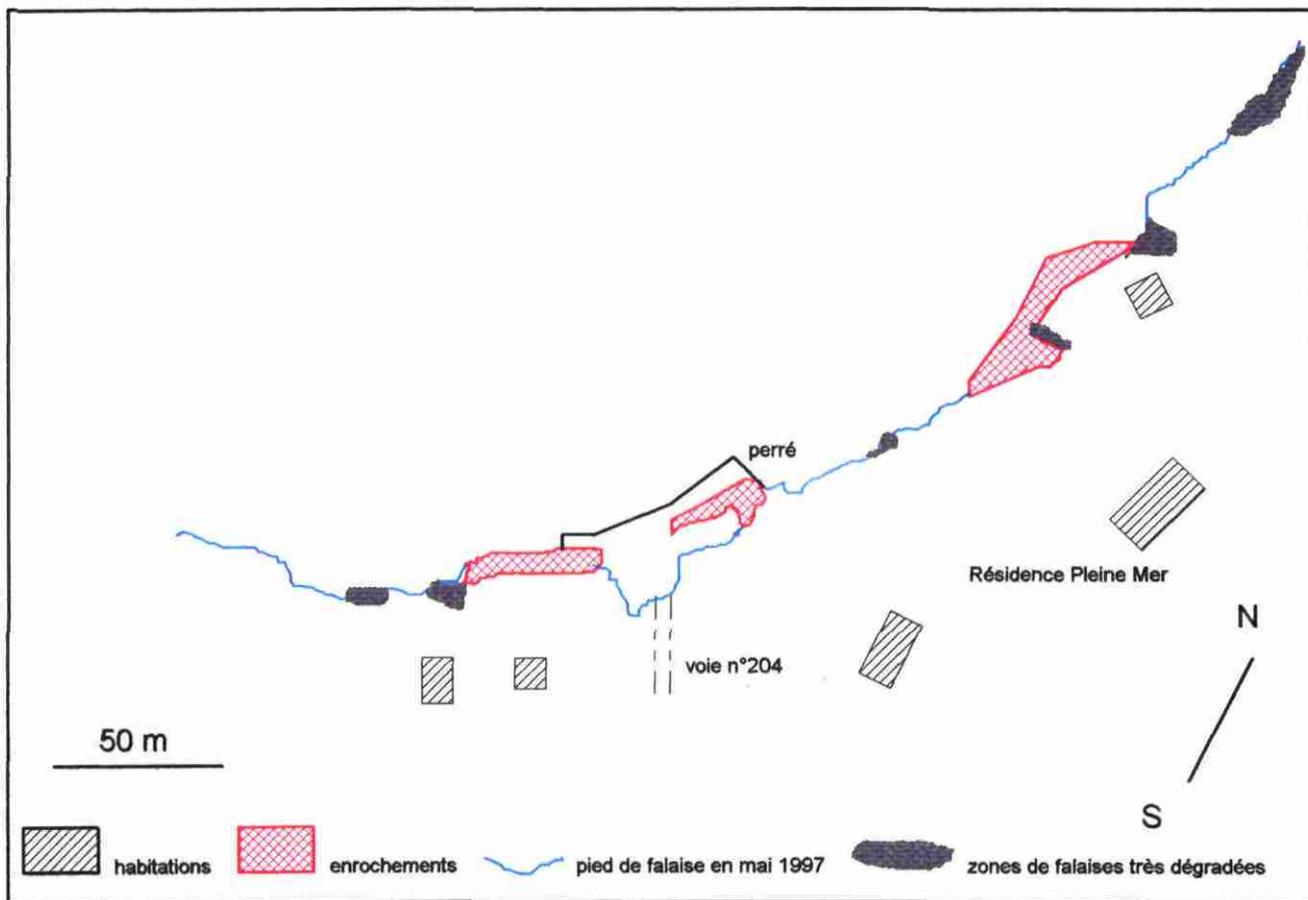


Fig. 9. Zones les plus dégradées du point de vue structural.

5. Géomorphologie de la falaise

Les falaises de Saint-Pierre-en-Port sont du type à abrupts superposés en raison de leur nature lithologique variable du pied (craie marneuse tendre à rognons de petits silex épars) au sommet (craie granuleuse armée par des lits de silex continus). Le pied de falaise est puissamment entaillé sur les 4 premiers mètres

Les falaises de Saint-Pierre-en-Port peuvent être divisées en cinq secteurs référencés de A à E sur la figure 10 (*cf aussi photographie n°13*) :

5.1. Les falaises du sud-ouest (A). *Cf Photographies n°1 et 3.*

Elles s'élèvent rapidement jusqu'à une hauteur d'environ 50 m au niveau de l'avancée maximale visible depuis la plage ; elles offrent la coupe-type des deux formations crayeuses du Sénonien inférieur.

Le recouvrement loessique y est quasi inexistant ; au contraire, les poches d'altération de la craie, toujours contrôlées par des failles, peuvent y présenter une extension importante (5 à 10 m). Les pentes de l'arrière-pays immédiat sont boisées.

5.2. Les falaises sous-cavées dans la partie ouest de la plage (B). *Cf Photographies n°1 et 5.*

Ces falaises sont situées à l'est des précédentes. Elles marquent un abaissement de la hauteur moyenne (30 à 45 m), mais elles sont toujours relativement massives et affectées de grandes fractures subverticales.

En pied de falaise, la fracturation entraîne un important sous-cavage qui peut atteindre 10 à 12 m de profondeur dans les portions directement accessibles (photographie n°5). Il est probable que de telles galeries naturelles se prolongent dans le massif crayeux par des failles ouvertes et des conduits de type karstique. Ces falaises peuvent en outre présenter un recouvrement loessique d'épaisseur métrique.

5.3. Les falaises dans l'axe de la valleuse (C). *Cf Photographies n°1 et 4.*

Ce secteur correspond au-dessous des habitations situées dans le prolongement du parking, ainsi qu'au versant nord-oriental de la valleuse en arrière du perré actuel.

Les falaises sont encore plus basses que les précédentes (10 à 25 m) et présentent un recouvrement plus important d'argiles à silex (ici presque uniquement composées de silex) et de formations récentes. La hauteur de la falaise s'abaisse encore du côté oriental de la vailleuse (environ 8 m).

La coupe-type observée au débouché de la voie communale n°204 (côté ouest) montre de bas en haut (cf photographie n°8) : 2,5 m de craie à silex très altérée, 2 m de silex (argiles à silex) et 5 m de loess dont la base est marquée par des phénomènes de microtaffonisation (formation de cavité). A 25 m plus à l'ouest, les loess forment une vaste poche d'accumulation de 6 m de profondeur sur 4 m de craie altérée et de silex.

Au pied de cette portion de falaise existent des enrochements (blocs de quartzites) et un perré dont la plate-forme permet l'accès à des véhicules motorisés.

5.4. Les falaises du perré jusqu'à l'épi (D). Cf Photographies n°2 et 7.

A partir de l'extrémité orientale du perré jusqu'à l'épi, la portion de falaise est caractérisée par des ressauts topographiques. La partie orientale a été occupée jusqu'en 1945 par le bâtiment du casino dont on voit encore une partie des fondations. Une promenade recouverte d'asphalte recouvrait le dessus de la falaise basse (visible sur les photographies de l'entre deux-guerres).

A la base, il existe une micro-falaise constituée de craie fortement altérée au sein de laquelle ne sont conservés que les repères lithologiques majeurs (couches de silex). La hauteur de la falaise varie de 6 à 7 m. La craie est attaquée en pied par des niches d'érosion dont l'ouverture est large de 1,5 m environ ; la hauteur de ces niches varie entre $\frac{1}{3}$ et $\frac{2}{3}$ de la hauteur totale de la falaise. Au-dessus de la falaise crayeuse, des formations superficielles sont développées sur une épaisseur importante : de 10 à 15 m. Elles constituent la partie supérieure du versant oriental de la vailleuse.

Les silex accumulés au-dessus de la craie (formation des argiles à silex) peuvent atteindre une épaisseur de 10 m au droit de l'habitation en arrêté de péril. Cependant, leur épaisseur habituelle est de l'ordre de 2 m. Au-dessus, des niveaux d'argiles et des passées grossières à silex sont interstratifiés ; ils traduisent des phénomènes de colluvionnement (glissement) de dépôts mal consolidés dans une matrice argileuse peu compactée. De tels glissements ont pu se produire lors des périodes humides de l'histoire géologique récente (Quaternaire). Les formations colluvionnées atteignent habituellement 3 à 5 m d'épaisseur.

En l'absence de sondage précis, il est difficile de préciser s'il existe des dépôts alluviaux liés à la vailleuse (vallée actuellement sèche mais qui a dû fonctionner). Les dépôts de pente observés dans les coupes accessibles ne montrent cependant que des colluvions.

5.5. Les falaises au-delà de l'épi (E). Cf Photographie n°9.

Au-delà de l'épi, la falaise reprend une allure plus massive. La hauteur progresse régulièrement de 25 m (au-dessus de l'épi) à 50 m au droit de l'ancienne propriété Van Lawick rasée au début de l'année 1997.

Au contact avec le secteur D, la falaise présente une fracturation très dense et fortement oblique. Puis le pied de falaise montre des incisions qui n'atteignent cependant jamais l'ampleur de celles vues dans le secteur B. Les bancs marneux situés à la base de la coupe sont nettement dégagés.

Vers le nord-est, la fracturation devient plus régulière et la craie est généralement peu fissurée au sein de compartiments (blocs) limités par des failles. Comme dans le secteur A il est possible de suivre une coupe complète de la série. En direction des Grandes Dalles, la falaise qui atteint rapidement 80 m de hauteur est très dégradée, principalement au niveau d'une ancienne valleeuse perchée (deux effondrements massifs en juillet et septembre).

Les différents secteurs de falaises se distinguent par leur hauteur, leur couverture de recouvrement, leur degré de fracturation (du massif rocheux) et d'altération (notamment en pied de falaise).

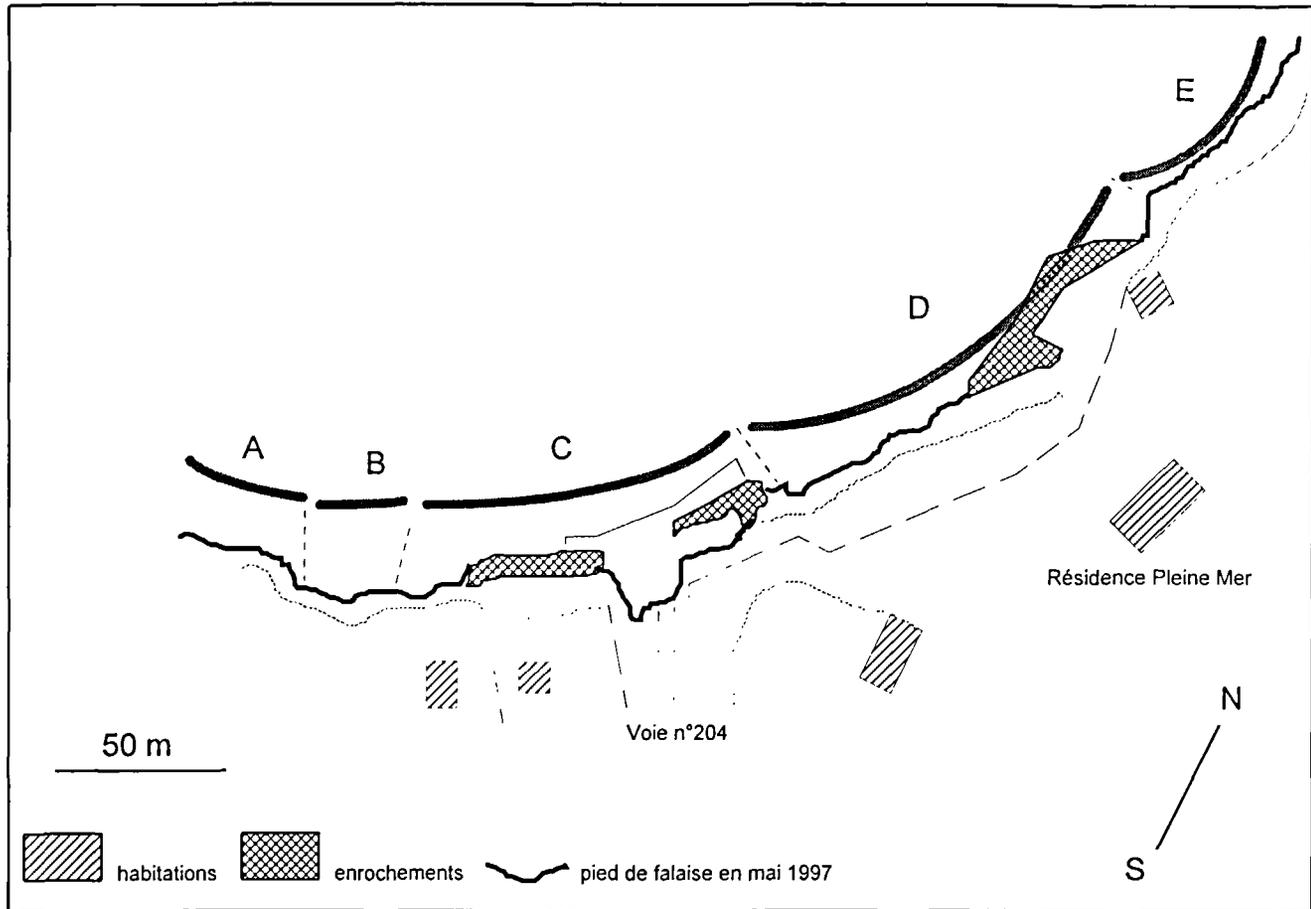


Fig. 10. Localisation des cinq secteurs de falaises (A à E) commentés dans le texte.

6. Analyse de l'estran

Située à une dizaine de kilomètres à l'est de Fécamp, la plage de Saint-Pierre-en-Port constitue une échancrure de la falaise au débouché d'une vailleuse. La zone centrale qui prolonge la vailleuse forme, par rapport aux platiers qui la délimitent à l'ouest et à l'est, une dépression de plusieurs mètres, qui constitue une zone naturelle d'accumulation de galets. Les platiers sont très inégaux : le platier occidental apparaît plus développé et plus élevé. La partie centrale peu exondée lors des marées basses (sur 70 m au maximum) correspond à l'ancienne vallée à l'embouchure d'un fleuve côtier (Fig.4).

Le platier rocheux est formé par le prolongement, dans le domaine de l'estran, des bancs de craie marneuse visibles en pied de falaise. Ces bancs sont généralement émoussés, débités suivant des diaclases ou des fractures⁶ ; leur surface est altérée par des organismes perforateurs ou bien couverte d'algues. La partie supérieure de l'estran est peu couverte d'algues et le milieu est à dominante minérale ; la partie inférieure exondée uniquement lors des marées basses de vive eau est recouverte d'une épaisse colonie d'algues brunes (Fig.11).

La largeur de l'estran ne dépasse pas 350 m à marée basse de vive eau (observation du 21 août 1997 par coefficient 112, cf *photographie n°6*). La pente, faible sur l'estran, devient beaucoup plus importante dans les 30 derniers mètres (plage).

La partie supérieure de la plage est recouverte de galets de granulométrie variable. Le 9 octobre, on constatait une granulométrie croissante avec, à l'est, des graviers de silex de 10 à 30 mm de longueur et, à l'ouest, des galets plus grossiers de 70 à 100 mm. Il y a peu de sable, si ce n'est en bas de plage, dans la zone centrale. Le platier ouest, de pente faible, est recouvert de gros blocs en bas de falaises, tandis qu'à l'est, il existe une faible couverture sableuse constituée de sables grossiers. D'une dizaine de centimètres début octobre, période de mauvais temps par marées de morte eau, elle devrait disparaître rapidement (visite sur site les 9 et 10 octobre 1997, par coefficient de 47 à 43). Des accumulations de galets s'observent dans les cavités en pied de falaise est.

Les galets sont surtout accumulés en haut de plage où ils forment parfois des terrasses. La forme de l'accumulation dépend des conditions océanographiques : une phase de décroissance des coefficients de marée et des vagues de courtes périodes favorisent l'apparition des terrasses, tandis que les forts coefficients ont tendance à régulariser le profil.

⁶Ces diaclases empruntent les directions N150-160 au SW et N120-140 au NE du site.

