

Bulletin trimestriel de la Société géologique de Normandie et des amis du Muséum du Havre

Société géologique de Normandie et des amis du Muséum du Havre. Auteur du texte. Bulletin trimestriel de la Société géologique de Normandie et des amis du Muséum du Havre. 1998-01-01.

Conditions d'utilisation

Nutrisco, la bibliothèque numérique du Havre, a été réalisée à partir des outils développés par la Bibliothèque nationale de France (BnF) pour sa bibliothèque numérique Gallica. Hébergée par la BnF, elle donne accès à des documents numérisés qui, pour la plupart, sont des reproductions d'originaux appartenant au domaine public et conservés par la Bibliothèque municipale du Havre ou un des établissements partenaires.

Les documents de la Bibliothèque municipale du Havre

Domaine public

La réutilisation des documents signalés par « Source : Bibliothèque municipale du Havre » et dont les droits sont du domaine public est libre et gratuite pour une utilisation privée ou commerciale à condition d'indiquer la provenance du document de la manière suivante : « Le Havre, Bibliothèque municipale ».

Vous êtes libres :

- de partager : vous pouvez copier, distribuer et communiquer le matériel par tous moyens et sous tous formats;
- de créer : vous pouvez produire des œuvres originales à partir de ces contenus;
- d'adapter : vous pouvez remixer et transformer ces œuvres.

La bibliothèque municipale du Havre procède à un suivi documentaire de ses collections. En cas de publication, nous vous remercions de bien vouloir nous transmettre un exemplaire :

- Par courrier

Nutrisco
Bibliothèque Armand Salacrou
17, rue Jules Lecesne
76600 Le Havre

Ou par mail : biblio-salacrou@lehavre.fr

Contenu sous droits spécifiques

Quelques documents de la bibliothèque municipale du Havre accessibles sur Nutrisco sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents marqués par la mention « Conditions spécifiques d'utilisation » ne peuvent être réutilisés sans l'obtention préalable de l'autorisation du titulaire des droits, sauf dans le cadre de la copie privée. Pour plus d'informations sur ces documents, vous pouvez contacter les porteurs du projet Nutrisco : biblio-salacrou@lehavre.fr

Les documents des institutions partenaires

La réutilisation des documents signalés par « Source : Bibliothèque nationale de France » s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978. La réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source. La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service. [En savoir plus.](#)

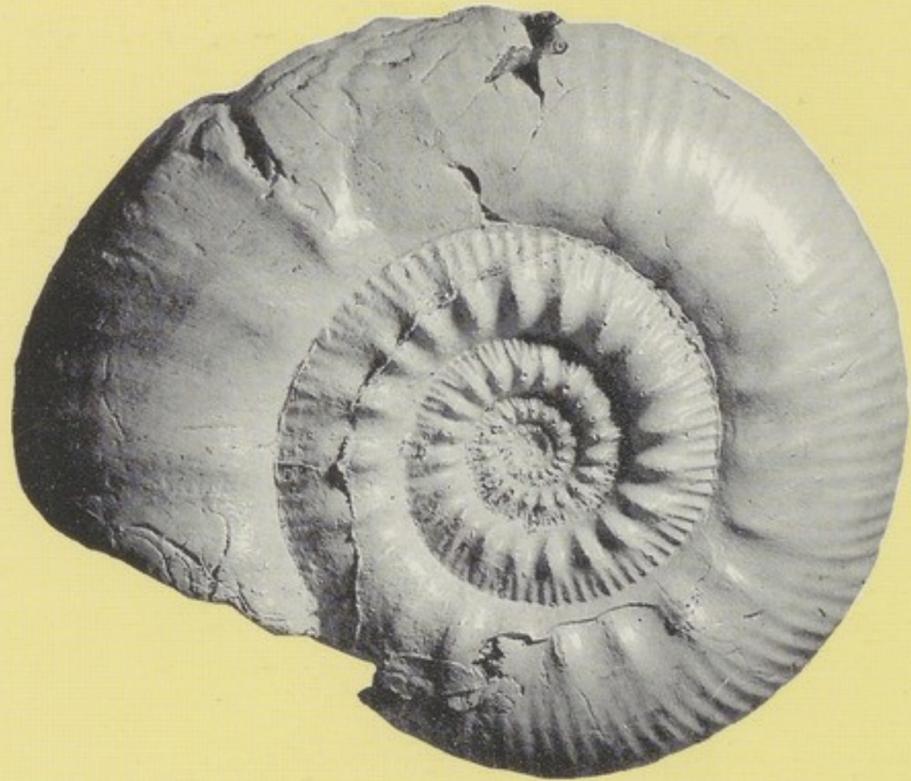
Concernant les reproductions de documents conservés dans d'autres bibliothèques et institutions, celles-ci sont signalées par la mention « Source : Nom du partenaire ». L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques ou institutions de leurs conditions de réutilisation.

Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Nutrisco, le site du Patrimoine numérisé du Havre, sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays. L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non-respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

Pour toute information complémentaire sur l'utilisation des contenus Nutrisco, [contactez-nous.](#)

1998

TOME 85
Fascicule 1
1^{er} trimestre



EXCURSIONS GÉOLOGIQUES
SUR LE LITTORAL ENTRE
LE HAVRE ET FÉCAMP
(NORMANDIE, FRANCE)

Gérard Breton

bulletin trimestriel
de la
société géologique
de
normandie
et des
amis du muséum du havre

ÉDITIONS DU MUSÉUM DU HAVRE



PROCES GEOLGICQUES
SUR LE TERRAIN DE
LE BAYRE ET LE CAMP
FRANCOIS FRANCE

Geological

Geological

Gérard Breton

EXCURSIONS GÉOLOGIQUES

SUR LE LITTORAL ENTRE LE HAVRE ET FÉCAMP (NORMANDIE, FRANCE)

ÉDITIONS DU MUSÉUM DU HAVRE
Place du Vieux-Marché - 76600 Le Havre

Gérard Breton

EXCURSIONS GÉOLOGIQUES

sur le littoral entre

LE HAVRE ET FÉCAMP

(NORMANDIE, FRANCE)

EXCURSIONS GÉOLOGIQUES SUR LE LITTORAL ENTRE LE HAVRE ET FÉCAMP (NORMANDIE, FRANCE)

par Gérard Breton

Ce guide constitue une nouvelle édition, mise à jour et augmentée, du fascicule

BRETON (Gérard) (1981). - Excursions géologiques sur le littoral entre Le Havre et Étretat (Normandie, France). *Bull. trim. Soc. Géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, 68, 3, 3^e trim. 1981, 56 p., 21 fig., 12 pl.

aujourd'hui épuisé.

Le domaine couvert a été étendu jusqu'à Fécamp, et la présentation en a été modifiée.

La mention ou référence correcte à cet article est la suivante :

BRETON (Gérard) (1998). - Excursions géologiques sur le littoral entre Le Havre et Fécamp (Normandie, France). *Bull. trim. Soc. Géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, 85, 1, 1^{er} trim. 1998, 40 p., 26 fig., 4 pl.

Pour alléger ce texte, nous n'avons pas suivi l'usage qui veut que, lors de la première citation dans le texte d'un taxon, le binôme latin soit suivi du nom d'auteur et de la date de création du nom d'espèce. À notre connaissance, aucun des taxons cités n'est ambigu. Le lecteur, en cas de doute, se reportera aux ouvrages appelés en bibliographie.

De même, nous n'avons pas développé l'approche « stratigraphie séquentielle » qui aurait inutilement encombré le texte d'explications préliminaires sans apporter, bien que les séries exposées entre Le Havre et Fécamp soient favorables, un plus appréciable. Le texte s'adresse à tous les publics motivés par la géologie et la paléontologie locales ; les lecteurs qui souhaiteraient approfondir l'approche séquentielle pourront consulter Samson (1997) pour le Jurassique et Juignet & Breton (1992) pour le Crétacé.

Nous serons reconnaissants aux lecteurs qui relèveraient dans cet article erreurs, imprécisions, fautes d'orthographe ou de frappe de nous les signaler.

Adresse de l'auteur : Gérard Breton. Muséum d'histoire naturelle, place du Vieux-Marché, 76600 LE HAVRE (France).

Remerciements

Mes plus vifs remerciements vont à :

- Pierre Juignet et Jean Guyader, pour leurs utiles conseils, leur très grande connaissance du terrain, et les autorisations - accordées dès la première édition de ce guide - de reproduire leurs illustrations ;
- Gérard Bignot, Nicolas Cottard, Rémi Cousin, Jean-Pierre Debris, Monique Fouray, Gilles Lepage, Marc Maréchal, Yann Samson qui, lors de travaux en commun sur le terrain ou à l'occasion de discussions ou de la préparation d'articles, m'ont apporté des conseils ou des points de vue précieux ;
- tous ceux qui, dans des conditions parfois difficiles, ont participé à la réalisation matérielle de ce guide.

Illustration de couverture :

L'ammonite *Aulacostephanus (Aulacostephanoides) mutabilis* (Sowerby, 1823) est fréquente dans les Argiles du Croquet (Kimméridgien supérieur). C'est le fossile-index de la biozone à *Mutabilis*. Le spécimen (original coll. G. Lepage, 10.29.86.E2) a été recueilli le 9 novembre 1991 à Ecqueville, au Nord de la vallée du Fond du Val, Octeville (Seine-Maritime). C'est un moulage composite qui est photographié : moulage du tour externe et empreinte des tours internes d'après leur moule externe réunis (R.C., 1992). Coll. Muséum du Havre MHNH 9016, diamètre maximum : 145 mm.

1 PRÉSENTATION DE LA RÉGION ÉTUDIÉE

C'est l'érosion marine quaternaire et actuelle qui est responsable de la morphologie des hautes falaises qui bordent, au nord de l'estuaire de la Seine, le Pays de Caux.

Ce littoral constitue, par sa situation, un lieu d'excursion privilégié puisqu'on peut, tout à la fois, y poursuivre des observations et des recherches ayant trait au peuplement végétal ou animal actuel; à la morphologie et à la dynamique de la côte; mais aussi à la paléontologie, à la stratigraphie et à la lithologie: ses affleurements ont, en effet, depuis longtemps, attiré l'attention des géologues qui y ont décrit des coupes maintenant classiques dans les couches jurassiques (Kimméridgien) et crétacées (Aptien à Campanien). Ces excursions retiendront l'attention des pédagogues par leurs originalités: phénomènes sédimentaires actuels et passés juxtaposés dans l'espace; frontière entre un milieu marin et un milieu continental; liaison possible entre les peuplements et leurs substrats; écologie et paléoécologie. La région que nous nous proposons d'étudier appartient à la bordure occidentale du Bassin Parisien, dans un domaine où, pendant tout le Mésozoïque, se sont succédé transgressions et régressions (fig. 1).

Le léger pendage nord-est de 5 pour 1 000 des couches sédimentaires fait affleurer sur le littoral du Cap de la Hève les couches les plus anciennes (toit de l'Oxfordien). Des couches de plus en plus récentes affleurent vers le nord-est: la falaise d'Étretat est constituée de Coniacien (carte géologique à 1/50 000 74-Montivilliers - Étretat: un « profil » des falaises très évocateur est reproduit au large des affleurements littoraux).

La couverture sédimentaire, peu épaisse en ce bord de bassin, repose sur un socle hercynien composé de séries sédimentaires paléozoïques dans la région du Havre, de granite vers Étretat (Debeglia, 1980), et entaillé par un sillon de 300 m de profondeur comblé par des dépôts permians, produits d'érosion des reliefs hercyniens, au nord-est de la région étudiée, entre Villequier et Fécamp. Le socle affleure dans la région de Caen; un forage l'atteint à Villequier vers 600 m, il est vers la cote -400 au Havre.

Les géologues, stratigraphes ou paléontologues qui ont étudié les coupes entre Le Havre et Étretat ont été nombreux au siècle passé. Citons, avec la date de leur principale publication concernant la région, A. Passy (1832), C.-A. Lesueur (1843), A. Dollfus (1863), G. Lennier (1867).

Des travaux plus récents, d'analyse, de synthèse ou de vulgarisation, concernant l'ensemble de la région ou bien un seul affleurement ou encore un seul niveau peuvent être consultés: Alcaydé *et al.* in Mégnien (1980), Breton (1981), Debrand-Passard & Rioult in Mégnien (1980), Destombes (1958), Destombes, Juignet & Rioult (1974), Doré *et al.* (1977), Guyader (1968), Juignet (1974, 1980), Juignet & Breton (1992, 1994, 1997), Juignet & Kennedy (1976), Kennedy & Juignet (1974), Maréchal *et al.* (1988), Ragot (1989), Rioult (1962, 1980), Quine & Bosence (1991), Samson (1997), Samson *et al.* (1996). En outre, des articles, en particulier de paléontologie, sont régulièrement publiés depuis un siècle dans le *Bulletin de la Société Géologique de Normandie*, actuellement *Bulletin trimestriel de la Société Géologique de Normandie et des Amis du Muséum du Havre*.

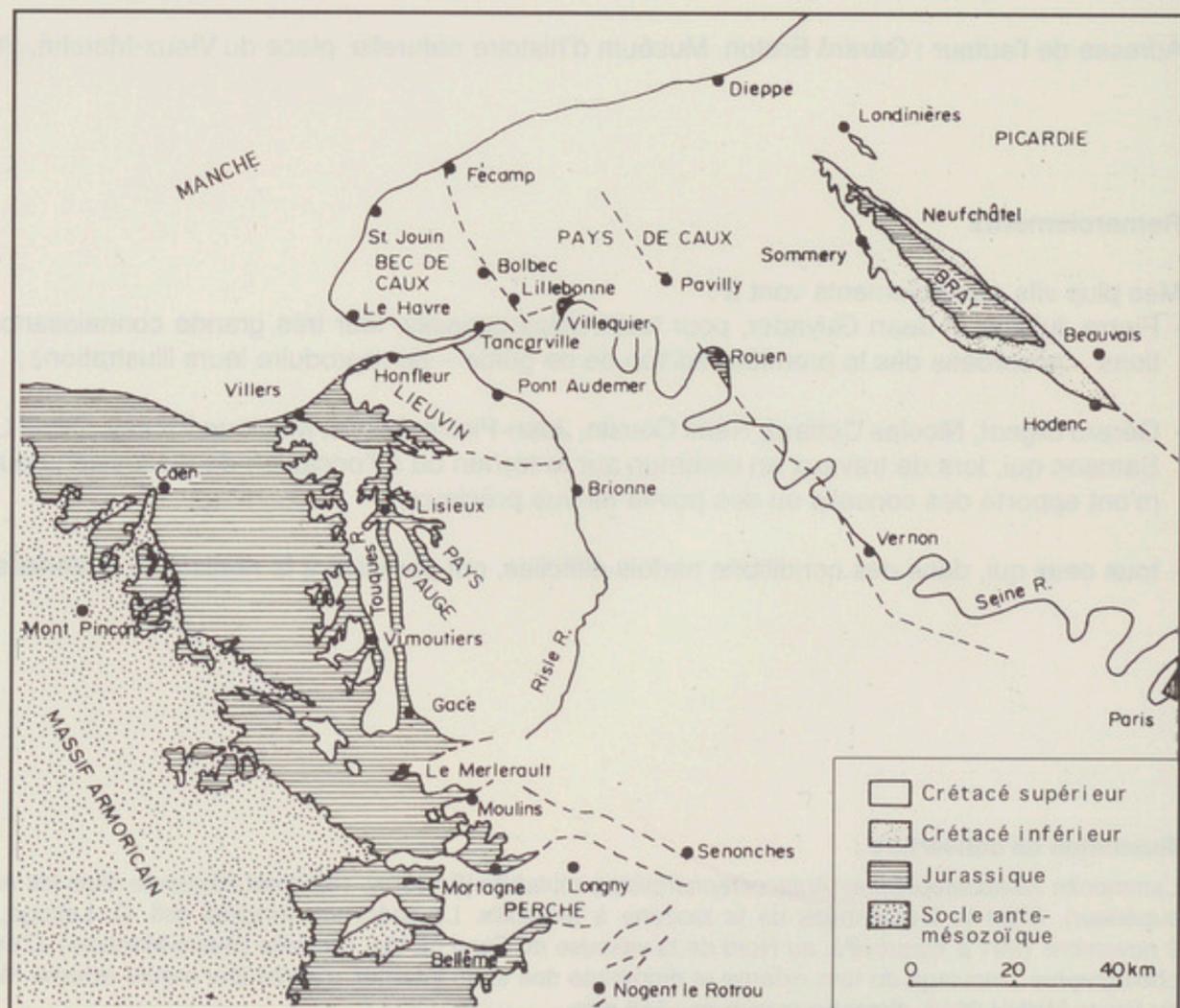


Figure 1

Carte géologique simplifiée de la Haute-Normandie (reprise de Kennedy & Juignet, 1974).

Enfin, la salle de paléontologie du Muséum d'histoire naturelle du Havre (place du Vieux-Marché, 76600 Le Havre) présente une maquette stratigraphique du Cap de la Hève et fait une large part aux fossiles régionaux (Breton *et al.*, 1995).

Les couches les plus anciennes (toit de l'Oxfordien et Kimméridgien) affleurent entre le Cap de la Hève et Octeville : il s'agit de sédiments calcaires, marneux et argileux.

Ces strates jurassiques sont ravinées et érodées par le Crétacé en légère discordance dans lequel la lithologie permet de distinguer d'emblée :

- une série détritique épaisse, sables aptiens puis poulingue albien inférieur et moyen ;
- l'Albien supérieur comportant le Gault argileux, puis la Gaize silico-marneuse ;
- une série de craies (Cénomaniens à Santonien). Sauf au Turonien inférieur et moyen, ce sont des craies à silex, glauconieuses au Cénomaniens inférieur et moyen. Jusqu'au Coniacien, la sédimentation des craies est fréquemment entrecoupée de hard grounds qui soulignent, au Turonien supérieur-Coniacien, des structures sédimentologiques particulières, les « bancs carbonatés ».

Enfin, un karst très développé ravine indifféremment toutes les craies sous-jacentes, et est rempli par une argile rouge à silex d'âge post-Redonien. La coupe se termine par des loëss, dépôts éoliens quaternaires, connus comme « limons des plateaux ».

Entre Le Havre et Fécamp, la côte est favorable à l'étude de quelques phénomènes actuels. Le cordon littoral est le siège d'une sédimentation détritique grossière. Sa dynamique est liée essentiellement aux courants côtiers et à l'influence des vagues. L'érosion au contraire prédomine dans certaines zones où se développe un platier littoral (Étretat). Au nord-est d'Antifer, c'est l'érosion marine qui, attaquant le pied de la falaise, est responsable de son recul. Le phénomène est compliqué, au sud d'Antifer, par la présence, en pied de falaise, d'un talus d'éboulis permanent.

2 SITUATION, ORIGINALITÉ ET INTÉRÊT DES AFFLEUREMENTS - DOCUMENTS CARTOGRAPHIQUES - ACCÈS - CONSEILS

L'intérêt pédagogique des excursions proposées est grand. En se cantonnant au seul domaine géologique (c'est-à-dire en excluant l'écologie littorale), elles permettent d'aborder des questions variées : géologie sédimentaire (comparaison immédiate avec l'actuel), lithologie sédimentaire, altération, paléontologie sous ses deux aspects : paléoécologie et évolution. Des premières initiations à la géologie (classe de quatrième, ou public adulte) à l'enseignement universitaire et à l'enseignement de la géologie appliquée au Génie Civil (port d'Antifer), ces excursions offrent des centres d'intérêt variés et renouvelés.

Les documents cartographiques que l'on peut utiliser sont les suivants :

- Carte Michelin à 1/200 000, n° 54 - Plis 7-8.
- Carte touristique IGN (série verte) à 1/100 000, n° 7, Le Havre-Rouen.
- Carte d'état-major IGN à 1/50 000; feuilles XVII-10 Montivilliers, XVII-9 Étretat et XVIII-9 Fécamp.
- Carte topographique IGN à 1/25 000 (série bleue); feuilles 1809 ouest (Fécamp), 1710 est (Montivilliers-Étretat), 1711 ouest (Le Havre, Honfleur, Deauville, Trouville).
- Carte géologique et structurale de la marge continentale française à 1/250 000; feuille Boulogne-sur-Mer - Rouen.
- Carte géologique de la France à 1/80 000; feuille Yvetot (19).
- Carte géologique de la France à 1/50 000; feuilles 74-Montivilliers-Étretat et 57-Fécamp.

L'accès aux affleurements littoraux est de difficulté inégale, et varie d'une année sur l'autre : des chemins ont été emportés par des éboulements au cours de deux dernières décennies, et certaines valleuses (1) sont devenues impraticables. Entre Le Havre et Étretat, seules les vallées d'Étretat, du Tilleul, et de Bruneval atteignent le niveau du cordon littoral ou presque; il y a des accès plus faciles entre Étretat et Senneville-sur-Fécamp.

Du nord au sud, citons (fig. 2) :

- **Senneville-sur-Fécamp.** Depuis le bourg de Senneville situé au nord-est de Fécamp, descendre le Val de la Mer (route étroite carrossable). Un escalier donne accès à la plage. En revenant vers l'ouest, accès par le littoral au Cap Fagnet. Attention, cet accès est **dangereux**. Une large zone située à mi-parcours n'est praticable qu'à basse mer et est inondée dès que la mer remonte. L'accès à ce secteur par l'amont de Fécamp, aux basses mers de vive-eau, en cuissardes, est déconseillé.
- **Fécamp.** Accès au nord vers le Cap Fagnet (parking au pied de la jetée), au sud vers Grainval (parking du casino).
- **Grainval.** Une route prenant au sud du bourg de Saint-Léonard sur la D940 mène à la valleuse de Grainval. L'accès débouche quelques mètres au-dessus du cordon littoral; petit escalier. À droite vers Fécamp, à gauche vers Yport seulement à basse mer.
- **Yport.** Depuis le bourg, accès vers l'est (parking en bord de mer) ou vers l'ouest (parking du casino). Attention à la marée montante en particulier au pied de la pointe du Chicard.
- **Vaucottes.** Accès direct à la mer depuis le hameau situé au nord-est de Vattetot-sur-Mer. Les cheminements en pied de falaise ne peuvent se faire qu'à basse mer.
- **Le Fond d'Étigue.** À partir de la D11, entre Bénouville et la Haie d'Étigue, une route étroite mène à la mer. Progression vers le nord-est ou le sud-ouest dangereuse à marée montante.

(1) On désigne localement ainsi de petites vallées perchées, n'arrivant plus au niveau de la mer par suite du recul de la falaise, sèches en général, et souvent point de départ d'une descente au rivage. Par extension incorrecte, tout accès à la mer depuis le plateau.



