

Le Jurassique des falaises des Vaches-Noires

Patrice LEBRUN ^(a) & Philippe COURVILLE ^(b)

Situées sur la côte normande, entre Houlgate (à l'ouest) et Villers-sur-Mer (à l'est), les falaises des "Vaches-Noires" (dont le nom ferait référence à l'aspect des blocs de craie recouverts d'algues sur l'estran sous Auberville) composent une série sédimentaire principalement représentée par des marnes et des calcaires jurassiques d'âge Callovien à Oxfordien qui sont couronnés, en discordance, par de la craie glauconieuse crétacée d'âge Albien ?-Cénomaniens.

D'un point de vue géomorphologique, cette bordure littorale du plateau du pays d'Auge est composée de hautes falaises jurassiques grises, d'environ 70 m de hauteur, qui sont entaillées par de nombreux ravins conférant à l'ensemble une morphologie de "bad-lands" et dans lesquels on peut observer la progression (lente) de coulées de boue vers la mer. Au-dessus, des sables glauconieux crétacés forme un replat broussailleux (Chaos d'Auberville) gorgé d'eau (responsable des coulées de boue). Au niveau de la plage, le pied de ces falaises est ourlé d'un épais bourrelet argileux (résultant de la coalescence des coulées de boue) qui forme une fausse terrasse continuellement sapée par l'action des vagues à marée haute.

D'un point de vue tectonique, notons que les falaises des Vaches-Noires sont recoupées par une faille sise approximativement à l'aplomb de la rue principale de Villers-sur-Mer. Celle-ci relève le compartiment oriental et met en contact (anormal) le Cénomaniens avec le Callovien.

D'un accès relativement facile, mais non sans danger, ces falaises montrent une coupe historique (actuellement protégée en ZNIEFF) qui s'étale sur 4 km, entre Houlgate et Villers-sur-Mer. Ce site classique, en permanence renouvelé par la mer, a livré, et livre toujours, de nombreuses faunes, ammonites notamment, dont certaines espèces "classiques" ont été définies à partir d'holotypes découverts à Villers-sur-Mer depuis le début du 19^e siècle ; par ailleurs, certaines d'entre elles sont devenues les indices d'unités biochronologiques formelles de la fin du Callovien et du début de l'Oxfordien (voir synthèse in Cariou *et al.*, 1997). Ces ammonites de "référence" sont évoquées plus loin [cf. encadré pp. 29-33].

Une longue histoire... naturaliste

Ces falaises montrent aussi un grand intérêt stratigraphique, car elles permettent d'observer le passage d'une sédimentation terrigène (Callovien Supérieur-Oxfordien Inférieur) à des séries carbonatées (Oxfordien Moyen). Étudiée en détail dès le milieu du 19^e siècle par de nombreux géologues ou paléontologues, elle a représenté une des premières séries précises de référence pour l'"Oxfordien" de France. Elle a

^(a) 52B, rue Victor Hugo, 93500 Pantin – minetfoss@wanadoo.fr

^(b) Université de Rennes-1/UMR CNRS 6118 Géosciences Rennes. Campus Beaulieu, 35042 Rennes Cedex - Philippe.Courville@univ-rennes1.fr



Les Vaches-Noires... un site protégé

Le 20 février 1995, les falaises des Vaches-Noires ont été classées selon la loi du 2 mai 1930 sur la protection des monuments naturels ; cette dernière a été abrogée et codifiée le 18 septembre 2000 dans le "Code de l'Environnement" : Livre III "Espaces naturels", Titre IV "Sites", Chapitre unique "Sites inscrits et classés", articles L341. Notons que l'article L341-10 précise que « Les monuments naturels ou les sites classés ne peuvent ni être détruits ni être modifiés dans leur état et leur aspect sauf autorisation spéciale » [ce qui implique (de facto) que seul le ramassage sur l'estran est autorisé].

aussi été visitée par de nombreux amateurs, érudits (Lecureur, 1876) et quelques éminents naturalistes étrangers se sont intéressés à son contenu paléontologique, comme l'Allemand Léopold von Buch (qui effectua une visite le dimanche 13 juin 1847).

Les précurseurs : on doit à Arcisse de Caumont (1828) l'introduction du terme de Coral-Rag [en référence au terme lithostratigraphique anglais introduit par Townsend, 1813] et à Alexandre Brongniart (1829) la distinction des Argiles de Dives. Le premier fournit aussi une importante liste de fossiles et une coupe de la falaise d'Auberville montrant la succession [de haut en bas] :

« 1^o Craie chloritée contenant des couches discontinues de grès micacé (10^m,00),

2^o Partie inférieure du grès vert, très chargée de silicate de fer (5,00),

The Jurassic of the Vaches-Noires cliffs (Calvados). – Abstract: The Vaches-Noires cliffs, between Houlgate and Villers-sur-Mer (Lower Normandy), were studied in details from the mid-19th century and is one of the first known series of the French Oxfordian. This classic site, constantly eroded by the ocean tide, is famous for its Jurassic and Cretaceous faunas, notably ammonites, many of them are used as index fossils for the Late Callovian and Early Oxfordian.

The 70 m of the Vaches-Noires sedimentary sequence is mostly Middle-Upper Jurassic in age, containing 6 or 7 formations: (1) the 'Marnes de Dives' (on the tidal flat), with diversified faunas, often beautifully preserved such as pyritized ammonites (Cardioceratidae, Aspidoceratidae, Kosmoceratidae...); (2) the 'Marnes de Villers' (the first cliff front), not very fossiliferous other than besides oysters and other bivalves; (3) the 'Oolithe ferrugineuse de Villers', a thick red bed (2 m), containing numerous ferruginous ooliths, bivalves and ammonites (Aspidoceratidae, Cardioceratidae); (4-5) the 'Calcaires d'Auberville' containing limestone beds build by oysters ('Argiles à *Lophia gregarea*'); (6) the 'Calcaire de Trouville', with numerous traces (*Thalassinoides*), bivalves and gastropods (*Nerinea*); and (7) the 'Coral-Rag', a lumachellic facies containing mollusks, sea urchin spines and corals. The Cretaceous deposits are represented by, at least, green sands, a 'basal glauconite' (Aptian-Albian), a glauconitic chalk and a chalk containing sponges (Lower Cenomanian), with numerous flintlocks, oysters, brachiopods..., and scarce, poorly preserved ammonites.

Keywords: Callovian, Oxfordian, Jurassic, Villers-sur-Mer, Vaches-Noires cliffs, Lower Normandy.

Coupe de la falaise d'Auberville¹.

Succession des couches de la falaise d'Auberville.	
1° Craie chloritée contenant des couches discontinues de grès micacé	10 ^m ,00
2° Partie inférieure du grès vert, très-chargée de silicate de fer.	5,00
3° Argile bleue, faisant partie de l'assise de l'argile de Honfleur.	6,40
4° Oolithe blanche à grains inégaux, oolithe d'Oxford.....	6,00
5° Marne bleue.....	0,64
6° Calcaire silicéo-ferrugineux plus ou moins dur, rempli de coquilles formant lumachelle, et dont la couleur varie du jaune au gris brun	0,64
7° Argile bleue, avec quelques couches peu suivies de calcaire marneux.....	3,24
8° Grès calcaire rempli d'oolithes ferrugineuses, d'huîtres et de fragments de coquilles, et alternant avec la marne bleue jusqu'à dix fois	3 ^m ,89
9° Marne bleue en couches puissantes.....	6,50
10° Cinq ou six couches de calcaire jaunâtre, épaisses d'un demi-pied, et alternant avec des strates de marne bleue de même épaisseur. .	1 ^m ,95
11° Argile bleue, ou d'un brun ferrugineux, formant la base de la falaise. C'est principalement dans ces couches inférieures qu'existent les nombreux fossiles que nous avons cités. Ils forment de petites couches distinctes, et les mêmes genres sont réunis dans les mêmes strates. .	29 ^m ,25

Argile de Dives ou d'Oxford.



Fig. 27.

Vue de la falaise d'Auberville.

AQ. Argile de Dives ou d'Oxford.
 CM. Couches de calcaire marneux intercalées dans l'argile d'Oxford.
 CR. Coral-rag et oolithe d'Oxford en couches peu séparées.

J³. Étage jurassique moyen. C¹. Grès vert formant dans le fond le sommet des falaises du calcaire jurassique.

¹ Essai sur la topographie géologique du département du Calvados, par M. de Caumont, secrétaire de la société linnéenne de Normandie, pag. 186.

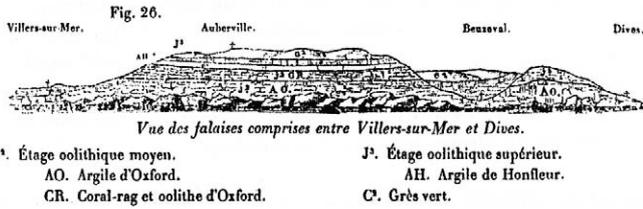


Fig. 26.

Vue des falaises comprises entre Villers-sur-Mer et Dives.

J³. Étage oolithique moyen. J³. Étage oolithique supérieur.
 AO. Argile d'Oxford. AH. Argile de Honfleur.
 CR. Coral-rag et oolithe d'Oxford. C¹. Grès vert.

Fig. 1 - L'une des premières représentations géologiques des Vaches-Noires, entre Villers-sur-Mer et Dives, a été figurée dans la notice explicative de la carte géologique de la France à 1/500 000 établie par Armand Dufrenoy et Elie de Beaumont (1848).

Fig. 2 - Dans le même ouvrage, est refigurée la "Coupe de la falaise d'Auberville" parue en 1828 dans l'"Essai sur la topographie géologique du département du Calvados" d'Arcisse de Caumont (in Dufrenoy & Beaumont, 1848) (cf. fig. 5, p. 7, du chapitre précédent).