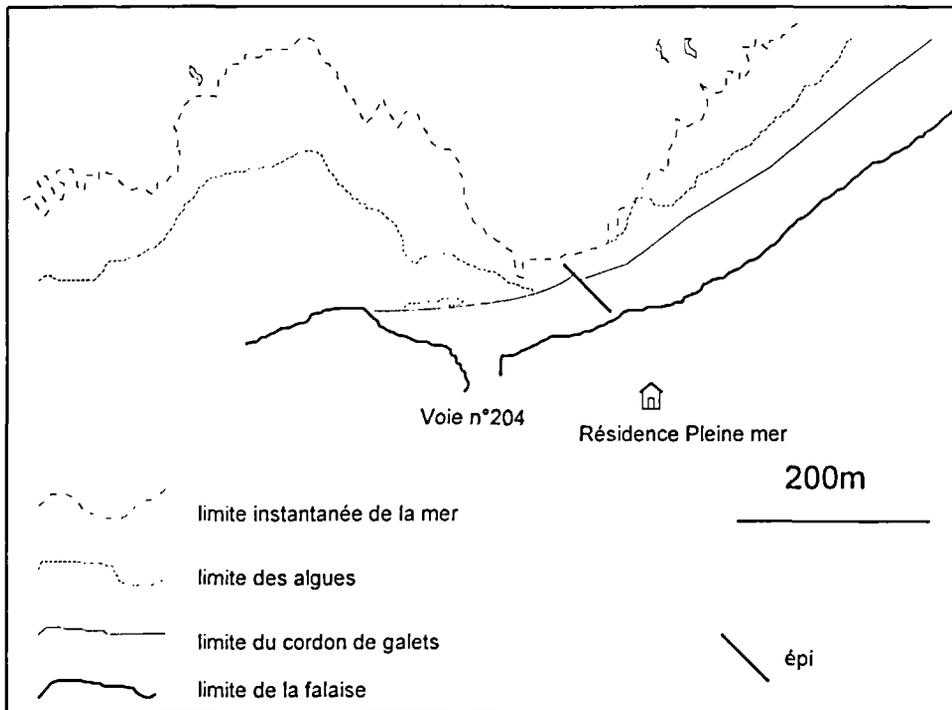


Fig. 11. L'estran de Saint-Pierre-en-Port
(d'après une photographie aérienne en vue verticale de 1995)

7. Positionnement dans la dynamique locale

7.1. Données générales.

Le « casier hydro-sédimentaire » auquel appartient le site de Saint-Pierre-en-Port est limité par les jetées du port de Fécamp à l'ouest et de la centrale de Paluel à l'est.

La côte de Haute-Normandie, à partir d'Antifer, est caractérisée par un transit naturel de galets vers le nord-est. Les galets de silex résultent de l'érosion des falaises : la désagrégation des falaises produit de gros blocs calcaires, qui, dissous, libèrent les silex. Sous l'action des vagues ceux-ci se transforment en galets. Le transit littoral est engendré par les houles obliques qui atteignent le rivage : elles provoquent, après déferlement, un trajet en dents de scie des galets. L'intensité et le sens du transit dépendent de l'orientation et de la hauteur des houles.

Le transit littoral peut être bloqué soit par des éboulis et des promontoires rocheux, soit par des jetées.

La jetée de Fécamp stoppe le transit de galets qui démarre d'Antifer. A l'ouest de celle-ci, il existe une grande plage de galets. A l'est le cordon de galets est donc beaucoup moins important (photographie n°10). Ce cordon n'existe en effet que par la seule production de galets due à l'érosion des falaises situées à l'est de Fécamp. En majorité, les houles (enregistrées à Dieppe) sont de direction SW à NW (60 %). Arrivant sur un rivage orienté SW-NE elles provoquent un transit littoral vers le NE. Il existe aussi des houles de secteur N à NE qui, elles, provoquent un transit de sens opposé. Mais celui-ci reste toutefois très limité car ces houles ne représentent que 20 % ; il apparaît surtout au printemps.

La figure 12 dresse une synthèse du recul du littoral entre 1830 et 1966. Elle montre clairement que Saint-Pierre-en-Port ne se situe pas dans une zone de très forte érosion (7 cm/an), même si celle-ci a tendance à augmenter progressivement de Fécamp à Saint Valery en Caux.

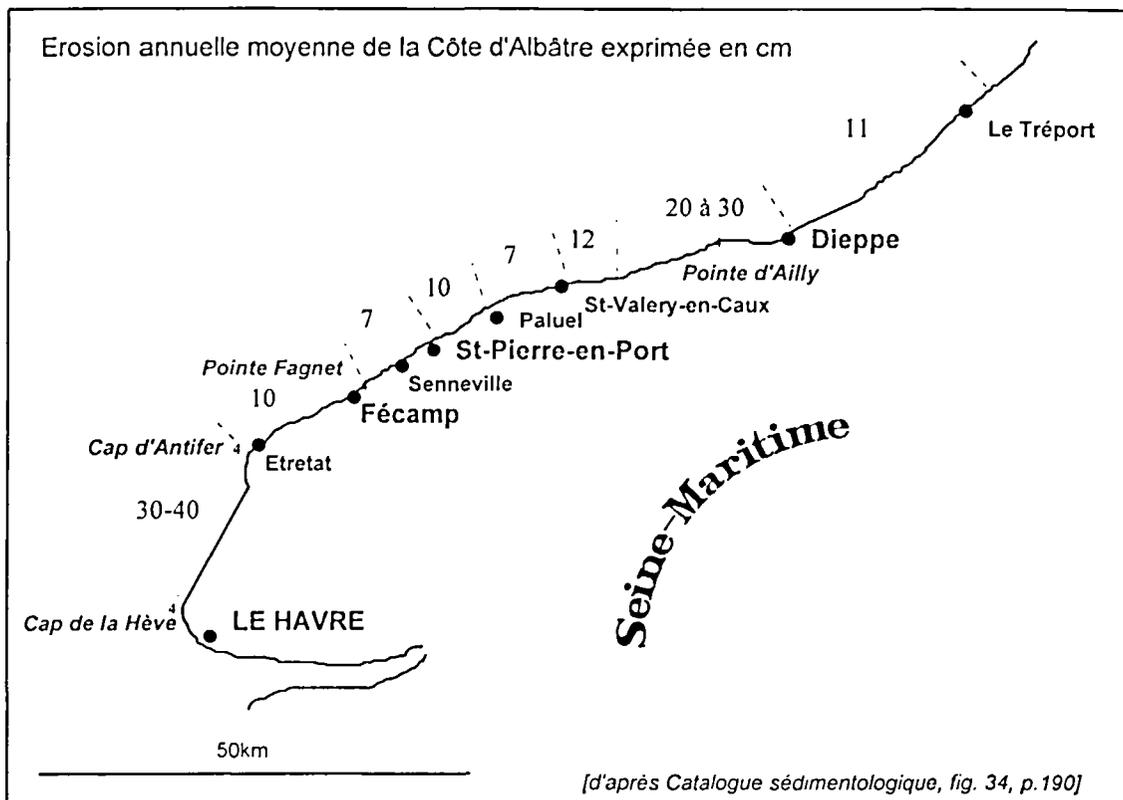


Fig. 12. Synthèse de l'érosion littorale entre 1830 et 1966

7.2. Tentative de quantification.

Le cordon de galets, entre Fécamp et Saint-Pierre-en-Port apparaît peu développé et souvent discontinu. L'érosion des falaises et les éboulements ne produisent pas systématiquement des galets comme le montre un bref relevé du littoral qui a été complété par une reconnaissance aérienne (Fig.13).

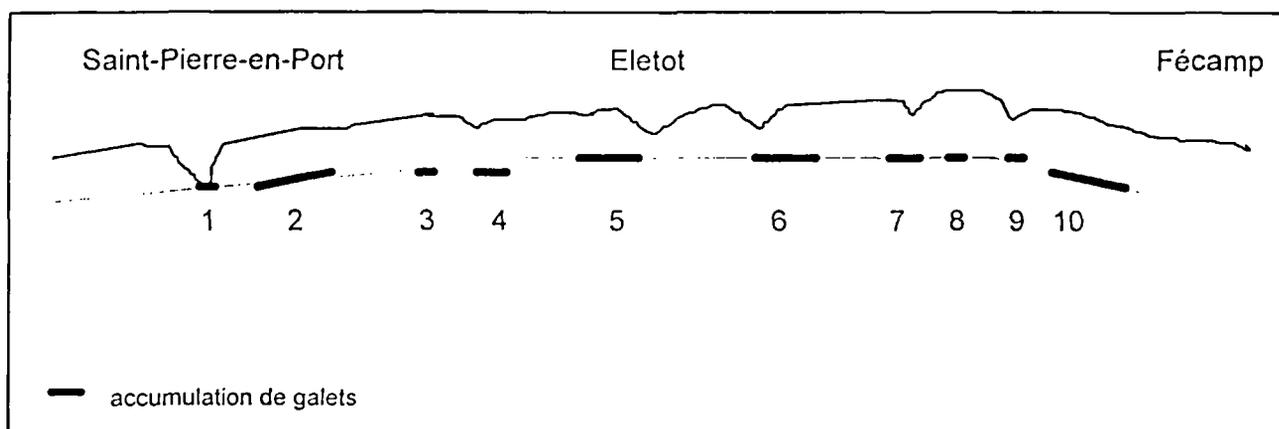


Fig. 13. Zones d'accumulation des galets entre Fécamp et Saint-Pierre-en-Port. (d'après survol aérien du 14 octobre 1997). Les n° renvoient au tableau 1

Il n'existe pas, actuellement, de détermination fiable de la production de galets et de l'importance du transit littoral. La production de galets de silex provenant de l'érosion et de l'éboulement des falaises n'est pas constante le long de la portion du trait de côte considérée. Ceci tient aux variations de la lithologie des falaises : argiles à silex, type de craie. C'est ainsi que d'ouest en est on constate des morphologies de falaise très différentes et une évolution du cordon de galets.

Les grands éboulements de Senneville et d'Életot constituent des obstacles importants fonctionnant comme des épis (cf photographies n°11 et 12) : ceci est clairement visible en considérant l'accumulation de galets, très importante à l'ouest de Senneville, et moindre à l'ouest d'Életot (cf épi au pied de l'escalier). La zone de production de galets susceptibles d'alimenter la plage de Saint-Pierre-en-Port est donc très limitée ; elle correspond à la portion de falaises située à l'est d'Életot (cf tableau 1).

Le tableau 1 tente de quantifier le problème des galets dans l'intervalle Fécamp-Saint-Pierre-en-Port. Les 10 cordons – totalisant 3930 m soit 40% du linéaire côtier (9890 m) – renfermeraient environ 100 000 m³ de galets. Il convient de noter que l'épaisseur moyenne des cordons est très difficile à appréhender en l'absence de mesures précises sur le terrain. La valeur de 1 m paraît correcte pour le site de Saint-Pierre-en-Port où il a été possible de se caler sur une topographie précise ; dans les autres secteurs, l'épaisseur locale fluctue en fonction des marées et des conditions climatiques.

La composante de galets libérés par les falaises est plus difficile à apprécier. L'estimation réalisée ici repose sur une modélisation assez détaillée de la falaise incluant :

- une zone supérieure constituée d'argiles à silex (entonnoirs de dissolution) moins épais que la craie sous-jacente mais beaucoup plus riche en silex. Une valeur moyenne de 60% de silex a été retenue ;
- une épaisseur variable de craie granuleuse riche en silex (environ 20 %) ;
- une épaisseur variable de craie marneuse assez pauvre en silex (environ 10 %), de plus en plus grande à mesure que l'on s'approche de Fécamp.

On notera au passage que cette approche se distingue notablement des essais précédents (LCHF, etc.) par :

- la prise en compte des **argiles à silex comme source significative de galets**, ce qui est prouvée par l'observation de silex rouges à bruns typiques de niveaux non affleurants entre Életot et Saint-Pierre-en-Port et qui, par conséquent, ne peuvent provenir que de la vidange des entonnoirs de dissolution (*cf photographie n°14*) ;
- une **gradation au sein de la craie sénonienne**, la craie supérieure étant deux fois plus riche en silex que la craie marneuse de base.

Le volume total de galets dépend aussi énormément de la valeur d'érosion choisie. Un chiffre de 7 cm/an a été donné dans le Catalogue sédimentologique pour la période 1830-1966. Les observations faites sur le site de Saint-Pierre-en-Port semble indiquer une valeur plus importante, voisine de 20 cm/an au niveau de l'immeuble en arrêté de péril, la falaise ayant reculée, entre 1920 et l'actuel de 20 à 3 m (soit 17 m). Cette valeur localement importante pourrait être due à la présence d'une fracture active.

Le volume total de galets fourni par les falaises, soit environ 13 000 m³, doit aussi être pondéré par un facteur d'érosion propre aux galets. Le LCHF considèrerait que 50 % du volume alimentait les cordons en galets, le reste étant détruit. Il ne nous est pas possible de fournir d'autres indications.

n°	nom du cordon	longueur du cordon (m)	largeur du cordon (m)	volume de galets du cordon (m ³) ⁷	longueur de falaise du sous-casier (m)	hauteur de la falaise (m)	profondeur des entonnoirs (m)	rapport craie à silex/ craie marneuse	estimation du volume de galets fourni par les falaises (m ³) ⁸
1	St-Pierre	150	30	4500	750	50	5	3	571
2	les Vaguans	870	20	17400	1600	80	15	2,5	2068
3	la Mare à Vigneaux	80	20	1600	630	90	15	2	948
4	le Grand Val	300	20	6000	880	90	15	1,5	1294
5	Valleuse d'Életot	750	30	22500	1750	85	10	1	2113
6	le Chien neuf	750	30	22500	1430	80	20	0,75	2062
7	Val à Ébran	250	20	5000	700	100	15	0,5	996
8	ancien chien	50	20	1000	700	100	15	0,5	996
9	Val Saint-Nicolas	50	20	1000	150	90	10	0,5	175
10	Porte au Roi/à la Reine	680	30	20400	1300	100	15	0,25	1747
	TOTAL	3930	-	101900	9890	-	-		12970

Tableau 1. Estimation des volumes de galets entre Fécamp et Saint-Pierre-en-Port
(il ne s'agit que d'estimations reposant sur une base empirique à partir de dimensions moyennes)

Le LCHF, en 1979, estimait que la production de galets alimentant directement la plage de Saint-Pierre-en-Port (sous-casier n°1 du tableau 1) ne pouvait y dépasser 1 000 m³/an, ce qui est très faible et cohérent avec la valeur de 571 m³/an obtenue dans nos calculs. Il convient de bien noter qu'il ne s'agit là que d'estimations théoriques considérant une érosion moyenne de la falaise constante. En réalité celle-ci varie : les éboulements sont discontinus dans l'espace et dans le temps, même si certains secteurs semblent préférentiellement dégradés et que des périodes peuvent être plus favorables, notamment en fonction du climat.

Le faible transit occasionnel du nord-est vers le sud-ouest, susceptible d'apparaître par houle de nord-est, ne peut être que marginal puisqu'il est bloqué par l'éboulement qui s'est produit cet été, à l'est de la plage de Saint-Pierre-en-Port. D'après les photographies des années 20, on peut du reste suggérer que cette partie nord-est de la plage de Saint-Pierre-en-Port est une zone d'éboulements très fréquents.

⁷Estimé pour une épaisseur moyenne de 1 m

⁸Estimé pour une proportion de silex de 60% dans les argiles à silex, 20% dans la craie granuleuse, 10% dans la craie à inocérames, et un recul de 7cm/an

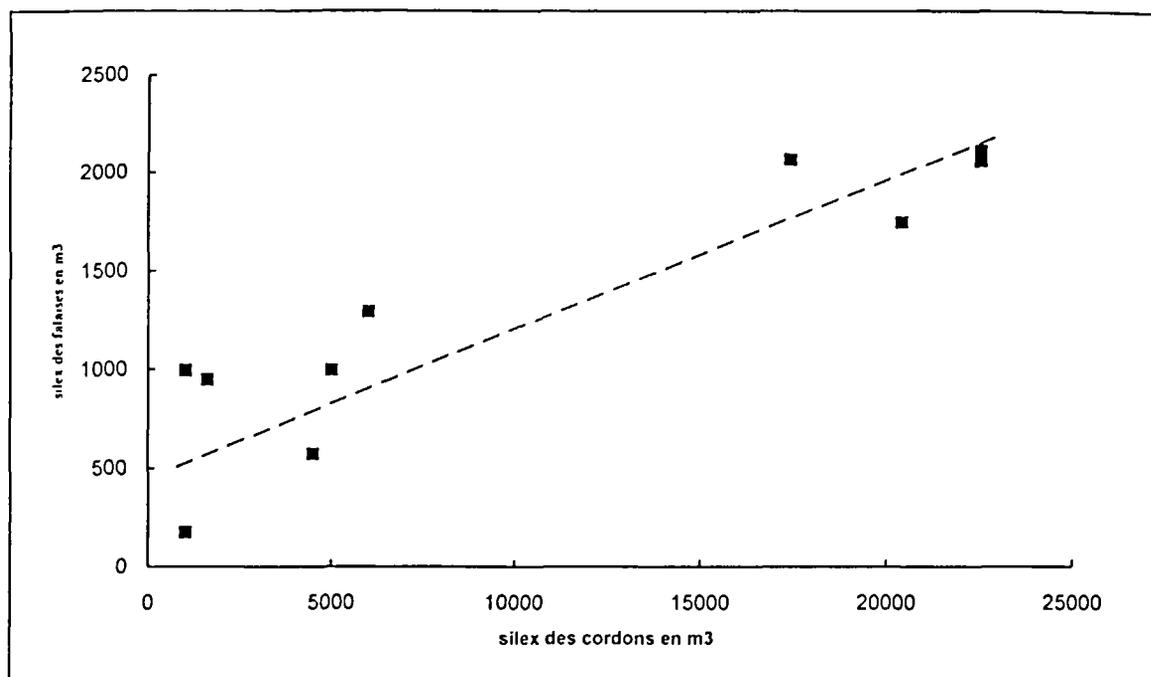


Fig. 14. Relation entre le volume de galets des cordons et la zone de falaises mobilisable

La figure 14 illustre la relation entre le volume de galets des dix cordons et le potentiel fourni par le linéaire de falaise (d'après tableau 1). Ce graphique permet de voir :

- que les cordons sont divisés en deux catégories : l'une dont le volume est compris entre 1 000 et 6 000 m³, l'autre entre 15 000 et 25 000 m³ ;
- que les volumes de galets retenus dans les cordons sont proportionnels au volume potentiel fourni par les falaises situées directement en amont.