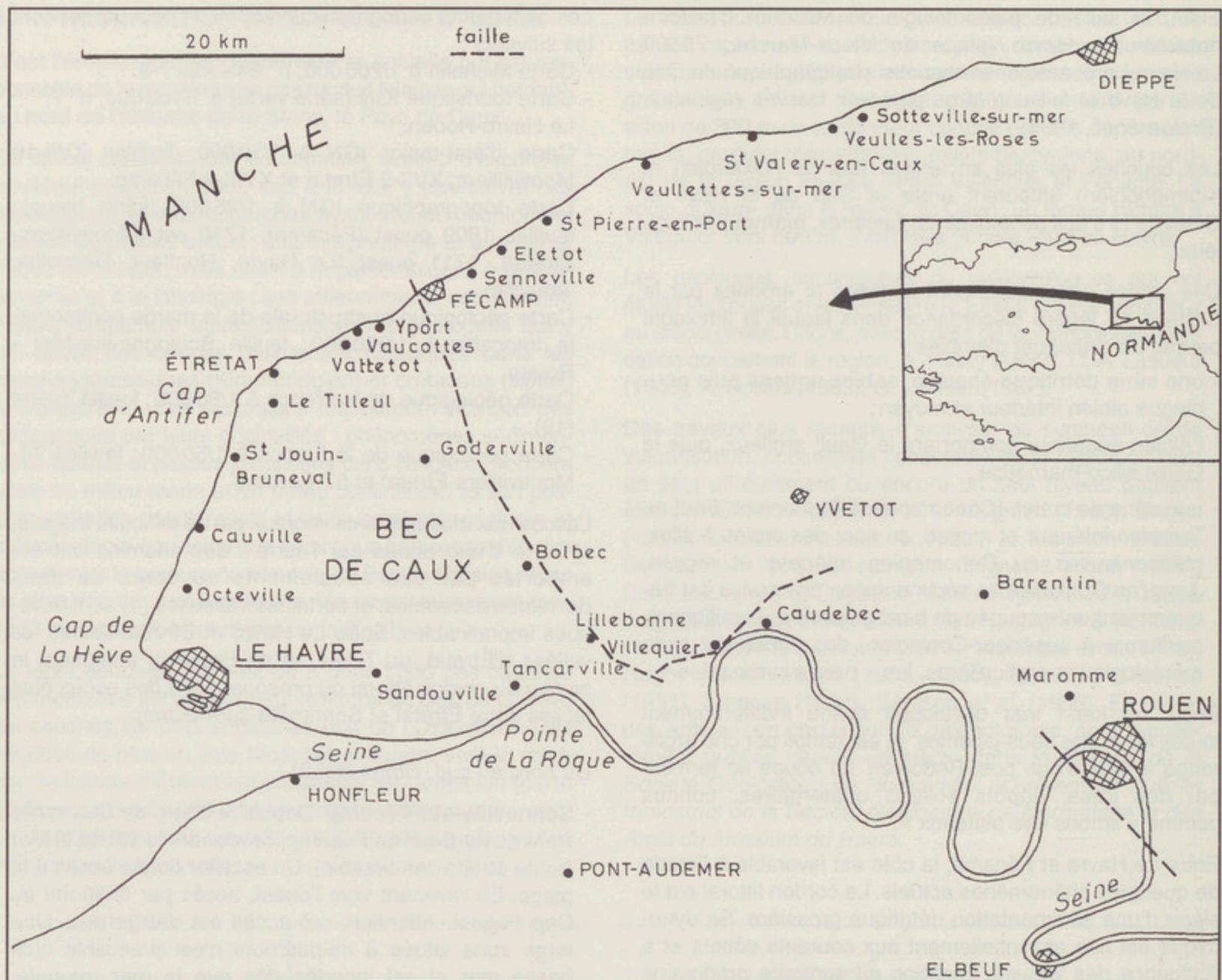


Figure 2.

Situation géographique et principales localités de la région étudiée (carte reprise de Juignet & Kennedy, 1974).

L'accès par la « Valleuse » du Curé est **extrêmement dangereux et interdit**. L'accès au littoral par le tunnel du Petit Val à l'amont d'Étretat est interdit et dangereux.

- ** tretat**. Falaise sud-ouest (ou d'Aval) ou nord-est (ou d'Amont), accès par le bourg d'Étretat et la plage (parc autos). Un sentier de randonnée à pied, à partir du sud-ouest de la promenade de la plage, accède au sommet de la falaise. Accès au littoral possible à basse mer par un tunnel franchissant la falaise à la hauteur de la Porte d'Aval : cet itinéraire est dangereux à marée montante.
- **Plage du Tilleul**. Route médiocrement carrossable entre le village du Tilleul et la plage, impraticable pour les cars. Le village du Tilleul est situé 2 km au sud d'Étretat, sur la D940. La route de la plage est fermée à 1,5 km de la plage à la belle saison.
- **Pointe du Fourquet** (phare du Cap d'Antifer). Reprendre la D940 vers Le Havre, puis rapidement la D111 vers La Poterie-Cap d'Antifer. Sortir du bourg par la 2  route à droite vers le phare du Cap d'Antifer.   500 m du phare, prendre un mauvais sentier empierré, médiocrement carrossable, qui passe au pied du phare. Un escalier mène au littoral (on ne passe la pointe du

Fourquet, au nord de l'accès à la plage, qu'à basse mer). L'accès à la pointe du Fourquet peut être interdit à la circulation.

- Par la D111 qui part du bourg de La Poterie vers le sud-ouest, ou par Saint-Jouin-Bruneval (D111), la vallée de **Bruneval** (parc autos possible) est un bon accès à la mer, mais qui débouche non loin au nord du pied de la grande digue du port d'Antifer.
- De Bruneval, de **Saint-Jouin**, ou de la D940, le **port pétrolier d'Antifer** est fléché. Une route permet de descendre très facilement, même en car : on peut parquer sur un terre-plein situé près de la Capitainerie et du port de service et, de là, avancer vers le sud, au pied de la falaise. Cet accès remplace avantageusement un accès devenu impraticable, par l'ancienne valleuse de Saint-Jouin.
- L'accès par Heuqueville, au sud de Saint-Jouin, est dangereux et formellement déconseillé, surtout par temps de pluie.
- L'accès par **Cauville** est dangereux et déconseillé. Le chemin d'accès à la mer a été détruit plusieurs fois depuis quinze ans, de nouveaux trajets ont été cr s, mais tous ont en commun une partie basse glissante et

franchement acrobatique. En cas d'impossibilité de remonter, on serait amené à faire 12 km supplémentaires dont 4,5 km sur les galets. Comme la mise en place d'un nouveau cheminement plus stable, dans les années qui viennent, n'est pas exclue, le mieux est que le chercheur souhaitant utiliser la descente à la mer de Cauville se renseigne dans le bourg avant de s'engager.

- L'accès par la descente dite du « **Café Blanc** » est possible. Le Café Blanc, point de repère sur la D940, mentionné sur la carte topographique à 1/25 000 1710-est, permet d'accéder à une descente à la mer longue mais stable, cartographiée, à l'ouest du hameau du Tronquay. C'est un accès alternatif (mais qui oblige à cheminer 500 mètres de plus!) aux affleurements de la basse falaise de Cauville.

- **Ecqueville** (= La Brière = le Fond du Val). Sortir d'Octeville vers Étretat par la D940, et, après le cimetière d'Octeville, prendre la 2^e route à gauche, la direction « La Brière » est indiquée (accès impossible aux cars; possibilité de parquer les voitures). La descente à la mer est possible, mais la plus grande prudence est conseillée par temps de pluie.

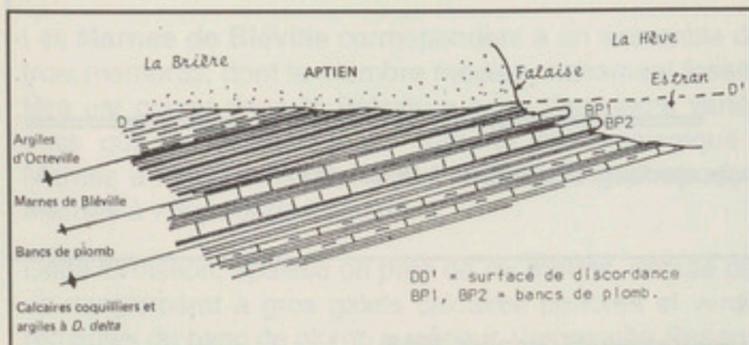
- **Octeville** (Le Croquet). Dans le bourg d'Octeville, prendre la direction « La Plage », jusqu'au parking du bord de la falaise. Le sentier de descente, parfois boueux, est moins dangereux que les autres, mais est long et a un dénivelé important (accès en car et possibilité de faire un demi-tour).

- **Descente de l'« OTAN »-Saint-Andrieux**. 700 m après la sortie du bourg d'Octeville vers Le Havre, la route bifurque (D147-D940). Une petite route part à droite, vers l'ouest. La poursuivre jusqu'à une ancienne base militaire, actuellement reconvertie en écloserie de turbots (Aquacaux). Une descente à la mer en excellent état, mais fort pentue, a été construite; des escaliers sont en place: l'un et l'autre étant des installations privées, il convient de demander l'autorisation à Aquacaux avant de s'engager.

- **Cap de la Hève-Sainte-Adresse**. Dans le prolongement du boulevard Albert 1^{er}, puis du boulevard Foch qui longent la plage du Havre et de Sainte-Adresse se trouve une petite digue construite sur le haut cordon littoral, au pied d'une zone d'éboulis à peu près stabilisée. On peut aussi, en particulier à haute mer, garer (car ou voiture) place du Maréchal Joffre, juste au-dessus de cette digue, et emprunter le chemin s'enfonçant, vers le nord, sur le talus d'éboulis.

Figure 3

Discordance du Crétacé sur le Jurassique au Cap de la Hève.



Quelques conseils pourront, enfin, être utiles. Il faut prendre garde à deux dangers: les éboulements et la marée.

Les éboulements sont rares, et ont lieu principalement en hiver et au printemps. Mais au pied des abrupts, les chutes de pierre sont constantes (l'essor d'un goéland suffit) et très dangereuses: il faut s'abstenir de travailler au pied des abrupts, et se souvenir que le port d'un casque de chantier n'est pas un luxe.

Certaines plages (région d'Étretat à Senneville par exemple) ne sont strictement accessibles qu'à basse mer. Se faire « prendre » par la marée obligerait à un bivouac involontaire d'une dizaine d'heures. D'autre part, certains affleurements, sur l'estran, sont accessibles à basse mer exclusivement (La Hève, Octeville-Le Croquet).

L'équipement classique suffira. De robustes chaussures de marche ou des bottes; un marteau type Estwing; papier d'emballage, poches plastiques, étiquettes, carnet de notes, appareil photo (un téléobjectif moyen $f = 100$ peut être utile). Mais on n'oubliera pas que certaines roches sont très résistantes (gaize dure, nodules, marnes kimméridgiennes, silex, grès, poudingues...) et qu'une masse moyenne et une pointerolle ou un ciseau peuvent être appréciés. Dans la craie, une pointe emmanchée, et dans l'argile (Kimméridgien, Gault...) une lame robuste sont utiles. Ne pas oublier vernis et pinceau surtout si l'on travaille dans le Kimméridgien ou l'Albien.

Enfin, dernier conseil, non le moindre. Le pied des falaises entre Le Havre et Fécamp n'est pas *toujours* et *obligatoirement* un lieu très fréquenté! Prévenez quelqu'un, ou, mieux, n'allez pas seul: on est à la merci d'un accident, d'une entorse, d'un malaise.

3 LE CAP DE LA HÈVE

Localisation: l'excursion se déroule autour du point de coordonnées $x = 435,65$; $y = 204,00$ (feuille de Montivilliers 1710), sur le littoral. Excursions complémentaires entre Sainte-Adresse et La Brière (Octeville), jusqu'à Saint-Jouin.

La coupe montre quatre étages: Kimméridgien, Aptien, Albien, Cénomaniens ainsi que des formations superficielles à silex (fig. 5, 6; tabl. 1, 2).

3.1 Le Kimméridgien

Aucune coupe ne montre la série complète du Kimméridgien. Du fait de la légère discordance du Crétacé sur le Kimméridgien, la partie inférieure de l'étage affleure vers le Cap de la Hève, la partie supérieure vers Octeville (fig. 3).

L'affleurement de la Hève ne comprend donc que les termes inférieurs du Kimméridgien (fig. 4, tabl. 1), encore leur étude et leur examen sont-ils tributaires de la marée et des conditions d'affleurement.

Le toit de l'Oxfordien, représenté par les **Argiles brunes de Criquebœuf**, affleure, exceptionnellement, sur l'estran du Cap de la Hève, à la limite des basses mers de vive-eau (Ammonites: *Ringstaedia*, *Amoeboceras*;

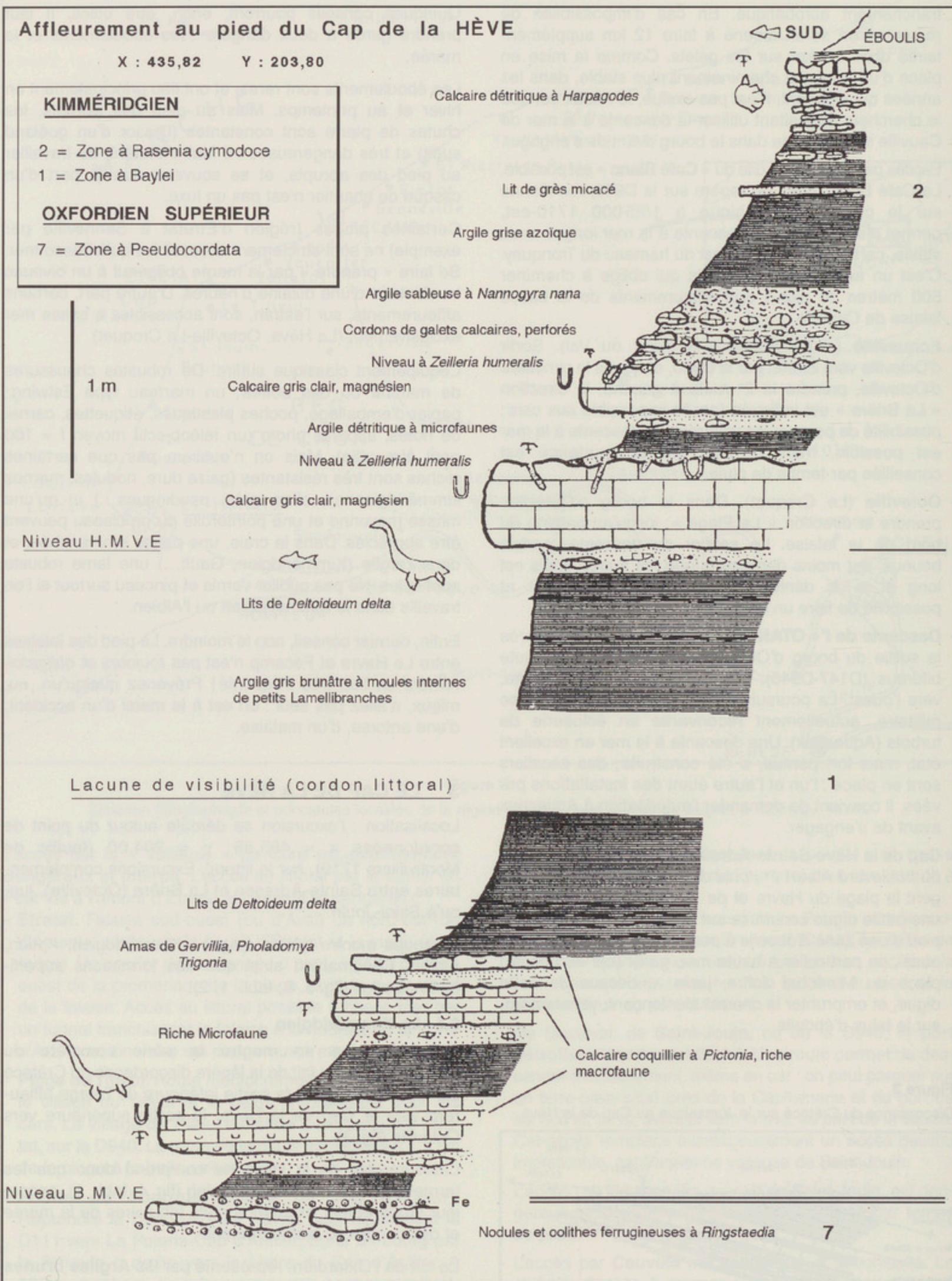


Figure 4

Coupe du Kimmériidgien au Cap de la Hève (reprise de Guyader, 1968).

Lamellibranches : *Myophorella*, *Chlamys midas*, *Deltoideum delta*, *Pleuromya uniformis*; Gastropodes; Foraminifères; Ostracodes abondants).

Les **Calcaires coquilliers**, épais de deux mètres, affleurent bien sur l'estran du Cap de la Hève, à la hauteur de l'extrémité de la petite digue. Ils doivent leur nom à deux bancs de 20 cm d'épaisseur de calcaire brun, biomicritique, bioturbé, lumachellique et richement fossilifère. Ils forment un doublet caractéristique au milieu de l'enrochement du platier. Aux *Pholadomya protei* et *Gervillella aviculoides* souvent fossilisés en position de vie sont associés de nombreux autres Bivalves : les trigonies *Trigonella papillata*, *Myophorella muricata*, les Huîtres *Deltoideum delta* et *Nanogyra nana*, le Gastropode *Pleurotomaria phaedra*, les ammonites *Pictonia baylei* (ammonite de zone) et *P. thurmani*, le très gros nautilaire *Paracenoceras giganteum*. La rhynchonelle *Torquirhynchia inconstans* est plus rare. *Montivaltia lesueuri* est un polypier solitaire. Des dents et os de poissons et de reptiles (ichtyosaures) ont été signalés. La microfaune est abondante dans l'argile sous le banc inférieur.

Trois mètres d'Argiles à *Deltoideum delta* recouvrent les Calcaires coquilliers. Ils affleurent assez mal au Cap de la Hève. Leur faune appauvrie, dominée par les couches à Lumachelles de l'huître *Deltoideum delta*, pratiquement monospécifiques, indique un milieu abrité, peu profond à conditions écologiques très sélectives.

Les **Bancs de plomb** constituent un doublet de bancs calcaires gris massifs et compacts, durs (« plomb inférieur » et « plomb supérieur »), séparés par un niveau d'argile grise, affleurant de manière caractéristique sur l'estran. Ce terme de carrier fait probablement référence à la couleur de la roche. Ils étaient exploités jadis comme pierre à chaux et calcaire lithographique.

Chaque banc de plomb termine une séquence de dépôt élémentaire composée à la base d'une argile grise, sableuse, collante et, au sommet, du banc calcaire.

La surface supérieure de chaque banc de plomb est une surface d'omission bosselée, bioturbée, creusée de nombreux terriers simples ou en U (*Rhizocorallium*) sur lesquels s'observent remarquablement bien les étapes successives du creusement. À la fin de chaque séquence se développe un peuplement monospécifique à *Zeilleria kimmeridgiensis* (= *Z. humeralis*) qui sont groupés dans les dépressions de la face supérieure des bancs de plomb où ils formaient probablement des bouquets. Outre les huîtres *D. delta* et *N. striata* (= « *Exogyra virgula* »), on recueille dans les argiles des bois flottés et de rares restes de Vertébrés (*Lepidotes lennieri*, tortue).

Les **Marnes de Bléville** correspondent à un ensemble de trois membres, dont le membre médian, richement fossilifère est connu dans la littérature sous des noms variés mais qui font référence au contenu paléontologique : Marnes à Ptérocères, Calcaires marneux à gastropodes, Marnes à *Harpagodes oceani*.

Cette formation, épaisse de près de six mètres, débute par un conglomérat à gros galets calcaires perforés et verdis remaniés du banc de plomb supérieur. L'ammonite *Rasenia*

gr. involuta est rare; la faune comprend des huîtres *Nanogyra nana* et *N. praevirgula* et la serpule dont le tube a une section carrée caractéristique *Tetraserpula tetragona*.

Le membre médian des Calcaires à Harpagodes, épais de 2,4 m est très fossilifère. Les ammonites (*Rasenia berryeri*, *R. pseudoemela*, *Pachypictonia* sp.) et les nautilaires (*Paracenoceras giganteum* et *Eutrophoceras subinflatum*) sont peu fréquents. La faune est dominée par les Gastropodes *Pseudomelania* sp., Pleurotomariidae, *Harpagodes oceani*, *Phillochilus ponti...* et les Bivalves particulièrement abondants, fousseurs comme *Pholadomya protei*, *Pleuromya* sp., ou non : *Nanogyra nana* et *N. praevirgula*, Mytilidae, *Gervillella* sp. Parmi les oursins, *Rhabdocidaris orbignyana* est un bel oursin régulier dont on trouve assez fréquemment les radioles. Des fragments de Vertébrés (tortues), de Crustacés (*Eryma pseudobabeau*) sont signalés.

La stratigraphie fine des **Argiles d'Octeville** (épaisseur = 30 mètres) a été précisée par Samson *et al.* (1996) et Samson (1997) qui divisent la formation en cinq membres : le membre inférieur des Argiles du Croquet (11 m), le membre supérieur des Argiles du Croquet [5 m, qui se biseaute au sud du Croquet pour se réduire (0,05 à 2,00 m) voire disparaître complètement], les membres inférieur (4,25 m), médian (6 m) et supérieur (5 m) des Argiles d'Ecqueville. Les **Argiles d'Octeville**, érodées lors de l'émersion anté-crétacée et par la transgression crétacée, ne pourront pas être étudiées à la Hève, mais les affleurements d'Ecqueville (= « descente de La Brière ») exposent largement la partie supérieure de la formation. Il s'agit d'une unité principalement argileuse, riche en ammonites : *Aulacostephanoides mutabilis*, *A. eulepidus*, *Aulacostephanus eudoxus*, *Orthaspidoceras lallierianum*, *O. gr. schilleri*, *Aspidoceras longispinum*, *A. caletanum*, *Sutneria eumela*. Si les *Aulacostephanoides* spp. et *Aulacostephanus* sont fossilisées sous forme de coquilles écrasées dans le plan de stratification (mais montrant néanmoins souvent des détails morphologiques intéressants comme les apophyses jugales), les Aspidoceratidae sont fréquemment préservés sous forme de moules internes marneux phosphatés de la loge d'habitation et de quelques loges externes, le reste du phragmocône étant écrasé. S'il reste exceptionnel de les trouver en place, les aptychus *Laevaptychus* sp. isolés ne sont pas rares.

Avec les Bivalves *Nanogyra virgula*, *Pholadomya protei*, *Trigonella* sp., *Gervillella* sp., *Nicaniella* sp., *Oxytoma* sp. et « *Anomia* » sp., les Gastropodes *Harpagodes* sp. écrasés mais dont les digitations du péristome sont admirablement conservés et *Pseudorhytidopilus lennieri*, la serpule, *Tetraserpula tetragona* abonde dans certains niveaux. Les échinodermes sont rarement entiers. Meyer (1988) a étudié un assemblage d'ophiures *Ophiomusium gagnebini*. Des « crevettes » *Mecochirus* sp. ont été signalées. Les débris végétaux sont fréquents. *Goniolina hemispherica*, algue Dasycladasée, se trouve, assez rarement, à la base et indique clairement des conditions euphotiques. Les Vertébrés comportent des ossements de grands reptiles marins (ichtyosaures, ptérosaures, *Omosaurus lennieri*, tortues), et des poissons parmi

ÉTAGE	BIO-ZONATION	FORMATION	MEMBRE	
K I M M � R I D G I E N	S U P � R I E U R	Argiles d'Octeville	Contejani	
			Calatlanum	
			Orthocera	
			Eudoxus	
			?	
	I N F � R I E U R	Mutabilis	Marnes de Bléville	?
				?
		Cymodoce		Chateilaillonensis
				?
				?
O X F O R D I E N T E R M I N A L	Pseudo-cordata	Argiles brunes de Criqueb�uf	Baylei	
			?	
			?	

Tableau 1.
Stratigraphie du Jurassique du Cap de la Hève   Octeville. Principalement d'après Samson *et al.* (1996), simplifié.