3° Argile bleue, faisant partir de l'assise de l'argile de Honfleur (6,40),

4° Oolithe blanche à grains inégaux, oolithe d'Oxford (6,00),

5° Marne bleue (0,64),

6° Calcaire silicéo-ferrugineux plus ou moins dur, rempli de coquilles formant lumachelle, et dont la couleur varie du jaune au gris brun (0,64),

7° Argile bleue, avec quelques couches peu suivies de calcaire marneux (3,24),

8° Grès calcaire rempli d'oolithes ferrugineuses, d'huîtres et de fragments de coquilles, et alternant avec la marne bleue jusqu'à dix fois (3,89),

9° Marne bleue en couches puissantes (6,50),

10° Cinq ou six couches de calcaire jaunâtre, épaisses d'un demi-pied, et alternant avec des strates de marne bleue de même épaisseur (1,95),

11° Argile bleue, ou d'un brun ferrugineux, formant la base de la falaise... (29^m,25). »

Les résultats de Caumont sont ensuite récapitulés dans l'explication de la première carte géologique de la France entreprise par Armand Dufrenoy et Elie de Beaumont (1848) (fig. 1 et 2). Dans le chapitre IX, consacré au Terrain jurassique, ils rapportent qu'« Aux Vaches-Noires, elle [la "gryphaea dilatata"] existe dans la couche la plus inférieure, qui se découvre seulement à marée basse ; elle y est mélangée avec des trigonies, des ammonites et des pernes, qui ont conservé leur test. »... ajoutant que « Cette localité, célèbre par le développement de cette argile, l'est également par le grand nombre de fossiles qu'elle a fournis aux naturalistes. »

Un premier lever géologique détaillé entre les embouchures de la Dives et de la Touques est ensuite entrepris par Edmond Hébert (1854, 1857, 1860) qui précise déjà qu'« une coupe détaillée, régulière et exacte, est très difficile sur ces falaises [du Calvados], qui, à chaque pas, présentent des glissements

considérables de nature à altérer singulièrement les positions relatives de ces marnes, argileuses en haut comme en bas, de telle sorte que, pour ne pas se tromper sur la véritable succession, il faut une grande attention et des coupes cent fois répétées sur des points différents » (1860:301-302). Ce dernier donne une description sommaire de la lithostratigraphie (toujours retenue dans les grandes lignes) de « toutes les assises supérieures à la grande oolithe » (1860:300), principalement à partir d'une coupe située entre la butte d'Houlgate et Auberville ; elle lui permet de reconnaître 33 "niveaux", entre des argiles très fossilifères à "A. Duncani" (variété sans tubercule qu'il nommait précédemment "A. Calloviensis" dans ses "Mers anciennes dans le bassin parisien" parues en 1857) et un calcaire oolithique vacuolaire formant une « couche très pittoresque » (numérotés postérieurement "H1" à "H33" par Douvillé [1881:442, note du bas de la page 2]). Hébert précise aussi que « toute cette série peut s'observer sans aucune discontinuité en plusieurs points de la falaise entre Houlgate et l'église d'Auberville » tandis que quatre niveaux supplémentaires plus récents sont observés dans la partie de la falaise d'Auberville regardant vers Villers (ils sont attribués au Coral-Rag dont la base est caractérisée, comme dans le reste du Bassin parisien, par l'abondance des "pointes" [radioles] de "Cidaris florigemna"). Dans cette étude, il sépare aussi l'Oxford Clay en un "Oxford-clay inférieur", "moyen" et "supérieur". Dans le premier, « formé de calcaires argileux, d'épaisseur encore inconnue » et considéré comme correspondant en partie à l'étage Callovien de d'Orbigny, il distingue trois Zones à Ammonites, dont la dernière (Zone à Ammonites athleta) forme la base des falaises de Dives, alors visible uniquement à marée basse et renfermant "A. athelta, Jason, Duncani, Bakerie, Lambert". Dans l'"Oxford-clay moyen" (« puissant massif argileux qui n'a pas moins de 100 m

NOTE DE M. Robert Douvillé
 Bull. Soc. Géol. de France 4^e Série; T. IV; Pl. II (1^{er} Février 1904)



H. 9

H. 6

H. 5

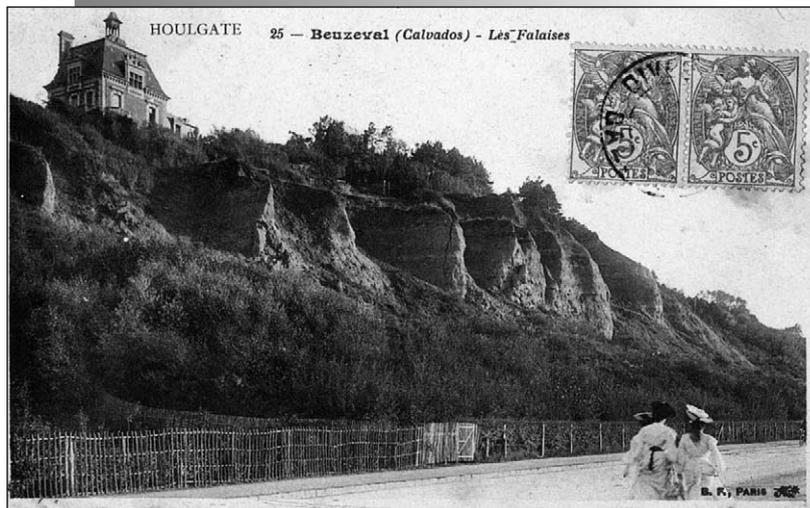
H. 4 bis

H. 4

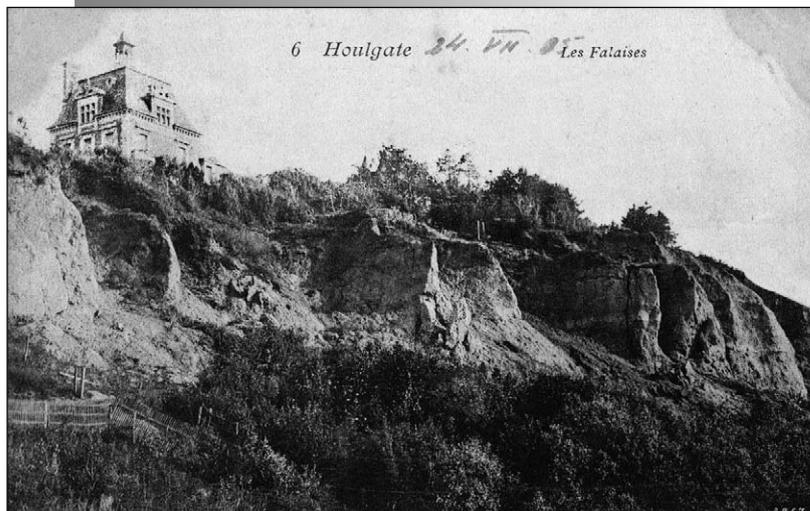
H. 1, 2, 3

H. 0

Fig. 3 - En 1904, Robert Douvillé publie une importante note révisant la coupe du Jurassique de la plage de Villers-sur-Mer (Calvados). Une photographie des falaises précise certains des niveaux ("H") établis un demi-siècle plus tôt par Edmond Hébert.



Villes balnéaires très fréquentées vers la fin du 19^e siècle et au début du 20^e siècle, Villers-sur-Mer et Houlgate ont été abondamment photographiées, comme en témoignent les nombreuses cartes postales qui montrent souvent les célèbres falaises des Vaches-Noires. Certaines possèdent un réel intérêt géologique et elles permettent de constater les effets de l'importante érosion (infiltration) qui a façonné ces terrains jurassiques en des "bad-lands" caractéristiques (coll. : D. Raynaud).



d'épaisseur », qui commence au pied des falaises, il fait remarquer qu'il est possible de distinguer deux horizons distincts tandis que les fossiles, rares et très différents des précédents, sont principalement représentés par des "*Ostrea dilatata*" d'assez grande taille et clairsemées, des "*O. gregaria*" et des "*Perna mytiloides*". Les couches 22 à 33 observées à Auberville sont, quant-elles, attribuées à "l'Oxford-clay supérieur" qui est mieux représenté à Trouville.

Notons qu'à l'époque d'Hébert, les Couches du Mauvais-Pas, très fossilifères, sont encore bien visible car elles ne sont pas encore ensablées à la suite de la construction de la digue de l'embouchure de la Dives (pour lutter contre l'érosion marine).

La stratigraphie d'Hébert est ensuite précisée par Henri Douvillé (1881) dans une étude comparative du Jurassique sur le pourtour du Bassin parisien. Dans cette note, il introduit les principaux noms de formations qui sont encore usités. Il subdivise notamment l'Argile de Dives [regroupant alors l'ensemble des couches argileuses entre la Grande Oolithe (Bathonien) et l'Oolithe Moyenne] en :

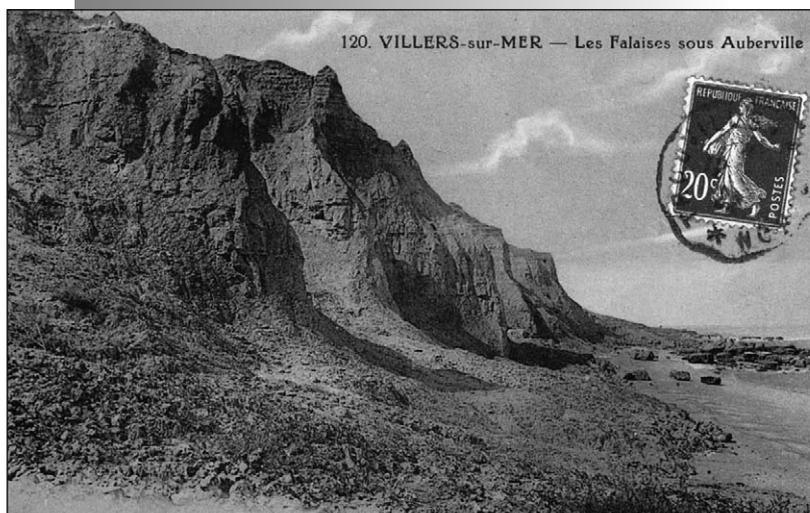
- Marnes de Dives (Zone à *Ammonites Lamberti*) pour la partie inférieure, qui correspondent aux "Couches du Mauvais-Pas", à "*Amm. (Peltoceras) athleta*", *A. (Cosmoceras) Duncani*, *A. Bakeriae*, *A. (Amaltheus) Lamberti*", et aux "Couches formant la base de la falaise sous Auberville")

- Marnes de Villers (Zone à *Ammonites Mariae*) pour la partie supérieure.

De même, l'Oolithe ferrugineuse est rapportée à la Zone à *A. cordatus*, l'Oolithe de Trouville à la Zone à *A. Martelli* et le Coral-Rag de Trouville à la Zone à *Cidaris florigemma*.

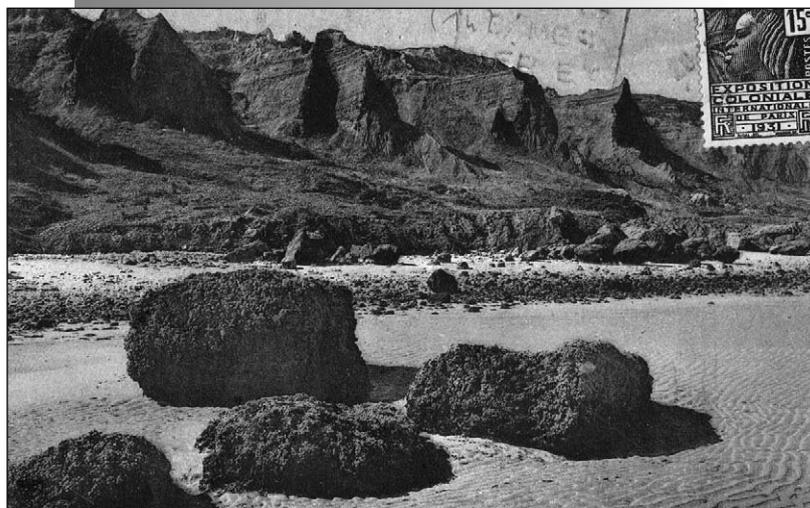
En 1891, Alexandre Bigot restreint la définition de l'Oolithe ferrugineuse (de Villers) aux seules couches basales argilo-calcaires riches en oolithes ferrugineuses, alors qu'originellement Henri Douvillé (1881) y incluait toutes les couches sus-jacentes jusqu'à l'Oolithe de Trouville, c'est-à-dire les actuelles Oolithes ferrugineuses de Villers, Argiles à *Lopha gregaria* et Calcaire d'Auberville ; cette restriction sera ensuite entérinée par Robert Douvillé (1904b) et Bigot (1913).