Limité à l'ouest par l'éboulement d'Életot et à l'est par l'éboulement très récent qui s'est produit cet été, l'apport de galets par transit littoral est actuellement quasi inexistant. La recharge naturelle pourrait être de l'ordre de 280 m³/an (50% de 571 m³/an). La plage de Saint-Pierre-en-Port, dans la période actuelle, n'est donc pas dans un secteur de production de galets pouvant venir recharger naturellement la plage.

8. Diagnostic du système de défense

Selon un document établi par la DDE Subdivision Études et Travaux Maritimes, la plage de Saint-Pierre-en-Port a fait l'objet depuis les années 50 de différents aménagements dont les conséquences furent parfois malheureuses. Il en subsiste des vestiges : à l'est, 2 épis en palplanches métalliques (installés en 1974-1975), à l'ouest les débris du perré en béton construit en 1970, partiellement détruit par la tempête en 1980 et finalement démoli en 1983.

La protection actuelle comprend :

- Un ouvrage longitudinal (perré) au débouché de la voie communale n°204, des enrochements à l'est dont certains viennent conforter la falaise constituée de colluvions qui montrent des affaissements.
- Plus à l'est, un épi construit en 1991-1992 a fait l'objet de travaux de protection de l'enracinement jusqu'au pied de falaise en 1993. Les enrochements sont ici constitués de blocs de quartzite mais aussi de volumineux blocs de craie.

Les deux ouvrages actuels – perré et épi – sont en assez bon état et paraissent fonctionner correctement, le premier en protégeant l'accès, le deuxième en permettant l'accumulation de galets. Il convient toutefois de noter :

- le début de sous-cavage de l'épi, traduit par une attaque du substratum crayeux visible après les tempêtes de début octobre ;
- la concentration des attaques en sous-cavage des falaises situées au NE de l'épi et au SW du perré (cf Fig. 7).

9. Caractéristiques de l'occupation socio-spatiale

La valleuse de Saint-Pierre-en-Port est un site actuellement très urbanisé (*cf photographie n°13, par exemple*). Une occupation ancienne du site est probable. L'ancien casino a été détruit par la progression marine à partir de 1945.

L'essentiel du secteur correspond à une zone de protection de site (zone ND, Fig. 15) qui impose notamment * :

- l'interdiction d'ouverture et d'exploitation de carrières ;
- l'interdiction d'aménagement de terrains de camping ou de caravaning.

De plus, dans cette zone peuvent être autorisées, à condition d'être situées à plus de 100 m du haut de la falaise, la reconstruction de bâtiments détruits à la suite de sinistre et l'extension des bâtiments existants (*sous réserve de remplir les obligations en matière de matériaux de construction*).

La sous-zone NDa (Fig. 15) est réservée aux activités économiques en rapport avec le tourisme balnéaire, sous réserve d'un traitement paysager et de plantations d'essences végétales locales.

Toutes les maisons concernées par le domaine littoral sont en secteur ND, la résidence Pleine Mer et l'immeuble dans le virage de la rue du château étant dans la sous-zone NDa.

Le reste du secteur est de type NB (zone pavillonnaire située à l'ouest du parking) et présente moins de contraintes.

On notera également que les cinq habitations situées à moins de 100 m du bord de la falaise sont représentées sur la figure 15. La plus au nord est en arrêté de péril (à 3 m du bord !). L'ancienne propriété Van Lawick localisées plus au NE (hors de la fig. 15) a été rasée en début d'année 1997 ; on voit encore des traces du terrassement.

* Conformément aux prescriptions de la loi Littoral (1986) intégrées au POS révisé en 1987.

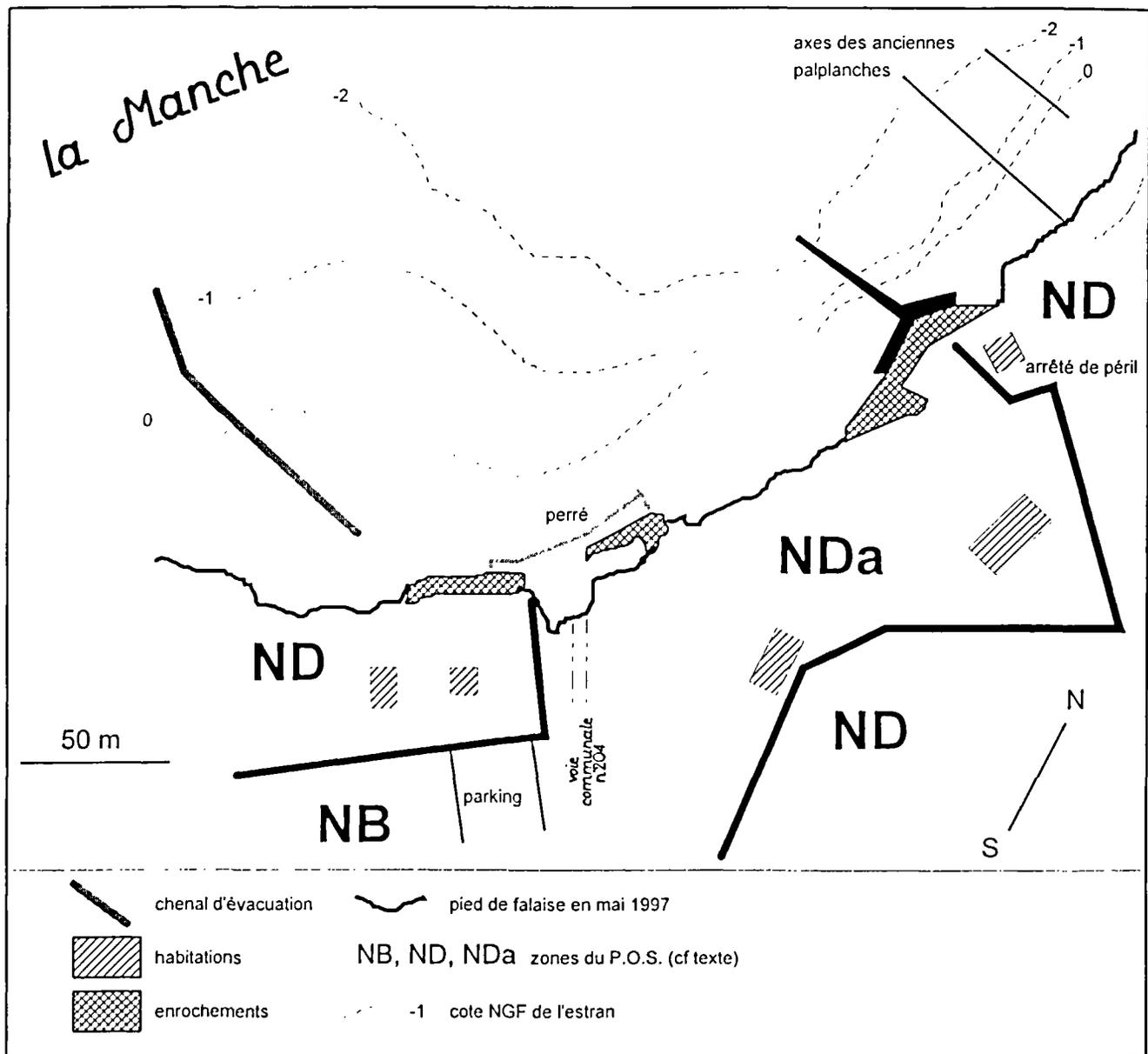


Fig. 15. Caractéristiques d'urbanisme réglementaire du site de la plage de Saint-Pierre-en-Port

Deuxième partie

ANALYSE DES RISQUES

1. Identification des agents d'érosion du trait de côte et de leurs effets

L'érosion s'opère sur un milieu donné, ici le trait de côte, par l'intermédiaire d'agents qui la favorisent. Elle se traduit par un recul

1.1. Les agents d'érosion dans le domaine maritime.

1.1.1. Les vagues.

L'action des **vagues** pour les falaises crayeuses encadrant le site est double :

- L'attaque frontale du pied de falaise très importante dans les niveaux marneux de base favorisant les éboulements ;
- Le dégagement des éboulis permettant aux vagues la poursuite de leur action érosive.

Les vagues peuvent également, par fort coefficient de marée et par tempête, attaquer la « falaise » entaillant la vailleuse pour laquelle les galets constituent un cordon protecteur ; mais ceci reste occasionnel. Elles provoquent aussi un remaniement des galets dans le profil (cf. *supra*, description de l'estran) et un déplacement latéral du stock de galets.

1.1.2. Les courants.

L'action des **courants** est totalement négligeable : si au large les courants de marée sont importants (de 1 à 1,5 m/s, durant le flot vers l'ENE et à l'WSW pendant le jusant), ils s'affaiblissent rapidement quand on se rapproche de la côte.

1.2. Les agents d'érosion liés aux eaux continentales.

Il convient d'abord de rappeler que les eaux continentales, moins minéralisées que les eaux marines (*en limite de saturation*), ont une action chimique beaucoup plus grande sur le milieu carbonaté, notamment par une attaque acide. Ainsi, l'eau de pluie qui contient 2% de gaz carbonique dissout le calcaire (CaCO₃) dans les proportions : 10 000 parties d'eau pour 12 parties de calcaire dissoutes.

Au contraire, les eaux marines réagiront chimiquement avec les composants du ciment (magnésie, sulfates de chaux) entrant dans la constitution des ouvrages de défense.

1.2.1. Le ruissellement superficiel.

Les eaux de ruissellement constituent un agent d'érosion majeur en zone littorale. Les eaux pluviales, auxquelles peuvent s'ajouter les eaux usées des communes avoisinantes, constituent de véritables torrents de boue lors des orages dévastateurs.

Dans les niveaux d'argiles à silex, les eaux de ruissellement se conjuguent aux argiles jusqu'à leur limite de liquidité ; sous l'effet gravitaire, les poches se vidangent alors en direction de l'estran soit progressivement, soit brutalement.

1.2.2. Infiltration et résurgences d'eau douce.

Les eaux d'infiltration circulent dans les fissures de la craie et alimentent pour partie la nappe. Lors de très fortes précipitations, l'eau peut se mettre en pression dans les diaclases de la craie et provoquer des éboulements en masse.

Les résurgences contribuent, sans doute modestement mais régulièrement à l'érosion des niveaux carbonatés, surtout à la base des falaises.

1.2.3. Les cours d'eau.

Les fleuves côtiers qui ont autrefois occupé le lit des valleuses ont eu une action importante sur la morphologie de l'estran et de l'arrière-pays immédiat.

1.3. Les agents d'érosion d'origine climatique.

1.3.1. Les pluies.

Les pluies, en dehors d'être la source des eaux de ruissellement, ont aussi une action physique directe sur le milieu géologique. Les précipitations battantes contribuent ainsi à déstabiliser les argiles et les loess entrant dans la composition de la couverture superficielle.

1.3.2. Le gel.

Le gel est théoriquement un agent important de la dégradation des massifs rocheux. Dans le domaine littoral haut-normand, les périodes de gel sont toutefois rares et généralement peu intenses.

Lors des périodes de gel, la forte porosité des craies (35 à 40%) est un paramètre qui favorise la désagrégation du milieu rocheux. De plus, la saturation de la craie sur

plusieurs mètres au-dessus de la nappe (*ascension capillaire*) entraîne de gros problèmes de drainage de ce milieu.

L'effet des périodes de gel peut être renforcé :

- par le vent souvent fort dans le domaine littoral ;
- par l'existence de nombreuses fissures et diaclases du milieu crayeux qui favorisent la gélivité ;
- du fait de l'orientation des falaises du pays de Caux qui induit qu'elles restent à l'ombre durant les journées d'hiver.

L'effet des périodes de gel sera moins fort sur l'estran (craie saturée d'eau de mer) que sur les falaises.

1.3.3. Le vent.

Le vent est un phénomène qui intervient directement sur la houle. Lors des tempêtes, les vents sont susceptibles de provoquer directement ou indirectement (en projetant des lames d'eau et des galets) une altération mécanique de la falaise.

Le vent est générateur des embruns qui contribuent à maintenir la saturation en eau de la falaise et, par là même, à diminuer ses caractéristiques mécaniques.

Le vent est également susceptible d'arracher des végétaux et d'entraîner ainsi le déchaussement de blocs rocheux.

1.3.4. L'eustatisme ou *niveau moyen des mers*.

En conclusion de ce paragraphe consacré aux agents d'érosion d'origine climatique, il convient de préciser que la cause première de la progression de la mer contre les falaises littorales est d'origine climatique. La fin du Quaternaire – ou période *flandrienne* – est en effet marquée par une **remontée du niveau moyen des mers**. Cette remontée, de quelques mètres, est liée à un réchauffement global de la Terre qui libère une partie des glaces fixées aux niveaux des pôles. Ce phénomène est connu à toutes les époques géologiques et présente une périodicité plus ou moins évidente en fonction du laps de temps pris en considération. A contrario, il existe des périodes froides durant lesquelles les mers occupent une surface moins importante sur les plates-formes continentales.

L'épisode *flandrien* est confirmé par des récits ou des traces archéologiques illustrant la remontée de la mer dans la période historique (*phase dunkerquienne*).

1.4. Les agents d'érosion d'origine biologique.

Les animaux marins et les végétaux se développent sur l'estran, en dehors du cordon de galets (zone instable en abrasion permanente) et d'une frange dite zone azoïque ou *zone blanche* (Fig.16).

Dans les secteurs les plus distaux (les moins souvent exondés) les grands organismes perforants (mollusques pour l'essentiel) occupent un milieu rocheux soumis également à une certaine abrasion. Le relief est ici irrégulier.

Les zones à Fucus et Lithothamniées marquent la transition avec l'estran régulier qui remonte régulièrement jusqu'au pied de falaise. Le monde vivant se raréfie (*Polydora*, algues cyanophycées) en relation avec le déferlement et le transit des galets qui sont plus intenses.

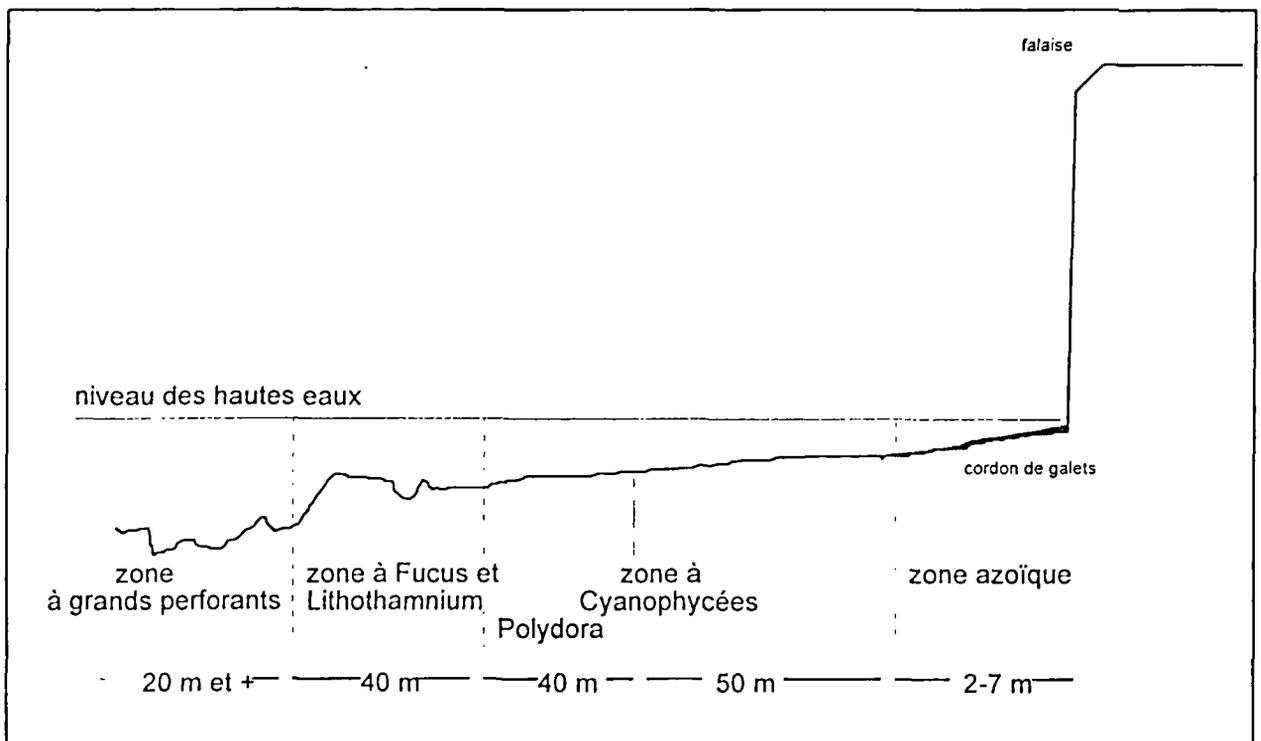


Fig. 16. Zonation de l'érosion sur l'estran

1.5. Les agents d'érosion d'origine anthropique.

1.5.1. Les aménagements littoraux⁹.

La construction d'ouvrages portuaires (digues, etc.) ou de défense (perrés, épis, etc.) sont susceptibles d'interrompre le régime de transit des galets à l'image de la jetée ouest de Fécamp.