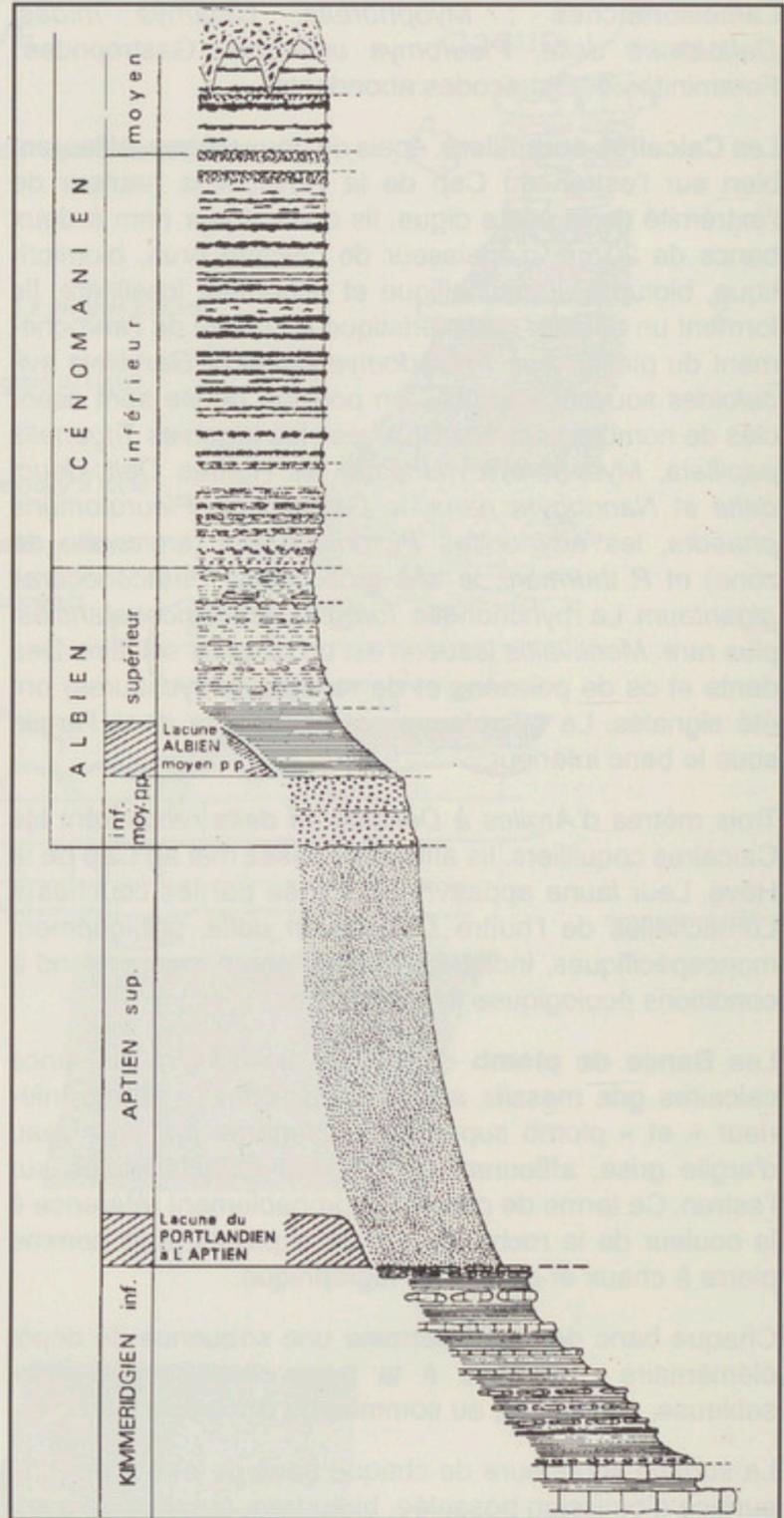
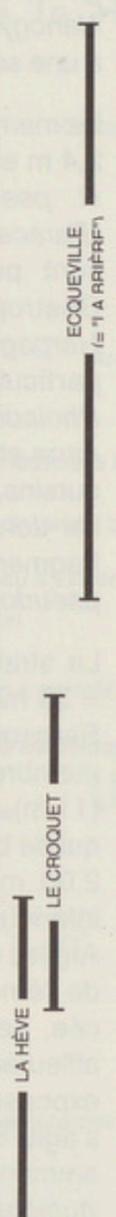


Figure 5.

Coupe de la falaise du Cap de la Hève (reprise de Doré *et al.*, 1977, avec l'autorisation de P. Juignet).

lesquels le petit requin *Parasymbolus octevillensis* récemment décrit au sein d'une vingtaine d'espèces de sélaciens par Candoni (1996). La microfaune (Ostracodes, Foraminifères) est abondante à certains niveaux. Enfin, le pseudofossile *Guilielmites*, à aspect de méduse, est fréquent dans les niveaux supérieurs de la formation.

Au total, les fluctuations du milieu de sédimentation au cours du Kimméridgien traduisent :

- des variations d'oxygénation des eaux dans des mers côtières plus ou moins ouvertes sur le large, conditions favorables et défavorables à la pullulation du benthos alternant;
- des variations de profondeur; l'approfondissement notable au cours du dépôt des Argiles d'Octeville, dénoncé par la raréfaction du benthos au profit des formes pélagiques montre bien que les derniers dépôts observables ici du Kimméridgien ne sont par régressifs.

Du Portlandien marin se trouve dans le Pays de Bray. Ce n'est qu'ensuite qu'un mouvement épirogénique exondera toute la région qui ne sera envahie par la mer qu'à l'Aptien.

3.2 L'Aptien

Les formations aptiennes peuvent être étudiées à la Hève, dans quelques affleurements plus ou moins permanents accessibles par la descente du Croquet (Sables ferrugineux), et à la hauteur de Cauville (Argiles   *Bucaillella*); les derniers affleurements - épisodiques - sur l'estran se trouvent à la hauteur de Saint-Jouin (tabl. 2).

La transgression crétacée débute par le dépôt des **Sables ferrugineux** d'âge aptien. L'érosion mécanique de la transgression marine a éliminé toute trace d'altération continentale au sommet des couches kimméridgiennes à l'exception toutefois de galets d'argile kimm ridgienne, portant des fentes de dessiccation et fortement ferruginisés,

ÉTAGE		BIOZONATION	FORMATION
CÉNOMANIEN	SUPÉRIEUR	(Juddii)	Craie d'Antifer
		Geslinianum	
		Naviculare (= Guerangeri)	
	MOYEN	Jukesbrownei	Craie de Rouen
		Rhotomagense	
	INFÉRIEUR	Dixoni	Craie Glauconieuse
Mantelli (= Cantianum)			
ALBIEN	SUPÉRIEUR	Dispar	Gaize
		Inflatum	Gault
	MOYEN	Lautus	[lacune]
		Dentatus	Poudingue ferrugineux
	Raulinianus		
	Dutempleana		
	INFÉRIEUR	Tardefurcata	?
APTIEN	SUPÉRIEUR		Argiles à <i>Bucaillella</i>
		Jacobi	Sables ferrugineux

Tableau 2.

Stratigraphie du Crétacé (Aptien-Cénomaniens) du Pays de Caux. La biozonation proposée est la biozonation traditionnelle, inspirée principalement des travaux de Destombes et de Juignet. Le lecteur intéressé par le découpage phylétique en assemblages-zones, plus complexe et proposé plus récemment, pourra consulter Amédéo (1981).

remaniés localement à la base des sables (Bléville). Les sables aptiens sont discordants sur le Kimméridgien. Compte tenu de l'irrégularité de la surface infracrétacée, leur épaisseur est très variable : 24 m à la Hève au nord des anciens phares, se réduisant à 8 m un peu plus au sud (Lesueur, 1843), 45 à 50 m en forage à Antifer.

Les sables sont ferrugineux à l'affleurement, tandis qu'en sondage, à partir d'une cinquantaine de mètres de l'affleurement (Breton, 1978), ils sont toujours clairs : le fer est ferreux et ils ont le faciès de « sables verts » (2).

Ce sont des sables et grès fins micacés, à lits gréseux, contenant des passées de débris végétaux (fusains), de fins interlits argileux, et qui présentent fréquemment de très belles figures de stratification oblique ou entrecroisée indiquant des paléocourants orientés N 150 à N 210. Ils se chargent en glauconie vers le sommet. Une variation de faciès latérale est intéressante à signaler : la partie supérieure passe, à Cauville, aux *Argiles à Bucaillella*, décanation d'un faciès fin lié à une diminution d'intensité des courants.

Les Sables ferrugineux sont datés de la biozone à Jacobi de l'Aptien supérieur. Ils sont peu fossilifères. On y rencontre, rarement, des cônes de conifères (« *Cedrus* » *lenieri*), des crustacés. Des terriers ou traces, dans certains niveaux, abondent. *Taenidium pinnatisectum* est très probablement une piste de locomotion de crustacé.

Les Argiles à *Bucaillella* affleurant au pied de la falaise de Cauville sont un peu plus riches : ammonites : *Bucaillella cayeuxi* inconnue en dehors de ce gisement, *Acanthoplites bigoureti*, *Hypacanthoplites spathi*, *H. anglicus*; Gastropodes : *Turitella* sp.; Bivalves assez abondants (13 espèces) parmi lesquelles *Nuculana (Pectinucula) pectinata*, *N. scapha*, *Longinucula solea*, *Pinna robinaldina*, *Thetis minor*; Crustacés : *Hoploparia longimana*, *Palaeohomarus* aff. *hemprichi*; rares vertébrés; bois (fusain) fréquemment perforés par *Terodolites clavatus*.

La présence de glauconie dans les Sables ferrugineux, l'ensemble de la faune (à l'exception des végétaux flottés depuis le continent) et l'ichnologie attestent le caractère franchement marin de la formation. La microfaune est absente, mais la microflore (algues, pollens et spores) est connue.

La découverte d'un *Hypacanthoplites milletianus* conduit cependant Maréchal (1994) à penser que les Argiles à *Bucaillella* sont déposées après les Sables ferrugineux et représenteraient l'extrême base de l'Albien, plutôt que l'extrême fin de l'Aptien, alors que l'interprétation classique en fait un faciès latéral du sommet des Sables ferrugineux.

Au total, les Sables ferrugineux se sont mis en place dans un domaine marin transgressif, sous une faible tranche d'eau, avec des courants violents diminuant d'intensité à la fin du dépôt. Ces sables ont colmaté les irrégularités (sillons et ? thalwegs) du substratum jurassique.

Le sommet des Sables ferrugineux a lui-même été érodé et raviné avant la mise en place du Poudingue ferrugineux.

3.3 L'Albien

Les séries albiennes peuvent être étudiées à l'affleurement entre Sainte-Adresse et le port pétrolier d'Antifer (tabl. 2). Au-delà, les couches albiennes passent sous la plage, puis sous le niveau de la mer à cause du léger pendage des séries crétacées.

(2) Les sables verts du Pays de Bray, du sud-est (et, peut-être du centre) du Bassin de Paris sont, eux, datés de l'Albien inférieur.

Le **Poudingue ferrugineux** (épaisseur : 2,5 à 6,5 m) représente la première formation de l'Albien. Il s'agit d'une série détritique, terrigène, grossière. Les différents niveaux sont difficiles à corrélés d'une coupe à l'autre car ils sont plus ou moins lenticulaires. La sédimentation est discontinue, entrecoupée de surfaces d'érosion, avec remaniements locaux. L'analyse de la fraction grossière a permis de retrouver son origine géographique : les matériaux ont été arrachés au continent nord-armoricain. Ainsi, le Poudingue ferrugineux apparaît comme l'écho d'un épisode rhexistasique déclenché peut-être par un mouvement épirogénique affectant l'arrière-pays continental nord-armoricain.

Le contenu paléontologique du Poudingue ferrugineux, peu prisé par la plupart des collectionneurs, est cependant assez riche. Les fossiles sont souvent de conservation médiocre et parfois remaniés.

La formation débute par un niveau à nodules et galets remaniant des éléments de la faune des Sables ferrugineux ou des Argiles à *Bucaillella* sous-jacents. Le reste de la formation contient des ammonites permettant de la dater de l'Albien inférieur et moyen : *Douvilleiceras* sp., *Hoplites* aff. *baylei*, *Beudanticeras* spp., *Cleoniceras inornatum*, *Hoplites caletanus*, *Isohoplites steinmani*, *Lyelliceras vaasti*, *Hoplites* aff. *dentatus*, *Anahoplites* spp. Les autres Mollusques ne sont pas rares : Nautilus, Bivalves (*Inoceramus concentricus*, *Entolium orbiculare*, *Neithea*), Gastropodes. Rares Échinides (*Macraster* cf. *polygonus*).

Les débris végétaux, les fragments de bois sont fréquents partout dans le Poudingue ferrugineux ; des cônes de Gymnospermes (« *Pinus* » *parsyi*) y ont été recueillis.

Les dépôts de l'Albien supérieur sont représentés par deux unités superposées :

- le **Gault** (3,5 m) à la base,
- la **Gaize** (7 m) au sommet.

Le Gault est une argile noire, collante, localement glauconieuse, pauvre en macrofaune (*Goodhalites goodhali*) séparée à la Hève de la Gaize par une discontinuité (passage progressif ailleurs). Il faut remarquer que le terme de gault définit un faciès, diachrone sur l'ensemble du Bassin de Paris (Albien inférieur à supérieur), et qui n'a de valeur chronostratigraphique que très localement. La même remarque s'applique au terme de gaize.

La Gaize est une marne silteuse grise, très fine, avec spicules de Spongiaires, se présentant sous deux faciès : gaize tendre et gaize consolidée. La bioturbation y est localement importante. Les niveaux riches en spicules contiennent souvent des accidents siliceux de type « chert ». La glauconie n'y est pas rare : certains niveaux passent à de véritables sables glauconieux.

La macrofaune de la Gaize est riche et variée. Les Ammonites indiquent l'Albien supérieur (zones à *Mortoniceras inflatum* et à *Stoliczkaia dispar*) : *Mortoniceras inflatum*, *Callihoplites auritus*, *C. strigosus*, *C. patella*, *Anahoplites* sp., *Leptohoplites subplanulatus*, *Mariella* sp., *Pleurohoplites renauxianum*. Le reste de la faune, assez pauvre en Lamellibranches (*Entolium orbiculare*, Huîtres, *Neithea*), est dominé par les Échinides :

Heteraster greenovi, *Macraster polygonus*, *Holaster latisimus*, *H. suborbicularis*, *Pseudholaster bicarinatus*. Les bois perforés ne sont pas rares. La microfaune est abondante dans les deux formations (Bignot, 1962). Un squelette de plésiosaure dissocié a été recueilli récemment.

La Gaize se termine par une discontinuité sédimentaire d'extension régionale : la surface de ravinement « Octeville », sous les premiers dépôts cénomaniens.

3.4 Le Cénomaniens

À partir du Cénomaniens, la sédimentation devient essentiellement carbonatée : le faciès craie fait son apparition.

À la **Craie glauconieuse** du Cénomaniens inférieur, épaisse de 25 m, craie à silex chargée en glauconie et entrecoupée de hard grounds, est superposée la **Craie de Rouen** du Cénomaniens moyen (tabl. 2). C'est là le dernier terme du Crétacé que l'on peut analyser au Cap de la Hève (au sens strict). Les termes supérieurs (= « Craie blanche »), Craie d'Antifer du Cénomaniens supérieur, Craie du Tilleul et Craie de Senneville du Turonien, du fait du pendage des couches, n'affleureront sur le littoral du Pays de Caux que plus au nord. L'étude stratigraphique des formations qui s'étendent du Cénomaniens supérieur au Santonien est regroupée dans le paragraphe suivant « d'Étretat à Senneville : Stratigraphie de la Craie blanche ».

La teneur en glauconie diminue de la base vers le sommet de la Craie glauconieuse mais il existe de nombreuses récurrences de niveaux glauconieux, en relation directe avec l'existence de hard grounds. Ces discontinuités forment autant de coupures naturelles dans la Craie glauconieuse, et permettent d'y distinguer plusieurs séquences de dépôt dont l'extension peut intéresser l'ensemble de la région. Leur analyse, fondée sur la reconnaissance des discontinuités, leur identification, et l'étude de leur extension (sur les hard grounds, voir ci-dessous, paragraphe 4.1) est due à P. Juignet (1974).

La base de la Craie glauconieuse présente localement (La Hève, Octeville) un développement de niveaux conglomératiques à galets fréquemment remaniés de la Gaize supérieure et glauconitisés. Ce conglomérat connu sous le nom de « Poudingue d'Octeville » traduit le fonctionnement d'un haut-fond.

La Craie glauconieuse contient une macrofaune abondante, diversifiée, inégalement conservée. La liste suivante n'est pas exhaustive :

- Ammonites : *Forbesiceras largilliertianum*, *Hyphoplites falcatus*, *Mantelliceras mantelli*, *M. saxbii*, *M. dixonii*, *Schloenbachia varians* fréquente, *Sharpeiceras laticlavium* rare, *Hypoturrillites tuberculatus*, *H. gravesianus*, *Mariella cenomanensis*, *M. lewesiensis*.
- Nautilus : *Cymatoceras* cf. *radiatus*, *C. elegans*.
- Bivalves abondants : *Merklinia aspera*, *Entolium orbiculare*, *Exogyra* sp., *Rastellum* « *carinatum* », *Pycnodonte vesiculare*, *Neithea quinquecostata*, trigonies, *Spondylus striatus*.
- Gastropodes : Les pleurotomères *Conotomaria* sp. et *Bathrotomaria* sp. sont presque toujours à l'état de moules internes indéterminables spécifiquement.

- Échinodermes : Oursins réguliers, Cidaridae, *Hyposalenia clathrata*, *Tetragramma variolare*; oursins irréguliers, *Catopygus carinatus*, *Discooides subuculus* très fréquent, *Epiaster crassissimus*, *Hemiaster bufo* rare, *Holaster nodulosus*, *H. subglobosus*, *H. latissimus*; Crinoïdes, *Isocrinus* sp. et *Glenotremites* sp. rares; astérides fréquentes, en particulier *Mastaster villersensis*.
- Brachiopodes : *Cylothyrus difformis*, *Sellithyrus fecampi*, *Grasirhynchia grasiana* abondante. *Terebrirostra lyra* est rare.
- Spongiaires : Dès la base du Cénomaniens se développent de véritables prairies à spongiaires, prospères, qui se renouvellent plusieurs fois au cours du Cénomaniens inférieur et moyen. *Discodermia agariciformis* se trouve presque exclusivement dans le poudingue d'Octeville. La Craie glauconieuse fournit *Porosphaera globularis*, *P. patelliformis*, *Elasmostoma baptismalis*, *Tremacystia orbigny* rare, *Corynella socialis*, *Plocoscyphia* spp., *Guettardiscyphia stellata*, *Chenendopora* sp. très abondant, *Craticularia* spp., *Hallirhoa costata* rare.
- Les bryozoaires sont fréquemment associés aux spongiaires : *Foricula pustulosa*, *Semimulticavea tuberculata*.
- Les Crustacés Décapodes, abondants dans certaines variations latérales de la Craie glauconieuse, sont moins fréquents à la Hève; on recueille parfois des plaques capitulaires de Cirripèdes pédonculés.

Les Vertébrés sont surtout représentés par des dents de Sélaciens assez abondantes.

Les ichnogenres *Thalassinoides* isp., *Spongeliomorpha* isp., *Planolites* isp., *Chondrites* isp.... sont fréquents : l'ensemble de la formation présente d'ailleurs une bioturbation importante.

La microfaune, de conservation médiocre, montre une association de Foraminifères planctoniques et benthiques.

Au total, la Craie glauconieuse se présente comme un dépôt de transition entre les formations terrigènes grossières puis fines de l'Aptien-Albien, et les formations pélagiques du Cénomaniens moyen et supérieur et du Turonien, dans le cadre de l'expansion transgressive du domaine marin.

La **Craie de Rouen** est une craie à grain plus fin et à résidu insoluble moindre que la Craie glauconieuse. C'est une craie à silex noirs à cortex épais et à cassure irrégulière. Elle est entrecoupée de hard grounds qui ont permis d'y distinguer deux séquences de dépôt principales, elles-mêmes subdivisées.

Les premiers dépôts constituent un horizon condensé exceptionnellement riche en fossiles. C'est « l'horizon fossilifère de Rouen » auquel le gisement de la côte Sainte-Catherine de Rouen, gisement éponyme, doit sa réputation internationale justifiée. Cet horizon se retrouve sur toutes les coupes littorales entre la Hève et Bruneval, et est directement superposé au hard ground « Rouen n° 1 » qui marque le sommet de la Craie glauconieuse.

Les fossiles y sont fréquemment conservés sous forme de moules internes phosphatés, la calcite des tests étant parfois elle-même épigénisée en phosphate. La macrofaune est extrêmement abondante, et il est seulement possible de citer les fossiles ou les groupes les mieux représentés :

- Ammonites : *Acanthoceras rhotomagense*, *Acompsoceras* sp., *Anisoceras* sp., *Calycoceras* sp., *Forbesiceras* sp., *Scaphites aequalis*, *Sciponoceras baculoide*, *Schloenbachia varians*, *Stomohamites simplex*, *Turrilites acutus*, *T. costatus*. Il est à remarquer l'importance des hétéromorphes dans cette population.
- Nautilés : *Angulithes triangularis*, *Cymatoceras* sp.
- Lamellibranches : 31 espèces citées par Juignet, 1974. Parmi elles : *Merklinia aspera*, *Lima clypeiformis*, *Neithea quinqucostata*, *Trigonarca* sp. sont abondants.
- Gastropodes : dont la coquille est rarement conservée.
- Échinodermes : 21 espèces citées par Juignet, 1974, dominées par *Discooides subuculus* et *Holaster subglobosus*. Des Astéries entières ont été recueillies à ce niveau. Les marginales isolées (*Mastaster villersensis*, *Calliderma juigneti*) sont fréquentes, ainsi que les encrines (*Isocrinus* sp.).
- Brachiopodes : *Cylothyrus* sp., *Gibbithyrus semiglobosa*, *Kingena lima*.
- Annélides : Serpules assez abondantes.
- Crustacés : Cirripèdes pédonculés, et Décapodes : *Enopoclytia leachi* rare.
- Spongiaires : plus rares que dans la Craie glauconieuse (*Porosphaera globularis*, *Chenendopora* sp.).
- Bryozoaires.
- Les Vertébrés sont représentés par des dents de Poissons : *Lamna* sp., *Oxyrhina* sp., *Anacorax* sp., *Ptychodus* sp.

La microfaune montre, par rapport à la Craie glauconieuse, une diminution des Foraminifères benthiques au profit des planctoniques.

3.5 Les formations résiduelles à silex

Au-dessus de la craie se trouvent les **Formations résiduelles à silex** « l'Argile rouge à silex » des auteurs. Traditionnellement décrite comme une formation résiduelle provenant de la décalcification de la craie, elle se présente comme une matrice d'argile rouge emballant des silex disposés en général d'une manière désordonnée. Ces silex sont décolorés, parfois brisés. La surface de contact avec la craie est, à la Hève, ondulée, avec des creux en forme de cuvettes ou de larges poches peu profondes; sa puissance va de 10 à 25 m. Au nord de Saint-Jouin au contraire, et à l'intérieur des terres, la surface de contact avec la craie évoque la morphologie d'un karst superficiel, d'un lapiez de très grande envergure, avec des poches, de véritables puits qui s'enfoncent, parfois de 50 mètres, indifféremment dans les formations crayeuses sous-jacentes, quelles qu'elles soient. Entre les poches persistent des aiguilles ou **pinacles** de craie (fig. 25).



Figure 6.

Coupe de la falaise du Cap de la Hève, à la hauteur de Dollemard-Bléville; Le Havre (Seine-Maritime) en 1966. Comparer à la figure 5.

Les fossiles des silex montrent que ceux-ci proviennent de couches du Crétacé maintenant disparues; les silex étant parfois brisés, mais jamais roulés ni usés, on admet volontiers leur caractère autochtone. Ces silex, blonds, à la surface cariée caractéristique, parfois creux et contenant alors souvent une « farine » siliceuse occasionnellement riche en microfossiles, représentent les restes, les témoins des couches de craie aujourd'hui disparues. Fossiles et microfossiles permettent de dater ces couches : Quesnel *et al.* (1996) ont montré, sur deux coupes situées à l'intérieur du Pays de Caux, la présence d'une microfaune d'âge maastrichtien supérieur dans des poudres de silex creux : une craie à silex s'est donc, dans notre région, déposée jusqu'à la fin du Crétacé en domaine marin pélagique.

Des poches de sables sont interstratifiées dans l'Argile à silex. Ils sont, pour la plupart, azoïques.

L'âge et le mode d'élaboration des formations résiduelles à silex ont donné lieu à de nombreuses discussions, et le problème n'est pas simple. Il faut dissocier trois éléments dans le raisonnement :

- la formation du karst superficiel de la craie [il s'agit du lapiez de grande envergure, distinct du karst profond de la craie (Rodet, 1975)];

- l'origine, très probablement autochtone, des silex;
- celle de la matrice argileuse rubéfiée.

La découverte de Redonien marin à Valmont (Seine-Maritime), à la base des formations résiduelles à silex, a permis à Cavelier & Kuntz (1974) d'avancer d'importants éléments de réponse à ces questions. Pour eux, « les Argiles rouges à silex du Pays de Caux [sont] le résultat d'un mélange mécanique des produits de décalcification de la craie (silex essentiellement) et des matériaux tertiaires de la couverture, consécutif à l'évolution du karst de la craie postérieurement au Redonien ».

Sur le plateau, les Formations résiduelles à silex sont elles-mêmes recouvertes d'un dépôt éolien quaternaire, le Limon des plateaux, sur lequel s'est développé un sol.