En 1892, Ernest Munier-Chalmas revient sur les conclusions de Douvillé. Tout en reconnaissant l'exactitude parfaite de ses observations, il considère que le Callovien Supérieur des côtes normandes est composé des quatre assises dont les trois plus récentes affleurent dans les Vaches-Noires, à savoir : (1) des couches formant la base de la falaise à mi-chemin entre Beuzeval et Villers, contenant "*Pelt. athleta*, *Asp. hirsutum*, *Asp. n. sp.*, *Cosm. Duncani*, *Card. Lamberti*, *Card. Mariae*, *Pachyc. Lalandeanum* et une troisième espèce d'*Aspidoceras*" ; (2) des couches au large de Villers à "*Oppelia Villersensis*, *Horioc. Baugieri*, *Distic. bipartitum*, *Creniceras Renggeri*, *Card. Lamberti*, *Card. Mariae*" ; (3) des argiles brunes ou



Sur les deux cartes du haut, prises le long de la voie de chemin de fer côtière, les falaises grises du Jurassique sont profondément affectées par l'érosion liée à la nappe aquifère perchée dans la Craie crétacée perméable, comme en témoignent les nombreux éboulements, les coulées de boue (solifluxion) et la fracturation subverticale (aboutissant à la formation de "cheminées de fée").

En bas, ce sont les blocs d'âge cénoomanien emportés par les coulées de boue et dispersés sur la plage qui sont à l'origine du nom de "Vaches-Noires". Du large, ces blocs couverts d'algues ressemblaient à un troupeau de ces paisible ruminants.



En haut, des chercheurs d'ammonites ont escaladé les falaises...

C'est près de l'embouchure de la Dive qu'affleuraient les Couches du Mauvais-Pas. Depuis la fin du 19^e siècle, elles ont été malheureusement recouvertes par le sable à la suite de la construction de la digue de l'embouchure de la Dives.

noirâtres contenant à la base "*Card. Lamberti* et *Card. Mariae*" et à la partie supérieure une "forme spéciale dérivant de *Card. Mariae*".

L'année suivante, Edouard Lippmann & Gustave-Frédéric Dollfus (1893) feront part des résultats d'un sondage exécuté à Dives par la Société de l'Elmore française, pour la recherche d'eau. A cette occasion, plusieurs étages jurassiques sont traversés (du Callovien au Toarcien) avant d'atteindre le socle "Silurien".

En 1896, Louis Brasil résume, dans une courte "*Note sur le Callovien supérieur...*", ses conclusions légèrement divergentes d'H. Douvillé (1881) et de Munier-Chalmas (1892). D'après ses observations, il considère que « *Pelt. athleta, type, serait rigoureusement confiné dans les couches du Mauvais-Pas...* » et qu'« *on ne rencontrerait au-dessus, c'est-à-dire dans des couches formant la base de la falaise sous Auberville que Pelt. athletoïdes LAHUSEN...* ». Le Callovien Supérieur peut-être alors subdivisé en « *1° Couches de Dives et Beuzeval (?) à Peltoceras athelta ; 2° Couche sous Auberville à Peltoceras athletoïdes ; 3° Couches de Villers à Creniceras Rengeri et Oppelia Villersensis.* »

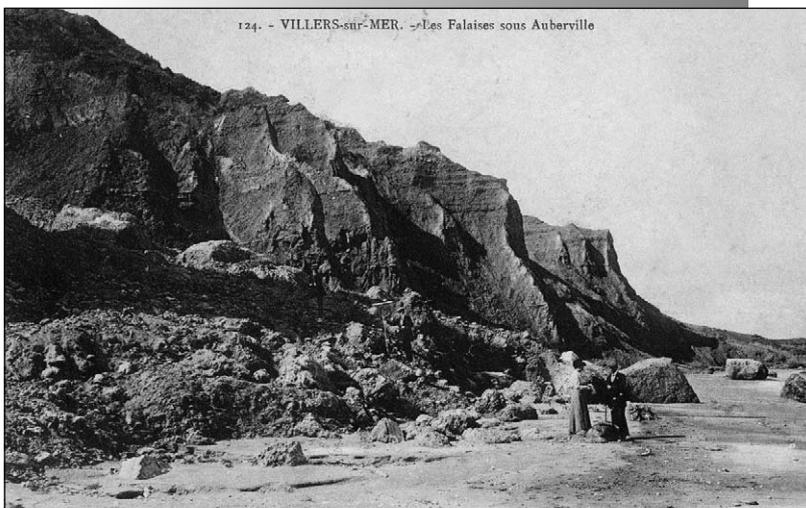
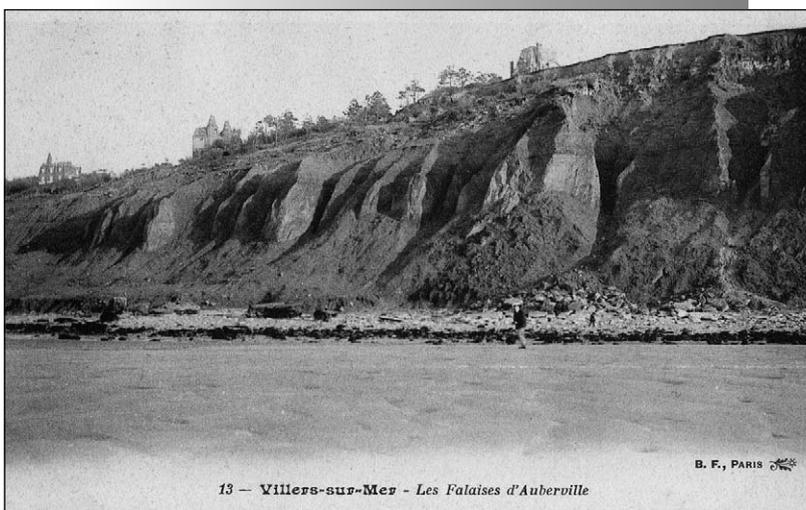
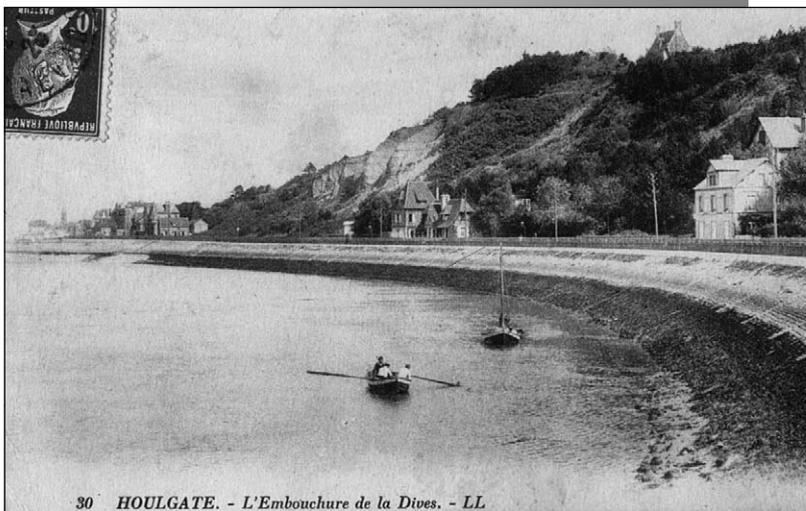
La tenue du 8^e congrès géologique international de Paris est l'occasion pour Bigot (1900) d'établir diverses coupes synthétiques de Beuzeval à Honfleur qui s'appuient sur les travaux antérieurs de ses pairs [dont H. Douvillé (1881), Brasil (1896)...]. On trouve ainsi une coupe complète entre Houlgate et l'embouchure de la Seine. La même année, H. Douvillé (1900) fait part de la découverte, au pied de la digue, d'« *un banc de calcaire jaunâtre...* » où il a « *pu reconnaître les espèces suivantes : Ammonites Subbakeria, Trigonina cf. elongata, Pholadomya inornata, Ph. carinata, Zeilleria umbonella, Rhynchonella spathica, Dysaster ellipticus... une faune caractéristique du callovien proprement-dit à Amm. coronatus [qui] est incontestablement plus ancienne que les marnes de Dives* ». De cette découverte, il conclut qu'il existe probablement sur le bord de la mer « *une faille produisant une dénivellation de plus de soixante mètres* ». L'existence de cette faille, séparant Villers du mont Canisy, sera confirmée par son fils quelques années plus tard (R. Douvillé, 1904b).

Peu après, Julien Raspail (1901a-d) fait paraître, dans "*La Feuille des Jeunes Naturalistes*", une coupe très exhaustive des falaises des Vaches-Noires sous le promontoire d'Auberville, dans un secteur aujourd'hui presque inaccessible qui permettait d'observer une coupe complète depuis les Marnes de Dives jusqu'à l'Oolithe ferrugineuse de Villers (elle est aujourd'hui recouverte de coulées boueuses envahies par la végétation, ce qui nécessite de se déplacer latéralement pour reconstituer de proche en proche une couche complète – Dugué, 1989:26). Levée avec l'aide d'Adrien Dollfus, elle permet de confirmer les résultats d'Hébert et d'Henry Douvillé tout en « *précisant quelques points de détail, surtout dans les couches inférieures [calloviennes]* » (1901a, 1901b) et de récolter un grand nombre de fossiles en place (1901c, 1901d).

En 1904, Robert Douvillé, le fils d'Henri, décrit deux "nouvelles" bandes argileuses fossilifères sur la plage de Villers (nommée "H0" et "H4bis"), dont la plus ancienne à la suite d'une tempête exceptionnelle survenue en 1903, et précise la succession des couches raccordant la plage aux

Deux autres cartes postales du début du 20^e siècle montrent l'état des falaises des Vaches-Noires qui s'étendent sur la commune d'Auberville, entre Houlgate et Villers-sur-Mer.