1.5.2. L'urbanisation.

Le développement des sites balnéaires entraîne des problèmes spécifiques tels que le rejet des eaux usées qui doit être étudié de manière précise afin, entre autres, de ne pas conduire à une déstabilisation des poches d'argiles superficielles.

La surface de voirie, toujours très importante en zone de vailleuse, est un facteur qui favorise le ruissellement vers le point le plus bas de la vailleuse, c'est-à-dire la plage.

1.5.3. L'extraction de matériaux.

Il convient de rappeler que l'industrie extractive des galets sur certaines plages de la Côte d'Albâtre (notamment à Saint-Pierre-en-Port) a fortement contribué au démaigrissement des cordons de galets et au non-renouvellement de la ressource. Entre 1959 et 1969, le volume extrait a été de 2 500 m³/an, soit de l'ordre de 10 fois le volume mobilisable pour la recharge actuelle.

Cette diminution « artificielle » du cordon de galets, associée aux conditions défavorables de la période contemporaine (très nombreux effondrements fonctionnant comme des épis naturels), contribue nécessairement à l'attaque érosive en pied de falaise.

1.6. Les processus d'érosion de la falaise.

La dégradation des falaises, favorisée par les agents décrits précédemment, s'opère ensuite au prix de particularités structurales propres au milieu crayeux.

1.6.1. Les grandes failles (*cf photographie n°18*).

Les grandes fractures constituent des hétérogénéités du milieu, marquant souvent un approfondissement des entonnoirs de dissolution de la craie, dans lesquels percolent préférentiellement les eaux.

⁹Rappeler pour mémoire. Voir aussi l'ensemble du rapport.

Sur le site de Saint-Pierre-en-Port, il existe de très nombreuses failles affectant la falaise sur la plus grande partie de sa hauteur. Cependant, aucune d'entre-elles ne révèle un jeu tectonique important, au contraire de la grande faille de Fécamp qui marque un affaissement de quelque 60 m du compartiment situé au SW.

Les failles et les fractures constituent des vecteurs importants de l'érosion des falaises dans les secteurs de craie massive (*secteurs morphologiques A et E, §5*). Les réseaux de fractures orientent clairement les niches d'incision en pied de falaises dans les secteurs B à D.

1.6.2. Les plans de glissement.

Des chutes massives de matériaux peuvent se produire au prix de véritables loupes de glissement. Dans ce cas, des pans de falaises très volumineux peuvent s'effondrer. Ces loupes ne sont pas dirigées par des failles, mais elles peuvent correspondre au résultat d'une altération karstique du massif rocheux, auquel cas leur plan sera marqué (après la chute) par des traces d'écoulement d'argiles rouges. Parfois des effondrements en colonnes (ou piliers) peuvent aussi se produire (*cf photographies n°19 et 20*).

Dans le cas des plans de glissement, les actions des eaux d'infiltration, du gel et de la gravité peuvent se combiner.

1.6.3. Les discontinuités sédimentologiques (*cf photographie n°17*).

La falaise de Saint-Pierre-en-Port présente la particularité de prendre en considération deux lithologies : la craie granuleuse (à silex) et la craie à inocérames.

L'interface entre les deux lithologies constitue un niveau-repère dans le paysage. Après l'effondrement ayant eu lieu au mois de septembre, il a été possible de constater l'importance de cette limite dans le processus de dégradation de la falaise. L'estimation du volume de craie à inocérames effondré donne environ 2 500 m³.

Dans ce type d'effondrement, la surface est moins listrique que pour une loupe de glissement et, surtout, elle est exempte d'altérations argileuses. Ceci montre que la gravité doit avoir un rôle dominant.

1.6.4. L'altération au toit de la craie.

Les éboulements d'argiles à silex liés à la vidange des entonnoirs de dissolution sont susceptibles d'entraîner des parties volumineuses du massif rocheux (*cf photographie n°14*). D'autant que les entonnoirs sont généralement situés sur des fractures qui affectent sur plusieurs dizaines de mètres la craie des falaises.

Il convient de rappeler que le ruissellement des eaux est un agent dominant dans le processus de vidange des entonnoirs.

1.6.5. La chute de micro-blocs.

L'érosion de la falaise s'opère également par la chute de blocs de craie de volume limité (souvent de 0,1 à 1 m³). Ces blocs jalonnent le bas de falaise. Ils semblent rapidement érodés par la mer lorsqu'ils sont au contact des galets.

1.6.6. La petite fissuration (cf photographie n°21).

La fissuration du massif rocheux peut être observée à toutes les échelles (de la photographie aérienne au cristal). Elle se caractérise par des petites ouvertures dans lesquelles s'infiltrent les eaux. Les fissures soumises au gel ou à la pression hydraulique contribuent à la fracturation de la falaise.

La petite fissuration s'observe fréquemment au voisinage des grands vides ou des grandes fractures (failles ou plans de glissement). Sa présence traduit donc l'évolution (*inélucltable*) vers la destruction de la falaise crayeuse. En effet, lors des tempêtes de grandes marées, l'augmentation de la pression hydraulique, dans les sous-cavages en galeries, se propage à l'intérieur des fractures et fissures qui leur sont connectées, et joue le rôle d'éclateur.

2. Historique de l'évolution du trait de côte

2.1. Historique et rôle des ouvrages de défense contre la mer.

Avant toute discussion sur la nécessité ou non de réaliser un ouvrage de défense contre la mer, il convient de s'intéresser à l'évolution historique du site. Nous nous basons ici sur des notes du Service maritime de la DDE, les études du LCHF et l'analyse de quelques documents photographiques et cartographiques.

Le cordon de galets a une importance fondamentale. Il constitue à la fois la plage et la protection des falaises, qu'elles soient purement crayeuses ou recouvertes de colluvions. Sous certaines conditions, le cordon peut jouer un rôle d'amortissement de la houle.

Le stock de galets sur le site, abondant dans les années 50, a considérablement diminué durant les 30 dernières années du fait de son exploitation et d'aménagements plus ou moins réussis. En augmentation entre 1900 (10 à 12 000 m³) et 1965 (25 à 30 000 m³), il n'était plus en 1980 que de 7 000 à 8 000 m³. L'estimation du tableau 1 avance le chiffre de 4 500 m³ en 1997.

2.1.1. Exploitation des galets.

On a extrait entre 1959 et 1969 environ 2 500 m³ de galets par an (24 800 m³). L'exploitation, ensuite plus limitée, a été finalement stoppée peu après 1970, date à laquelle on extrayait encore 700 m³ sur la plage de Saint-Pierre-en-Port (B.S.S. n°57-2-40).

La quantité maximale extraite dépassait le volume annuel produit entre Fécamp et Saint-Pierre-en-Port (*a fortiori* entre Életot et Saint-Pierre-en-Port) par l'érosion des falaises et l'action de la houle. **La seule exploitation des galets conduisait donc à un bilan largement déficitaire.**

2.1.2. Aménagement.

Le premier ouvrage, un rond point d'une vingtaine de mètres de largeur, construit au débouché de la valleuse, fut construit en 1956. Sa partie centrale fut détruite par un violent orage en 1960.

En 1970 fut entreprise la construction d'un perré. En 1979, le LCHF, dans son avis technique (Aménagement de la plage de Saint-Pierre-en-Port. Avis technique. Mai 1979), adressé au Service maritime de la DDE de Seine-Maritime écrivait : « *Jusqu'en 1970, la plage de Saint-Pierre-en-Port avait une extension comparable à celle des plages actuelles des Grandes et Petites Dalles situées à 2 et 3 km au NE. Sa largeur*

était de l'ordre de 50 à 60 m ». On a observé ensuite une érosion sensible de la plage résultant, d'une part, de l'action d'épis naturels des éboulis de Senneville et d'Életot diminuant l'apport de galets et, d'autre part, de la construction en 1971 d'un perré de 200 m. Situé en avant de la ligne de rivage, celui-ci a eu un impact désastreux en conduisant à un déséquilibre dans les profils longitudinaux et transversaux. Il y eut alors « établissement d'un nouveau profil en avancée d'une trentaine de mètres sur le profil naturel avec une accélération du transport de galets ». La quantité de galets apportée à la plage n'évoluant pas, il en a résulté une érosion qui atteignait même le platier dans la partie nord.

Les épis en palplanches métalliques installés en 1974-1975 n'eurent qu'une efficacité très limitée.

A la fin des années 70, le stock de galets a considérablement diminué.

Faisant suite à l'avis technique de 1979, le Service Maritime confiait au LCHF une étude sur modèle réduit. Cinq solutions étaient testées : les résultats les plus satisfaisants étaient obtenus avec la construction de 3 épis de longueur inégale et des rechargements d'entretien en galets.

Très coûteuse, cette solution n'a pas été mise en œuvre. Après la démolition définitive du perré en béton et la construction d'un ouvrage de protection du chemin d'accès, on a construit finalement un épi protégé de 34 mètres. Il paraît fonctionner correctement.

2.2. Suivi par photographies aériennes de l'évolution récente.

2.2.1. Données utilisées.

Les différentes photographies aériennes utilisées pour le suivi récent du trait de côte à Saint-Pierre-en-Port sont réunies dans le tableau 2.

Date	Document	Photographie	Zone	Marée
1957	IGN vertical	panchromatique	valleuse St-Pierre	haute
1978	IGN vertical	panchromatique	valleuse St-Pierre	haute
1985	IGN vertical	panchromatique	valleuse St-Pierre	haute
1986	BRGM/DDE oblique	panchromatique	St-Pierre (mer)	basse
1992	IGN verticale	panchromatique	valleuse St-Pierre	basse
1994	IGN verticale	panchromatique & couleur	valleuse St-Pierre	basse
1995	IGN verticale	couleur	Életot-Grandes Dalles	basse
1997	BRGM oblique	couleur	Fécamp-Petites Dalles	basse

Tableau 2. Principales caractéristiques des images utilisées.

Les photographies des campagnes régulières de l'IGN sont en fait inadaptées au suivi précis du trait de côte. Seules les données de 1995 ont été acquises à la verticale des falaises. Les données en vue oblique acquises lors de vol spécifique par le BRGM sont très utiles.

2.2.2. Évolution de l'estran.

Les photographies aériennes prises entre 1992 et 1997 permettent de suivre un large estran exondé.

Aucune modification morphologique importante n'apparaît sur le platier. Les limites des principaux bancs de craie marneuse se suivent sur les différents clichés, sans changement perceptible. Les images multidates permettent de suivre des déplacements de petits cordons de galets (à l'est), ce qui est habituel en relation avec les conditions météorologiques.

Les seules variations reconnaissables sont localisées au niveau de l'extension des algues, notamment sur le haut estran. Ce phénomène est imputable à des variations saisonnières.

2.2.3. Évolution de la falaise.

Les différents angles de vue des missions aériennes (type vertical) ne permettent qu'un suivi qualitatif des entonnoirs de dissolution. La vidange de ceux-ci apparaît régulière (sur toutes les photographies depuis 1978).

Le phénomène de vidange s'est accru de façon importante entre 1992 et 1995, confirmé en 1997. De nombreux effondrements se sont effectivement produits entre 1995 et 1997.

Les grands effondrements de falaise se produisent préférentiellement, sur la période étudiée, dans la partie orientale de la plage. Les vues IGN de 1995 et le survol aérien du 14 octobre 1997 montrent une grande densité d'écroulements massifs : la durée de l'étude (été-automne 1997) a permis de voir les effets d'un grand effondrement de l'ensemble de la falaise (craie et entonnoirs) en juillet et d'un effondrement de la partie basale (20 m inférieurs) de la falaise en septembre (cf photogr. 15 et 16).

2.2.4. Évolution de la vailleuse.

La modification principale de ce secteur résulte de la destruction (en 1983) de la voie communale n°204 qui mène à la plage .

Sur la photographie de 1985, le tracé de la voie est modifié par rapport à 1978 où il est plus rectiligne. La destruction du site a aussi conduit à un enfoncement du chemin. Le grand perré a disparu dans la même période.

2.2.5. Évolution de l'arrière-pays et de l'habitat.

Entre 1978 et la période actuelle, la valleuse de Saint-Pierre-en-Port n'a pas subi de grand changement dans l'urbanisme. On voit apparaître la maison Van Lawick (entre 1957 et 1978), puis sa disparition en 1997. De même la voirie a peu évolué.

Les modifications sont beaucoup plus grandes dans le bourg de Boulleville (centre-ville).

Entre 1957 et 1978, le paysage au-dessus du secteur A (ouest) a considérablement évolué. Les arbustes ont progressé significativement aux dépens d'anciennes terres agricoles. Entre 1978 et 1985, il se produit un retour à l'agriculture dans le secteur précédemment mis en jachères. Depuis, le paysage n'a pas varié de manière importante : on constate toutefois un éloignement progressif des limites de parcelles en bordure de falaises.

Troisième partie

LA MAITRISE DES RISQUES

1. Hypothèse de travaux de défense

Un ouvrage de défense directe contre la mer ne paraît en aucun cas constituer une condition nécessaire et suffisante pour la maîtrise de l'évolution du site (falaises). Les ouvrages longitudinaux (parallèles à la plage) sont à considérer avec méfiance. Leur position et leur inclinaison sont critiques : l'ouvrage de 1970 a largement contribué à détériorer la situation. Trop en avant, ils conduisent à une érosion accélérée en bordure des ouvrages, trop inclinés, ils perturbent le profil de plage et modifient la répartition des galets. Protéger 200 à 300 m de falaises devrait avoir d'abord des répercussions hors de la zone protégée et aboutir ensuite comme dans les années 80 à la destruction ultérieure de l'ouvrage.

On peut quand même se poser la question de savoir si un rechargement artificiel de la plage en galets ne serait pas nécessaire... vue la faiblesse des apports naturels pour maintenir la plage.

Faut-il d'autres épis pour contenir les galets et augmenter leur volume ? Il a parfois été proposé des épis de grande longueur avec l'espoir de capter tout le transit littoral. Ceci, outre son prix, paraît totalement illusoire d'autant qu'une réelle étude du transit in situ (extension vers le large, profondeur, vitesse) n'a jamais été entreprise. Les études par traçages effectuées, il y a une vingtaine d'années, ne concernaient que les secteurs d'Antifer et de Saint-Valery-en-Caux. Par ailleurs, jusqu'à maintenant les données quantitatives de la production de galets ne sont que des estimations et doivent plutôt être considérées comme des ordres de grandeur.

En conclusion, de nouveaux ouvrages de défense contre la mer paraissent inutiles. Nous insistons également sur la nécessité de mettre en place un réel suivi de l'évolution de la côte (falaises et galets). Lui seul permettrait d'affiner le diagnostic et de chercher des solutions.

2. Hypothèse de recul volontaire

2.1. Évolution de la falaise

En l'absence de travaux de protection du pied de falaise, celle ci reculera de manière saccadée, au rythme moyen annuel - considéré sur une période d'une centaine d'années - de 0,15 à 0,25 m. Il semble probable qu' à l'est de la valleuse le recul sera plus régulier que côté ouest, où dans le secteur du "cap" les écroulements pourront être moins fréquents mais plus volumineux.

2.2. Évolution de la valleuse

Le devenir de l'extrémité de la valleuse est bien entendu très dépendant de celui des falaises qui l'encadrent, mais globalement son évolution ne devrait pas être plus rapide dans l'hypothèse où les ouvrages de protection restent ce qu'ils sont à ce jour.

Afin d'envisager plus précisément cette évolution, et donc le devenir des habitations non frappées par un arrêté de péril, nous avons dressé des coupes des terrains selon des profils qui interceptent ces ouvrages. Elles sont agrémentées du niveau des plus hautes eaux (P.H.E), tel qu'il est mentionné dans les rapports du LCHIF, ainsi que de la hauteur des plus grandes vagues avec leur occurrence.