3.6 La morphologie littorale, dynamique de la falaise, de la préfalaise et du cordon littoral

Au nord d'Antifer, la mer atteint le pied de la falaise et détermine un abrupt de craie d'une centaine de mètres de hauteur. Cette morphologie (fig. 8) correspond à la définition classique d'une « falaise vive », et les vues de la région d'Étretat sont fréquemment utilisées dans les manuels scolaires pour illustrer cette notion.

Au sud d'Antifer jusqu'à la Hève, au contraire, un important talus d'éboulis masque la base de la falaise (fig. 7), et la haute mer érode le front hétérogène de ce talus d'éboulis. Nous avons convenu de nommer **préfalaise** cette partie avivée du talus d'éboulis au pied de laquelle s'étend le cordon littoral.

Cette différence de morphologie sera à relier à la différence dans la composition lithologique de la falaise en aval et en amont d'Antifer.

L'évolution du talus, et le recul de la falaise

Du fait du pendage des couches crétacées, la base de la falaise comporte une puissante couche de sables aptiens entre Saint-Jouin et Le Havre et, en plus, les marnes et argiles kimméridgiennes entre Octeville et Le Havre. Ces dernières déterminent une nappe à la base des sables. Ceux-ci, meubles et chargés en eau à la base, constituent une fondation bien peu robuste pour les séries plus cohérentes qui forment la partie haute de la falaise et qui s'éboulent en constituant le talus. Le dégagement frontal de ce talus par la mer entraîne une tendance marquée à un glissement en masse des éboulis vers la mer (Breton, 1984) (ce qui explique que la préfalaise soit toujours fraîche). Ce type de mouvement peut se marquer dans la topographie : il arrive fréquemment (Bléville, Octeville) que la surface du talus d'éboulis, au lieu d'être régulièrement inclinée vers la mer, soit franchement creuse, concave. Le talus d'éboulis, n'assurant plus la protection du pied de la falaise, permet alors de nouveaux éboulements de la haute falaise qui se font, non par basculement de pans, mais par glissement « en toboggan ».

On comprend, dans ces conditions, que le recul des falaises, s'il est sensible au nord d'Antifer, soit très faible dans la région du Havre. Si les mesures directes, sur la foi de documents cartographiques historiques, sont imprécises,



Figure 7.

Morphologie des falaises à Ecqueville : abrupt crayeux, talus d'éboulis, préfalaise, cordon littoral. L'attaque par la mer de la préfalaise dégage ici les couches en place des Argiles d'Octeville. Cliché R. Cheval.

il n'en reste pas moins que :

- d'une part, les gros blocs visibles à basse mer ou plus haut témoignent que jadis la préfalaise fut plus avancée vers le large ;
- d'autre part, certains bancs de galets ou de rochers, encore proches du pied de la préfalaise - 100 à 200 m -, tels que le Grand Banc Sud sous Bléville ou le Béquet sous Sainte-Adresse, doivent être considérés comme subfossiles. Ils contiennent en effet des éclats clactoniens, interprétés comme un faciès de débitage de l'Acheuléen. Ces éclats sont en place. Ils attestent donc du recul maximum de la préfalaise depuis cette époque.

Si le recul de la falaise constitue dans cette zone un phénomène très limité (3), c'est cependant l'attaque par la mer de la préfalaise qui alimente le cordon littoral en matériel juvénile.

Le cordon littoral

Le cordon littoral à la Hève est très hétérogène dans sa composition, dans les dimensions de ses éléments aussi bien que dans leur émoussé.



Figure 8.

Base de la falaise à Yport (Seine-Maritime) : encoche à la base de la falaise, platier rocheux avec recouvrement minime de blocs et galets. Noter le niveau dolomitisé en pied de falaise quelques décimètres au-dessus du platier et les cordons de nodules de silex.

Le sable est manifestement un sable jeune : les éléments non usés ou sub-émoussés-luisants y sont majoritaires, les vrais émoussés-luisants sont rares. Hétérogène, volontiers grossier, il forme des bancs qui passent parfois progressivement à du gravier et du galet. Certains bancs sont assez fixes. Le sable est hérité, pour partie, de l'Aptien et du Poudingue ferrugineux albien, et pour partie des apports de la Seine.

Les galets où le silex domine mais où la craie n'est pas rare sont, quant à leur âge, hétérogènes : certains (craie) sont manifestement jeunes. D'autres sont très usés ; ils portent alors les « marques en coup d'ongle » provenant des chocs entre galets lors du déferlement des vagues. Ces marques, d'autant plus visibles que le grain de la roche est plus fin et que la matière est plus compacte (le silex est idéal), sont caractéristiques de galets du cordon littoral.

Il y a tous les termes de passage entre les galets et les rochers de plusieurs tonnes. On reconnaît les galets et blocs immobiles de ceux que chaque vague ou chaque marée mobilise à leur couverture d'algues.

La dynamique longitudinale du cordon littoral obéit à des causes complexes. Courants de vagues, de marée et courants littoraux déterminent un mouvement en masse des sédiments littoraux mobiles : la dérive littorale. Des épis métalliques, remplaçant d'anciens ouvrages de bois, arrêtent ou limitent la migration de la partie haute du cordon littoral (essentiellement des galets qui risqueraient de se retrouver, inopportuns, sur la partie sableuse de la plage du Havre). La façon dont les galets sont accumulés sur un flanc des épis, alors que le cordon littoral est déprimé sur l'autre flanc, permet de retrouver le sens de la dérive littorale, soit d'Antifer vers Le Havre.

On notera l'opposition avec les cordons de galets des plages plus au nord (région d'Étretat), extrêmement pauvres en éléments juvéniles, bien calibrés, très usés, et qui, piégés entre deux caps rocheux qu'ils ne dépassent guère, évoluent sur place depuis longtemps (cf. la toponymie : le Cran-aux-Œufs).

La pente moyenne assez forte du haut cordon littoral vient de ce que les hautes mers repoussent les galets, constituant une levée sur la partie haute de la plage. Entre une vive-eau et la morte-eau suivante, les levées étagées marquent les hautes mers successives : le profil du cordon littoral montre alors plusieurs ressauts.

À la partie haute du cordon littoral, à la dynamique active (transversalement : levées de galets ; et longitudinalement : dérive) gouvernée essentiellement par les courants de houle et le déferlement des vagues, s'oppose la partie basse, sableuse à sablonneuse, moins mobile, subissant (comme le haut cordon, d'ailleurs) à un rythme saisonnier, ponctué par les tempêtes, des dégraissages ou des nourrissements plus ou moins importants. On a même vu que certains bancs devaient être considérés comme une couverture sédimentaire subfossile, au moins depuis le Paléolithique inférieur.

(3) Une valeur a été avancée pour la région de Fécamp, pour une falaise sans talus d'éboulis : 30 m par siècle. Voir aussi Évrard & Sinelle (1981).

4 FÉCAMP : STRATIGRAPHIE DE LA CRAIE BLANCHE

Les falaises littorales entre le Cap Fagnet au nord-est de Fécamp et la valleuse de Senneville-sur-Fécamp ($x = 458,10$; $y = 1231,60$ à $x = 461,97$; $y = 1233,10$) exposent des coupes dans la Craie blanche du Turonien. Le Cénomaniens moyen et supérieur affleure au Cap Fagnet, côté Fécamp-amont; le Coniacien se trouve en haut de la falaise à Senneville, mais affleure entre Fécamp et Yport en pied de falaise.

En effet, une faille NNW-SSE s'étend de Fécamp à Lillebonne, avec un rejet important d'une centaine de mètres, le compartiment oriental étant relevé. Cet accident tectonique fonctionnait déjà pendant le dépôt de la Craie blanche (et pas obligatoirement dans le même sens!). Cela a pour conséquence que les mêmes séries se retrouvent d'une part dans la région du Tilleul-Étretat et dans la région de Fécamp à Saint-Valery-en-Caux mais les épaisseurs individuelles de chaque formation sont bien différentes.

La stratigraphie des craies du Cénomaniens supérieur au Coniacien, qui font suite à la Craie de Rouen que nous avons étudiée à la Hève peut donc aussi être abordée :

- à Saint-Jouin-Bruneval, dans la descente du port pétrolier d'Antifer (Cénomaniens à Turonien supérieur);
- à la pointe du Fourquet (Cénomaniens moyen - Turonien inférieur);
- au Tilleul sud et nord (Cénomaniens supérieur - Coniacien);
- à Étretat sud et nord (Turonien - Coniacien). Au nord d'Étretat, le Turonien affleure encore sur l'estran, la falaise est coniacienne et santonienne au sommet. Au casino de Fécamp, la falaise est, de même, coniacienne et santonienne.

La stratigraphie de ces formations présentée ici sera celle des falaises de Fécamp à Senneville : les épaisseurs sont différentes dans le secteur entre Saint-Jouin et Fécamp. Nous décrivons dans un premier temps les discontinuités sédimentaires et les niveaux-repères, puis les formations de la Craie blanche. Enfin, nous aborderons la question des rythmes sédimentaires de la craie et de leur signification exacte.

4.1 Les discontinuités sédimentaires et les hard grounds - Genèse - Intérêt (fig. 9 et 10)

Les coupes d'Antifer, ainsi que celles des régions d'Étretat et de Fécamp, montrent, entre le Cénomaniens moyen et le Santonien, de nombreuses discontinuités sédimentaires, surfaces perforées, bancs de craie noduleuse et hard grounds. Leur genèse est liée à :

- l'activité biologique, à l'origine d'une bioturbation (fouissage, terriers) lors d'un arrêt de la sédimentation : *surface d'omission = surface avec terriers = surface perforée*;
- une diagenèse précoce sous la surface du sédiment conduisant à des *craies noduleuses* ou à des *ébauches de hard grounds*;
- des courants balayant les fonds qui peuvent, en cours de diagenèse ou peu après, éroder plus ou moins le niveau noduleux : *hard ground* (abréviation HG ci-dessous) ou *hard ground tronqué*.



Figure 9.

Le hard ground Bruneval n° 2, Cénomaniens inférieur, biozone à Dixoni. Saint-Jouin (Seine-Maritime), port d'Antifer. Noter le niveau noduleux, les terriers de fousseurs se prolongeant vers le bas. La ferruginisation de la surface du hard ground provient de l'oxydation de nodules de pyrite. Un cordon de silex se développe un décimètre au-dessus du sommet du hard ground.

On conçoit donc que cette typologie des discontinuités, affinée encore par la prise en considération :

- de caractères géométriques (dimension des nodules des terriers, et des zones tendres; épaisseur de la couche noduleuse variant de quelques centimètres à deux mètres),
- de caractères lithologiques (nature du sédiment, du remplissage),
- de caractères chimiques (ferruginisation, enduit de glauconie),

permettent d'individualiser et de reconnaître ces différentes discontinuités et d'en faire d'excellents repères stratigraphiques; et ce d'autant plus que certains ont une extension régionale : les hard grounds de la Craie d'Antifer occupent la majeure partie du Bassin Anglo-Parisien. Ces discontinuités sont nommées par référence à des coupes-types : la Craie d'Antifer est ainsi entourée par les hard grounds « Antifer 1 » et « Antifer 3 ».

C'est à P. Juignet (1974) que revient le mérite d'avoir exploité le repérage, l'identification et l'utilisation de ces discontinuités sédimentaires en tant qu'outil d'analyse stratigraphique et sédimentologique.

4.2 Les discontinuités et niveaux-repères (tabl. 3)

HG Antifer 1. Hard ground épais (près d'un mètre), massif, à terriers glauconieux. Surface supérieure avec traces de ravinement et poches irrégulières emplies de glauconite grossière avec des bioclastes s'insinuant entre les nodules. Visible au Cap Fagnet, près de la jetée nord du port de Fécamp.

HG Antifer 2. Hard ground formé d'un calcaire dur, massif, bioturbé, avec galets à écorce glauconieuse vers le sommet. Surface supérieure perforée, érodée avec enduit glauconieux vert vif. Ce hard ground, qui mesure 20 cm d'épaisseur, est visible, comme le précédent, au Cap Fagnet, et, de l'autre côté du Cap, à la Porte au Roi à basse mer.

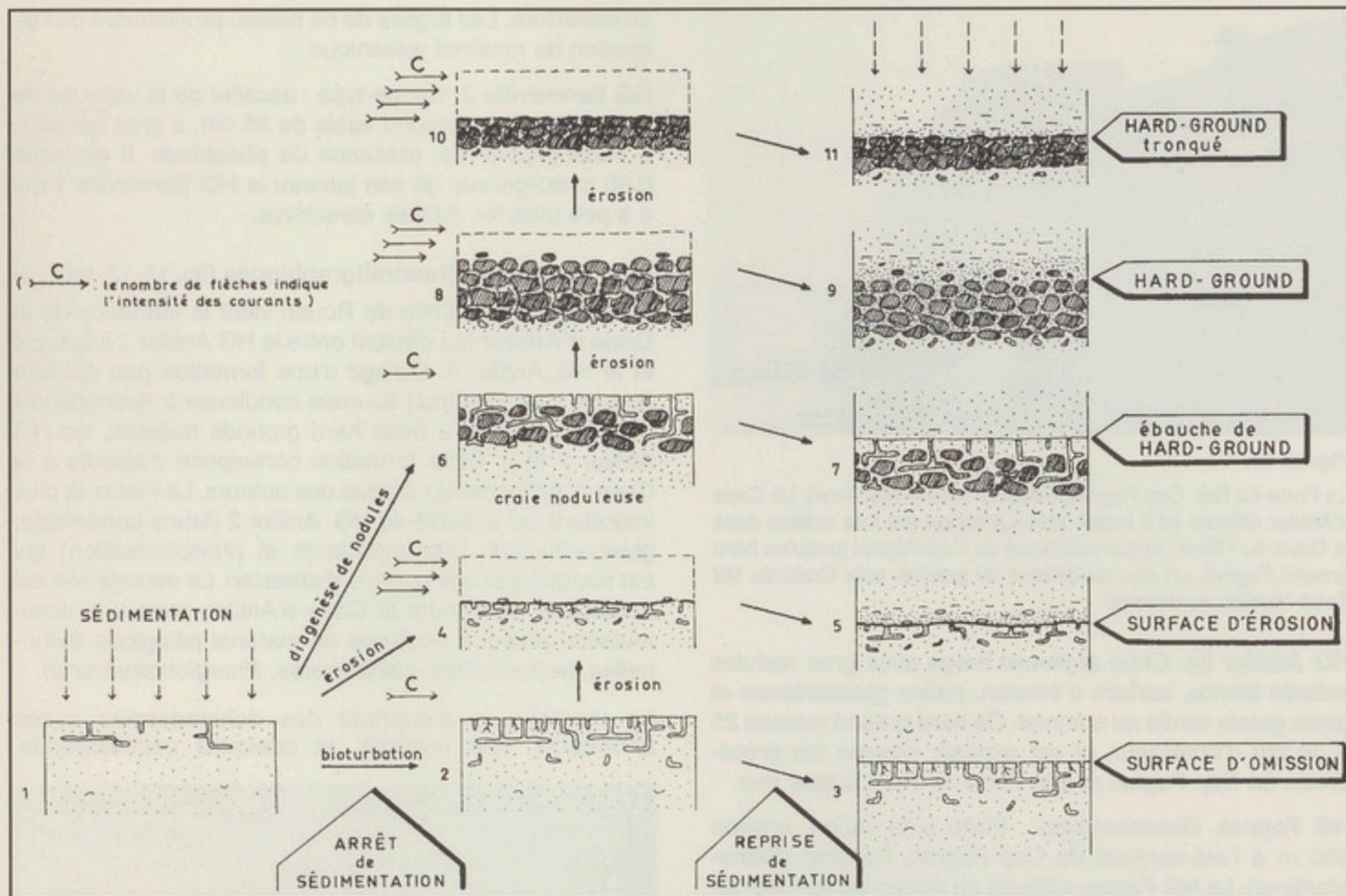


Figure 10.

Genèse des différents types de discontinuité sédimentaire dans la craie : surface d'omission, surface d'érosion, ébauche de hard ground, hard ground et hard ground tronqué. Reprise de Juignet & Kennedy (1974).

ÉTAGE	FORMATION	MEMBRE	FACIÈS	E	DISCONTINUITÉ	BIOZONATION	
						AMMONITES	AUTRES GROUPES
CONIACIEN (pars)							Normanniae
TURONIEN	Saint-Pierre-en-Port (pars)	Petites Dalles	Craie à petits silex		HG Petites Dalles		Leskei (grands)
		Életot	Craie noduleuse		HG Életot	?	Leskei (petits)
	Senneville		Craie à lits marneux		HG Senneville 2	Neptuni	Planus
					HG Tilleul 2	Woollgari	Gracilis (= Lata)
					HG Fagnet	Nodosoides (Coloradoense) (Juddii)	Subrotundus
	Tilleul	Val Saint-Nicolas	Craie à silex - <i>Thalassinoides</i>		HG Antifer 3c		"Labiatus"
Cap Fagnet		Craie noduleuse à " <i>Mytiloides labiatus</i> "					
CÉNOMANIEN	Antifer		Craie noduleuse à <i>Actinocamax plenus</i>		HG Antifer 1	Geslinianum (Guerangeri)	Plenus
MOY (pars)	Rouen		Craie rythmée à <i>Holaster subglobosus</i>			Jukesbrownei	Subglobosus (pars)

Tableau 3.

Litho-, bio-, chronostratigraphie et discontinuités sédimentaires de la coupe du Cap Fagnet (Fécamp) à la descente de Senneville-sur-Fécamp (Seine-Maritime). E : extension (grisé) de la coupe du Cap Fagnet au Val de la Mer à Senneville. Repris de Juignet & Breton (1994).



Figure 11.

La Porte au Roi, Cap Fagnet, Fécamp (Seine-Maritime). La Craie d'Antifer affleure ici à basse mer. La coupe est tout entière dans la Craie du Tilleul : craie noduleuse du Cap Fagnet jusqu'au hard ground Fagnet, un peu au-dessus du porche, puis Craie du Val Saint-Nicolas au-dessus.

HG Antifer 3c. Craie argileuse beige avec gros nodules indurés blancs, surface d'érosion, patine glauconieuse et petits galets verdés au sommet. Ce hard ground mesure 25 à 30 cm d'épaisseur, et est exposé, comme les précédents, au Cap Fagnet et à la Porte au Roi à basse mer.

HG Fagnet. Gisement-type : Porte à la Reine, environ 500 m à l'est-nord-est du Cap Fagnet, Fécamp (Seine-Maritime). Le HG Fagnet affleure au niveau du sommet du porche de la Porte à la Reine et un peu au-dessus de celui de la Porte au Roi (fig. 11). C'est un niveau de craie noduleuse, de morphologie et de structure peu différentes des niveaux noduleux qui le précèdent. Les tout premiers silex apparaissent, épars, 1,20 m sous le sommet du HG Fagnet, au sein de niveaux noduleux. Le contraste lithologique entre les membres qui entourent ce HG est saisissant, ce qui permettra de le repérer.

HG Tilleul 2 (fig. 4, 12, 13). Le HG Tilleul 2 affleure au pied de la falaise, à environ 1 km à l'ouest-sud-ouest de la valleuse de Senneville. Il forme un banc massif, de trente à quarante centimètres d'épaisseur, surmontant son jumeau le HG Tilleul 1 d'environ 1 mètre. La surface supérieure de ces deux hard grounds est plane, érodée. L'épaisseur du banc est parcourue par un réseau de terriers verticaux et horizontaux d'un à deux centimètres de diamètre; la surface supérieure du hard ground et la paroi de ces terriers sont glauconitisés. Quelques nodules pyriteux épars à la surface supérieure des HG Tilleul 1 et 2.

Marne Életot (fig. 14). Coupe-type : valleuse d'Életot, replat en bas de falaise. Il s'agit d'un lit de marne gris beige, de 10 cm d'épaisseur, aux limites assez nettes et qui peut être observé quelques dizaines de mètres à l'ouest du pied de l'escalier de la valleuse de Senneville, où il affleure quelques mètres au-dessus du cordon littoral. Ce niveau repère est constitué de bentonite. Il contient en faibles proportions des cendres volcaniques, débris de verre et feldspaths. L'origine du nuage volcanique (qui a laissé des traces dans des niveaux marneux du Turonien supérieur du Boulonnais et d'Angleterre) est à rechercher à l'ouest-nord-ouest des Îles Britanniques et est lié au fonctionnement de la dorsale de l'océan nord-atlantique

en ouverture. Les argiles de ce niveau proviennent de l'altération de matériel volcanique.

HG Senneville 2. Coupe-type : escalier de la valleuse de Senneville. Hard ground épais de 25 cm, à gros nodules, à surface perforée, présence de phosphate. Il est situé 0,80 m au-dessus de son jumeau le HG Senneville 1 qui a à peu près les mêmes caractères.

4.3 Les unités lithostratigraphiques (fig. 11-17, tabl. 3)

Au-dessus de la Craie de Rouen vient la formation de la **Craie d'Antifer** qui s'inscrit entre le HG Antifer 1 à la base et le HG Antifer 3. Il s'agit d'une formation peu épaisse (quatre à cinq mètres) de craie noduleuse à *Actinocamax plenus*, associée à deux hard grounds majeurs, les HG Antifer 2 et 3. Cette formation correspond d'ailleurs à la Craie à *Actinocamax plenus* des auteurs. Le hiatus le plus important est associé au HG Antifer 2 (faune condensée, glauconitisation très importante et phosphatisation) qui est tronqué par une surface d'abrasion. Le microfaciès est homogène pour toute la Craie d'Antifer, avec une accumulation presque exclusive de matériel pélagique (pithonelles, hedbergelles, calcisphères, *Praeglobotruncana*).

La macrofaune comprend des échinodermes assez abondants, des bivalves, et quelques céphalopodes.



Figure 12.

Vue frontale des hard grounds Tilleul 1 (T1) et 2 (T2). Un kilomètre WSW de la valleuse de Senneville-sur-Fécamp (Seine-Maritime).



Figure 13.

Comme figure 12 : détail du hard ground Tilleul 2 (T2).

Inoceramus hercynicus, *I. aff. pictus*, *Spondylus* sp., *Pycnodonte vesicularis*, tubes de Clavagellidae, *Actinocamax* cf. *plenus*, *Metoicoceras geslinianum*, *Euomphaloceras* (*Kanabicerias*) *septemseriatum*, *Allocrioceras annulatum*, *Porocidaris cenomanensis*, *Tylocidaris* (*Tylocidaris*) *sorigneti*, *Hirudocidaris hirudo*, *Conulus subrotundus*, *C. cf. gibbus*, *Discoïdes inferus*, *Cardiotaxis cretacea*, *Hemiaster* (*Bolbaster*) *nasutulus*, *Crateraster quinqueloba*, *Nymphaster coombii*, *N. magistorum*, *Comptoniaster* sp., *Velettaster argus*, *Pycinaster humilis*, ? *P. angustatus*.

La Craie d'Antifer affleure, dans le secteur étudié, de part et d'autre du Cap Fagnet, au pied de la falaise et sur l'estran vers Fécamp, et sur l'estran vers Senneville (fig. 11, 16).

La formation de la Craie du Tilleul s'inscrit entre le HG Antifer 3 à la base et le HG Tilleul 2 au sommet (fig. 12, 13, 16). Les deux coupes de référence sont les affleurements littoraux de part et d'autre de la vailleuse du Tilleul (Seine-Maritime), coupe éponyme d'une part, et les affleurements littoraux entre le Cap Fagnet et la vailleuse de Senneville-sur-Fécamp d'autre part. C'est dans cette dernière coupe que nous définissons les deux membres composant cette formation : la Craie noduleuse du Cap Fagnet et la Craie du Val Saint-Nicolas.

La Craie noduleuse du Cap Fagnet, limitée au sommet par le HG Fagnet, épaisse de six mètres, consiste en craies noduleuses, avec quelques rares silex apparaissant dans les deux derniers mètres (fig. 11, 16). Un hard ground situé environ un mètre au-dessus du HG



Figure 14.

Marne Élotot (entre les deux flèches). Pied de l'escalier de la vailleuse de Senneville-sur-Fécamp (Seine-Maritime).