De nombreuses maisons perchées sur la corniche crétaée finiront par être démolies à la suite des glissements de terrain.



falaises (Douvillé, 1904b) (fig. 3). Il souligne aussi que « *Les couches les plus anciennes que l'on ait vues à Villers appartiennent au Callovien inférieur, probablement à la zone à Macrocephalites macrocephalus...* » (p. 106), « *que depuis Houlgate jusqu'à Villers les couches plongent légèrement vers l'est* » et que « *Tout le Callovien moyen à Stephanoceras coronatum manque* » puisque « *La coupe recommence avec la base du Callovien supérieur formé par les couches à Peltoceras athleta du Mauvais-Pas à Dives* ». Il précise enfin la limite entre le Callovien et l'Oxfordien en la plaçant au niveau du « *petit banc de marne glissante sous-jacent H. 4bis* » (p. 111), avec l'apparition de « *Ctenostreon proboscideum* » (Douvillé, 1904a) ; en 1912, Douvillé reviendra sur la stratigraphie de Villers dans son étude consacrée aux Cardioceratidae, en précisant dans son introduction qu'« *Une coupe détaillée de la plage de Villers ne pourra évidemment être donnée que lorsque tous les groupes des Céphalopodes si abondants dans le gisement seront complètement étudiés* » (p. 9).

Les héritiers : après les travaux de ces précurseurs, la stratigraphie de Villers-sur-Mer ne suscite plus guère d'intérêt jusqu'à l'Après-Guerre. Quelques "notes" méritent toutefois d'être citées comme celle d'Urbain (1935), qui signale la présence d'une gaize (assez riche en spicules d'éponge) épaisse de 60 cm et intercalée dans le calcaire de l'Oolithe ferrugineuse de Villers ou celle de l'Anglais Arkell (1939) [présentée par Bigot] dévolue à l'Oxfordien des côtes du Calvados et, plus particulièrement, à son contenu ammonitique. L'année 1939 – tristement célèbre – marque aussi la parution de la courte « *Notice géologique* » écrite par Bigot qui était (principalement) destinée aux nombreux touristes qui se rendaient alors à Villers-sur-Mer en villégiature.

En 1951, Urbain s'intéresse plus particulièrement à la texture, la minéralogie des séries argileuses de cette localité (entre autres).

L'année 1957 voit paraître une nouvelle édition de la « *Notice géologique sur Villers-sur-Mer et ses environs* » de Bigot (la 1^{ère} édition datant de 1939 – *supra*) dans laquelle figure « *quelques communications de nature à établir que, de nos jours, la prospection de la falaise s'avère aussi fructueuse que dans le passé...* » (extrait de l'avant-propos).

En 1959, Morel entreprend une étude minéralogique de marnes oxfordiennes (complémentaire de celle d'Urbain, 1951) prélevées principalement à Villers-sur-Mer. Il en ressort qu'elles sont principalement composée d'une illite dioctaédrique (> 80 % de la fraction argileuse) associée à de la kaolinite, du quartz (16 %) et de la calcite (25 %).

En 1960, Poisson soutient sa thèse de 3^e cycle sur les couches callovo-oxfordiennes du Maine et s'intéresse, notamment, aux minéraux argileux du sommet des Marnes de Dives et de Villers et de l'Oolithe ferrugineuse de Villers.

En 1968, Rioult présente sa seconde thèse sur une synthèse sédimentologique et paléogéographique des couches du Jurassique normand.

La même année, Guyager (1968) s'attarde sur les caractères pétrographiques, sédimentologiques et fauniques (et plus particulièrement les foraminifères et les ostracodes) du Callovien-Kimméridgien de la baie de la Seine.

En 1975, Rioult (*in* Rioult & Fily, 1975a, 1975b) révisé l'échelle biostratigraphique basée sur les ammonites pour les coupes-guides du Callovien-Oxfordien normand qu'il complète, quelques années plus tard, dans le lexique de la synthèse géologique du bassin de Paris (Rioult, 1980). [En 1978, le même auteur avait réalisé, pour le compte du Syndicat d'initiative de Villers-sur-Mer, une petite plaquette présentant le site paléontologique de cette station balnéaire, sa plage et sa faune, ainsi que son musée (dont il était le conservateur)].

En 1989, c'est Dugué qui reprend l'étude détaillée de la stratigraphie du Callovo-Oxfordien bas-normand dans le cadre d'une thèse consacrée à la géodynamique de la bordure occidentale du Bassin anglo-parisien. Il profite de l'occasion pour détailler la coupe historique des Vaches-Noires.

Postérieurement à ce travail et s'appuyant dessus, d'autres publications abordent le même sujet (Dugué, 1991 ; Rioult *et al.*, 1991 ; Dugué *et al.*, 1998)... C'est le cas également de cette présentation, mais lorsque ce sera nécessaire, les datations admises par ces auteurs (légitimement basées sur les Cardioceratinae) seront précisées ou discutées, en utilisant les conceptions développées *in* Marchand (1986), elles-mêmes abondamment discutées dans le deuxième hors-série de « *Fossiles* » consacré à ce groupe.

La série sédimentaire jurassique

La série sédimentaire des « Vaches-Noires » atteint environ 70 m, et montre une succession chronologiquement incomplète couvrant partiellement l'intervalle Jurassique Moyen – Crétacé Supérieur (fig. 4 et 5). En fait, les sables glauconieux puis les craies du Crétacé Supérieur reposent directement, en discordance, sur des calcaires du début du Jurassique Supérieur (milieu de l'Oxfordien Moyen).

De bas en haut, six ou sept formations jurassiquesaffleurent plus ou moins bien à Villers-sur-Mer (fig. 5) :

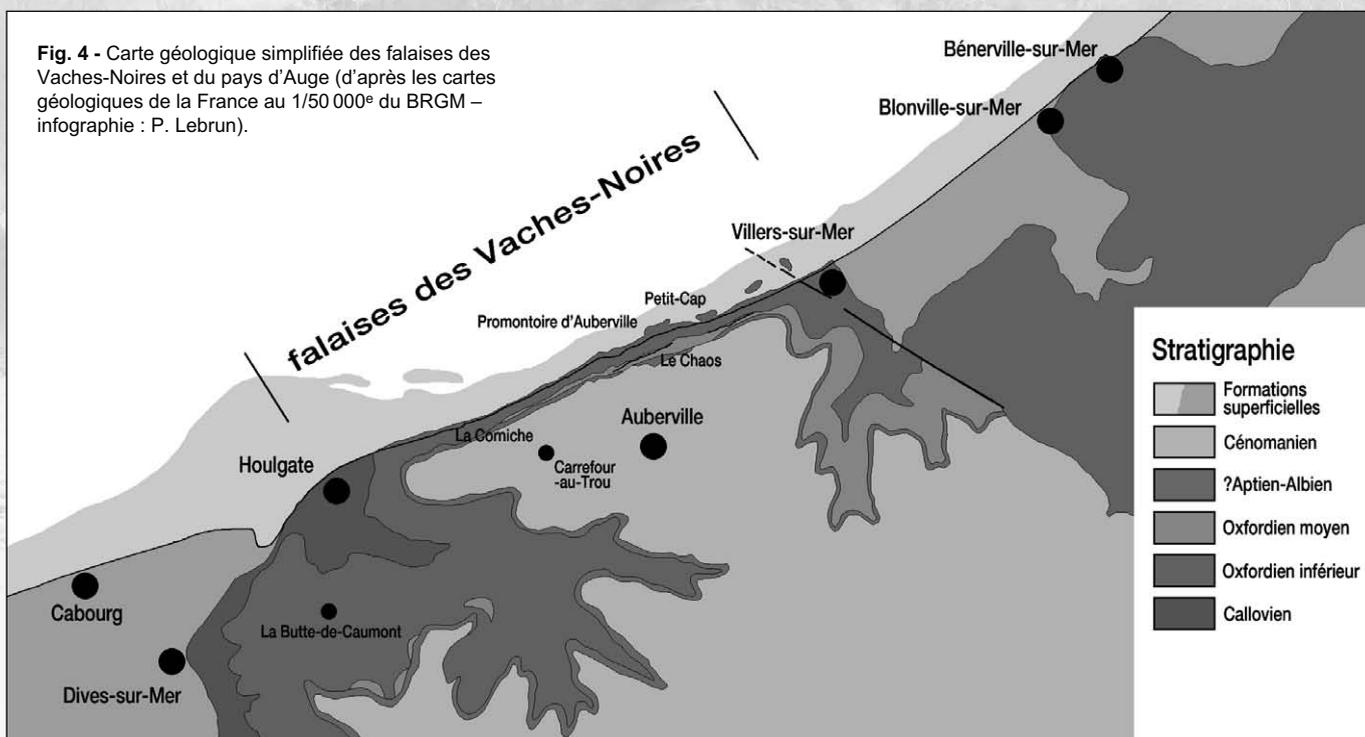


Fig. 4 - Carte géologique simplifiée des falaises des Vaches-Noires et du pays d'Auge (d'après les cartes géologiques de la France au 1/50 000^e du BRGM – infographie : P. Lebrun).

Fig. 5 - Coupe stratigraphique synthétique des falaises des Vaches-Noires (d'après Dugué, 1991). "H1" à "H15" : horizons établis par Hébert (1860).

Fig. 6 - Niveau à *Chlamys* de Blonville-sur-Mer sous le niveau "H0" des Marnes de Dives, Callovien Supérieur (photo : D. Raynaud).



Fig. 7 - Les niveaux "H1-H3" des Marnes de Dives, Callovien Supérieur. Le pied de la falaise est totalement ensablé sur cette vue d'avril 1995 (photo : D. Raynaud).



1. Les Marnes de Dives ("H1" à "H5" d'Hébert, 1860) représentent, sur l'estran, un niveau meuble d'argiles bioclastiques, toujours riches en pyrite et en débris de lignite, contenant quelques passées sableuses et plusieurs bancs calcaires généralement silteux ou argileux (servant à limiter les niveaux "H1" à "H5") et un horizon à petits nodules calcaires rosâtres décimétriques (toit de "H2"). Visible à marée basse, mais fréquemment ensablé (fig. 7), il est caractérisé par sa richesse en faunes diversifiées et souvent bien conservées (qui peuvent composer de véritables lumachelles) et partiellement pyritisées ; ces niveaux sont ceux qui ont fait la célébrité de l'"Oxfordien" de Villers. Il s'agit principalement d'ammonites parfois très grandes, souvent incomplètement pyritisées,

Le promontoire d'Auberville. Sur cette photo prise en 1997, les affleurements du Callovien Supérieur sont en très grande partie ensablés (photo : D. Raynaud).