2.2.1. Versant Est (Coupe A (cf. Fig.14) *

C'est le moins pentu, et cette dissymétrie dans la topographie est accentuée en aval par les mouvements de terres qui ont accompagné les divers aménagements dont a fait l'objet ce secteur par le passé. Son pied est protégé sur une soixantaine de mètres, au nord-est, par les enrochements situés en arrière de l'épi, et dans l'axe de la valleuse par le débord du perré et les enrochements associés. Entre les deux, soit sur 60 m, son pied n'est pas protégé artificiellement.

Sa direction est celle des houles dominantes, soit N.W - S.E. Elle intègre la résidence "Pleine Mer".

* Les coupes sont localisées sur la figure 3 § 2.

Les enrochements, là où ils sont présents, protègent la craie marneuse très altérée et fracturée contre l'action des plus hautes eaux et des hautes vagues les plus fréquentes. Par contre, au-delà d'une occurrence annuelle, le talus d'une vingtaine de mètres de hauteur reliant la plateforme de la résidence au toit de la craie marneuse altérée, est soumis à l'action des vagues lors des tempêtes. **Ce talus étant constitué de formations meubles** (colluvionnement à silex), bien que consolidées, il ne peut que se dégrader lorsqu'il est saturé (par perte de cohésion) et être le siège de glissements de surface régressifs. En première approximation, dans l'hypothèse très simpliste selon laquelle, à moyen terme, l'angle de talus naturel des colluvions à silex est globalement de 45°, la résidence Pleine Mer commencera à être en situation délicate lorsque le pied du talus aura reculé d'une dizaine de mètres. Sur la figure nous avons représenté par un trait "mixte" de couleur rouge un profil de talus dont la crête n'est plus qu'à 10 m du bâtiment de la résidence. Nous ne disposons pas de données fiables, car son profil actuel est trop récent, concernant l'évolution de ce talus. Nous pensons cependant qu'en arrière des enrochements, s'ils sont pérennisés, il faudra au moins 50 ans au pied du talus meuble pour reculer de 10 m. Cette durée pourrait cependant être raccourcie par un recul plus rapide du talus, à l'ouest des enrochements. **En effet, dans cette partie non protégée, la micro falaise de craie marneuse est affectée par de nombreuses niches d'incision, attestant de son extrême vulnérabilité, et dont la progression se fait dans la direction N110, c'est à dire vers la résidence "Pleine Mer"**. L'une d'entr'elles a d'ailleurs dû être bétonnée tellement elle était pénétrante. L'épaisseur réelle du colluvionnement, sur le versant, est déterminante quant à l'impact du recul en surface.

La coupe B (cf. fig. 15) intègre la maison située en bordure de la rue du Château, non loin de la résidence "Pleine Mer".

Comme dans le cas précédent, la craie marneuse altérée est protégée, mais sur une courte distance. Toute chose étant égale par ailleurs, cette maison est en meilleure situation que la résidence voisine. Cela tient au fait que le talus y est moins élevé d'environ 5 m, ce qui rallonge d'autant la distance de recul du talus pour un impact en surface identique à celui du cas précédent, mais également au fait que le recul de la micro falaise non protégée progressera plutôt vers le sud-est que vers le sud. Schématiquement, cette habitation aurait donc une espérance de vie supérieure à la précédente d'environ 50%.

2.2.2. Versant Ouest

Plus pentu que son vis à vis, sa limite côtière présente un profil de falaise naturel dans la mesure où elle n'a pas fait l'objet d'aménagement particulier. Son pied de falaise est protégé sur une cinquantaine de mètres, depuis l'axe de la valleuse.

La coupe C (cf. Fig. 16) intègre le "Chalet" (cf aussi coupe D). La craie marneuse altérée constituant le pied de falaise est partiellement protégée par l'extrémité du cordon d'enrochements. Le plan de falaise, constitué de craie altérée et fracturée, coiffée de colluvions, est lui soumis à l'action des vagues lors des tempêtes. En l'état des protections, bien que très proche de la falaise - 10 m, cette maison ne court aucun danger à court et moyen terme.

Figure 14 - COUPE A

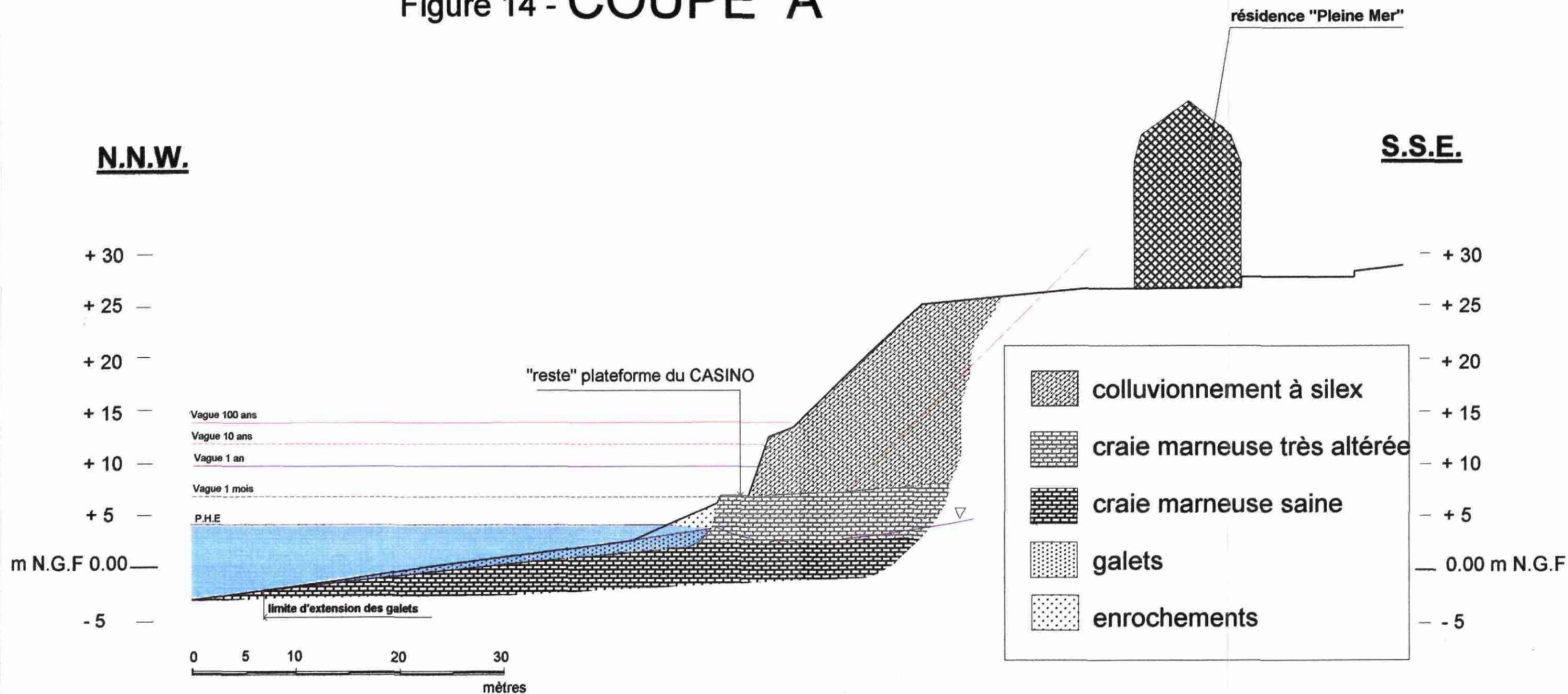


Figure 15 - **COUPE B**

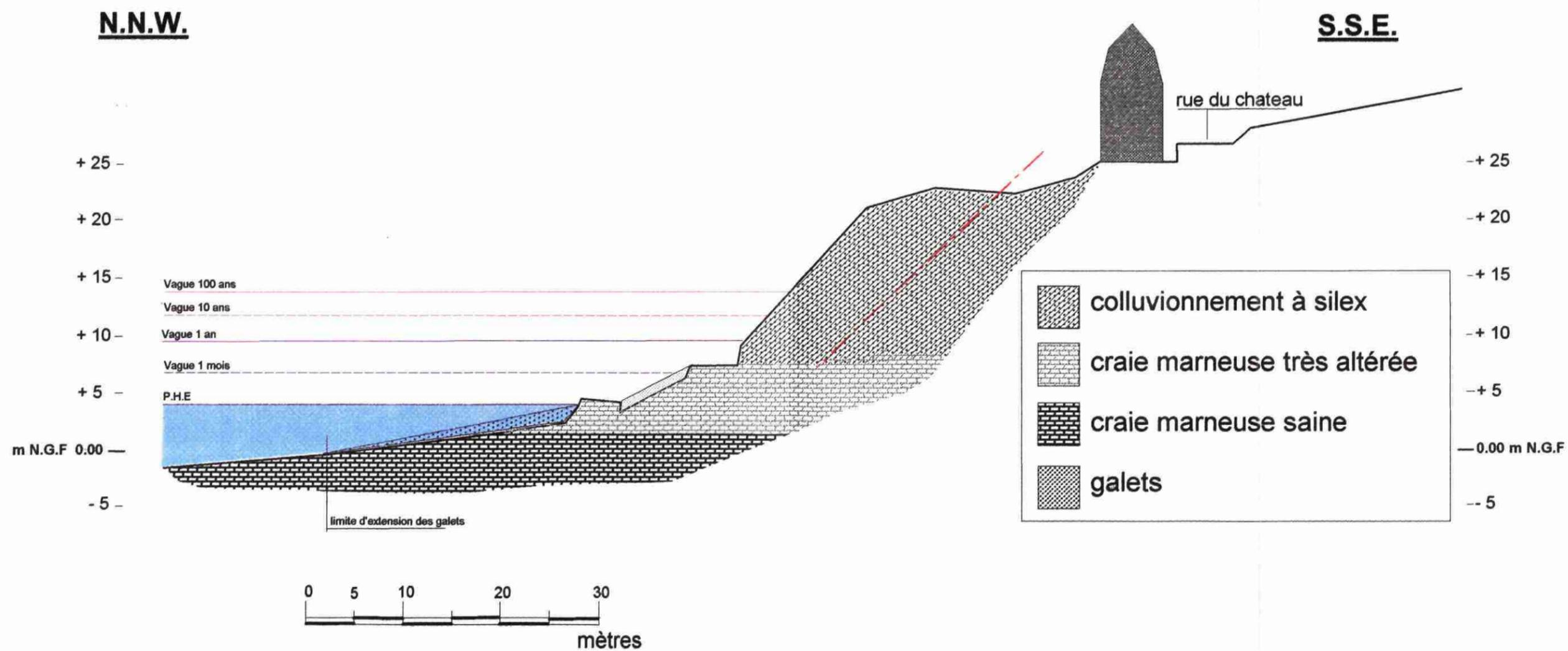


Figure 16 - COUPE C

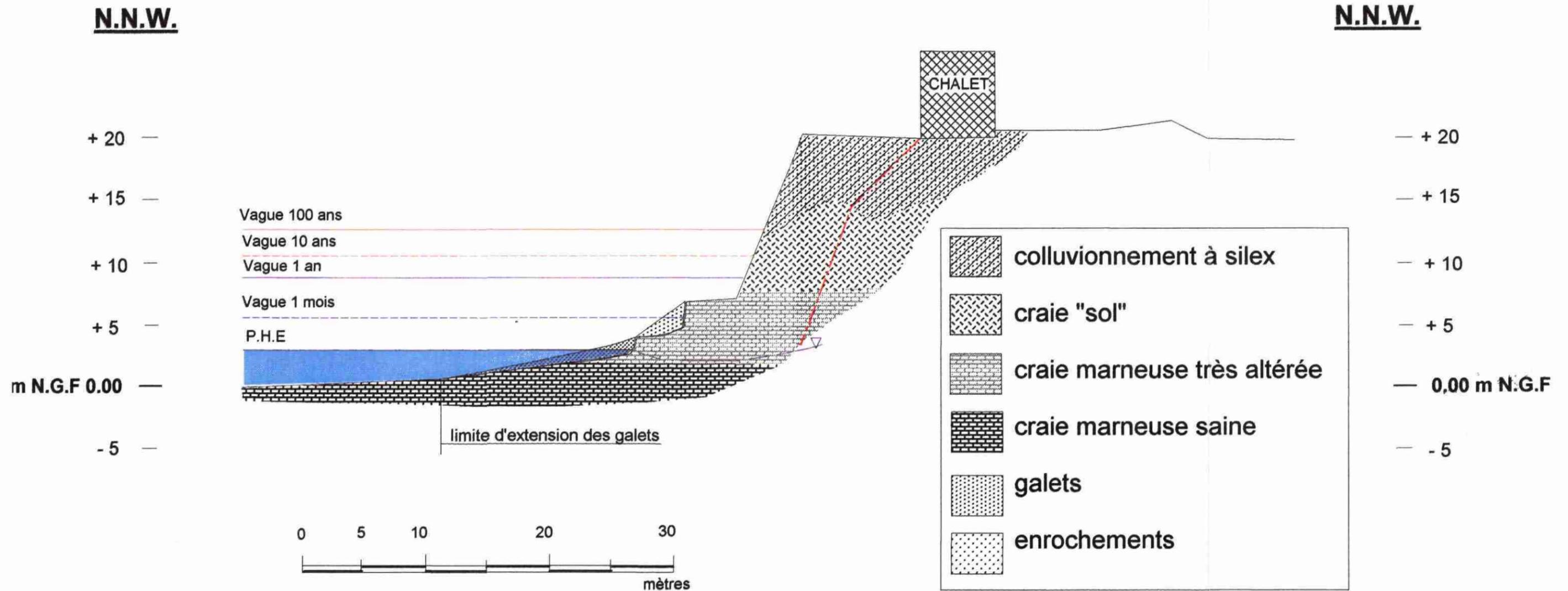
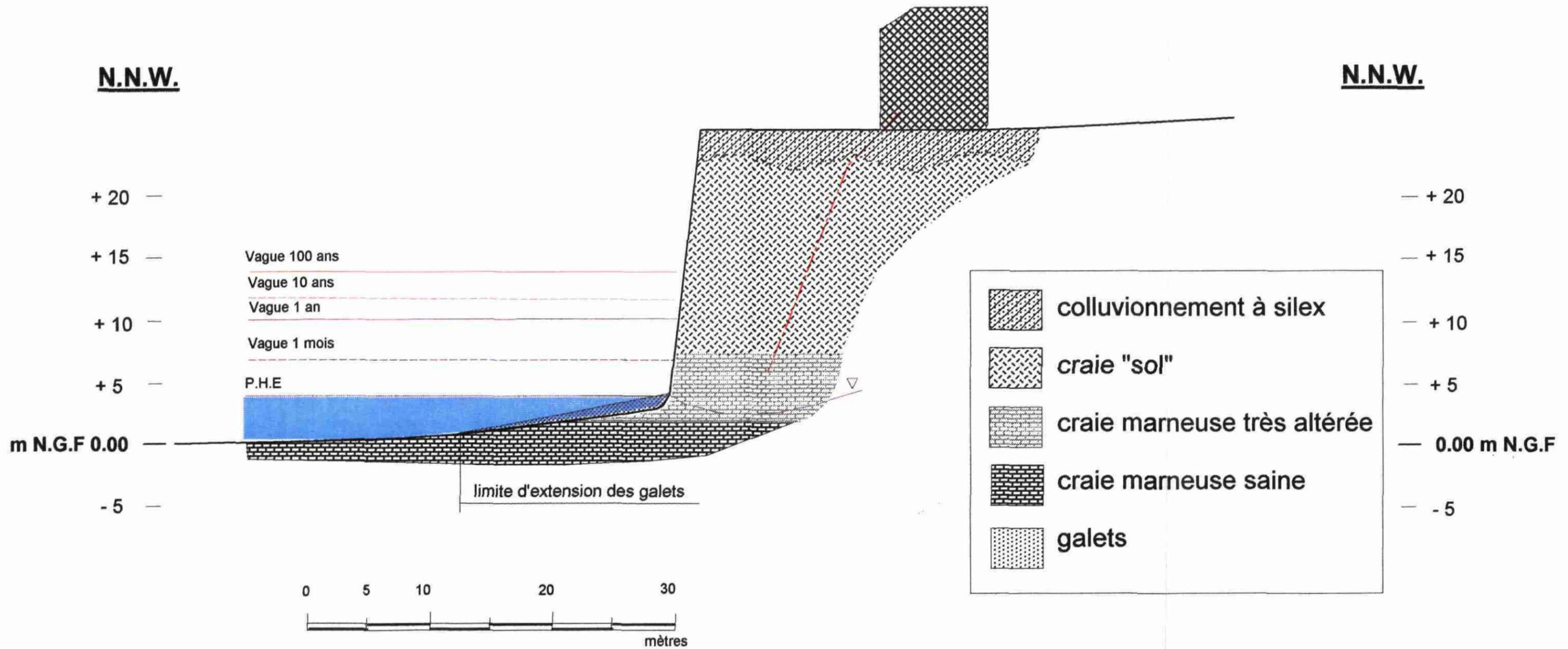