Antifer 3c a livré de grandes ammonites médiocrement conservées : *Mammites nodosoides*, *Fagesia catinus*, *Plesiovascoceras* sp., *Metasigaloceras rusticum*. Les inocérames sont présents au Cap Fagnet, certains niveaux les fournissent en abondance au Tilleul. *Inoceramus hercynicus*, *I. apicalis* et *I. goppelnensis* y ont été identifiés, tandis que l'espèce-index *Mytiloides labiatus* semble rarissime dans la formation (un spécimen vers Dieppe). Les échinodermes sont : *Discoïdes inferus*, *D. minimus*, *Micraster* cf. *distinctus*, *Cardiotaxis cretacea*, *Hemiaster* (*Bolbaster*) *nasutulus*, *Calliderma smithiae*, *Pycinaster* sp. Les brachiopodes *Concinnithyrus* cf. *albense* et *Orbirhynchia cuvieri* ont été recueillis.

La Craie du Val Saint-Nicolas est épaisse d'environ treize mètres (fig. 15-17). Sa partie inférieure consiste en bancs métriques de craie alternant avec des cordons de silex noirs épigénisant des réseaux de *Thalassinoides* aff. *saxonicus*. Cette ichnoespèce forme des réseaux impressionnants de silex, mis en relief par l'érosion sur le platier crayeux. Les terriers peuvent atteindre un diamètre de 20 cm et le réseau, polygonal, assez régulier, a une maille mesurant 0,5 à 1 m. On peut, rarement, observer le passage brutal, dans le même terrier de *Thalassinoides*, de portions à remplissage de craie marneuse grise à des portions épigénisées en silex. La craie entre les cordons de



Figure 15.

Craie du Val Saint-Nicolas, partie inférieure. Réseau de *Thalassinoides* aff. *saxonicus*, épigénisés en silex et dégagés horizontalement sur l'estran entre le Cap Fagnet et la vailleuse de Senneville-sur-Fécamp (Seine-Maritime).

silex est bioturbée par divers fousseurs (*Planolites*, *Zoophycos* particulièrement abondant, *Chondrites*, *Thalassinoides* de petite taille, ces deux derniers fousseurs colonisant volontiers des terriers de plus grande taille). Une nodulisation et le développement de *flaser-structures* est plus nette dans la partie supérieure de la Craie du Val Saint-Nicolas, où les silex sont plus rares. Les craies noduleuses représentent soit des craies « griottes » à intraclastes, soit des ébauches de hard grounds entre les terriers desquels une nodulisation diagenétique a pu se développer. Des niveaux flammés gris (*flaser-structures* des auteurs anglo-saxons) selon l'importance relative de la bioturbation ou de la diagenèse, apparaissent comme l'expression faciologique d'une convergence entre des terriers de *Zoophycos*, une nodulisation de type griotte ou encore l'expression d'une dissolution.

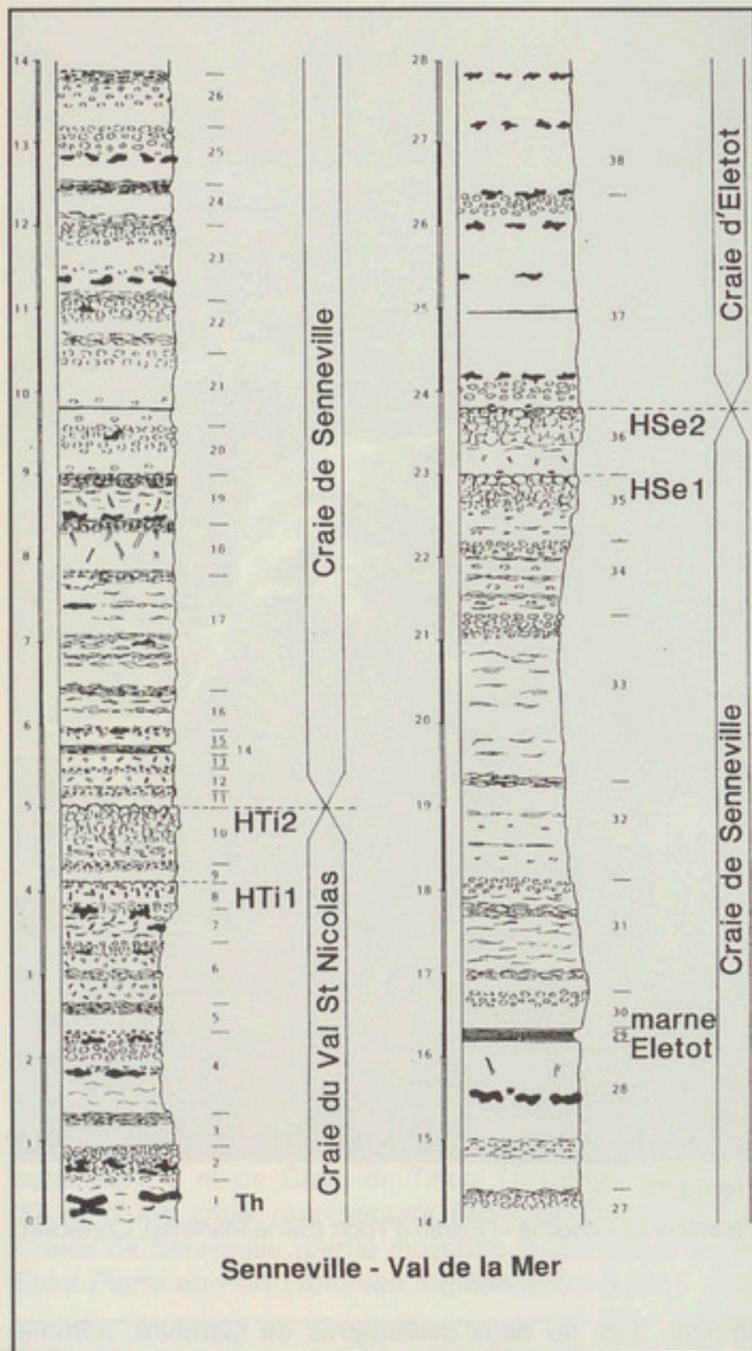


Figure 17.

Lithostratigraphie de la Craie du Val Saint-Nicolas, de la Craie de Senneville et de la Craie d'Életot. Senneville-sur-Fécamp (Seine-Maritime), depuis la vailleuse (Val de la Mer) en allant vers le Cap Fagnet. HTi1, HTi2, HSe1, HSe2 : hard grounds Tilleul 1 et 2, Senneville 1 et 2.

4.5 Expression des rythmes sédimentaires dans les craies du Cénomanién - Turonien du Bassin de Paris

Les différents stades évoqués ci-dessus sont exprimés au sein des formations crayeuses de Normandie. Nous en proposons deux exemples.

Craie de Rouen (Cénomanién moyen-supérieur).

Cette formation présente des coupes favorables à la reconnaissance des rythmes près de Saint-Jouin (Terminal pétrolier) et Antifer (vailleuse du Fourquet). La partie supérieure de la Craie de Rouen montre sur 10 m une vingtaine d'alternances de marnes grises (épaisseur moyenne 0,20 m) et de craie bioturbée avec *Thalassinoides* inclus dans un cordon de silex gris foncé ou noir (épaisseur moyenne 0,30 m). Les marnes ont subi une compaction

d'environ 50 %; elles contiennent des chlamys, inocérames, huîtres, serpules, cidaris, des bioclastes et quelques graviers glauconitisés ou phosphatisés; les calcaires contiennent des ammonites, silicisponges et de gros pleurotomaires. Une discontinuité est souvent visible au sommet de la craie, associée à des nodules calcaires; des terriers remplis de la marne sus-jacente la pénètrent.

La base de ces horizons marneux contient la fraction terrigène la plus élevée, avec des bioclastes carbonatés grossiers; vers le haut, le taux de terrigènes diminue et les bioclastes s'affinent. Cette corrélation (diminution de la teneur en argile et de la taille des grains carbonatés) associée à une limite inférieure tranchée du niveau marneux et une limite supérieure graduelle, suggère que les marnes sont apportées par des courants d'abord intenses puis déclinant progressivement. Toutefois, les niveaux à forte énergie n'étant pas systématiquement plus argileux, il faut aussi admettre que les apports terrigènes fluctuent.

Craie du Val Saint-Nicolas (Turonien inférieur-moyen).

Ce membre supérieur de la Craie du Tilleul est sujet à d'importantes variations d'épaisseur.

C'est dans le secteur de Senneville que les rythmes s'y expriment avec le plus de clarté en présentant l'essentiel des structures décrites dans le modèle de rythme élémentaire. Leur épaisseur moyenne est de 1 m. L'horizon marneux basal, peu épais (0,10 m), apparaît progressivement par prolifération des terriers (surtout des *Zoophycos*), à remplissage marneux gris dont le réseau isole des amandes et mini-lentilles de craie blanche; des *Chondrites* apparaissent localement. À la partie supérieure, le passage au sédiment crayeux est aussi progressif; la bioturbation reste intense avec développement de *Thalassinoides* dont le réseau est incorporé à un cordon de silex vers le sommet du tiers inférieur du cycle. Au-dessus, les *Thalassinoides* sont associés à des *Planolites* et, vers la partie supérieure, des *Chondrites* probablement issus de la surface sommitale envahissent le remplissage de ces gros terriers.

4.6 Signification du cycle élémentaire de la craie

La présence de dépôts rythmés dans les séries sédimentaires du Crétacé moyen a été reconnue dans de nombreux bassins. L'analyse des faciès pélagiques, en particulier du domaine téthysien, a montré que différentes périodicités pouvaient être distinguées dans ces rythmes et mises en parallèle avec celles des cycles de Milankovitch établis pour la période pléistocène et trouvant leur origine dans des variations astronomiques. Aux rythmes élémentaires peuvent ainsi être attribuées des durées d'environ 20 000 et 40 000 ans.

En Angleterre, on a mis en évidence dans les craies du Cénomanién inférieur une cyclicité avec des périodes estimées à 23 000 et 41 500 ans. Un inventaire exhaustif des rythmes de la craie cénomaniénienne et leur corrélation individuelle entre diverses régions distantes de 200 km a montré que ces alternances sont souvent organisées en faisceau de 5 unités. Le dénombrement de 220 rythmes regroupés en 44 faisceaux suggère des durées respectives de 18 000 à 23 000 ans (périodicité de précession

des équinoxes) et 100 000 ans (périodicité d'excentricité de l'orbite terrestre), en bon accord avec la durée de 4 à 4,5 millions d'années admise pour le Cénomanien.

Comme dans d'autres bassins à sédimentation pélagique, l'alternance marne-craie de la série normande traduit un contrôle climatique des fluctuations des apports terrigènes dans le bassin et de la production primaire de carbonate de calcium par les organismes pélagiques. Il est vraisemblable que de telles augmentations de productivité des eaux superficielles aient elles-mêmes produit des réductions sensibles du taux d'oxygène dissous dans les eaux interstitielles de la partie superficielle des sédiments.

Ces résultats peuvent être valablement transposés à la série cénomanienne du Pays de Caux. Autour de Saint-Jouin, cet étage présente environ 80 rythmes dont un certain nombre, associé à des niveaux très glauconieux dans les zones à Mantelli et Dixoni par exemple, peut représenter 100 000 ans alors que ceux de la zone à Jukesbrownei sont vraisemblablement de 20 000 ans. Il y a lieu, en outre, de tenir compte des lacunes importantes associées aux hard grounds.

4.7 Deux observations ichnologiques spectaculaires

On a vu ci-dessus que la Craie du Val Saint-Nicolas, entre Senneville et le Cap Fagnet, se prêtait remarquablement aux observations ichnologiques : dans les niveaux de craie entre les cordons de silex, non seulement les terriers sont abondants, mais ils sont suffisamment contrastés pour être aisément déchiffrés. Cependant, en ce site, ce sont les très gros réseaux de *Thalassinoides* aff. *saxonicus* silicifiés qui retiennent l'attention par leur taille aussi bien que par leur extension latérale (voir ci-dessus, paragraphe 4.3 et fig. 15).

Une autre observation très spectaculaire est celle de paramoudras (fig. 18). On désigne ainsi de très gros silex (quelques décimètres à plus d'un mètre de diamètre), verticaux, cylindriques ou de diamètre irrégulier, parfois en toupie, classiquement non ramifiés (encore que nous ayons observé des ramifications sur des paramoudras développés verticalement sur 10 à 15 m dans le tiers supérieur de la falaise   proximité du casino de Fécamp). Ils se sont développés autour d'un terrier (?) cylindrique,



Figure 18.

Paramoudra dégagé par l'érosion marine au pied de l'abrupt crayeux.   gauche, un paramoudra brisé et tombé. Yport (Seine-Maritime), Coniacien.

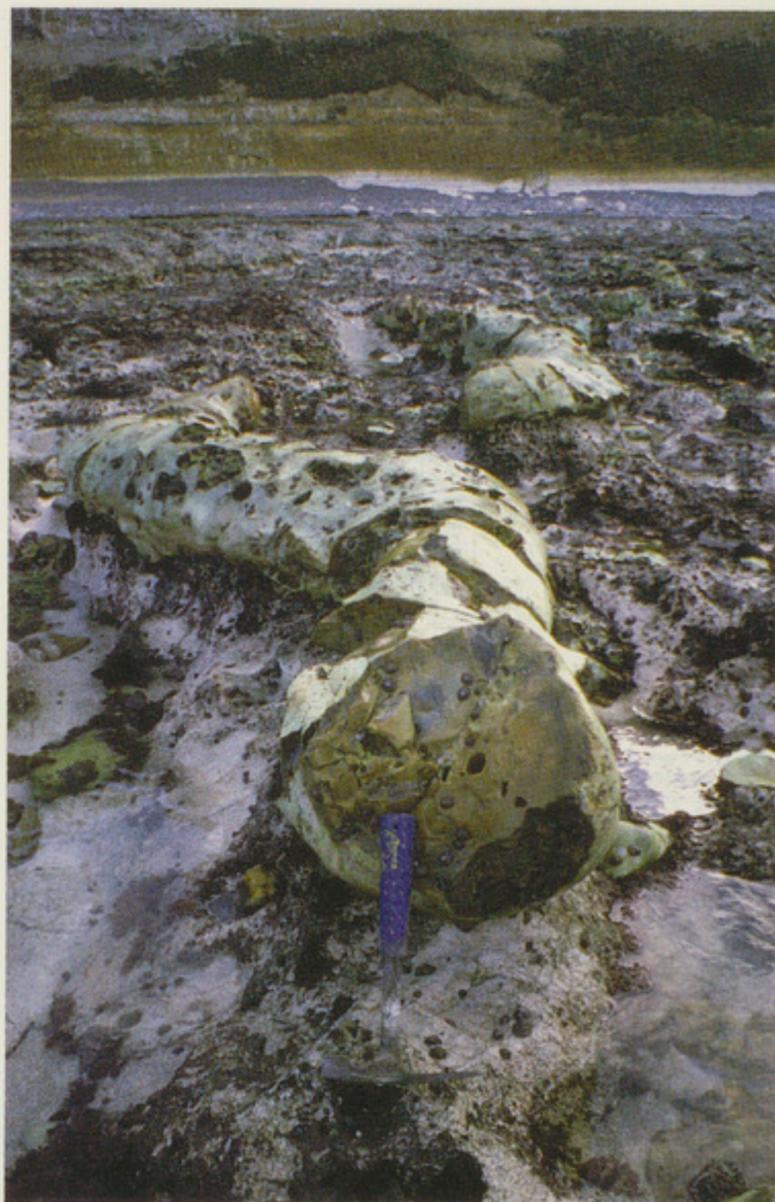


Figure 19.

Paramoudra « couché ». Estran d'Yport (Seine-Maritime), Coniacien.

vertical, d'un ou deux centimètres de diamètre, nommé *Bathichnus paramoudrae*. L'origine d'un tel terrier (?) vertical unique, sur plus de 10 mètres est encore mal comprise et est en discussion. Fréquemment, les paramoudras ont « monopolisé » la silice, et les cordons de silex recoupés s'amincissent puis disparaissent à proximité du paramoudra.

Les plus anciens paramoudras connus sont datés du Cénomanien inférieur, sommet de la Craie glauconieuse, et nous les avons observés au Cap de la Hève. On en connaît, dans la craie blanche, jusqu'au Campanien.

Une observation spectaculaire peut être faite à Grainval, deux kilomètres au sud-ouest de Fécamp, à basse mer sur l'estran en face un peu à droite de la valleuse. Il y a là une véritable forêt de paramoudras - une centaine - émergeant du platier sur 400 m², d'un diamètre variant de 20 à 50 cm.

Ces paramoudras passent à des paramoudras « couchés », formant de gros boudins sinueux subhorizontaux, mis en évidence sur l'estran par l'érosion (fig. 19). L'un d'entre eux peut être suivi sur 16,5 puis sur 8 mètres, son diamètre est de 25 à 30 cm. La périphérie est composée de silex noir sans cortex sur 3 à 5 cm et le centre est occupé par un silex plus ou moins cari  qui ne permet

pas en général d'observer le *Bathichnus paramoudrae*. Il n'y a pas de bioglyphes. Ces « paramoudras couchés » peuvent être ramifiés mais les bifurcations restent rares. Les rayons de courbure sont, au minimum de 1 à 2 m. Il n'y a pas d'orientation préférentielle. Les mêmes « paramoudras couchés » sur l'estran s'observent dans les mêmes niveaux jusqu'à Yport où leur diamètre peut atteindre 40 cm. À notre connaissance, de tels « paramoudras couchés » constituent une observation originale, et qui n'avait jamais été signalée précédemment. À Grainval, il est aussi possible d'observer des paramoudras ramifiés se développant verticalement dans la moitié supérieure de la falaise.

5 LE PORT PÉTROLIER DU HAVRE-ANTIFER À SAINT-JOUIN : L'IMPORTANCE DE LA GÉOLOGIE APPLIQUÉE DANS LES TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL (4) (fig. 20)

Localisation : Antifer-sud (plage de Saint-Jouin) : autour du point de coordonnées $x = 442,60$; $y = 218,90$. Groin d'Antifer (pied de la grande digue) : $x \sim 442,60$; $y = 220,20$ (feuille topographique 1710 est - Montivilliers - Étretat à 1/25 000).

Rappel stratigraphique

Sur la plage de Saint-Jouin affleurent le Poudingue ferrugineux, le Gault et la Gaize de l'Albien, et dans la falaise, on peut observer la Craie glauconieuse et la Craie de Rouen du Cénomaniens. Toutes ces formations ont déjà été étudiées à la Hève (paragraphe 3.3 et 3.4 ci-dessus).

Au-dessus viennent 2,6 m de Craie d'Antifer (Cénomaniens supérieur), 6 m de Craie du Tilleul (Turonien inférieur), 22 m d'une craie représentant l'équivalent latéral des Craies de Senneville (partie moyenne du Turonien) et de Saint-Pierre-en-Port (Turonien supérieur-Coniacien). Ces

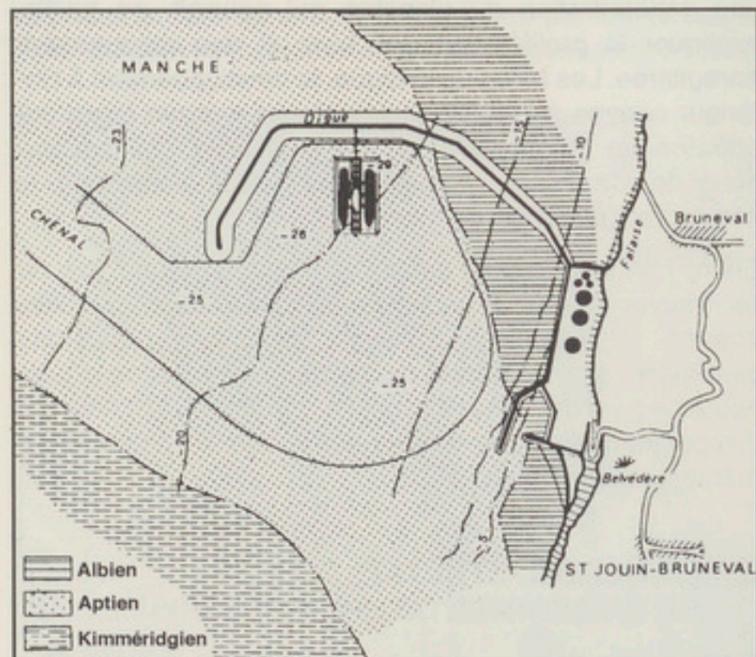


Figure 20.

Le port d'Antifer : plan général et contexte géologique (reproduit avec l'aimable autorisation de J. Guyader et de P. Juignet).

formations ont été étudiées à Senneville (paragraphe 4.3 ci-dessus).

5.1 Généralités

Vers la fin des années 60, l'évolution du tonnage des grands pétroliers et l'augmentation alors prévue du trafic amenèrent les autorités à décider la construction d'un grand terminal pétrolier. La création d'un nouveau port au sud du port du Havre actuel, la création d'une île artificielle au large de l'embouchure de l'Orne furent successivement abandonnées au profit d'un port à la côte à Antifer. Ce choix fut en grande partie motivé par des considérations d'ordre :

- nautique : courants de marée très directs; fonds de 30 à 35 m proches de la côte (10 km);
- économique : proximité relative du Havre, et de sa zone industrielle;
- et surtout géologique : d'une part la présence d'un affleurement sableux aptien, permettant de creuser par dragage le chenal d'accès, d'autre part l'existence sur place de matériaux d'enrochement (en falaise) ou de granulats (marins) très proches. Ce sont ces deux aspects qui constituent l'originalité d'Antifer en matière de géologie appliquée.

Le chantier, ouvert de 1972 à 1976, visa à construire :

- Un terre-plein de 35 ha gagné sur la mer.
- Une digue de 3500 m protégeant des houles de nord-ouest un bassin comportant un chenal d'accès dragué à -25 m (5), un cercle d'évitage de 2450 m de diamètre dragué à -28 m et deux appontements pétroliers. Il est à noter que les profondeurs du port permettent de recevoir des pétroliers de 530 000 tonnes; mais qu'au début de la construction du port, l'éventualité de la mise en service de super pétroliers d'un million de tonnes était envisagée : le surcreusement nécessaire jusqu'à la cote -32 m, par dragage, est possible.
- Un port de service de 8 ha (remorqueurs et engins de servitude).

Si l'évolution du marché pétrolier mondial n'a pas été celui prévu lors de la construction, il n'en reste pas moins qu'en 1980 31,1 millions de tonnes ont transité à Antifer. On note une part croissante du trafic d'éclatement, par exemple des transferts ship to ship. À la fin de la décennie 80, le trafic s'est considérablement réduit; les pétroliers sont rares aujourd'hui à Antifer.

5.2 Les matériaux

L'essentiel des matériaux utilisés fut extrait d'une carrière à la côte, ouverte sur le site même, conduite de manière classique, en gradins, les planchers principaux correspondant assez exactement aux toits des étages Cénomaniens et Turoniens. La rencontre, en cours d'exploitation, d'une zone faillée dans le Turonien, empêchant d'extraire des blocs, conduisit à modifier légèrement le plan d'exploitation. D'autre part, l'exploitation du Coniacien fut gênée par les poches d'argile à silex atteignant le toit du Turonien.

(4) Paragraphe rédigé grâce à l'aimable collaboration de Jean Guyader.

(5) Les cotes citées sont par rapport au zéro des cartes marines, c'est-à-dire au niveau des plus basses mers.

En tout, 11 millions de tonnes de craie furent extraits, répartis en matériaux de qualité très variable :

- craies coniaciennes très friables (et argile à silex) utilisées surtout en remblai (terre-plein) ;
- craies cohérentes du Cénomaniens et du Turonien utilisées pour construire la digue.

Sur une base de galets (dragués en mer), le corps de digue en craie, occasionnellement sénonienne mais surtout cénomaniens (blocs plus gros), fut renforcé d'un recouvrement latéral de blocs de 2 à 6 tonnes de Turonien (les craies marneuses, cohérentes du Turonien se prêtant bien à la production de gros blocs).

En outre, des granulats dragués en mer permirent une production importante de béton sous deux formes :

- soit éclaté sur place à l'explosif,
- soit coulé en blocs trapézoïdaux rainurés pour faciliter leur enchevêtrement, de 12 tonnes (intérieur de la digue) et de 24 tonnes (côté mer),

l'une et l'autre forme permettant de compléter les enrochements de la digue.

Des stocks de blocs trapézoïdaux sont d'ailleurs visibles encore actuellement sur le terre-plein, prêts à parer à une avarie des ouvrages.

Enfin, quelques très gros blocs de grès armoricain amenés par camion de Basse-Normandie renforcent les zones particulièrement exposées, aux angles et au pied de la digue.