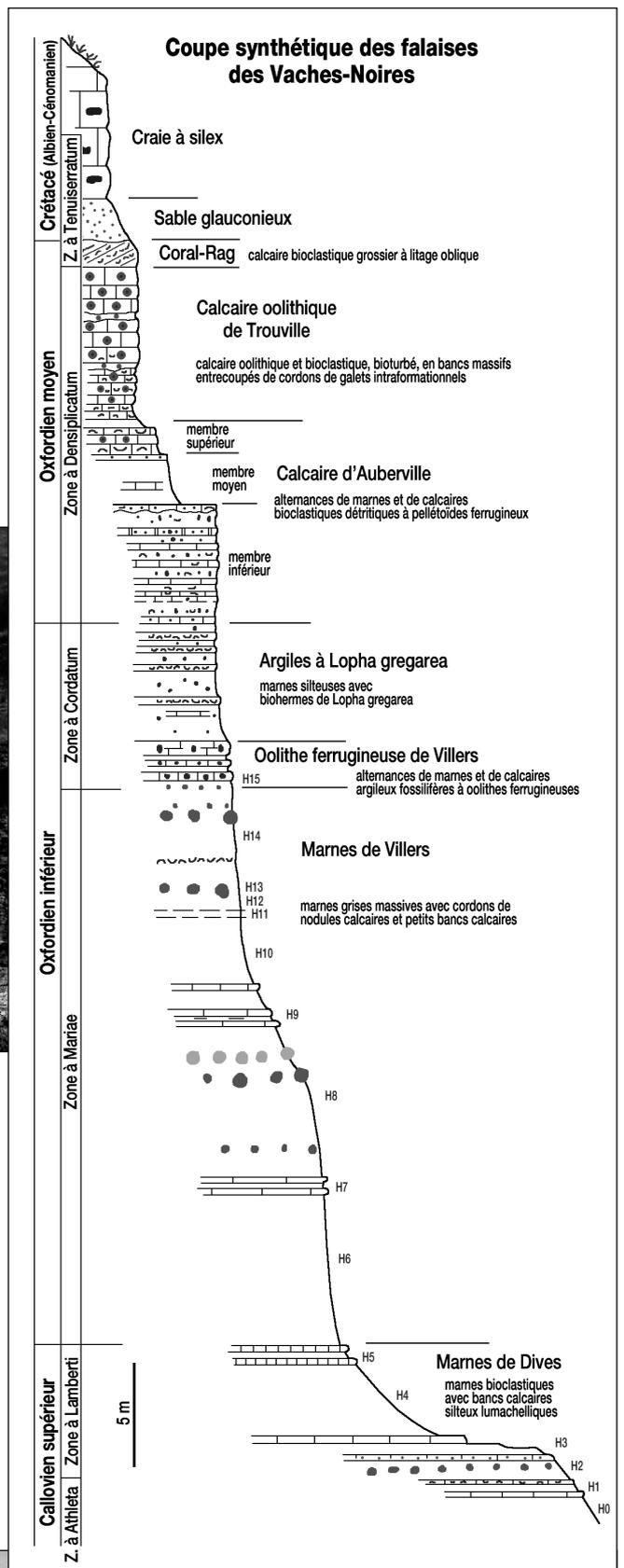
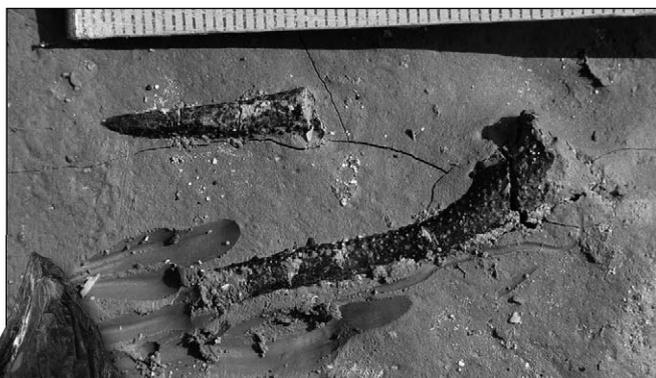




Fig. 8 - Quelques fossiles du Callovien Supérieur découverts en place dans les Marnes de Dives de la plage des Vaches-Noires.
En haut : *Quenstedtoceras henrici* DOUVILLÉ 1912 du niveau "H1" ;
au centre : reste d'une pince du crustacé *Eryma villersi* MORIÈRE 1882 du niveau "H2";
en bas : *Isognomon (I.) promytiloides* ARKELL, 1933, servant de support à une plicatule du niveau "H2" (photos : D. Raynaud).



2. Les Marnes de Villers ("H6" à "H14" d'Hébert, 1860) composent sur 20-25 m de puissance le premier front de la falaise, très vertical. Cette formation, monotone et glissante, est composée d'argiles grises (mélange d'illite dominante et de kaolinite), massives, pyriteuses et bioturbées (**fig. 9** et **11**), recoupées par plusieurs minces bancs calcaires ("H9", "H11", "H13") et cordons de nodules calcaires à figures de bioturbation (dans "H8" et "H14"). Cette sédimentation témoigne d'un important épisode terrigène lié à l'érosion du Massif armoricain dont les restes composent, principalement, le socle de l'actuelle Bretagne et du Cotentin. Ces apports terrigènes participent au comblement du Bassin anglo-parisien, alors recouvert par des eaux marines "relativement froides", si l'on ne considère que la présence – non exclusive mais dominante – d'ammonites d'affinités subboréales, notamment les *Cardioceratinae* (*Cardioceras mariae* (D'ORBIGNY, 1848), *C. scarburgense* (YOUNG & BIRD, 1828), *C. pavlowi* (DOUVILLÉ, 1912) ou *C. praecordatum* (DOUVILLÉ, 1912)...), préservées sous forme de moules internes argileux, fragiles et souvent écrasés (base) ou ourlés d'un film pyriteux les protégeant mieux de la compaction (partie supérieure) ; le reste de la macrofaune est surtout représenté par des huîtres (*Gryphaea dilatata*, principalement dans "H8"), des byssifères (*Modiolus*, *Isognomon*), des squelettes larvaires de mollusques, sclérites d'holothurie (Deflandre, 1938), brachiopodes (Riout, 1980), spicules d'éponges et scolénodontes. Très faiblement fossilifères (à part des lits d'huîtres à la base, ou deux surfaces de bancs argileux couverts d'ammonites dans le tiers supérieur de la série), elles représentent tout ou partie de l'Oxfordien basal (Zone à *Mariae*) tandis que tout au sommet, au voisinage de la formation suivante, les faunes pourraient déjà indiquer le début de la Zone à *Cordatum*.

Les rares traces fossiles, peu nombreuses et cantonnées à certains niveaux, correspondent à de possibles micro-terriers ou vaisseaux ligneux (tubulures pyritisées millimétriques), des terriers d'habitation en forme de "pipe" (*Domichnia* dans "H14") ou de "U" (dans "H10"), de terriers de nutrition horizontaux à obliques de limivores (*Fodinichnia*) (**fig. 11**) et des traces de locomotion ou de repos horizontales et aplaties (*Cubichnia*) (Dugué, 1989).

d'affinités boréales (*Cardioceratidae* et *Kosmoceratidae* surtout), mêlées à des formes réputées "subtéthysiennes" plus rares (*Oppeliidae*, *Perisphictidae* et, surtout, *Aspidoceratidae*). Elles sont accompagnées par des gastéropodes et bivalves principalement épibiontes (*Gryphaea* [incl. *Liogryphaea*, syn. obj.], *Procerithium*, *Ooliticia*) ou endobiontes superficiels (*Trigonia*, *Myophorella*, *Isognomon*), des bélemnites, de rares brachiopodes et crustacés... (**fig. 8**). En outre, la plupart des restes de vertébrés marins (dents du requin *Asteracanthus*, dents et écailles du poisson *Lepidotes* et *Scheenstia*, ossements et dents des crocodiliens *Steneosaurus* et *Metriorhynchus*, plésiosaures, ichthyosaures) ou continentaux (dinosauriens) (Doré *et al.*, 1977 ; Riout, 1980)... proviennent de ces couches.

En fait, seuls les 6-7 m finaux (sur 20 m) des Marnes de Dives sont "visibles" aux Vaches-Noires, l'essentiel de la formation étant connu plus à l'ouest, et seules sont représentées diverses faunes successives de la Zone à Lambert (unités biochronologiques terminales du Callovien Supérieur). Les ensembles plus anciens (Couches du Mauvais-Pas – qualifiées par Hébert en 1860 d'argiles avec bancs irréguliers de calcaires argileux), à *Peltoceras*, *Kosmoceras* et *Reineckeidae*, *Oppeliidae* de la Zone à Athleta [et faunes encore plus anciennes], sont totalement ensablés depuis la fin du 19^e siècle à l'embouchure de la Dives, à Houlgate, ou même à Villers (Douvillé, 1904b).

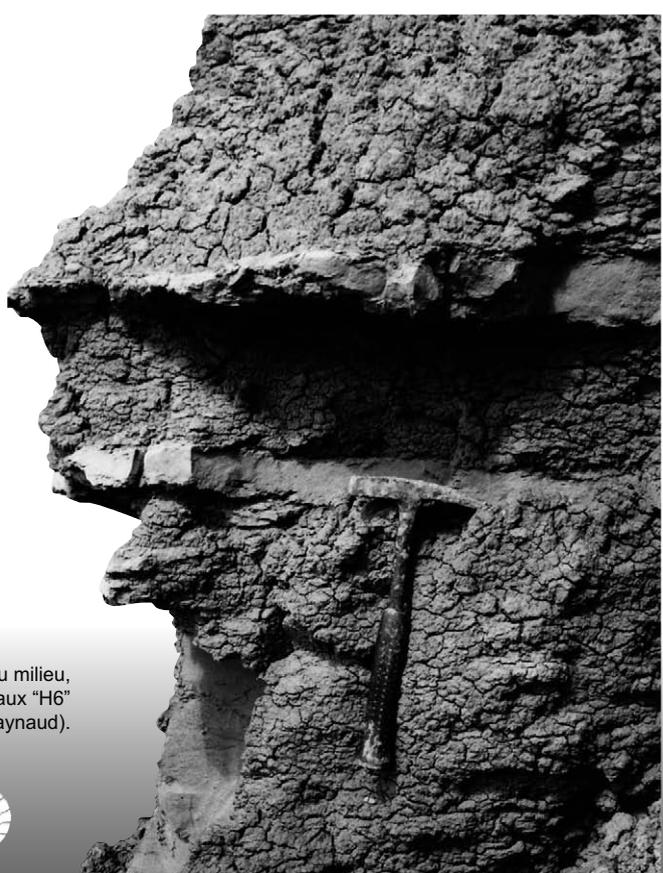


Fig. 9 - Partie inférieure des Marnes de Villers (Oxfordien Inférieur). Au milieu, les bancs calcaires du niveau "H7" encadrés par les marnes des niveaux "H6" (marnes rosâtres massives) et "H8" (argiles pyriteuses) (photo : D. Raynaud).



Fig. 10 - Bois fossile découvert dans le niveau "H14" correspondant au sommet des Marnes de Villers, Oxfordien Inférieur (photo : D. Raynaud).



Fig. 11 - Terrier incliné dans le niveau "H14" (5 m sous le niveau "H15") correspondant au sommet des Marnes de Villers, Oxfordien Inférieur (photo : D. Raynaud).