Figure 17 - COUPE D



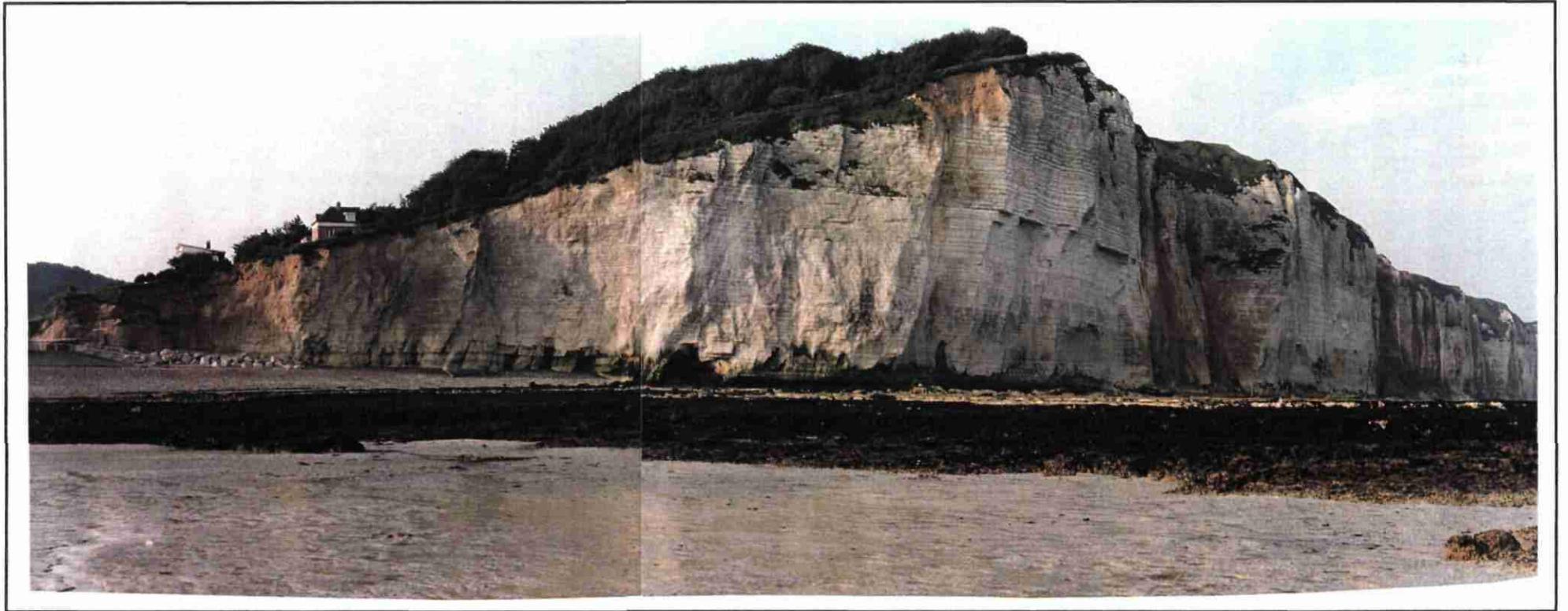
Lexique

- Azoïque :** Dépourvu de formes de vie. S'applique à des roches dépourvues de fossiles.
- Entonnoir de dissolution :** Dépression plus ou moins conique de forme variable affectant le toit (sommet) de la craie. Elle résulte de la dissolution des carbonates.
- Foncer :** Foncer un puits. Creuser un puits depuis la surface.
- Gélivité :** Caractère d'un objet gélif, susceptible de se fragmenter sous l'effet du gel.
- Inocérame :** Bivalve marin dont la coquille est formée de petits prismes de calcite qui peuvent se retrouver plus ou moins éparpillés dans les sédiments (craie à inocérames, formation géologique du Sénonien inférieur de Haute-Normandie).
- Listrique :** S'applique à une faille dans l'ensemble proche de l'horizontale ayant une forme de cuillère concave vers le haut.
- Taffoni :** Mot d'origine corse. Cavité arrondie de diamètre et de profondeur variable, due à l'érosion en climat sec ou sur certains littoraux.

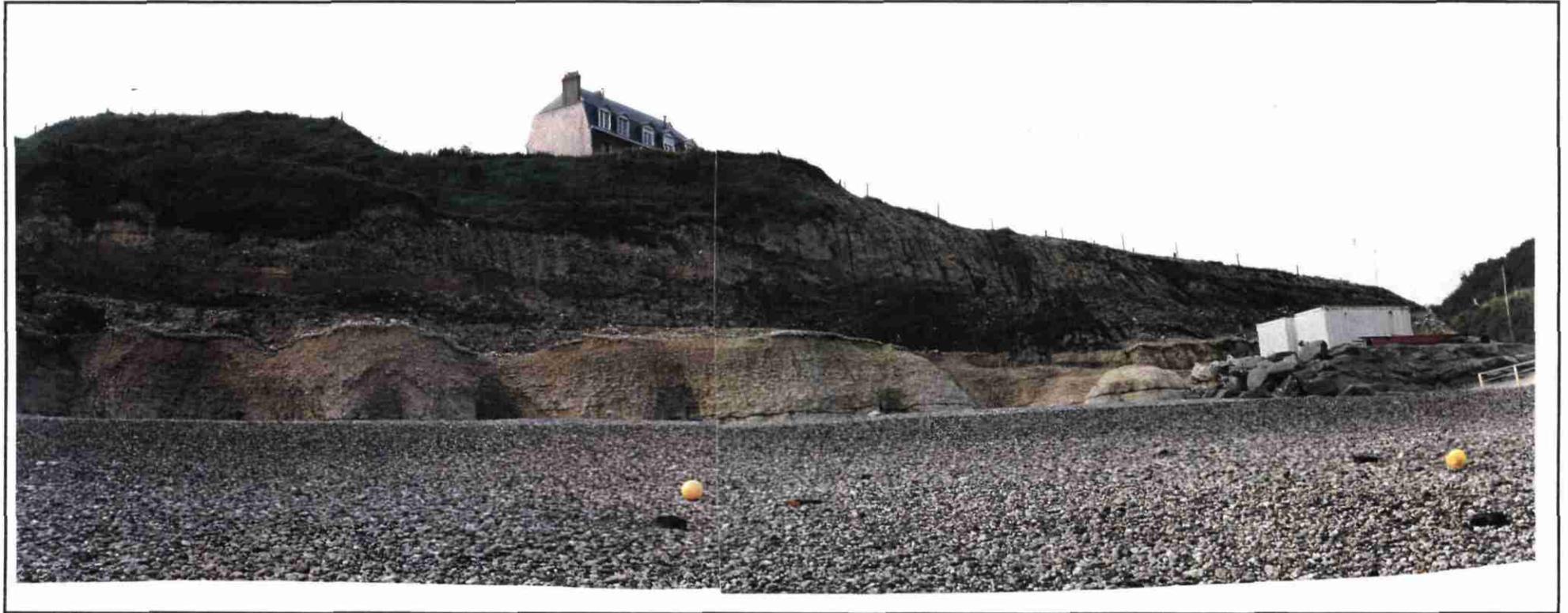
Références bibliographiques

- BRGM (1984). Saint-Pierre-en-Port (76). Affaire " Van Lawick c/Chéret Fiquet ". Avis technique sur le sinistre survenu en décembre 1977. Rapport BRGM, 84 HNO 021, 6 p.
- FRILEUX P.N. et GAY F.J. (1984). Les valleuses entre Dieppe et Le Havre. Ministère de l'urbanisme et du logement, Université de Haute-Normandie, 185 p.
- LCHF (1979). Aménagement de la plage de Saint-Pierre-en-Port. Avis technique. Direction de l'Equipement, Service maritime, mai 1979, 16 p.
- LCHF (1981). Aménagement de la plage de Saint-Pierre-en-Port. Rapport général. Direction de l'Equipement, Service maritime, mai 1981.
- Atlas hydrogéologique de la Seine-Maritime. CG 76, Agence de l'Eau, BRGM.
- Catalogue sédimentologique des côtes de France. SHOM.
- Carte géologique à 1/50 000, n°57, Fécamp, Editions BRGM.
- Carte géologique à 1/80 000, n°19, Yvetot--Le Havre--Saint-Valery, Editions BRGM.

Planches photographiques



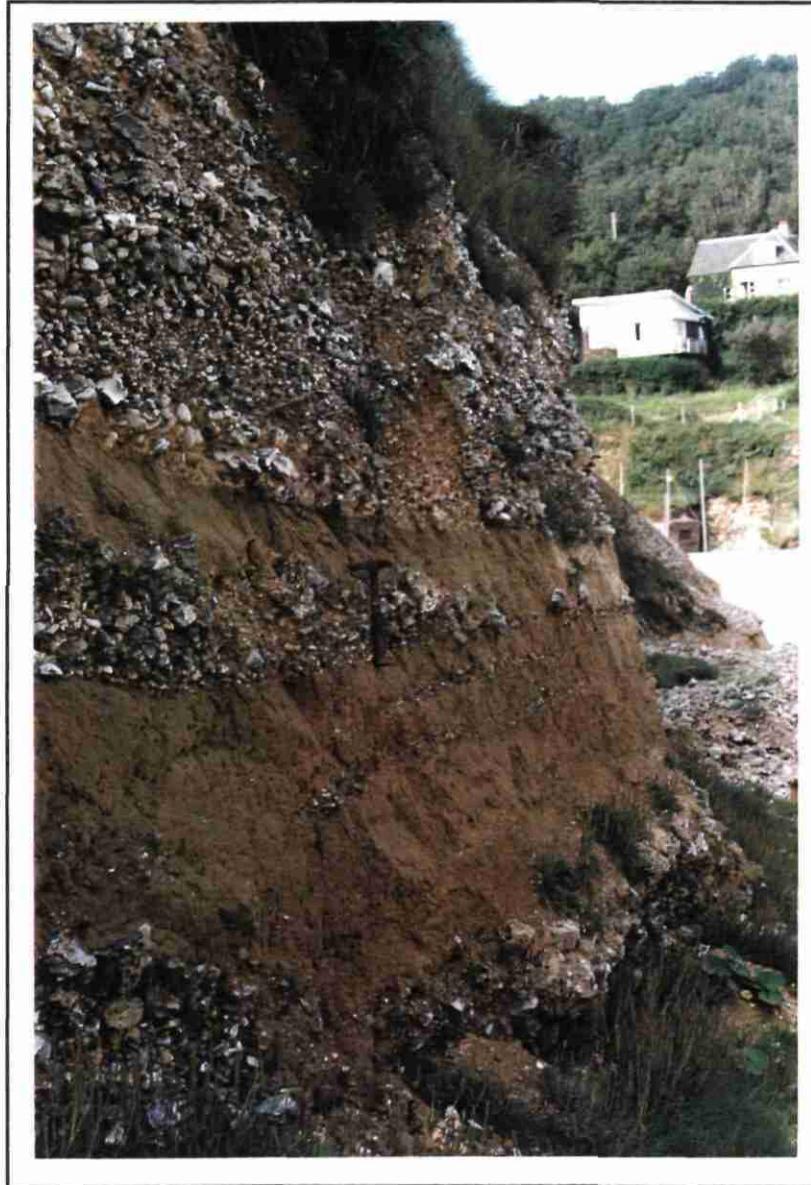
Photographie n°1. Vue générale des falaises des secteurs A, B et C (ouest de la plage de Saint-Pierre-en-Port)



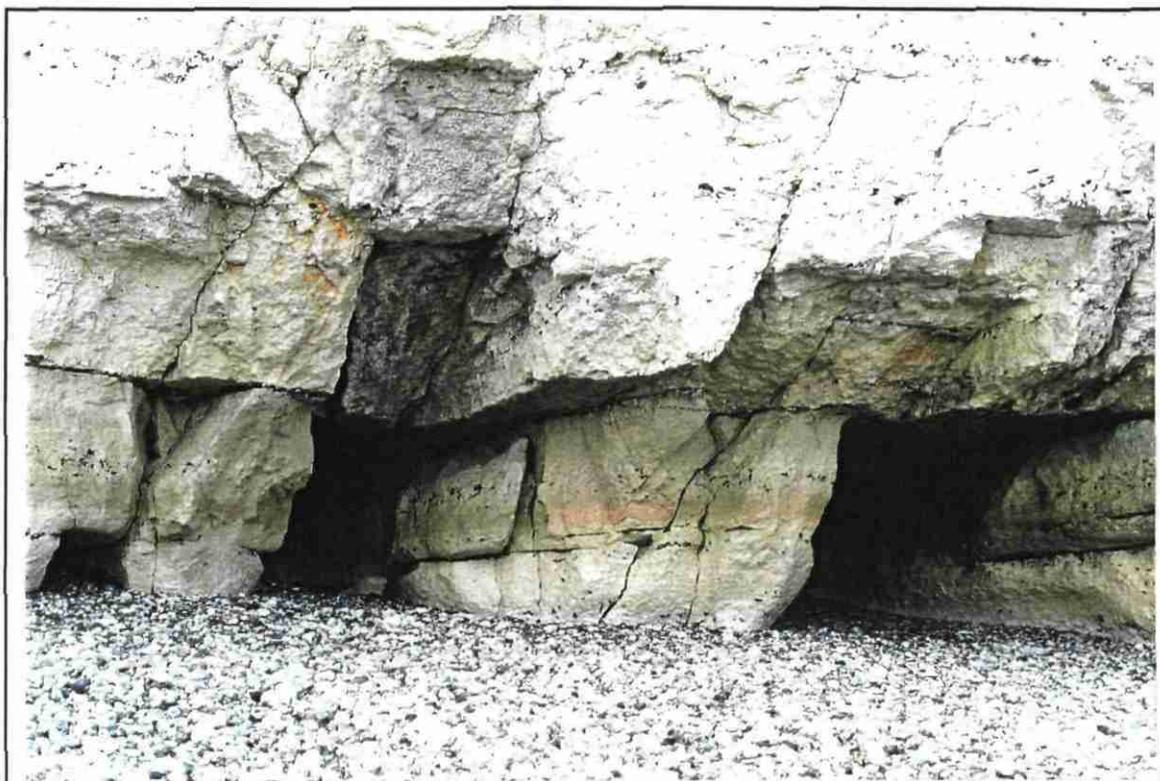
Photographie n°2. Vue générale des deux falaises superposées du secteur D (est de la plage de Saint-Pierre-en-Port)



Photographie n°3. Coupe géologique caractéristique des falaises de Saint-Pierre-en-Port
(voir aussi figure 6, §4.4)



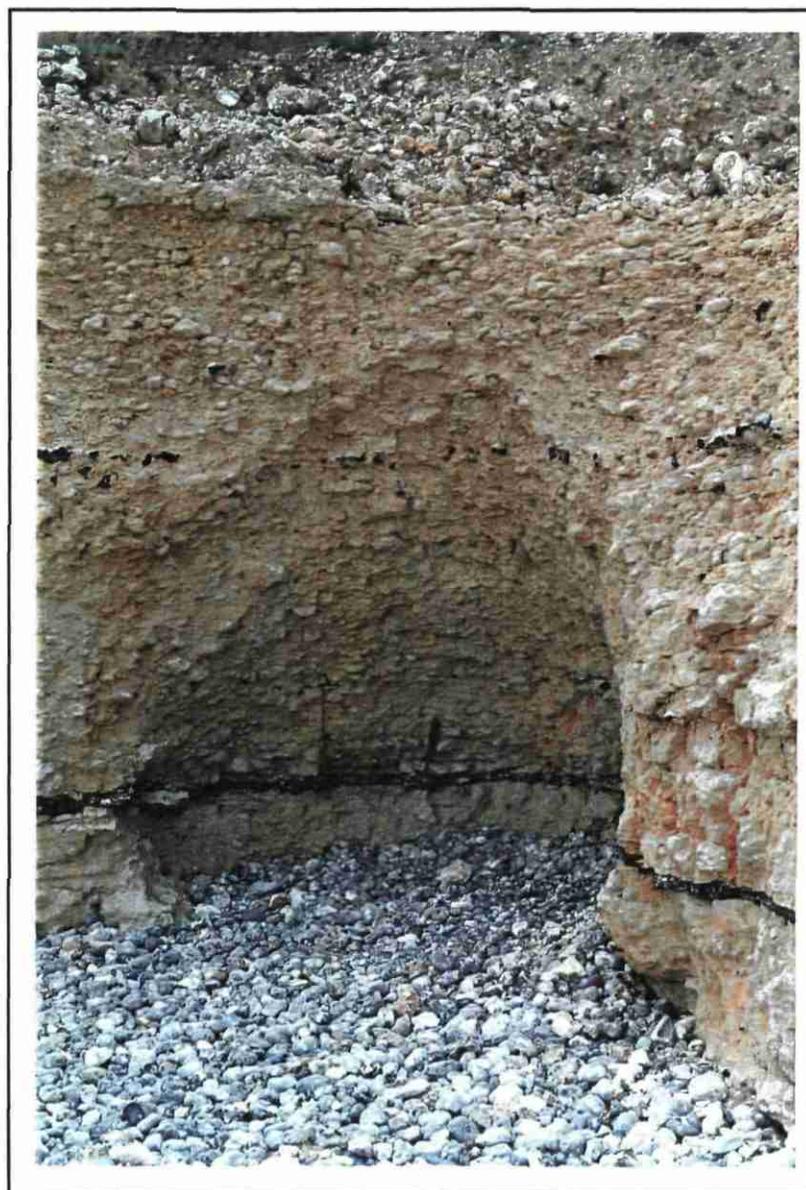
Photographie n°4. Coupe des formations colluviales (secteur C)