5.3 Le creusement du port

Une série d'études préliminaires fut entreprise afin de bien cerner les contours de la zone à draguer (6) :

- campagne géophysique, à l'aide d'étinceleurs, calée par des forages ponctuels ;
- forages sur plate-forme, flexo-forages, vibro-forages.

Elles permirent de préciser l'étendue de l'affleurement sous-marin des Sables ferrugineux (fig. 18), et les conditions de dragage.

La couverture d'alluvions quaternaires, très mince (1 à 2 m au maximum), contenait cependant de gros blocs

- de roches indigènes, emportées au large probablement par une solifluxion quaternaire ;
- de roches allochtones - grès, arkoses et granite, par exemple - provenant du Massif Armoricain. Leur taille, jusqu'à 10 tonnes, laisse penser à des blocs transportés par radeaux de glace (Guyader, 1978). Ces roches paléozoïques représentent 25 % des blocs erratiques. Tous ces blocs (10000 tonnes entre -5 et -25 m ; sur 500 ha) ont été chalutés avec un chalut en acier, avant le passage de la drague.

La drague-aspiratrice a rencontré, en cours de travail, un autre type d'obstacle. Les Sables ferrugineux contiennent irrégulièrement des bancs gréseux lenticulaires pouvant mesurer jusqu'à 1 m d'épaisseur au centre, nécessitant l'intervention d'une drague dérocteuse, plus rarement le recours à l'explosif.

De même, le creusement du port de service, dans le Poudingue ferrugineux très cohérent, a été assuré par une dérocteuse.

Le matériel dragué, pour l'essentiel des Sables ferrugineux (30 millions de m³), a été rejeté en mer dans les fonds de -20 m au large d'Étretat.

5.4 L'influence de la construction du port d'Antifer sur l'évolution du milieu naturel

Les modifications les plus spectaculaires ont affecté les plages de Saint-Jouin et de Bruneval. Sur cette dernière, un galet bien rond, bien trié, prisonnier, ne s'échappait guère de la plage, limitée par deux pointes entre lesquelles les houles de nord-ouest et de sud-ouest le mobilisaient alternativement. Après construction de la digue, appuyée sur la pointe sud, le Groin d'Antifer, le cordon littoral, protégé des houles de sud-ouest et soumis à l'action des seules houles de nord-ouest, s'est accumulé au pied de la digue, dégraissant l'estran au nord de la plage de Bruneval de sa couverture de galets : le substrat crayeux de l'estran s'est trouvé violemment érodé et des travaux de consolidation ont été nécessaires. Par un phénomène symétrique, la plage au sud du port de service, protégée des houles de nord-ouest a engraisé aux dépens du cordon en face de Saint-Jouin qui a dégraissé de manière sensible. La plage interne du port d'Antifer elle-même est parfois endommagée lors des tempêtes.

Les milieux biologiques ont évolué également.

Avant la construction du port, un fond sablo-caillouteux balayé par des courants vifs contenait une faune banale. Aujourd'hui, dans le port, l'envasement semble modéré, mais a permis l'implantation d'une faune pauvre en espèces, riche en individus, dominée par le Polychète *Pectinaria koreni*, le Mollusque *Abra alba* et, semble-t-il, un développement important des Pleuronectidae. Au pied de la digue, côté mer, un tourbillon à marée baissante produit une concentration du plancton qui pourrait, en partie, expliquer la prolifération des bars et des maquereaux enregistrée. Les blocs de la digue, le développement à l'intérieur comme à l'extérieur des algues sur ces blocs ont entraîné un développement très important des populations de Crustacés, dominées par deux espèces : le homard et l'araignée de mer.

Enfin, T. Vincent (1980) a démontré que l'avifaune, loin de se trouver mise en péril par la construction du port, comme le laissaient présager certaines prévisions alarmistes, trouvant sans doute des niches écologiques nouvelles, s'est développée à Antifer : le nombre d'espèces d'oiseaux présents sur le site a augmenté de manière remarquable.

6 LE TILLEUL-ÉTRETAT : DE LA SÉDIMENTATION AU TOURISME

Localisation : Étretat - amont, sur le littoral, autour du point x = 445,60 ; y = 225,25 (Porte d'Aval).

Le visiteur pourra, à basse mer, par un tunnel creusé dans la falaise, accéder vers le sud-ouest entre la Porte d'Aval

(6) Dans le même temps, une campagne à terre (sismique, forages) se déroulait en vue d'étudier les possibilités de la future carrière.

et la Manne Porte, puis entre la Manne Porte et la Pointe de la Courtine ; et, à partir du sud-ouest de la promenade de la plage, emprunter un sentier piétonnier qui va, en crête de falaise, vers la Porte d'Aval et la Manne Porte. Observer, de ce sentier, le diaclasage du platier et sa structure, et la morphologie du paléokarst comblé par de l'argile à silex.

En variante, il pourra observer les phénomènes décrits ci-dessous et compléter ou renouveler ses observations

- en accédant par le bourg du Tilleul (2 km au sud d'Étretat par la D940) et la valleeuse d'Antifer à la partie nord-est de la plage du Tilleul jusqu'à la Pointe de la Courtine, et au-delà à la plage avant la Manne Porte ;
- en accédant à la partie nord-est de la plage d'Étretat, jusqu'au Chaudron et à la Porte d'Amont.

La stratigraphie est celle que nous avons détaillée ci-dessus dans la région de Fécamp pour les termes affleurant au Tilleul et, en basse falaise jusqu'à Étretat. Au-dessus, la falaise est constituée principalement de craie coniacienne à *Micraster decipiens*. La limite avec la craie santonienne n'est pas soulignée, à Étretat par une rupture lithologique évidente et n'est donc pas précisément localisée. La craie, en haut de la falaise, contient *Micraster coranguinum* et est donc santonienne.

6.1 La formation des silex

10 à 30 % de la masse totale des craies à silex sont concentrés dans les cherts et silex, il existe en outre une faible quantité de silice diffuse.

Les *cherts* se distinguent des silex par le passage progressif du cœur totalement siliceux de l'accident au sédiment complètement calcaire. Ils épigénisent fréquemment des terriers, des Spongiaires siliceux et sont associés régulièrement à des niveaux bioturbés. Ils sont gris clair et se séparent mal du sédiment.

Les *silex* au contraire sont caractérisés par un passage brutal du sédiment calcaire à l'accident, totalement siliceux



Figure 21.

Brèche de silex vue dans un plan horizontal (Veulettes est, 15 kilomètres au NE de Senneville-sur-Fécamp, Seine-Maritime). Ce site n'est pas localisé à l'intérieur de la zone d'étude du présent fascicule. Cliché P. Juignet.

dès les premiers millimètres du cortex, celui-ci pouvant être mince (Coniacien) ou épais (Cénomaniens). Les silex sont aussi fréquemment associés aux Spongiaires siliceux (Cénomaniens inférieur et moyen) ou aux terriers dont ils épigénisent parfois les réseaux (Turonien inférieur). Ils se séparent bien du sédiment, et sont gris clair à brun ou noir, et peuvent être zonés.

La formation par **remplacement** est certaine. Malgré une périodicité certaine de l'alternance craie-silex, la vieille hypothèse de la précipitation périodique d'un gel siliceux se sédimentant de façon plus ou moins lenticulaire avant d'être recouvert d'une nouvelle strate carbonatée est à reléguer au rang des explications historiques qui n'ont jamais réellement emporté la conviction.

Après le dépôt du sédiment crayeux formé principalement par l'accumulation de plaques calcaires d'algues phytoplanctoniques microscopiques - les coccolithes -, en profondeur, le sédiment crayeux ayant déjà été en partie compacté, il y a remplacement du carbonate de calcium de la craie par de la silice. Celle-ci se trouve d'abord sous une forme minéralogique particulière hydratée dite opale C-T.

Par perte d'eau, elle se transforme en une forme minéralogique microcristalline mais proche du quartz, fibreuse, moins hydratée, la calcédonite. Cette transformation est centrifuge : la partie non transformée, toujours formée d'opale C-T, constitue le cortex, d'autant plus mince que la « maturation » (= transformation opale C-T - calcédonite) aura été plus complète.

Ces silex de première génération sont donc des accidents siliceux d'origine diagénétique, formés en profondeur dans le sédiment crayeux, après une première phase de compaction de celui-ci, sur des terriers (*Thalassinoides*, *Zoophycos*), des fossiles (spongiaires) ou sur des niveaux particuliers (bioturbation conduisant à des nodules, cordons ou bancs de silex) ou encore formant les paromoudras.

On connaît des silex plus tardifs, formant des grandes lames horizontales ou obliques (Étretat amont, Étretat aval, Yport).

Un cas particulier est celui des brèches de silex (fig. 21) situés dans des bandes de craie aux bords nets d'où s'échappent des chevelus « filoniens » de craie (Yport de part et d'autre de la plage, Yport-Pointe de Chicard, Vattetot-Vaucottes, Roc Vaudieu, Étretat amont-Banc à Cuves, Étretat sud-plage, Étretat-Porte d'Aval). Ces structures étonnantes, étudiées récemment par Juignet & Breton (1997) sont interprétées comme résultant de mouvements mobilisant en profondeur le sédiment crayeux déjà partiellement compacté, sous l'effet de charges dissymétriques (voir, ci-dessous, le paragraphe consacré aux bancs carbonatés), et déclenchés par des séismes sous-marins.

La thixotropie (= refluidisation) du sédiment crayeux est à l'origine de la remobilisation de la craie et de la formation du « filon subhorizontal » de « craie reconstituée », les différences de pression produisant l'expulsion d'un liquide crayeux formant le chevelu filonien. Lorsque le « filon de craie reconstituée » recoupe un silex (qui s'avère donc

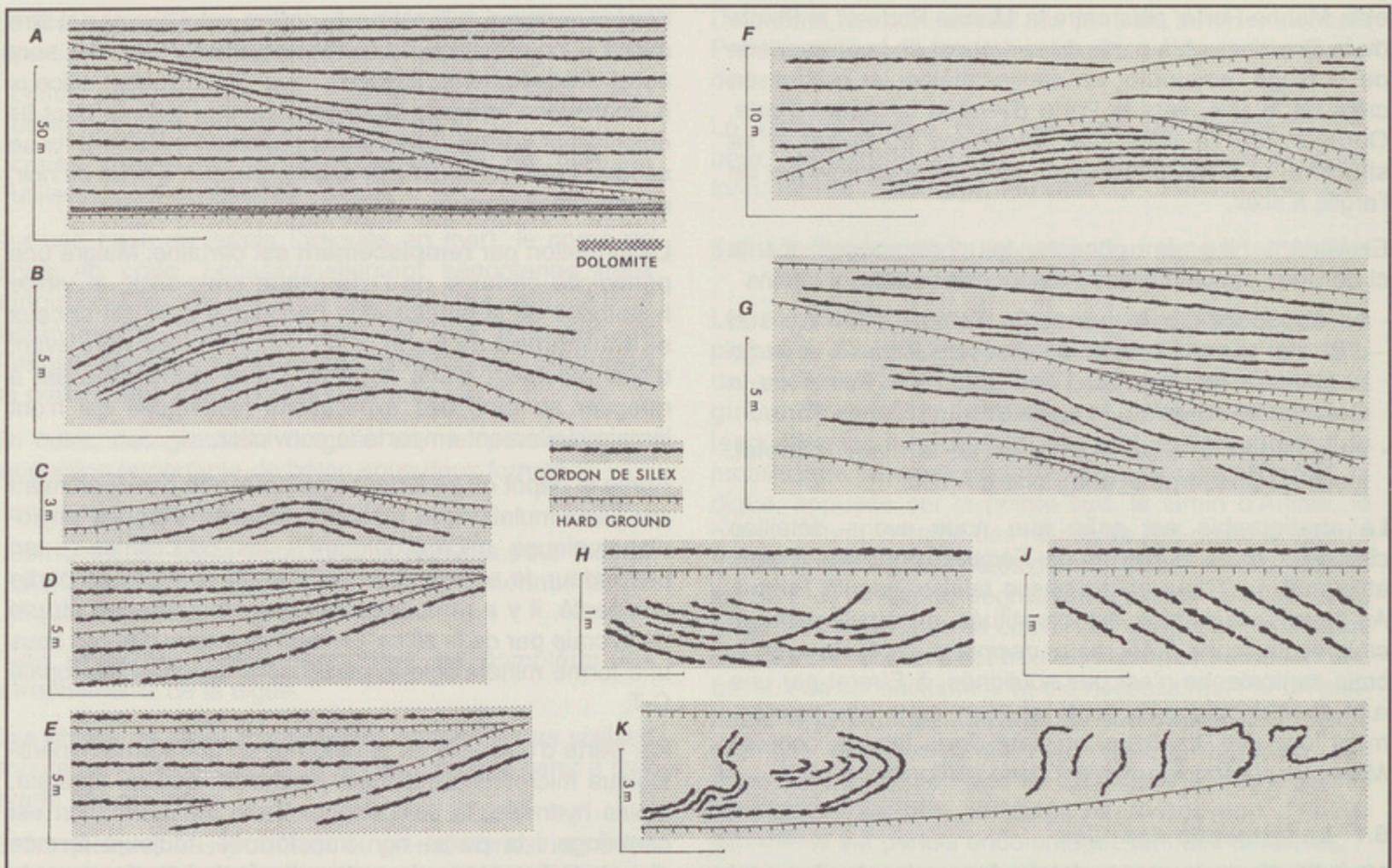


Figure 22.

Bancs carbonatés (Turonien supérieur-Sénonien inférieur) de la région d'Étretat (Seine-Maritime) et structures associées. A :  tretat-amont (le Banc   Cuves); B, D, E, F, G, J : Vattetot-sur-Mer entre le Fond d'Étigue et la Valleuse du Curé; C, H : Le Tilleul, nord de la valleuse; K :  tretat-aval, sud de la Porte d'Aval. Repris de Juignet & Kennedy (1974).

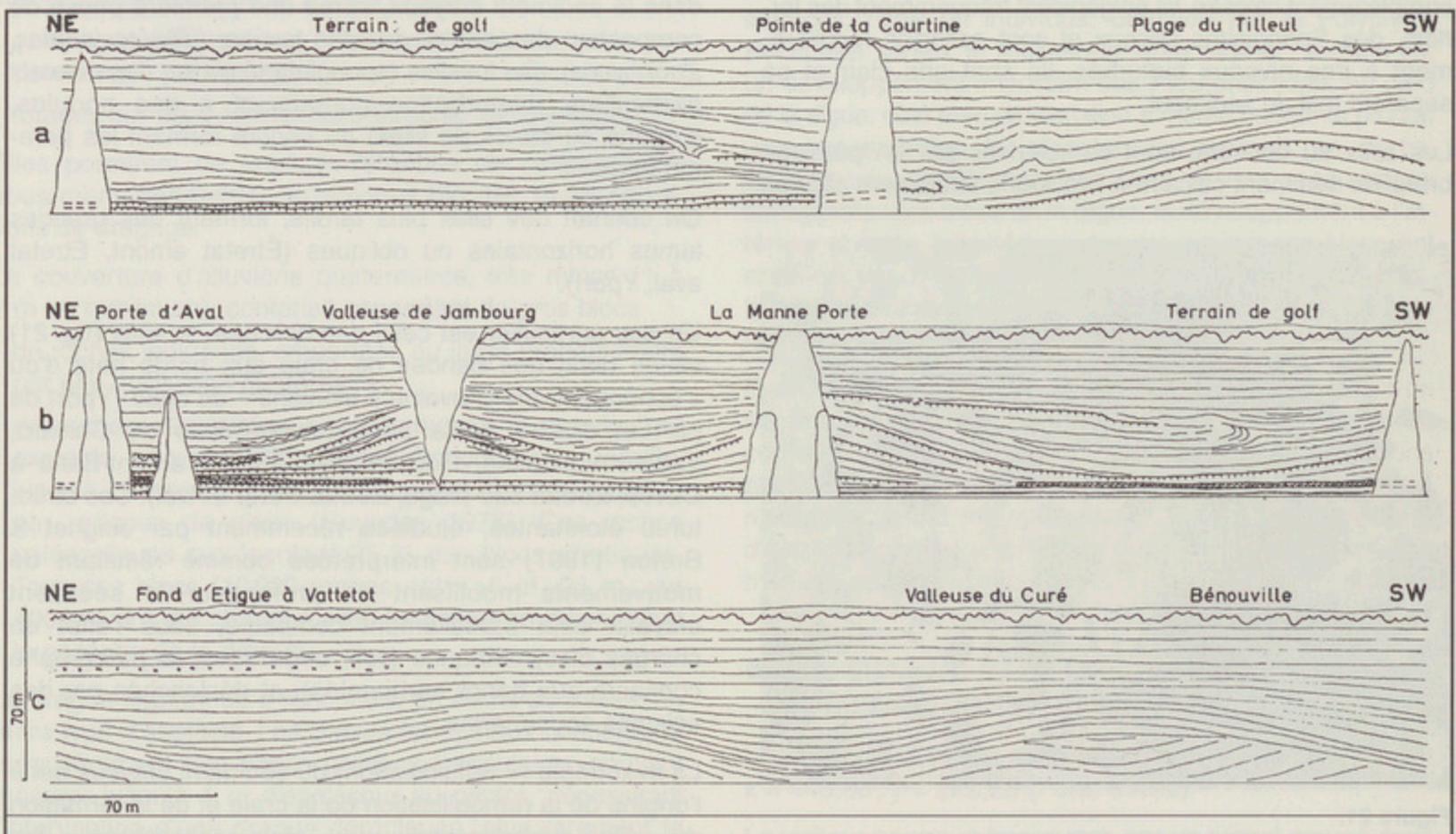


Figure 23.

Coupes schématiques des falaises mettant en évidence les bancs carbonatés et les structures associées. a-b : entre le Tilleul et Étretat (Turonien-Coniacien); c : entre Étretat et Vattetot-sur-Mer (Coniacien). Repris de Juignet & Kennedy (1974).

être déjà solide lors du phénomène), ce silex « explose » en fragments anguleux qui restent sur place ou bien se déplacent au sein de la craie fluidifiée.

L'origine de la silice des silex n'est pas encore parfaitement comprise : si les organismes siliceux (Spongiaires, micro-organismes) ont pu jouer le rôle de relais en mobilisant la silice dans les sédiments, leur apport ne suffit pas à expliquer la masse totale des silex formés, et une bonne partie de la silice doit être directement associée à la sédimentation. Toute explication doit en outre rendre compte de la rythmicité de l'enrichissement en silice de l'eau de mer. L'hypothèse d'un enrichissement en silice de la mer de la craie à chaque « bouffée » volcanique liée à l'ouverture de la dorsale nord-atlantique, pour séduisante qu'elle ait pu paraître (Breton, 1981), ne peut plus être retenue. En effet, la mer de la craie, certes immense (de l'Irlande au Kazakhstan et du Bassin de Paris au Danemark de ce côté-ci de l'Atlantique) reste une mer épicontinentale, et une origine volcanique profonde devrait conduire à des silex d'autant plus abondants qu'on se rapproche de l'Atlantique, et répartis dans la colonne stratigraphique indépendamment des variations du niveau marin. Ce n'est pas ce qu'on observe. On observe que les silex sont plus abondants à proximité des terres qui étaient émergées à l'époque du dépôt de la craie, et moins abondants, voire absents, lors des épisodes de très haut niveau marin, qui réduisaient la surface des terres émergées (Turonien inférieur).

L'origine de la silice est donc continentale, et la rythmicité de sa migration depuis le continent (où elle est « préparée » par la pédogenèse) jusqu'au domaine marin est liée à la régularité des oscillations climatiques, elles-mêmes gouvernées par les cycles astronomiques de Milankovitch (voir paragraphe 4.6).

La régularité des niveaux à silex dans la craie provient donc de la rythmicité du dépôt du sédiment crayeux (paragraphe 4.6) et de la rythmicité de l'apport de silice depuis le continent, ces deux phénomènes étant réglés par les cycles astronomiques de 20 000, 40 000 et 100 000 ans.

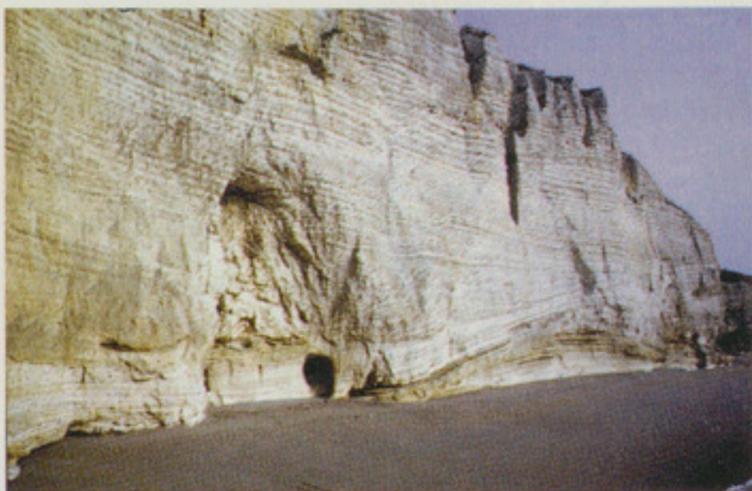


Figure 24.

Banc carbonaté. Turonien supérieur-Coniacien. Falaise du Tilleul (Seine-Maritime). Noter les phénomènes de slumping en bas du versant du banc et les conduits karstiques qui se sont développés dans la zone de fragilité associée à ces slumps. Noter également les poches et les puits d'argile à silex en haut de falaise.

6.2 Les bancs carbonatés sous-marins (fig. 22, 23, 24)

Les falaises du Pays de Caux et de la basse vallée de la Seine permettent d'observer des corps sédimentaires tout à fait particuliers, formés au Turonien supérieur-Coniacien. Il s'agit de monticules sous-marins, étudiés par Juignet & Kennedy (1974) puis Quine & Bosence (1991), appelés « bancs carbonatés sous-marins ». De telles accumulations de craie sur une hauteur allant jusqu'à 50 m peuvent avoir une extension horizontale individuelle de 1 500 m à la base, et se répartissent sur 1 500 km². Leur stratification est soulignée par des hard grounds, des bancs de craie noduleuse ou des cordons de silex (fig. 22, 23). Il existe des bancs composés, en général de grandes dimensions. Les pentes de la surface du sédiment peuvent atteindre 30°.

L'origine de ces bancs reste controversée. Selon Juignet & Kennedy (1974), il s'agit de structures positives (le niveau de base est celui du « plancher » du banc), formées par accréation : ces bancs carbonatés sous-marins ne sont donc ni des dunes sous-marines, ni des rides de courant. Cependant, aucune trace d'organisme susceptible de piéger le sédiment n'est observable. La stabilisation des dépôts et l'accréation par piégeage du sédiment (notamment enrichi par l'apport d'une fraction pélagique) pourraient être dues à une couverture d'Angiospermes ou d'algues, n'ayant laissé aucune trace à la fossilisation. Ces bancs, en effet, se sont développés dans la zone euphotique, au cours de la régression et de la réduction de la profondeur comprises entre la fin du Turonien et le début du Santonien, sur un haut-fond régional.

Pour Quine & Bosence (1991) qui réfutent le terme de banc il s'agit de structures négatives (le niveau de base est celui du sommet du « banc »), les « bancs » étant les reliquats de dépôts de craie entre des chenaux formés par érosion.

Quoi qu'il en soit, des phénomènes de glissements sous-marins, sur les pentes des bancs et à leur pied, se rencontrent dans toute l'épaisseur et sur toute la région occupée par le complexe de bancs. Ces glissements affectent des horizons déjà indurés (hard grounds) ou non consolidés ; des lits à pente faible ou forte ; des bancs de dimension modeste ou importante. Ils donnent lieu à des plis de slumping, à des phénomènes d'injection, à des failles et des brèches intraformationnelles. Ces phénomènes de glissement déterminent des zones de fragilité sur lesquelles un karst important a pu se développer. Il s'agit ici bien du karst profond, formé au Quaternaire, en réseau, distinct du karst supérieur empli de formations résiduelles à silex. Un tel exemple de conduit karstique est accessible en basse mer de vive-eau à fort coefficient (en prenant garde de l'explorer **avant** l'heure de basse mer) au pied du cap qui se trouve en face de l'aiguille d'Étretat. À la sortie sud de la galerie (artificielle) qui permet de franchir ce cap, avant de descendre l'échelle, on pourra voir, dans la paroi en face, un très bel exemple de slumping. Des exurgences d'eau douce sont d'ailleurs à mettre en relation avec ces conduits karstiques (Étretat-nord : Banc à Cuves, Roc Vaudieu ; Yport-est ; Senneville : Le Chien Intrépide).