Notons que cette formation a été subdivisée en trois "niveaux" par Doré *et al.* (1977) : un niveau à *Quenstedtoceras (Pavlovceras) mariae* et à *Cardioceras (Scarburgiceras) scarburgense*, à la base, à partir d'un banc gréseux à *Ctenostreon proboscideum* ("H7") ; un niveau à *Gryphaea dilatata*, autres mollusques et nombreux microfossiles (foraminifères, ostracodes, dinoflagellés, acritarches, coccolithes) dans la partie moyenne, très accessible ("H8"- "H10") ; des couches à *Cardioceras (Procardioceras) praecordatum*, au sommet. Plus récemment, Dugué *et al.* (1998) préfèrent ne considérer que deux membres : un membre argileux pyriteux basal ("H6"- "H8", env. 15 m) très riche en *G. dilatata* et un membre argileux supérieur ("H10"- "H14", env. 12 m) moins riches en *G. dilatata* et à bancs et nodules carbonatés moins nombreux.

Fig. 13 - Vers le sommet de la série de l'Oxfordien Inférieur, une couche rousse, correspondant à l'Oolithe ferrugineuse de Villers, est nettement visible dans le paysage. Elle sépare les Marnes de Villers (en bas) des Argiles à *Lopha gregarea* (en haut) (photo : P. Lebrun).



Fig. 12 - Tout ce qu'il reste d'une ammonite (*Peltoceratoides*) découverte en 1995 dans le niveau "H15", Oolithe ferrugineuse de Villers, Oxfordien Inférieur (photos : D. Raynaud).

3. L'Oolithe ferrugineuse de Villers ("H15" d'Hébert, 1860) forme une bande de couleur rousse épaisse de 2 m environ très facilement repérable dans le prolongement des Marnes de Villers, avant le premier palier (fig. 13). Elle correspond à une alternance de marnes et de trois ou quatre petits bancs de calcaire argileux marron clair (qui contrastent avec les ensembles argileux sous- et sus-jacents), à matrice micritique dans laquelle sont dispersées des "oolithes" ferrugineuses (goethite) ovoïdes et hétérométriques (marquant le début de la série de l'Oolithe ferrugineuse de Bayeux et dont le façonnement n'a pas nécessairement une origine mécanique – Collin *et al.*, 2005).

Selon Dugué (1989), il est possible de subdiviser l'Oolithe ferrugineuse de Villers en 3 membres :

- un membre inférieur (basal), se terminant par un banc repère de calcaire massif (30-40 cm), très bioturbé (terriers à remplissage argileux), mal stratifié (aspect noduleux à l'affleurement) et très fossilifère (mollusques divers). Traditionnellement, les niveaux anciens de l'Oolithe ferrugi-





Fig. 14 - Cardiocerata de la fin de l'Oxfordien Inférieur et de l'Oxfordien Moyen basal. Individus provenant de la partie finale de l'Oolithe ferrugineuse de Villers ("H15" >), ou de niveaux postérieurs, mais antérieurs aux Argiles à *Lopha gregarea*.

- 1 : *Cardioceras* [m]**, probablement adulte sans chambre d'habitation, récolté *in situ* dans les bancs très élevés de "H15". Voisin de certains *C. cordatum* SOWERBY, 1812 *str.s.*, ou encore de formes rares gravitant autour de *C. costicardia* BUCKMAN, 1926 ; présence de costules tertiaires justifiant l'utilisation du premier nom. Forme probable dans la partie ancienne de la Sous-zone à *Cordatum* (coll. : DR).
- 2 : *Cardioceras* [m]**, probablement adulte à chambre brisée, récolté dans un bloc détaché au-dessus de "H15" *str.s.*. Noter la conservation particulière, avec "coquille" conservée.. Forme extrêmement proche de *C. cordatum f. costicordatum* ARKELL, 1945, habituelle dans la Sous-zone à *Cordatum* (coll. : DR).
- 3 : Autre individu [m]** récolté dans les mêmes conditions ; remarques précédentes applicables. Très proche des variants graciles de *C. ashtonense* ARKELL, 1945 (coll. : DR).
- 4 : *Cardioceras* [M]**, provenant de niveaux immédiatement postérieurs à "H15". Forme de type *C. excavatum* (SOWERBY, 1815), forme mince dont les tours internes sont bien ornés, ce qui est difficilement perceptible sur l'image. Plutôt citée au début de l'Oxfordien Moyen, mais type déjà présent dans les niveaux récents de la Sous-zone à *Cordatum* (cf. "Fossiles" hors-série 2 :72-73) (coll. : PC).

neuse de Villers, voire même leur intégralité (Marchand, 1986), sont attribués à la Sous-zone à *Bukowskii* (début de la Zone à *Cordatum*) ; or, à l'instar d'Arkell (1946) qui a à la fois discuté la plupart des taxons-marqueurs ou autres, et la standardisation des unités biochronologiques de la Zone à *Cordatum* [en s'appuyant largement sur les faunes de Villers], on ne peut que constater : (1) que l'assemblage (morphologique ou systématique) caractéristique de la Sous-zone à *Bukowskii* n'apparaît pas de façon flagrante dans les récoltes bien réalisées, en dépit de l'abondance des ammonites collectées depuis un siècle et demi ; (2) que les faunes figurées de l'Oolithe ferrugineuse de Villers sont au minimum bien analogues (morphologie comme systématique) avec celles des "Red Nodules Beds" anglais, par définition assemblage standard de la Sous-zone à *Costicardia* ; (3) enfin, que *C. bukowskii* MAIRE, 1932 *str.s.* [émendé ARKELL, 1946] et formes affines, existe bien dans un lit de nodules situé à quelque distance **sous** l'Oolithe ferrugineuse de Villers (obs./ récoltes PC). Certains de ces faits ont déjà été évoqués en 2012 ("Fossiles", hors-série 2), et seront développés dans les travaux à venir ;

- un membre moyen, se terminant par une banc repère

calcaire (18-20 cm), toujours bioturbé mais mieux stratifié, à surface localement encroûtée par des huîtres et des modioles) [attribué à la Sous-zone à *Costicardia pro parte*] ;

- un membre supérieur, principalement caractérisé par des galets intraformationnels centimétriques (calcaires, argileux) et des intraclastes ferrugineux (de 5-20 mm de diamètre et issus du démantèlement d'une croûte oolithique) [attribué à la Sous-zone à *Costicardia pro parte*]. Plusieurs ammonites récoltées *in situ* récemment [D. Raynaud, PC], traduisent indéniablement l'existence de sédiments caractéristiques de la Sous-zone à *Cordatum* (fig. 14).

Cette formation contient de nombreux fossiles. Il s'agit principalement des bivalves épibiontes (huîtres *L. dilatata*, *Nanogyra nana*, *Lopha gregarea*, byssifères *Modiolus*, *Isognomon*) ou, plus rarement, fousseurs profonds (*Pholadomya*, *Pleuromya* – à la base) ; ils sont associés à des brachiopodes, des échinodermes et des ammonites (Aspidoceratidae, Cardiocerata et Peltoceratinae, dont la distribution n'est pas aléatoire, chaque groupe étant plutôt cantonné à un ou des lit(s) précis) et nautilites souvent encroûtés par des huîtres et serpules (les ammonites, fréquentes dans le



Fig. 15 - Les falaises grises jurassiques des Vaches-Noires sont entaillées par de nombreux ravins donnant à l'ensemble une morphologie de "bad-lands" dans lesquels on peut observer la progression (lente) de coulées de boue vers la mer (photos : P. Lebrun).

membre inférieur, deviennent ensuite plus éparses et plus petites). En principe non accessibles directement (prospection interdite et dangereuse), ces niveaux fournissent de nombreux blocs descendant jusque sur l'estran. Cette formation témoigne d'un brusque ralentissement de la sédimentation, souligné par la formation d'oolithes et une intense bioturbation (lors d'une régression – Dugué, 1991), tandis que l'arrivée d'ammonites subtéthysiennes (*Perisphinctidae*) indiqueraient un réchauffement des eaux^[1]. Les ammonites montrent que cette formation, par définition condensée, couvre la partie moyenne et, partiellement, la fin de la Zone à *Cordatum* (fin de l'Oxfordien Inférieur).



4. Les Argiles à *Lopha gregarea* ("H16" d'Hébert, 1860) correspondent, sur une puissance de 5-6 m, à 5 à 6 alternances marno-calcaires silteuses et lumachelliques, à un apport important de particules détritiques grossières [ce niveau, individualisé par Dugué (1989) avait originellement été considéré par Douvillé (1912) comme la base du Calcaire d'Auberville]. Son sommet contient de petits biostromes décimétriques (hauts de 20-40 cm, avec une extension latérale au maximum décamétrique) construits par des *Lopha gregarea* en position de vie (des huîtres à commissure plissée adaptées aux fonds sableux) et couvertes de serpules, d'exogyres (*Nanogyra*) et de foraminifères blancs (*Vinelloidea bigoti bigoti* (CUSHMAN, 1929)). On y trouve aussi de grandes trigonies anguleuses (myophorelles), tandis que les rares ammonites plutôt d'affinités "anglaises" caractérisent la fin de l'Oxfordien Inférieur (fin de la Zone à *Cordatum*), ou plutôt le début de l'Oxfordien Moyen [note PC]. Selon Fürsich (1977), les huîtres épibontes (*Lopha*, *Nanogyra*) représentait environ 95 % de l'ensemble des bivalves. L'apparition de cette faune oligospécifique et dominée par un benthos fixé peut être mise en relation avec des arrivées turbides de détritiques grossiers de façon répétée et une sédimentation rapide et saccadée (plus abritée des influences marines – Dugué, 1989).

Notons que cette formation est difficilement accessible (sauf à l'abrupt des éperons, entre deux cônes d'éboullis) et que le nombre de bancs calcaires et leur épaisseur varient d'une coupe à l'autre.

^[1] Notons qu'une position aussi tranchée masque, comme l'a noté Enay (*in* Enay & Gigy, 2001), que les *Perisphinctidae* présents à Villers-sur-Mer, tout comme ceux de la frange anglaise du Bassin anglo-normand (Arkell, 1947-48), ou encore ceux des niveaux synchrones de l'Est du bassin de Paris (Courville, 2010) ou du Jura (Enay, 1966), correspondent à un ensemble faunique particulier qui n'est pas identique à celui qui est connu au sud de l'Europe (travaux de Melendez, 1984), en partie en Suisse (travaux de Gigy, 1998), sur le versant sud du seuil du Poitou (Courville *et al.*, en cours) ou qui a été récemment remarquablement illustré de Pologne par Glowniak (2002).