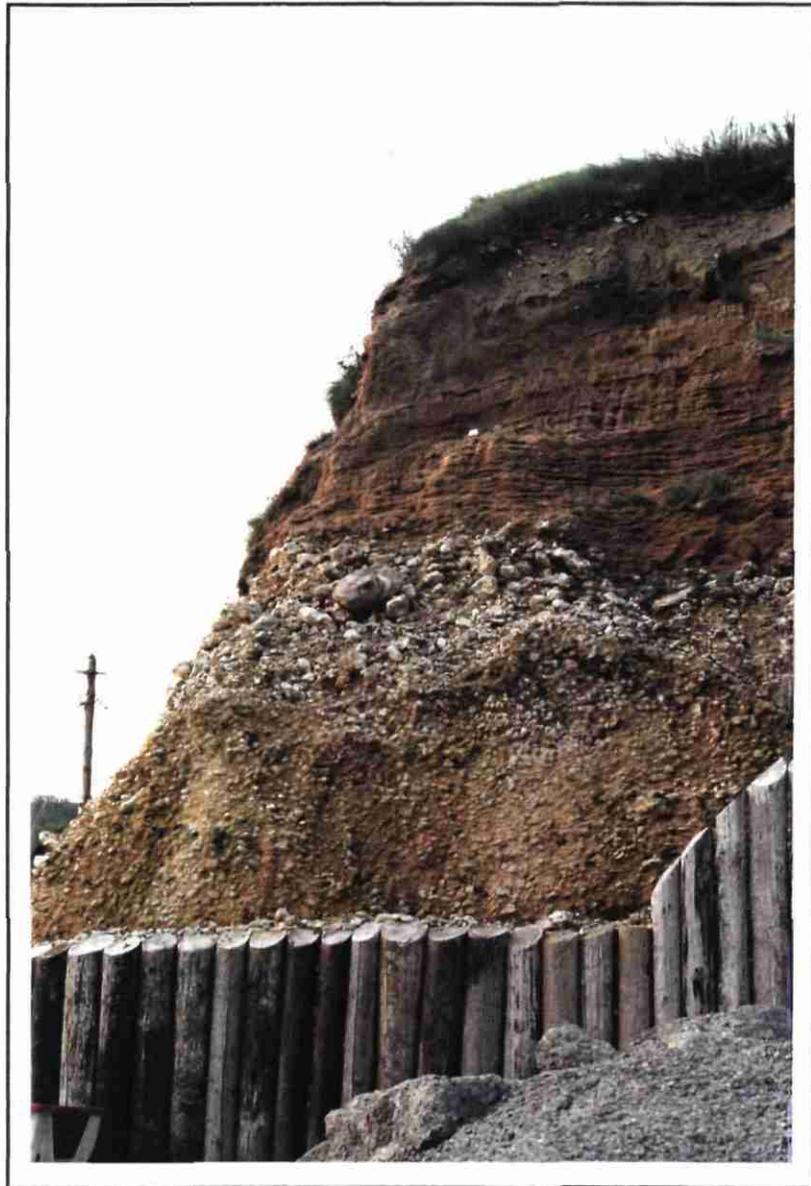
Photographie n°5. Attaque en sous-cavage des falaises (secteur B)



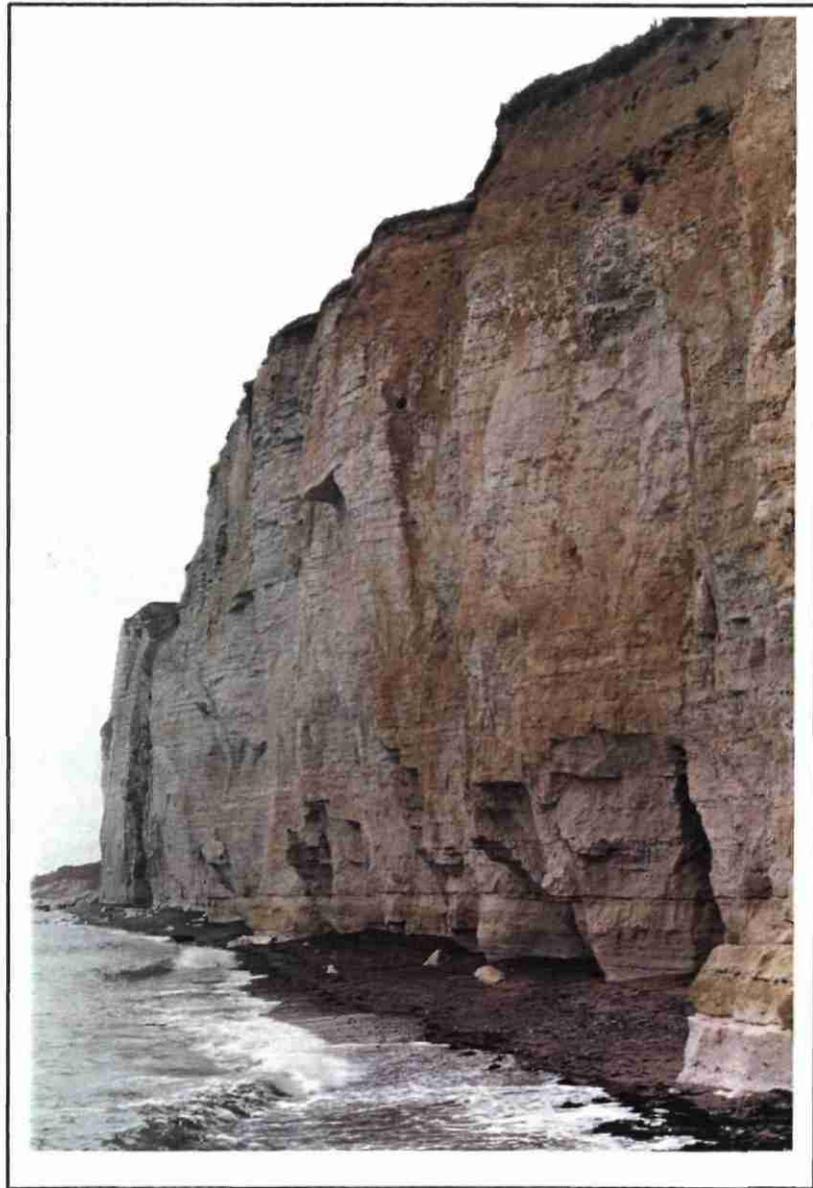
Photographie n°6. Vue générale de l'estran à marée basse (coefficient 112).



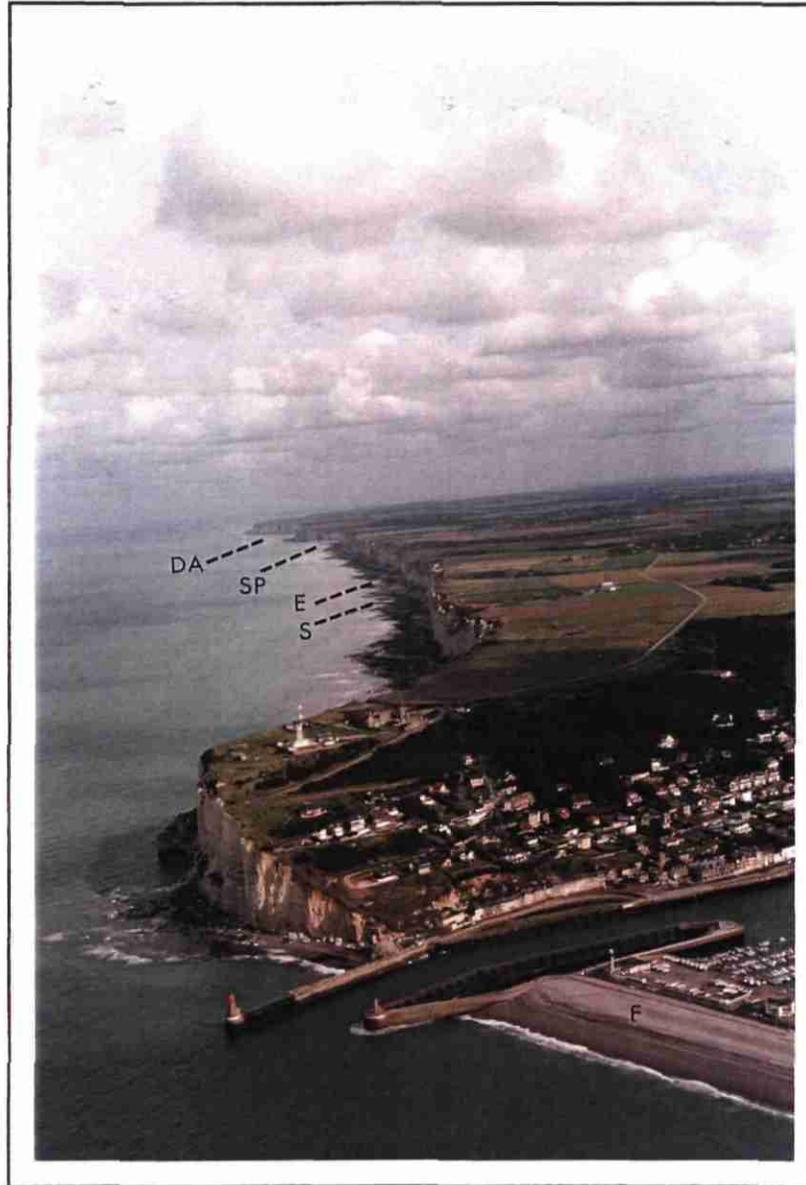
Photographie n°7. Niche d'incision affectant les falaises dégradées du secteur D.



Photographie n°8. Coupe des terrains colluvionnés (secteur D).

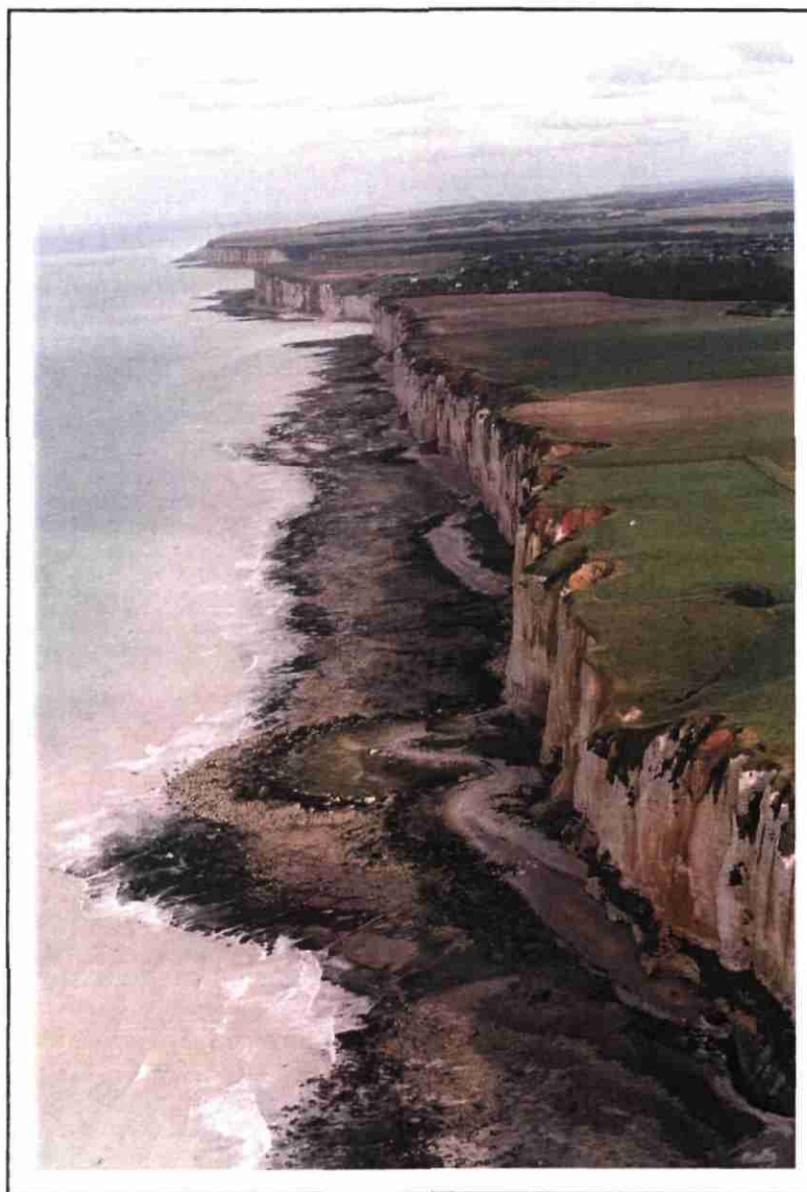


Photographie n°9. Allure générale des falaises du secteur E (en direction des Grandes Dalles)



Photographie n°10. Vue aérienne de la jetée ouest de Fécamp bloquant le transit des galets sur la plage.

*DA : Les Grandes Dalles ; E : valleuse d'Életot ; F : plage de Fécamp ;
S : Senneville ; SP : Saint-Pierre-en-Port*



Photographie n°11. Vue aérienne des effondrements du Chien neuf et d'Életot



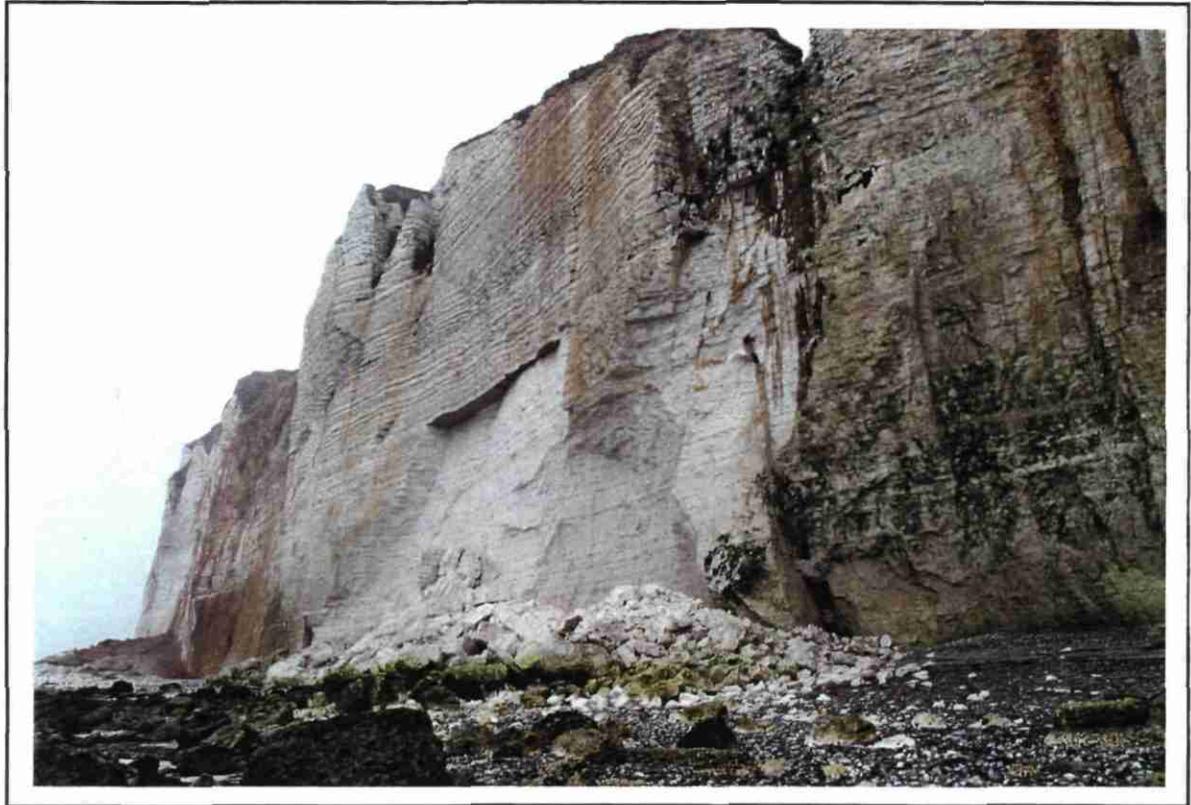
Photographie n°12. Vue aérienne montrant le piégeage des galets dans les cordons au niveau d'Életot.