6.3 La morphologie de l'estran

À l'opposé des falaises au sud d'Antifer, au pied empâté par un talus d'éboulis (voir paragraphe 3.6 ci-dessus), les falaises à partir de Bruneval et plus au nord-est, donc dans la région d'Étretat et du Tilleul, sont caractérisées par un abrupt de craie, uniforme, surmontant un platier rocheux lui-même modelé dans la craie.

Préparés par le diaclasage de la craie, les éboulements de grands pans de falaise sont rapidement déblayés par l'action directe de la mer, à l'exception des gros blocs, de plus de 1 m³. Les fines sont dispersées; les silex viennent enrichir en matériel frais le cordon littoral. Le platier littoral, dans la zone de balancement des marées, présente, selon Nestéroff & Mélières (1967), une zonation qui comprend, de la falaise vers la mer :

1. La zone blanche, où le substrat crayeux est soumis à l'action directe de l'abrasion par les galets. Cette zone peut être recouverte par le cordon littoral. Ulves et Entéromorphes s'y installent en été.
2. Le lapié à Cyanophycées endolithes. Les Patelles abondent. Le lapié marin est caractéristique : aiguilles et crêtes rocheuses déchiquetées, cuvettes à fond plat.
3. Le lapié à *Polydora* et Cyanophycées, avec apparition progressive des Annélides perforantes *Polydora* spp., dont *P. ciliata*.
4. La zone à *Fucus* et *Lithothamnium*.

À l'abrasion par les galets (zone 1) et à l'érosion biologique par les Cyanophycées (zones 2 et 3) fait maintenant place une activité biologique accessoire (Cyanophycées et *Polydora*), mais où l'abrasion mécanique prédomine. En effet, cette zone est creusée de chenaux profonds, séparés par des « banques » (terme local). Ces chenaux piègent des galets mobilisés à chaque marée. À la surface des banques, les Lithothamniées « fossilisent » les terriers de *Polydora*, et stoppent toute action biologique érosive. Vers le bas de cette zone (et, selon les stations, plus haut) apparaît l'algue *Rhodocorton floridulum* qui forme un tapis végétal de deux à dix centimètres, susceptible de piéger le sédiment (micro-mattes). Des moulières peuvent se développer. Bien protégé de l'érosion sur la face supérieure du platier par un recouvrement biologique important, l'estran est cependant attaqué activement dans cette zone par l'érosion régressive des chenaux inter-banques.

5. La zone à grands perforants. Au niveau des basses mers de vive-eau, *Pholas dactylus*, *Zirfaea crispata*, *Hiatella gallicana* et *Venerupis pullastra*, de grands Annélides et *Polydora* sont responsables du démantèlement des derniers blocs restant dans le prolongement des bancs, et du substrat. *R. floridulum* est présent. C'est à ce niveau que s'établissent éventuellement les Laminaires. L'action des grands perforants réduit la roche à une dentelle de pierre. Très souvent, une « marche d'escalier » sépare les zones 5 et 4, due à des différences dans les vitesses d'érosion respectives des deux zones.



Figure 25.

Morphologie du contact craie-formations superficielles à silex. Tancarville (Seine-Maritime). Noter les poches ou puits remplis d'argile rouge à silex et les pinacles de craie.

6.4 La morphologie des falaises

On peut remarquer, à la base des falaises, une encoche (fig. 8) due, semble-t-il, plus à la desquamation de la craie par gélifraction (phénomène de « l'abri sous roche ») qu'à l'action abrasive directe des galets portés par les vagues. On note l'absence de cette encoche sur les abrupts régulièrement éclaboussés par l'eau de mer, donc qui ne subissent pas le gel. Cette encoche ne semble pas jouer de rôle (7) déterminant dans les éboulements.

C'est le découpage de la falaise en aiguilles et en porches qui vaut au site d'Étretat sa réputation justifiée auprès des touristes, et qui a inspiré les artistes et les auteurs (Corot, Monet, Maupassant, Flaubert et aussi Maurice Leblanc).

Ce découpage semble conditionné par les facteurs suivants :

- la morphologie des poches d'argile à silex et des pinacles de craie (fig. 25), ainsi qu'on s'en assurera en accédant aux points d'observation situés sur la crête de la falaise aval,
- le diaclasage de la craie, dont le prolongement sur le platier rocheux est bien visible du même endroit à basse mer, souligné par le creusement de chenaux de dimensions modestes, mais qui remontent ici jusqu'aux zones supérieures (paragraphe 6.3),
- la désobstruction et l'agrandissement par la mer de conduits karstiques profonds formant les « grottes marines » et les porches. Nous avons souligné (paragraphe 6.2) l'importance des zones de slumping dans la genèse des karsts profonds.

Une forme comme celle de l'aiguille de la Porte d'Aval (fig. 26) peut être déterminée par le réseau de diaclases, par la persistance d'un pinacle, ou par l'effondrement d'une arche; elle-même formée par déblaiement d'une cavité karstique. On a aussi à juste titre invoqué la dolomitisation observée à la base des aiguilles ou des arches pour expliquer leur résistance aux facteurs d'érosion.

(7) Rôle qu'une simplification abusive - par souci pédagogique - admet tout aussi naturellement que le rôle des vagues et des galets dans la genèse de cette encoche!

7 EN GUISE DE CONCLUSION PROVISOIRE

Il semble difficile, en quelques mots, de conclure ce texte qui se veut une invitation à poursuivre et à affiner les observations stratigraphiques, paléontologiques, sédimentologiques, morphologiques, et autres, sur notre littoral.

En effet, une conclusion risquerait de laisser croire que tout a été dit, que plus rien ne reste à faire. Rien ne serait plus faux. Il suffit, pour s'en convaincre, de regarder le chemin qui a été parcouru depuis la première édition de ce travail, pourtant relativement récente, en 1981 : nouveaux articles, nouvelles données et interprétations.

L'érosion a dégagé, dans les terrains sédimentaires allant du Kimméridgien au Santonien, un vaste champ d'observation : la fin du Jurassique et le Crétacé de l'ouest du Bassin de Paris y sont représentés, avec une lithologie et un contenu sédimentologique et paléontologique variés. Cette stratigraphie et la structure sont responsables, en grande partie, de la morphologie littorale.

La variété des approches possibles, le renouvellement des conditions d'observation laissent à chacun, du débutant au géologue confirmé, de l'élève au chercheur, selon ses goûts et sa spécialité, le loisir de poursuivre l'exploration des falaises cauchoises, toujours avec profit.

.....

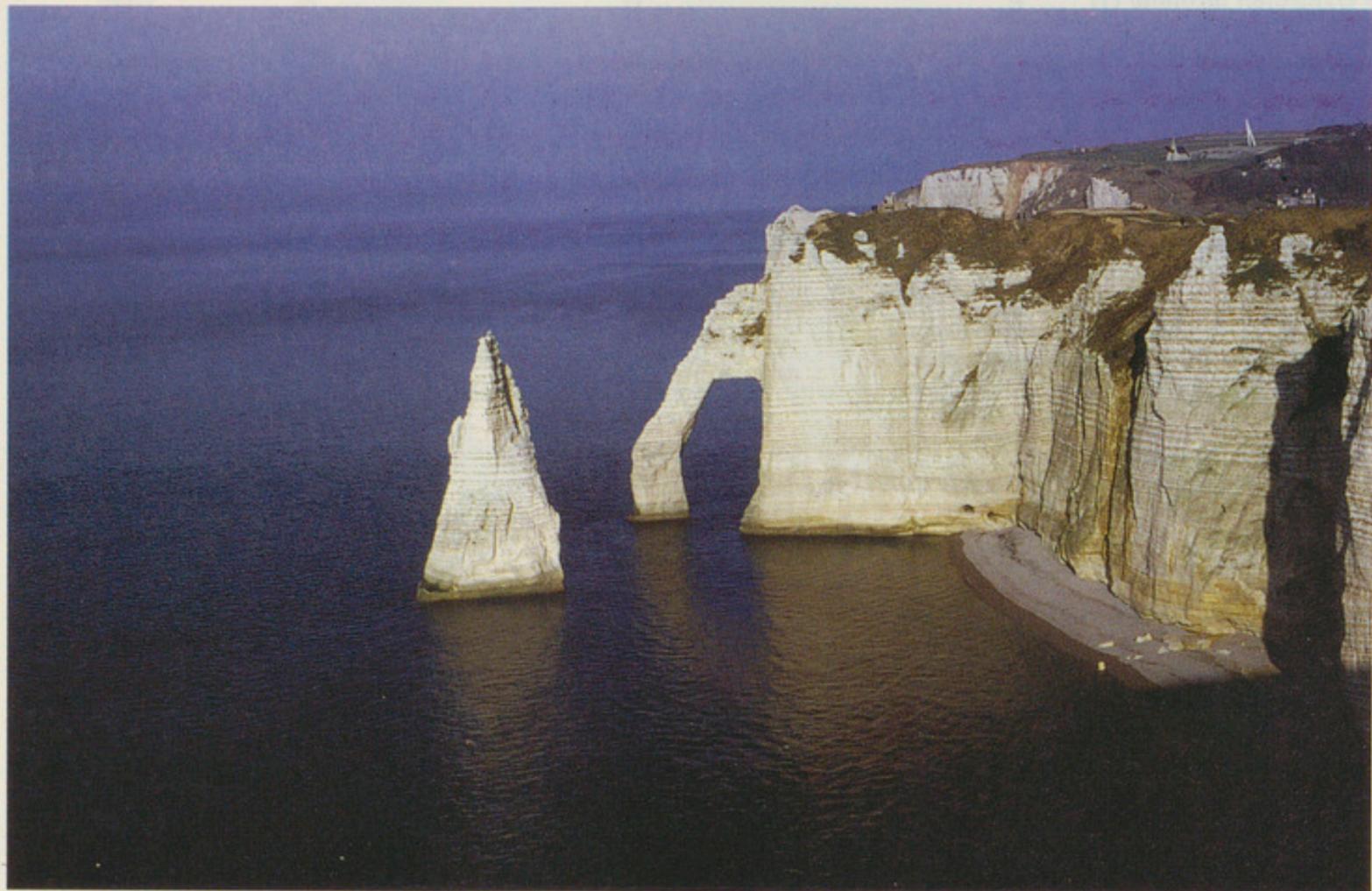


Figure 26.

Étretat (Seine-Maritime). Falaises de craie (Turonien à Santonien). Porte d'Aval et aiguille, observées depuis le haut de la Manne Porte.

LÉGENDES DES PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES DE FOSSILES

Notre souci, en présentant ces planches, n'a évidemment pas été l'exhaustivité. Nous avons simplement voulu présenter un assortiment de fossiles fréquents ou significatifs du Jurassique et du Crétacé entre Le Havre et Fécamp. Bien des espèces, pourtant fréquentes, n'ont pas été photographiées : tout choix est, nécessairement, arbitraire. Tous les fossiles photographiés proviennent effectivement des affleurements décrits dans ce fascicule : il eût été sans doute possible de trouver des spécimens plus « beaux » ou plus représentatifs de telle ou telle espèce dans d'autres gisements, mais nous avons volontairement sélectionné les spécimens photographiés d'après leur provenance. Tous sont conservés dans les collections du Muséum du Havre.

La barre d'échelle, sauf indication contraire, mesure 5 cm. Les fossiles sans barre d'échelle sont représentés grandeur nature.

PLANCHE 1 : OXFORDIEN SUPÉRIEUR - KIMMÉRIDIEN (MOLLUSQUES)

• Oxfordien terminal (1)

Céphalopodes

- 1 - *Balticeras* sp.

• Kimméridgien (2-17)

Céphalopodes

- 2 - *Orthaspidoceras lallierianum* (la flèche indique une trace de morsure de reptile).
 3 - *Aulacostephanus* (*Aulacostephanoides*) *mutabilis*.
 4 - *Rasenia pseudoeumela*.
 5 - *Aptychus*. Opercules (?) ou mâchoires (?) d'ammonites, ici d'Aspidoceratidae (cf. fig. 2) : « *Aptychus laevis-brevis* ».
 6 - *Aulacostephanus eudoxus*. La flèche indique une apophyse jugale conservée.
 7 - Rhyncholite. Bec de nautilus, ici de l'espèce *Paracenoceras giganteum*.

Gastéropodes

- 8 - *Harpagodes oceani*.
 9 - *Chemnitzia danae*.

Bivalves

- 10 - *Pholadomya protei*.
 11 - *Lopha solitaria*.
 12 - *Deltoideum delta*.
 13 - Trigonies : *Trigonia papillata* (à gauche) et *Myophorella muricata* (à droite).
 14 - *Nanogyra striata*.
 15 - *Inoperna meda*.
 16 - *Gervillella kimmeridgiensis*.
 17 - *Gryphaea gibbosa*.

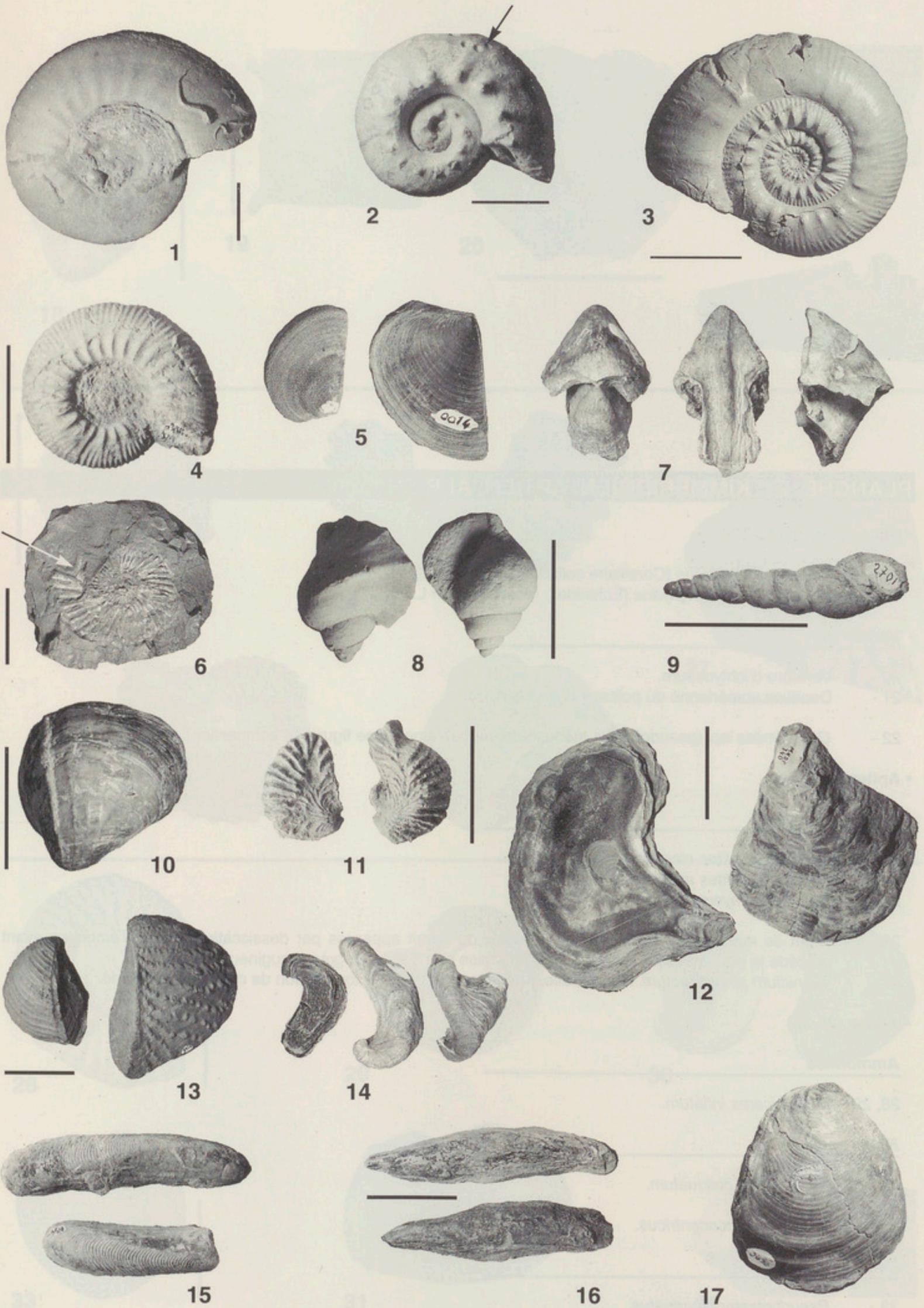


PLANCHE 1

voulu présenter
amp. Bien des
us les fossiles
ute possible de
ents, mais nous
ervés dans les

entés grandeur

ptychus laevis-

PLANCHE 2 : KIMMÉRIDIEN, APTIEN, ALBIEN

• Kimméridgien (18-27)

- 18 - *Montivaultia lesueuri* (Coralliaire solitaire).
 19 - *Rhabdocidaris orbignyana* (Échinide : reconstruction L.C.).

Vertébrés

- 20 - Vertèbre d'ichtyosaure.
 21 - Dentition vomérienne du poisson *Gyrodus cuvieri*.
 22 - *Guilhelmites* isp. (pseudofossile médusoïde, probablement une figure de compaction).

• Aptien (23-27)

Céphalopodes

- 23 - *Hypacanthoplites elegans*.
 24 - *Hypacanthoplites anglicus*.
 25 - *Bucaillella cayeuxi*.
 26 - Galet de marne kimméridgienne avec fentes de retrait apparues par dessiccation lors de l'émersion ayant précédé la transgression aptienne. Extrême base des Sables et grès ferrugineux.
 27 - *Taenidium pinnatisectum*. Ichnofossile, probablement trace de locomotion de crustacé décapode.

• Albien (28-33)

Ammonites

- 28, 29 - *Mortoniceras inflatum*.

Bivalves

- 30 - *Amphidonte obliquatum*.
 31 - *Panopea* sp.
 32 - *Inoceramus concentricus*.

Échinides

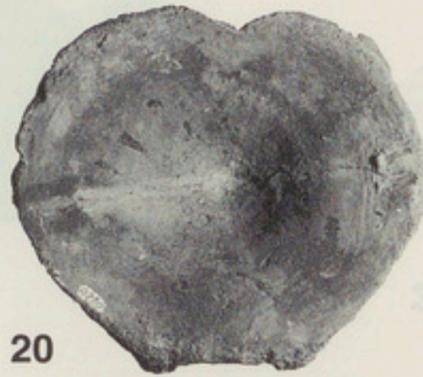
- 33 - *Pseudholaster bicarinatus*.



18



19



20



22



21



23



24



27



25



26



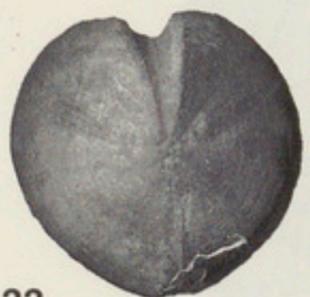
28



29



30



33



31



32



PLANCHE 3 : CÉNOMANIEN

Céphalopodes

- 34 - *Acanthoceras rhotomagense*.
- 35 - *Mantelliceras dixoni*.
- 36 - *Metoicoceras geslinianum*.
- 37 - *Schloenbachia varians*.
- 38 - *Scaphites aequalis*.
- 39 - *Turritites costatus*.
- 40 - *Stomohamites simplex*.
- 41 - Bloc de Craie de Rouen, horizon de Rouen à fossiles phosphatés (*Acanthoceras rhotomagense*, *Scaphites aequalis*, Bivalves...).
- 42 - *Cymatoceras* cf. *radiatus*.
- 43 - *Angulithes triangularis*.
- 44 - *Neohibolites ultimus*.

Gastropodes

- 45 - *Pleurotomaria mailleana*.

Bivalves

- 46 - *Entolium orbiculare*.
- 47 - *Neithea quinquecostata*.
- 48 - *Neithea aequicostata*.

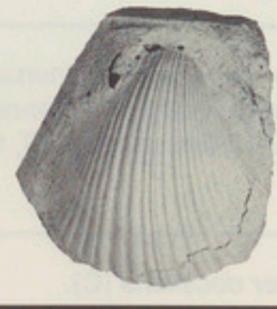
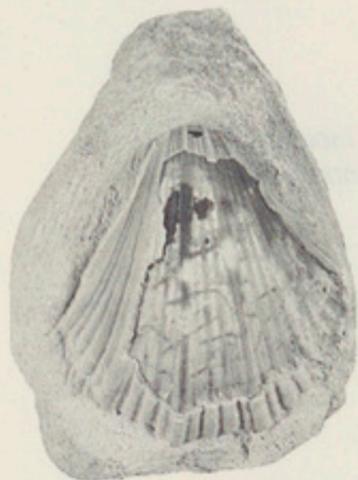
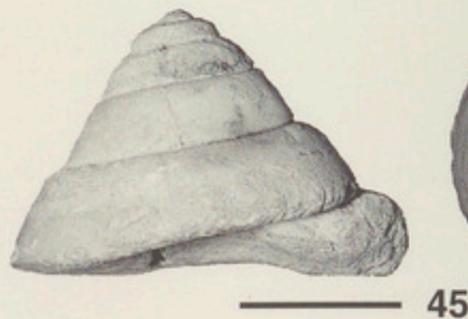
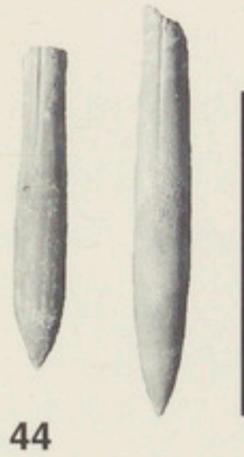
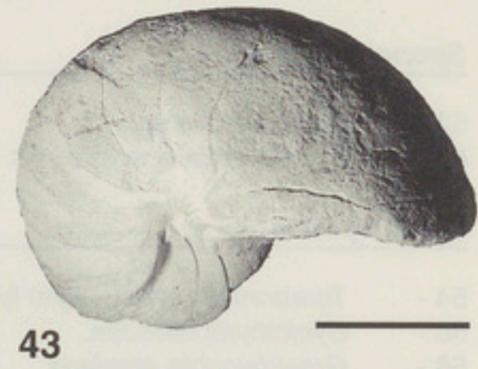
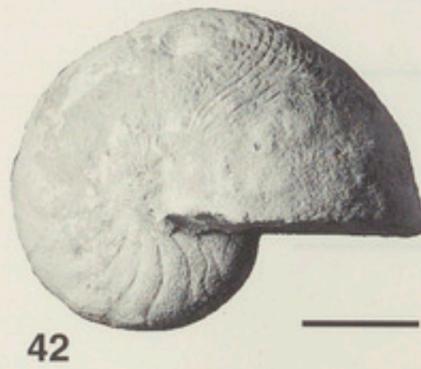
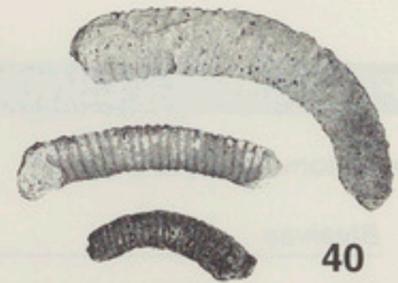
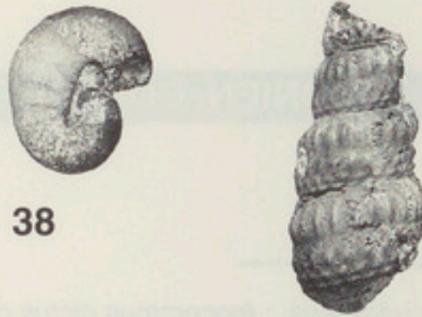
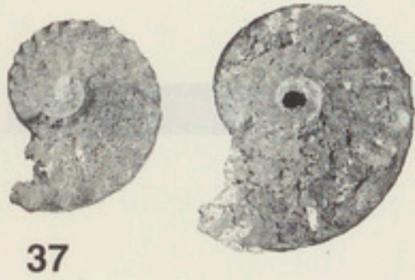
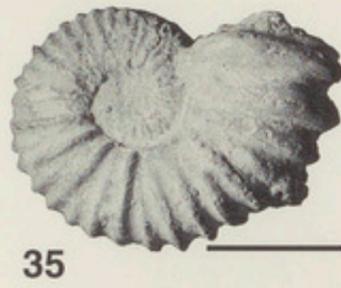


PLANCHE 4 : CÉNOMANIEN, TURONIEN, CONIACIEN

• Cénomaniens (49-61, et 64)

Bivalves

- 49 - *Inoceramus latus*. Voir aussi 64 ci-dessous : *Inoceramus pictus concentricoundulatus* (Cénomaniens supérieur).
 50 - *Rastellum* « *carinatum* ».
 51 - *Plagiostoma clypeiforme*.
 64 - *Inoceramus pictus concentricoundulatus*

Spongiaires

- 52 - *Plocoscyphia* sp.
 53 - *Discodermia agariciformis*.