5. Le Calcaire d'Auberville ("H17" à "H22" d'Hébert, 1860), sur 10,5 m de puissance et bien visible sous Auberville, est formé de bancs plus ou moins carbonatés, micritiques, gréseux et détritiques, avec des interbancs argileux parfois oolitiques, souvent ferrugineux et biodétritiques, fréquemment lumachelliques et de grains ferrugineux hétéromorphiques (pellettoïdes limonitiques principalement issus de la ferruginisation des bioclastes), traduction de paléoenvironnements variés mais peu profonds. Notons que cette formation, introduite par Dugué (1989:80) pour désigner les Argiles et lumachelles à *Myophorella hudlestoni* de Bigot (1900), Dangeard (1951), Rioult (1962, 1980) et Guyader (1968), a été subdivisée en 3 membres :

- marno-calcaire basal (ou inférieur – 6 m), pour les alternances marno-gréso-carbonatées et lumachelliques, à grains ferrugineux et très bioturbées (*Planolites*, rares *Thalassinoides*... caractéristiques d'une relative diminution de la tranche d'eau) ;
- marneux médian (ou moyen – 1,5-3 m ?), souvent recouvert par des éboullis mais à dominante marneuse ;
- marno-calcaire supérieur (1,5 m), pour des alternances marno-calcaires à bivalves et gastéropodes, et vers le sommet, à débris de polypiers de plus en plus nombreux (comme les allochèmes).

Cette succession dénote un comblement progressif d'une vasrière protégée.

Les bivalves encroûtant (notamment les *Nanogyra* formant de petites colonies, les *Lopha*) ou les oursins peuvent être parfois abondants tandis que les fouisseurs superficiels (trigonies) sont de nouveau prépondérants. Les céphalopodes sont généralement rares dans ces ensembles ; les ammonites d'affinités "subtéthysiennes" (comme de typiques *Arissphinctes* "géants" [*Perisphinctidae*]) et les rares espèces d'affinités boréales (*Cardioceratinae*) permettent d'attribuer à ces calcaires un âge Oxfordien Moyen (Sous-zone à *Vertebrata pars.* = début de la Zone à *Plicatilis* = Zone à *Densiplicatum pars.*).

Du Crétacé au sommet des Vaches-Noires



Si les falaises des Vaches-Noires sont célèbres pour les fossiles du Jurassique, leur sommet est aussi chapeauté par diverses formations crétacées qui ont aussi livré des faunes intéressantes, notamment d'échinodermes. Malheureusement, ce Crétacé a été beaucoup moins étudié que le Jurassique car il est d'un accès difficile ; situé au sommet et en retrait de la falaise, il est séparé de cette dernière par le "Chaos d'Auberville", une surface humide, accidentée et très végétalisée (notamment par des prêles, des joncs et de petits arbustes épineux). Mais, dès la fin du 19^e siècle, Beaugrand (1884:17) avait déjà souligné la valeur des « *Glauconies de Villers* [qui] contiennent et gardent un assez grand nombre de fossiles » et précisé que « *Les Echinodermes sont très nombreux et souvent d'une très belle conservation* [avec] *Hemiasiter Bufo*, *Catopygus columbarius*, *Cidaris vesiculosa*, *Pseudodiadema pseudoornatum*, *Salenia petalifera*, *Cottaldia granulosa* » et qu'ils sont associés aux « *Brachiopodes* : *Rhynchonella Cuvieri*, *Terebratula biplicata* (ces dernières très nombreuses et en générale de grande taille), *Gastéropodes* : *dentalium*, *Acéphales* : *Ostrea conica*, *Pecten asper*, *Janira* (*quinquecostata*, *novecostata*, *æquicostata*), *Cardites* ? ».

Aujourd'hui, on considère qu'il existe au moins quatre formations crétacées (Juignet, 1974 ; Rioult, 1978 ; Doré *et al.*, 1977) dont l'épaisseur cumulée peut atteindre 40 à 50 m.

Des **Sables verts** représentent les vestiges de dépôts de l'Aptien Supérieur-Albien Supérieur, traduisant localement une vacuité totale de dépôt entre la fin de l'Oxfordien Moyen et l'essentiel du Crétacé Inférieur. Ce sont des niveaux fragiles difficiles à observer sur l'estran, mais il est possible d'en retrouver des traces dans des dépressions de la surface d'érosion post-jurassique : lentilles de sable, galets ou concrétions ferrugineuses contenant de rares fossiles phosphatés (moules internes de bivalves : plicatules, nucules) ou ferrugineux (ammonites, poissons clupéomorphes, *Toxaster* sp.) et des bois silicifiés ou sidéritisés. Pour Breton *et al.* (2005), la présence de quelques fossiles datés de la limite Aptien Supérieur-Albien Inférieur à Houlgate (*Hypacanthoplites* cf. *anglicus* CASEY, 1950) et de l'Albien Supérieur à Villers-sur-Mer (*Epihoplites* gr. (*Metaclavites*) *compressus* (PARONA & BONARELLI, 1897-*Epihoplites*) *trifidus* (SPATH, 1923)) suggère que ces lentilles (équivalentes aux Sables ferrugineux [du Havre] de la Zone à Jacobi) ont été remaniées au début de la Glauconie de base.

Cette **Glauconie de base**, rattachée à l'Albien Supérieur (Rioult, 1978) ou à la base du Cénomaniens, représente une concentration de grains de glauconie verte, remaniant des sables quartzeux et gravier, et contient des fossiles, pour la plupart remaniés.

A l'inverse, les couches crayeuses postérieures qui constituent les "Vaches" de l'estran sont mieux connues. La **Craie glauconieuse** correspond à un calcaire gris verdâtre, gréseux, glauconieux et à cherts noirs ou gris, plus argileux à la base, d'une douzaine de mètres de puissance, qui est coiffé par trois zones remarquables, indurées et bioturbées qui se succèdent sur 2 m (hardgrounds de "Villers"). Elle contient de nombreux fossiles phosphatés de la Zone à Carcitanensis (Cénomaniens Inférieur – Rioult *et al.*, 1989) : spicules d'éponges, foraminifères, bryozoaires, brachiopodes (*Cyclothyris compressa* (VALENCIENNES in LAMARCK, 1849), *Grasirhynchia grasiana* D'ORBIGNY, 1849, *Magas pumilus* SOWERBY, 1816, *Sellithyris biplicata* (SOWERBY, 1815)), échinodermes (*Echinogalerus rostratus* (DESOR, 1842), *Catopygus carinatus* GOLDFUSS, 1826, *Discoides subuculus* (KLEIN, 1734), *Epiaster crassissimus* (DEFRANCE, 1827), *Hemiasiter bufo* (BRONGNIART, 1822), *Holaster nodulosus* (GOLDFUSS, 1829), *Salenia petalifera* (DEFRANCE in DESMAREST, 1825), radioles de cidaridés... – Dudicourt, 1994, 2005), bivalves (*Aequipecten asper* (LAMARCK, 1819), *Exogyra*, *Rastellum*, inocérames), gastéropodes (moules internes), nautilus (*Cymatoceras radiatum* (SOWERBY, 1822), *C. elegans* (SOWERBY, 1816)), ammonites (*Forbesiceras largillertianum* (D'ORBIGNY, 1841), *Mantelliceras mantelli* (SOWERBY, 1814), *M. saxbii* (SHARPE, 1857), *M. dixonii* (SPATH, 1826), *Schloenbachia varians* (SOWERBY, 1817), rare *Sharpeiceras*) ; des restes de requins (*Cretoxyrhinidae*, *Mitsukurinidae*), poissons ostéichthyens (*Enchodus*, *Belonostomus* ?, *Lepidotes* ?), ichthyosaures (cf. *Platypterygius* – Blain *et al.*, 2003) et crocodiliens ont aussi été signalés mais peu de descriptions ou de déterminations sont disponibles dans la littérature.

La **Craie à spongiaires** correspond au sommet de la série crétacée des Vaches-Noires (Zone à Saxbii – Rioult *et al.*, 1989) [elle est parfois incluse dans la Craie glauconieuse qui est alors composée de deux séquences]. De couleur jaunâtre, elle contient des cordons de silex noduleux gris et des passées de gaize contenant de nombreuses éponges (*Chenendopora*, *Hallirhoa*, *Guettardia stellata* (MICHELIN, 1847)) et de plus rares oursins ; elle est aussi recoupée par trois hardgrounds "Crouttes".

Enfin, notons qu'au sommet du plateau, il est possible d'observer quelques placages résiduels de sables et de grès grisâtres azoïques attribués au Tertiaire (les grès pourraient appartenir au Stampien, comme leurs analogues du Pays d'Auge et de l'Eure – Rioult, 1978). Situés au-dessus des Argiles à silex couronnant la craie, ils sont visibles, en poches et en puits, près du "Carrefour aux Trous", à une altitude de 126 m.

6. Le Calcaire oolithique de Trouville (*sensu* Dugué, 1989:97, = Calcaire oolithique à *Nucleolites scutatus* de Bigot, 1900 ; Dangeard, 1951 ; Rioult, 1980), formant une corniche au sommet des falaises des Vaches-Noires, n'est observé directement que pour ses 2 m inférieurs alors que le reste est enseveli sous des éboulis crétacés. Il est donc difficilement accessible, sauf à partir de blocs éboulés sur la plage, entre la digue de Villers et le Chaos d'Auberville. Cette formation est composée de 6 m de calcaire à faciès souvent compact (packstone), entrecoupé de galets intraformationnels encroûtés

et perforés ; il est riche en oolithes vraies, "mécaniques", généralement bioclastiques, avec nombreuses traces (*Thalassinoides* et *Rhizocorallium* typiques d'un environnement marin subtidal).

C'est un faciès "périrécifal" où abondent des bivalves (partie inférieure) qui sont ensuite remplacés par les gastéropodes (nérinées, *Procerithium*) et des oursins (*Nucleolitidae* *Nucleolites scutatus* LAMARCK, 1816, *Cidaridae*). Quelques polypiers recristallisés sont souvent observés. Les céphalopodes sont évidemment très rares dans



Fig. 16 - Le pied des falaises est ourlé d'un épais bourrelet argileux (résultant de la coalescence des coulées de boue) qui constitue une fausse terrasse continuellement sapée par l'action des vagues à marée haute (photos : P. Lebrun).



ces niveaux, avec des ammonites à affinités téthysiennes dominantes (grands *Perisphinctidae* *Perisphinctes* (*Arisphinctes*) *plicatilis* (SOWERBY, 1817), *P.* (*Dichotomosphinctes*) *antecedens* SALFELD, 1914) par rapport aux formes boréales (*Cardioceratidae*), indiquent probablement une situation élevée dans la Sous-zone à Antecedens (Zone à Plicatilis, Oxfordien Moyen, = fin de la Zone à Densiplicatum de l'échelle subboréale, in Cariou *et al.*, 1997).