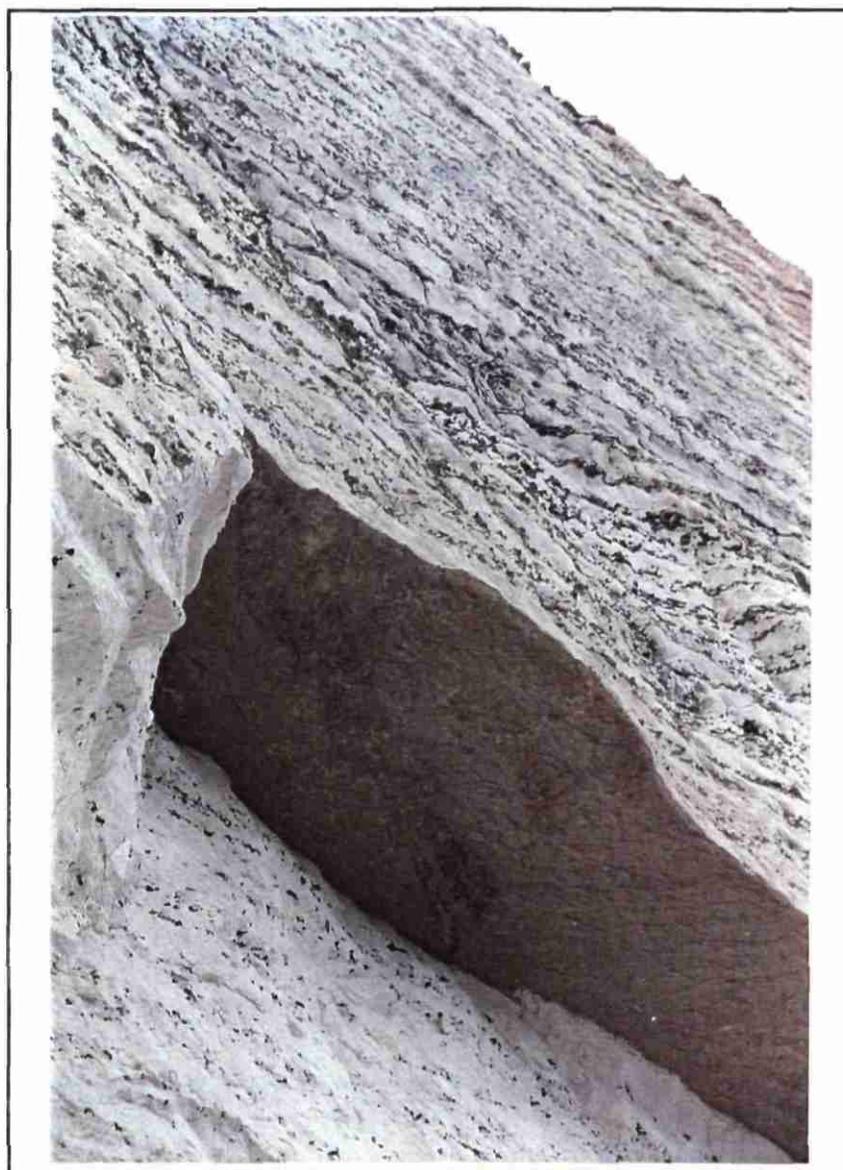
Photographie n°13. Vue aérienne panoramique du site de Saint-Pierre-en-Port.
Noter les effondrements de falaises de part et d'autre du site et la teinte particulière de la microfalaise au niveau de la valleuse (altération)



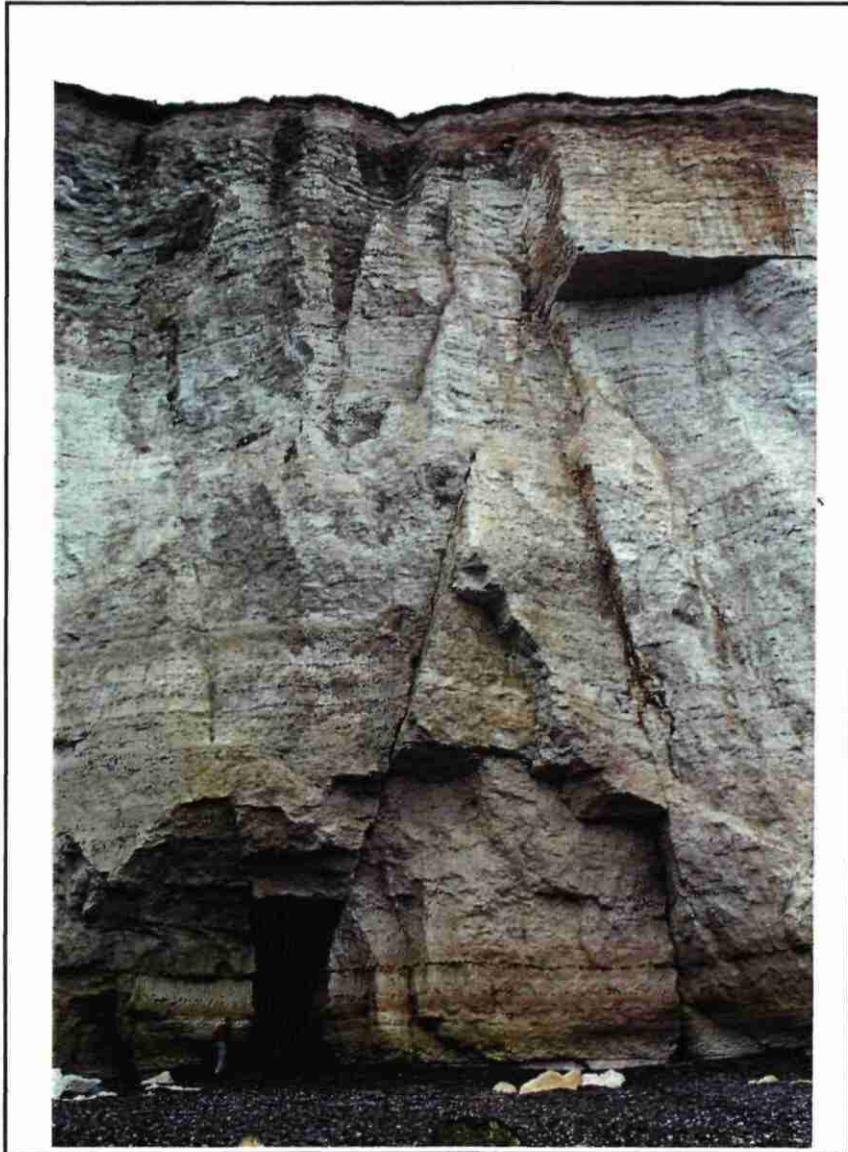
Photographie n°14. Vue aérienne des entonnoirs vidangés récemment (>début 1995)
au sommet des falaises du secteur A (ouest de Saint-Pierre-en-Port).
Remarquer l'épi en haut à droite de la vue.



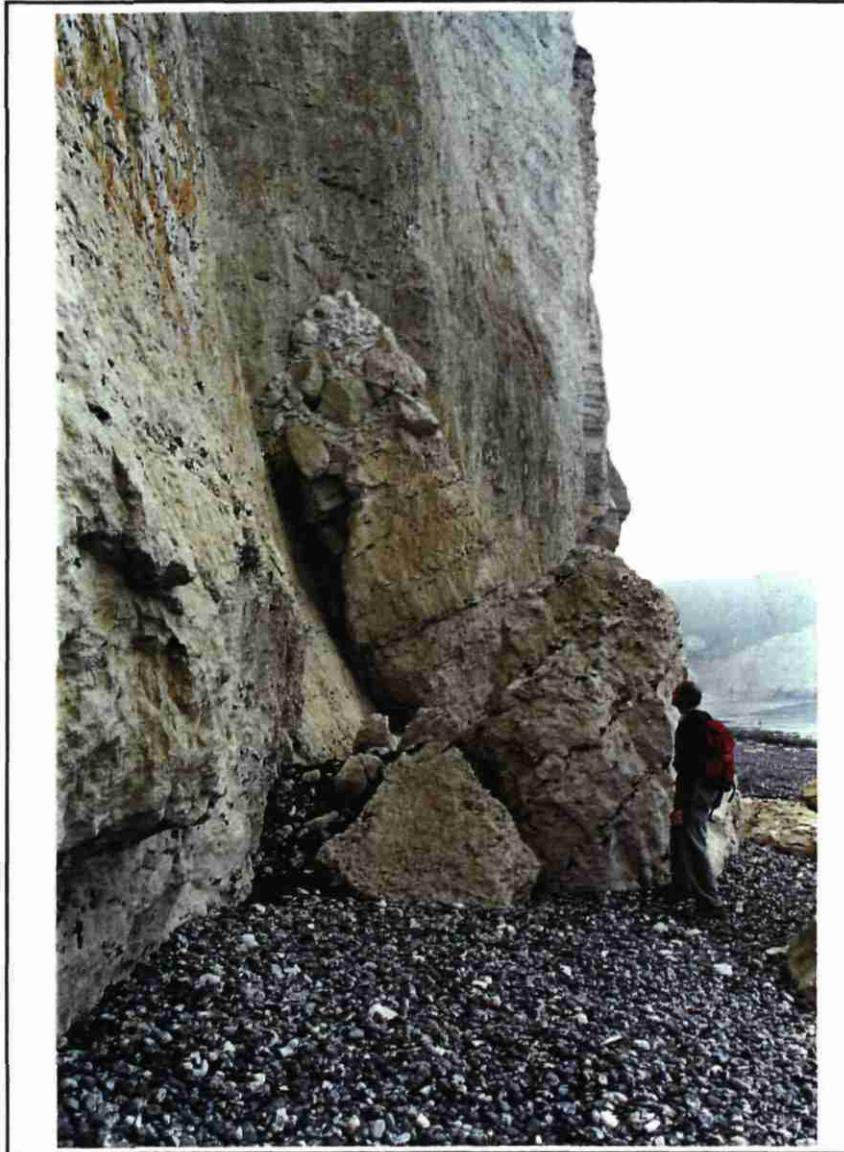
Photographies n°15 et n°16. Vue de l'effondrement de la falaise en direction des Grandes Dalles (vers la mi-septembre 1997).



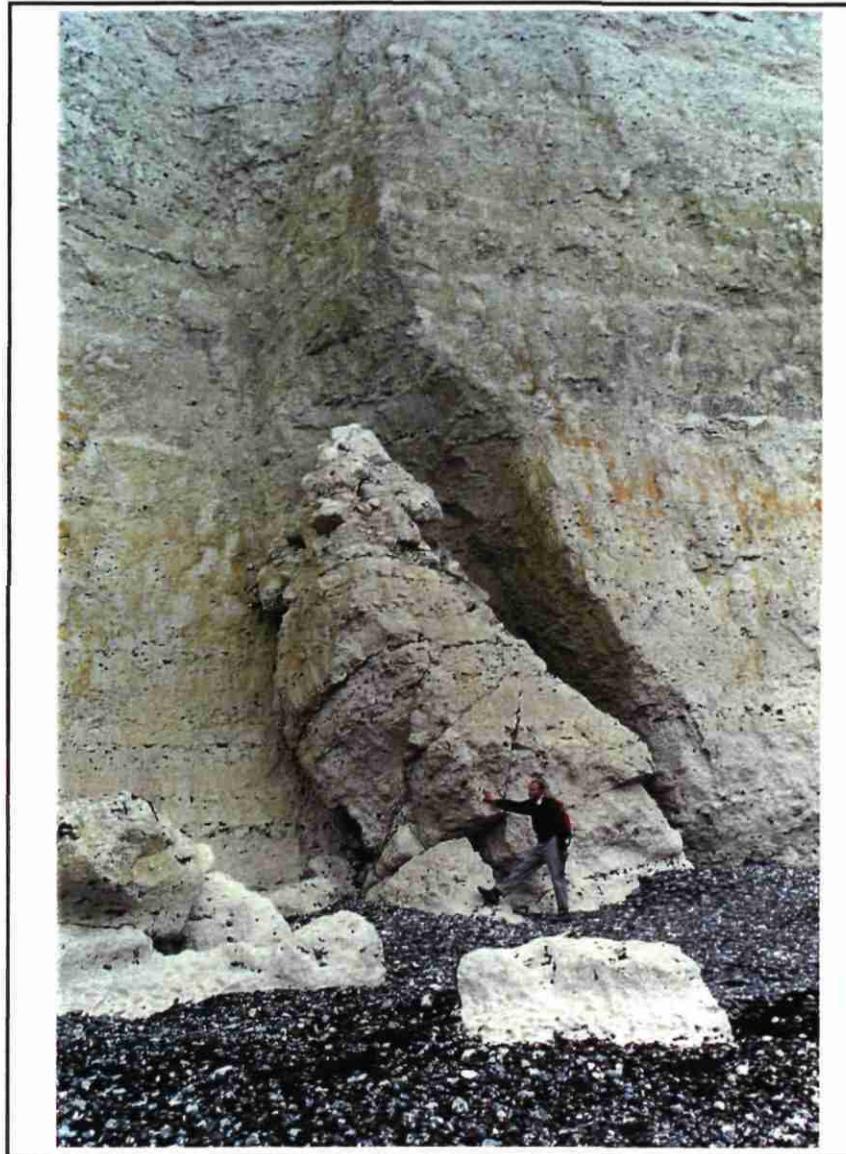
Photographie n°17. Vue de dessous de la discontinuité lithologique ayant contrôlé l'effondrement de la falaise en direction des Grandes Dalles.
Remarquer le passage de la craie à inocérames à silex en rognons (en-dessous) à la craie granuleuse à lits de silex (au-dessus)



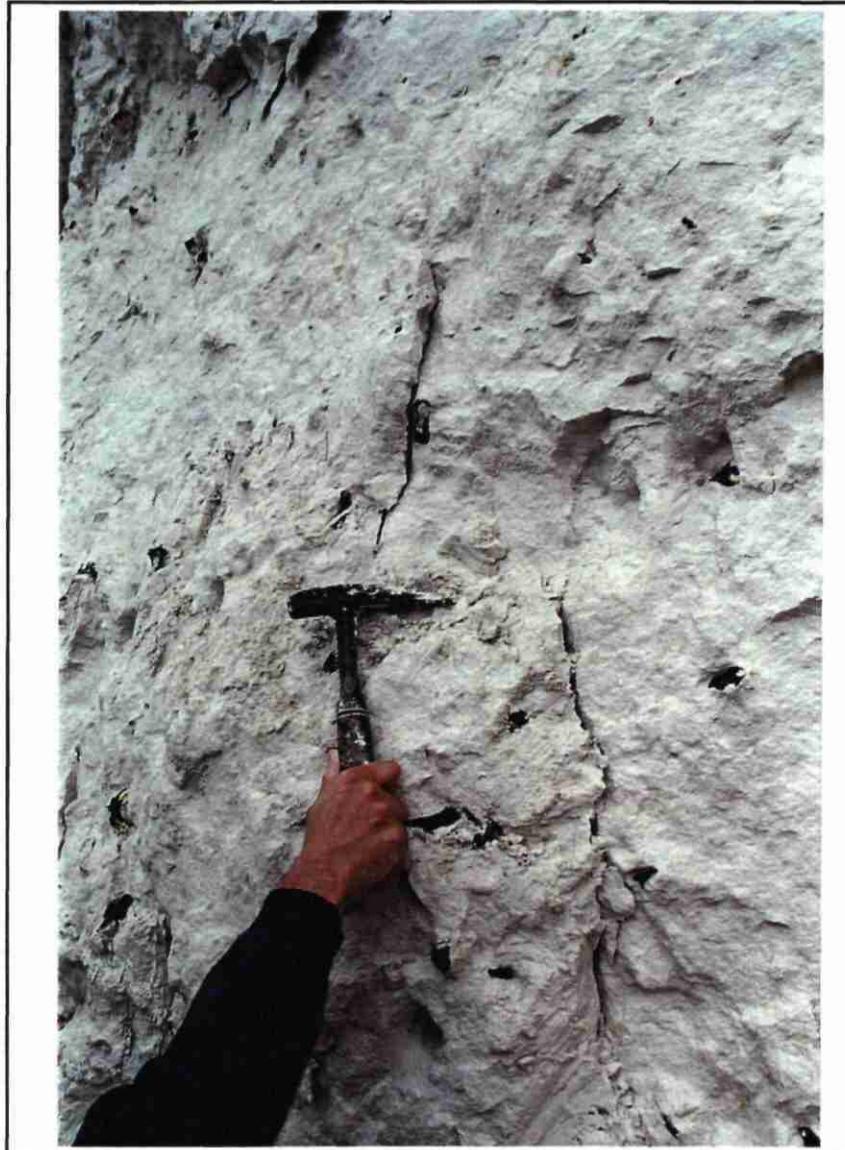
Photographie n°18. Grandes fractures affectant les secteurs de craie massive à l'est de Saint-Pierre-en-Port.
Les lits de silex montrent qu'il n'y a pas de jeu vertical.



Photographie n°19. Effondrement de « piliers » de craie à inocérames
(Est de la plage de Saint-Pierre-en-Port)



Photographie n°20. Effondrement de « piliers » de craie à inocérames
(Est de la plage de Saint-Pierre-en-Port)
Remarquer les gros blocs partiellement érodés.



Photographie n°21. Fissuration de la craie visible dans les secteurs de grands effondrements.
La fissuration permet la percolation des fluides à l'intérieur du massif rocheux.