Brachiopodes

- 54 - *Terebrirostra lyra* (= *Lyra lyra*).
 55 - *Cyclothyris formosa*.
 56 - *Grasirhynchia grasiana*.

Échinides

- 57 - *Tetragramma variolare*.
 58 - *Holaster latissimus*.
 59 - *Holaster subglobosus*.
 60 - *Discoïdes subuculus*.
 61 - *Epiaster crassissimus*.

• Turonien (T), Coniacien (C) (62-67)

Céphalopodes

- 62 - *Lewisiceras peramplum* (T).

Bivalves

- 63 - *Inoceramus goppelnensis* (T), souvent appelé *Inoceramus (Mytiloides) labiatus*.
 64 - *Inoceramus pictus concentricoundulatus* (Cénomaniens supérieur, pour comparaison).
 65 - *Spondylus spinosus* (T, C).

Échinides

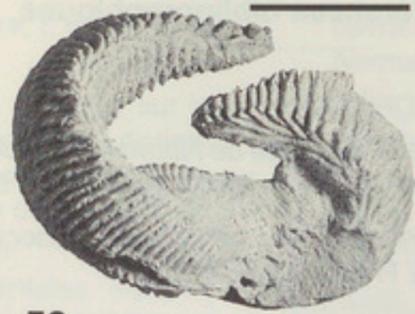
- 66 - *Micraster decipiens* (C).

Brachiopodes

- 67 - *Gibbithyris* gr. *semiglobosa* (T, C).



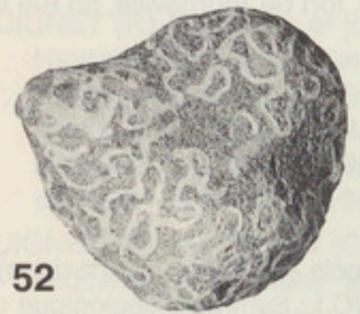
49



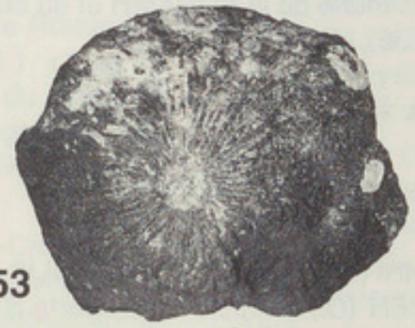
50



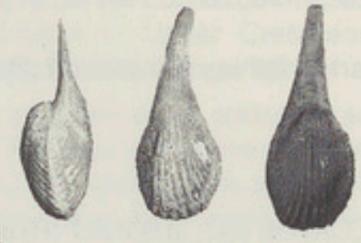
51



52



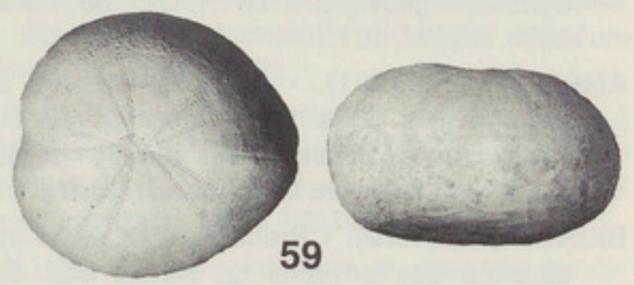
53



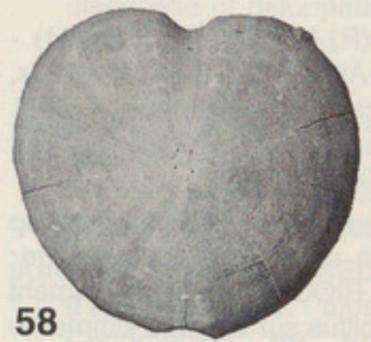
54



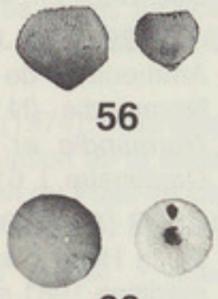
55



59

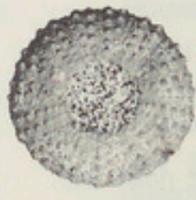


58

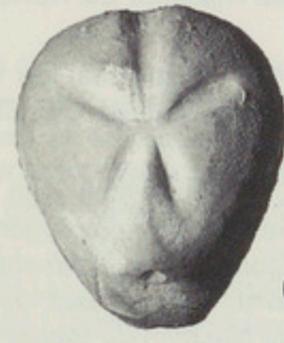


56

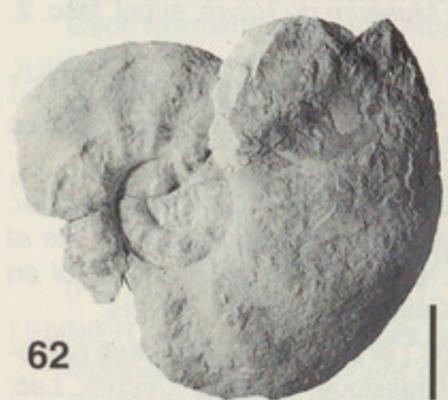
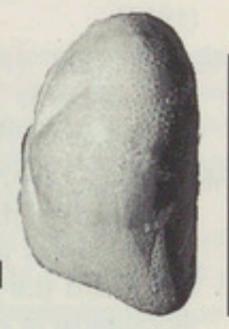
60



57



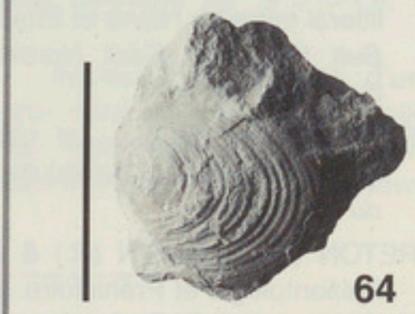
61



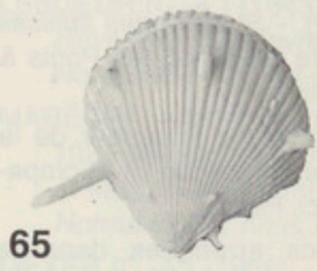
62



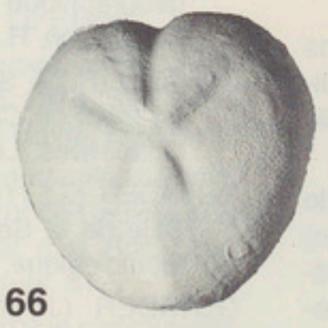
63



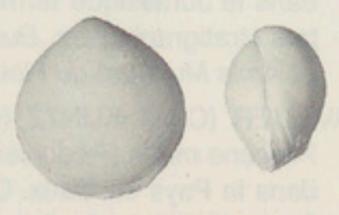
64



65



66



67

PLANCHE 4

Références bibliographiques

On consultera avec profit les :

- *Bulletin* [trimestriel depuis 1975] de la Société Géologique de Normandie et des Amis du Muséum du Havre, diffusé par la Société Géologique de Normandie, Muséum, place du Vieux-Marché, F-76600 LE HAVRE ;
- *Bulletin d'information des Géologues du Bassin de Paris*, diffusé par l'Association des Géologues du Bassin de Paris, Tour 15 E4, UPMC, 4 place Jussieu, F-75252 PARIS CEDEX 05 ;

qui contiennent de nombreux articles se rapportant aux excursions proposées ici.

Ces périodiques, les documents cartographiques, les travaux cités dans la bibliographie ci-dessous, et bien d'autres, peuvent être consultés à la bibliothèque commune de la SGNAMH et du Muséum du Havre, fort de Tourneville, 55 rue du 329^e, F-76620 LE HAVRE (Tél. 02 35 54 17 32).

Cartographie : voir paragraphe 2 ci-dessus.

* *
*

- ALCAYDÉ (G.), JUIGNET (P.) & MONCIARDINI (C.) [coord.] (1980). - Crétacé supérieur in MÉGNIEN (C.) (dir.) : Synthèse géologique du Bassin de Paris. Vol. 1, *Mém. BRGM*, 101.
- AMÉDRO (F.) (1981). - Actualisation des zonations d'Ammonites dans le Crétacé moyen du Bassin Anglo-Parisien. Essai d'une zonation phylétique de l'Albien au Turonien. *Cretaceous Research*, t. 2.
- BIGNOT (G.) (1962). - Première idée de la microfaune albienne des environs du Havre. *Bull. Soc. Géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, t. 51, 1961 (1962).
- BRETON (G.) (1971). - Falaises de la Hève et Kimméridgien havrais. *Annales du CRDP, APBG-Régionale de Rouen*.
- BRETON (G.) (1978). - Dégagement d'un gaz riche en dioxyde de carbone et pauvre en oxygène des Sables Verts aptiens au cours du creusement d'un puits à Dollemard (Le Havre, France). *Bull. trim. Soc. Géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, t. 65, 2.
- BRETON (G.) (1981). - Excursions géologiques sur le littoral entre Le Havre et Étretat (Normandie, France). *Bull. trim. Soc. Géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, 68, 3.
- BRETON (G.) (1984). - Le glissement de terrain de Dollemard (76 - Le Havre) du 9.9.1982. *Ann. Muséum du Havre*, 28.
- BRETON (G.), COUSIN (R.) & WATTÉ (J.-P.) (1995). - Paléontologie et Préhistoire. [Les Guides du Muséum du Havre : 1]. *Bull. trim. Soc. Géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, 81, 3 et 4, 1994 (1995).
- CANDONI (L.) (1996). - Deux faunes inédites de sélaciens dans le Jurassique terminal français. Premiers résultats stratigraphiques. *Bull. trim. Soc. Géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, 81, 2, 1995 (1996).
- CAVELIER (C.) & KUNTZ (G.) (1974). - Découverte de Pliocène marin (Redonien) à Valmont (Seine-Maritime) dans le Pays de Caux. Conséquences sur l'âge post-Redonien des Argiles rouges à silex de Haute-Normandie. *C.R. Soc. Géol. France*, 7e sér., 16.
- DEBEGLIA (N.) (1980). - Socle (écorché antétriasique) : carte S1. in MÉGNIEN (C.) : Synthèse géologique du Bassin de Paris, vol. 2 : Atlas, *Mém. BRGM*, n° 102.
- DEBRAND-PASSARD (S.) & RIOULT (M.) (1980). - Kimméridgien in MÉGNIEN (C.) : Synthèse géologique du Bassin de Paris, vol. 1 : Stratigraphie et paléontologie, *Mém. BRGM*, n° 101.
- DESTOMBES (P.) (1958). - Révision de l'Albien de la région du Havre. Dédutions paléogéographiques sur le N.W. du Bassin Parisien au Crétacé moyen. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4, 8.
- DESTOMBES (P.), JUIGNET (P.) & RIOULT (M.) (1974). - Ammonites de l'Aptien-Albien du Bec de Caux, Normandie (N.W. France). *Bull. trim. Soc. Géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, vol. du Centenaire, t. 61, 1971-1972 (1974).
- DOLLFUS (A.) (1863). - La faune kimméridienne du Cap de la Hève : essai d'une révision paléontologique ; réédition 1981 suivie de : RIOULT (M.) - Complément au mémoire d'Auguste Dollfus sur la faune kimméridienne du Cap de la Hève. *Bull. trim. Soc. Géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, suppl. fasc. 2, t. 68, 2^e trim. 1981.
- DORÉ (F.), JUIGNET (P.), LARSONNEUR (C.), PAREYN (C.) & RIOULT (M.) (1977). - Normandie. *Guides géologiques régionaux*. Masson, Paris.
- DUBOIS (J.) & GUYADER (J.) (1974). - *Terminal d'Antifer. Considérations géologiques liées au choix du site et aux techniques de reconnaissances du sous-sol en mer*. 6^e Int. Haven Kongres, mai 1974, Anvers.
- ENAY (R.), MANGOLD (C.) et al. (1980). - Synthèse paléogéographique du Jurassique français. *Docum. Lab. Géol. Lyon*, H.S.5.
- ÉVRARD (H.) & SINELLE (1980). - *Stabilité des falaises du Pays de Caux*. Laboratoire Régional des Ponts & Chaussées, Le Grand-Quevilly.
- GUYADER (J.) (1968). - Le Jurassique supérieur de la Baie de la Seine. Étude stratigraphique et micropaléontologique. Thèse, Fac. Sci. Paris.
- GUYADER (J.) (1978). - Blocs erratiques dans le Quaternaire de la Baie de Seine. *Bull. trim. Soc. Géol.*

- Normandie et Amis Muséum du Havre*, t. 64, 4, 1977 (1978), Journées Lennier n° 1.
- JUIGNET (P.) (1974). - La transgression crétacée sur la bordure orientale du Massif armoricain. Aptien, Albien, Cénomaniens de Normandie et du Maine. Le stratotype du Cénomaniens. Thèse de doctorat d'État, Université de Caen [CNRS AO 9.643].
- JUIGNET (P.) (1980a). - [plusieurs articles dans...] Crétacé inférieur, Crétacé supérieur in MÉGNIEN (C.) : Synthèse géologique du Bassin de Paris, vol. 3 : Lexique des noms de formations, *Mém. BRGM*, 103.
- JUIGNET (P.) (1980b). - 4^e journée : Itinéraire Rouen-Le Havre-Étretat-Rouen in ALCAYDE (G.) *et al.* : Stratotypes et coupes représentatives du Crétacé moyen et supérieur de Maastricht au Périgord [excursion 66C du 26^e CGI]. *Bull. Information Géol. Bassin de Paris*, 16, 4, 1979 (1980).
- JUIGNET (P.) & BRETON (G.) (1992). - Mid-Cretaceous sequence stratigraphy and sedimentary cyclicity in the western Paris Basin. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 91.
- JUIGNET (P.) & BRETON (G.) (1994). - Stratigraphie, rythmes sédimentaires et eustatisme dans les craies turoniennes de la région de Fécamp (Seine-Maritime, France). Expression et signification des rythmes de la craie. *Bull. trim. Soc. Géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, 81, 2.
- JUIGNET (P.) & BRETON (G.) (1997). - Brèches de silex, diagenèse et déformation dans les craies de Haute-Normandie (France). *Ann. Soc. Géol. du Nord*, 5 (2^e sér.).
- JUIGNET (P.) & KENNEDY (W.-J.) (1974). - Structures sédimentaires et mode d'accumulation de la craie du Turonien supérieur et du Sénonien du Pays de Caux. *Bull. BRGM*, 2^e sér., section IV, n° 1.
- JUIGNET (P.) & KENNEDY (W.-J.) (1976). - Faunes d'Ammonites et biostratigraphie comparée du Cénomaniens du Nord-Ouest de la France (Normandie) et du Sud de l'Angleterre. *Bull. trim. Soc. Géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, t. 63, 2.
- JUIGNET (P.) & LEFEBVRE (D.) (1981). - Aperçu géologique de la Haute-Normandie. *Biologie-géologie, APBG, bulletin pédagogique trimestriel*, n° 1-1981.
- KENNEDY (W.-J.) & JUIGNET (P.) (1974). - Carbonate banks and slump beds in the Upper Cretaceous (Upper Turonian-Santonian) of Haute-Normandy (France). *Sedimentology*, 21.
- LENNIER (G.) (1867). - *Études géologiques et paléontologiques sur l'embouchure de la Seine et les falaises de Haute-Normandie*. Costey imp., Le Havre.
- LESUEUR (C.-A.) (1843). - *Vues et coupes du Cap de la Hève, près Le Havre*. Lithogr., rééd. 1978, Soc. Géol. Normandie et Amis du Muséum du Havre, Le Havre.
- MARÉCHAL (M.) (1994). - Les *Hypacanthoplites* Spath, 1923 des Argiles à *Bucaillella cayeuxi* de Cauville (76) et leur position stratigraphique. *Bull. trim. Soc. Géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, 81, 2.
- MEYER (C.-A.) (1988). - Paléoécologie d'une communauté d'ophiures du Kimméridgien supérieur de la région havraise (Seine-Maritime). *Bull. trim. Soc. Géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, 75, 2.
- NESTÉROFF (W.-D.) & MÉLIÈRES (F.) (1967). - L'érosion littorale du Pays de Caux. *Bull. Soc. Géol. de France* (7), 9.
- PASSY (A.) (1832). - Description géologique du département de la Seine-Inférieure. Périaux, Rouen.
- QUESNEL (F.), BOURDILLON (C.) & LAIGNEL (B.) (1996). - Maastrichtien supérieur au Nord-Ouest du Bassin de Paris (France). Témoins résiduels en Seine-Maritime. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 322, sér. IIa.
- QUINE (M.) & BOSENCE (D.) (1991). - Stratal geometries, facies and sea-floor erosion in Upper Cretaceous Chalk, Normandy, France. *Sedimentology*, 38.
- RAGOT (J.) (1989). - La sédimentation crétacée aux abords de l'accident Fécamp-Lillebonne-Villequier (Seine-Maritime, France). Biostratigraphie et contrôle structural. *Bull. trim. Soc. Géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, 76, 2.
- RIOULT (M.) (1962). - Problèmes de géologie havraise. *Bull. Soc. Géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, 51, 1961 (1962).
- RIOULT (M.) (1980). - [plusieurs articles dans...] Jurassique supérieur in MÉGNIEN (C.) : Synthèse géologique du Bassin de Paris, vol. 3 : lexique des noms de formation, *Mém. BRGM*, 103.
- RODET (J.) (1975). - *Le karst de la craie en Haute-Normandie*. Mém. maîtrise, Géologie, Fac. Lettres, Rouen.
- SAMSON (Y.) (1997). - *Utilisation des foraminifères dans l'estimation des variations bathymétriques des environnements de dépôts marins jurassiques : application au Kimméridgien de l'Ouest-européen*. Thèse doctorat, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI.
- SAMSON (Y.), LEPAGE (G.), HANTZPERGUE (P.), GUYADER (J.), SAINT-GERMÈS (M.), BAUDIN (F.) & BIGNOT (G.) (1996). - Révision lithostratigraphique et biostratigraphique du Kimméridgien de la région havraise (Normandie). *Géologie de la France*, 3, 1996.
- VINCENT (T.) (1980). - Implantation nouvelle d'une avifaune dans un site nouveau : le port pétrolier d'Antifer (Saint-Jouin, Seine-Maritime). *Bull. trim. Soc. Géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, t. LXVII, 1.

ACTIVITÉS

- ✓ **Réunions mensuelles** : à 18 heures, salle de conférences du Muséum (entrée par la porte Sud). Les réunions ont lieu au début de chaque mois, d'octobre à juin, un mardi. Consulter la presse locale ou le tableau d'affichage du Muséum qui annonce le programme des exposés ou présentations de la réunion suivante. Chacun est invité à apporter ses dernières récoltes qui seront présentées et commentées (sinon déterminées) : la séance de détermination précède la réunion mensuelle et commence à 17 heures.

CALENDRIER DES RÉUNIONS MENSUELLES

6 janvier 3 février 3 mars 7 avril
5 mai 2 juin 8 septembre 6 octobre
3 novembre 1^{er} décembre **1998**

17 heures : séance de détermination - 18 heures : début de la réunion mensuelle

- ✓ **Excursions** : Les excursions ont lieu à la belle saison. Elles sont annoncées par voie de presse et dans un supplément au premier fascicule de l'année du *Bulletin*, ainsi qu'au tableau d'affichage du Muséum. Seuls les adhérents à jour de leur cotisation peuvent s'inscrire.
- ✓ **Bulletin** : D'anciens numéros sont encore disponibles ou réédités. Consulter la liste des disponibles publiée régulièrement dans le *Bulletin*.

Le *Bulletin* est trimestriel. Aux quatre fascicules annuels s'ajoutent des suppléments : programme des excursions, bulletins hors série.

L'abonnement comprend le service des quatre bulletins et des suppléments à l'exclusion des bulletins hors série. Les bulletins sont à retirer au Muséum du Havre pour les abonnés habitant dans la région havraise ; ils sont expédiés en une seule fois, groupés, lors de la parution du dernier de l'année, aux autres abonnés.

DOMAINE D'ACTION

Principalement : géologie (paléontologie, minéralogie, géomorphologie, etc.) ; préhistoire, mais aussi archéologie (jusqu'au gallo-romain) et toutes les sciences de la vie : zoologie, botanique, algologie, entomologie, écologie, etc.

CONDITIONS D'INSCRIPTION

Remplir un bulletin d'adhésion. Les scolaires et les étudiants sont les bienvenus.

COTISATIONS - ABONNEMENTS

Cotisation et abonnement sont payables au cours du 1^{er} trimestre de l'année civile.

Les prix de la cotisation et le tarif de l'abonnement sont fixés par le Conseil d'Administration, annuellement.

TARIFS 1998

COTISATIONS	ABONNEMENTS
Personne morale350 F	Adhérent130 F
Familiale (parents + enfants).....140 F	Non-adhérent.....220 F
Conjugale (couple)100 F	Non-adhérent avec
Individuelle.....80 F	expédition à l'étranger320 F
Scolaire jusqu'à 20 ans50 F	

DEMANDE D'ADHÉSION



à la
**SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE NORMANDIE
ET DES AMIS DU MUSÉUM DU HAVRE**
Place du Vieux-Marché - 76600 LE HAVRE

Je soussigné (nom, prénom).....

Demeurant (adresse, code postal, téléphone).....

Exerçant la profession de.....

Né (date de naissance).....

Désire adhérer à la Société Géologique de Normandie et des Amis du Muséum du Havre et demande à M. le Président de bien vouloir présenter ma candidature au Conseil d'Administration.

Je déclare avoir pris connaissance des statuts et du règlement intérieur de cette association et m'engage à les respecter et à m'y conformer.

En particulier, je m'engage à m'acquitter du paiement de ma cotisation (statuts, art. 3), l'article 4 des statuts prévoyant que peuvent être considérés comme démissionnaires par le Conseil d'Administration les membres qui n'ont pas réglé deux cotisations successives. (Ils seront considérés comme démissionnaires s'ils refusent, sans explication, le formulaire de mandat qui leur sera adressé au terme de ce délai).

Fait à

le.....

Signature

Signature des parents ou du responsable légal
pour les mineurs

Nom, adresse et qualité du signataire
représentant une personne morale

TARIFS 1998	
Adhérent	230 F
Non-adhérent	140 F
Non-adhérent avec	100 F
expédition à l'étranger	50 F
Scotisme jusqu'à 50 ans	50 F
Individuele	50 F
Couples (couple)	100 F
Famille (parents + enfants)	140 F
Personne morale	230 F



22
MA

... ..
... ..
... ..

...

...

...

...

...

...

...

...

re et
tion.

on et

cle 4
nseil
onsi-
leur

...

...

...

...

...

...

aire
rale

...

...

...

...

Y
co

bulletin trimestriel de la société géologique de normandie
et des amis du muséum du havre

1998

TOME 85
Fascicule 1
1^{er} trimestre

Gérard BRETON

Excursions géologiques sur le littoral entre Le Havre et Fécamp (Normandie, France).



VILLE DU HAVRE

Gérard BRETON : Directeur de la Publication - Ouvrage imprimé sur les presses de la SGNAMH.

Pour application de la règle de priorité, date de publication : 7 mai 1998

CPPAP n° 60425 - Dépôt légal : 2^e trimestre 1998 - Éditions du Muséum du Havre n° 173

Prix de vente du fascicule

ISSN 0336 9994.

25€