7. Le Coral-Rag de Trouville, un ensemble corallien très difficile à observer directement aux Vaches-Noires (sous la corniche crayeuse du Cénomaniens), mais dont de nombreux blocs sont accumulés sur l'estran. Il s'agit d'un faciès grossier, à litage oblique et déposé dans des environnements marins très proximaux, subtidaux. Lumachellique, il englobe de nombreux mollusques (bivalves, gastéropodes), radioles d'oursins (*Paracidaris florigemma* (PHILLIPS, 1829)...) et petits "bouquets" de polypiers roulés (*Thamnasteria*, *Isastraea*, *Thecosmilia*). L'épaisseur de ce Coral-Rag, diminuant vers l'ouest, varie de 2-2,5 m près de la digue de Villers-sur-Mer à seulement 0,2-0,4 m au Chaos d'Auberville. Ces couches ne se prêtent pas à la collecte des ammonites, mais les *Perisphinctidae* (*Perisphinctes* (*P.*) *parandieri* DE LORIO, 1903), qui y sont connus depuis longtemps (voir, par exemple, Arkell, 1935-1948, 1939), sont suffisantes pour caractériser les niveaux plus élevés de l'Oxfordien Moyen : Zone à Transversarium, Sous-zone à Parandieri = début de la Zone à Tenuiserratum de l'échelle subboréale, in Cariou *et al.*, 1997).

Après le dépôt du Coral-Rag, la série Jurassique s'interrompt et la sédimentation ne reprend qu'à partir du "milieu" du Crétacé, à l'Aptien Supérieur ?-Cénomaniens avec les dépôts épais d'une quarantaine de mètres, qui sont à peu près impossibles à observer au sommet de la falaise des Vaches-Noires (cf. l'encadré consacré au Crétacé, page ci-contre).

Les discontinuités sédimentaires

La série callovo-oxfordienne de Villers-sur-Mer est marquée par plusieurs ruptures de la sédimentation qui se traduisent par la présence de discontinuités sédimentaires qui sont, malheureusement, souvent masquées par la végétation ou les éboulis. De haut en bas, on distingue ainsi :

- la surface de Dives (Callovien Supérieur, Sous-zone à Lamberti), au sommet de "H3" et marquant une reprise de la subsidence et une augmentation des terrigènes fins ;
- la surface de Villers (Oxfordien Inférieur, intra-Sous-zone à Cordatum [à moins qu'elle ne marque, comme ailleurs en France, la limite Sous-zone à Cordatum / Sous-zone à Vertébrale, c'est-à-dire la transition entre l'Oxfordien Inférieur

et l'Oxfordien Moyen – note PC]), sise entre l'Oolithe ferrugineuse de Villers et les Argiles à *Lopha gregarea*, correspondant à la superposition de plusieurs discontinuités, avec encroûtements d'huîtres et de serpules et galets intraformationnels (indices d'érosion), liées à un ralentissement de la sédimentation (marquant la fin d'un épisode terrigène fin qui a débuté au Bathonien terminal) ;

- la surface d'Auberville (Oxfordien Moyen, intra-Sous-zone à Vertébrale – Dugué, 1991), séparant le Calcaire d'Auberville du Calcaire oolithique de Trouville, marquant le brusque passage d'une sédimentation terrigène grossière et ferrugineuse à une sédimentation carbonatée oolithique (de plate-forme), résultant de l'érosion de terres émergées et d'une diminution de la subsidence. Cette discontinuité majeure serait associée à une petite lacune biostratigraphique (sommet de la Sous-zone à Vertébrale – Dugué, 1991).

L'évolution du bassin

Mise en place au Bathonien terminal (Argiles de Lion), la transgression marine du Jurassique Moyen se poursuit au cours du Callovien (Dugué, 1989, 1991 ; Rioult *et al.*, 1991 ; Dugué *et al.*, 1998). A la fin de cet étage (Callovien Supérieur), l'érosion et le nivellement du Massif armoricain permettent un apport important en terrigènes fins (25 m de puissance pour une Zone d'ammonite) qui se déposent sur les fonds vaseux et calmes de la bordure occidentale du Bassin anglo-parisien peuplés par des huîtres. Ces eaux, "froides", sont alors dominées par des espèces subboréales et sont ouvertes aux influences marines (ammonites et autres céphalopodes, coccolithes, dinoflagellées) et continentales (ossements de dinosaures terrestres, bois, spores).

Le taux de sédimentation (2 m pour deux Sous-zones d'ammonites) chute ensuite avec le dépôt (très condensé) de l'Oolithe ferrugineuse de Villers qui enregistre aussi plusieurs arrêts de sédimentation et des remaniements. Périodiquement, la sédimentation terrigène est remplacée par une sédimentation carbonatée ; des oolithes ferrugineuses se formeraient en milieu littoral, dans une boue carbonatée remuée (bioturbée) par de nombreux organismes fouisseurs. Cette séquence terrigène est clôturée par la Surface de Villers (mais, cf. hypothèse contradictoire in Collin *et al.*, 2005) .

Après cet épisode, la sédimentation terrigène redevient, temporairement, prépondérante et beaucoup plus rapide (Argiles à *Lopha gregarea*) ; l'érosion et la subsidence reprennent. Dans ce milieu de vasières proches du rivage, mais situées sous la zone d'action des houles permanentes, ce sont les huîtres (*Lopha*) qui prédominent.

A la limite Oxfordien Inférieur-Oxfordien Moyen s'amorce une phase de régression qui se traduit par une sédimentation carbonatée (de bioclastes) aboutissant à l'ébauche d'une plate-forme carbonatée. La température des eaux s'élève, favorisant une migration de *Perisphinctidae* d'affinités "subtéthysiennes" (au détriment des *Cardioceratidae* d'affinités boréales) [cf. note [1], page 29].

Le Calcaire d'Auberville marque ainsi la fin du régime terrigène. Alors que la subsidence s'amortit, le milieu devient de moins en moins profond et plus littoral, alternant entre un régime calme ou agité, sous l'action de la houle et des tempêtes. Les fonds marins se comblent progressivement par l'apport de détritiques grossiers et d'épandages périodiques de bioclastes (avec une surface d'inondation maximale correspondant au passage des alternances marno-calcaires du Membre inférieur aux marnes du Membre moyen). Ce régime est clôturé par la Surface d'Auberville qui est interprétée comme une surface de transgression reconnue sur l'ensemble de la bordure occidentale du Bassin anglo-parisien.

A l'Oxfordien Moyen, le régime carbonatée va s'imposer. Le dépôt de l'Oolithe de Trouville aboutit à la formation d'une plate-forme carbonatée biodétritique où des sables oolithiques se mêlent à des bioclastes dans un milieu côtier peu profond et

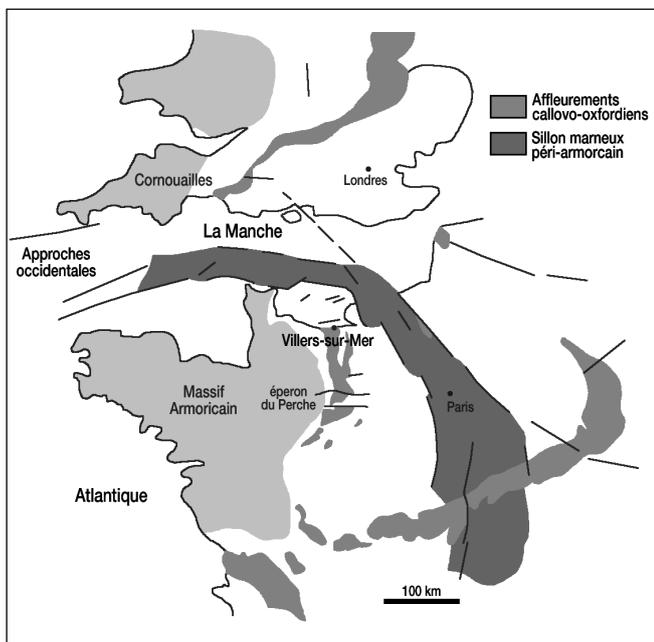


Fig. 17 - Principaux accidents de la bordure occidentale du Bassin anglo-parisien (d'après Dugué, 1991).

protégé des apports terrigènes. On assiste à une diminution du taux de sédimentation, marquée par des périodes de remaniements, d'érosion ou de bioturbation intense. Avec le Coral-Rag, les eaux, toujours peu profondes, peuvent être qualifiées de tropicales, avec ses petits récifs ("coral-patches") de polypiers qui colonisent préférentiellement le sommet des reliefs sous-marins ; ils sont périodiquement soumis à l'action des tempêtes. La plate-forme carbonatée est alors proche de l'émerison.

Notons qu'au début de l'Oxfordien Supérieur (qui n'est toutefois pas observé aux Vaches-Noires mais qui est présent dans la région), l'érosion des terres émergées et la subsidence du bassin vont ensuite conduire à la destruction de la plate-forme carbonatée et au retour à un épisode de transition carbonates-terrigenes, avec des apports détritiques sableux. Selon le modèle usuel, le refroidissement général des eaux contraindrait la présence des *Cardioceras* (d'affinités boréales), ammonites alors dominantes.

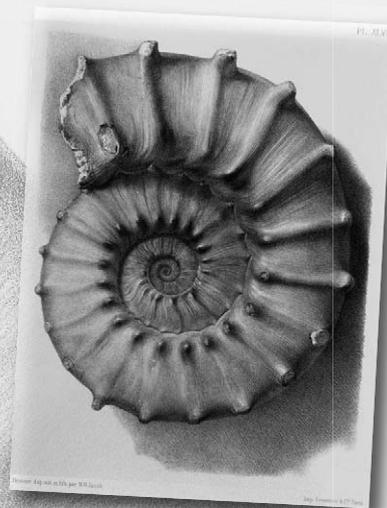
Aux Vaches-Noires, comme dans le reste de la bordure nord-orientale du Massif armoricain, ce passage d'une sédimentation terrigène à une sédimentation carbonatée, associée à un relai (partiel) des faunes ammonitiques "nord" (*Cardioceras*) par des taxons "sud" (*Perisphinctidae*), résulte principalement de l'activité de deux grandes structures tectoniques (Dugué, 1991) : le Sillon marneux péri-armoricain, au nord, et l'éperon du Perche, au sud (fig. 17). Le premier correspond à une longue gouttière subsidente ouverte sur l'Atlantique Nord (via les Approches orientales de la Manche), le second à un cap dans le prolongement oriental du Massif armoricain qui influence les échanges fauniques entre le nord (boréal) et le sud (téthysien) ; les conditions environnementales (profondeur, nature de la sédimentation, c'est-à-dire dualité turbidité/agitation) comptant, ne l'oublions pas, parmi les facteurs majeurs influençant directement les organismes (ammonites comprises) et leur aptitude à la colonisation locale. ■

Références bibliographiques

- Arkel, W. J., 1939 - L'Oxfordien des falaises de Calvados. *Bull. Soc. Linn. Normandie, sér. 9, 1 : 211-222.*
- Arkel, W. J., 1935-1948 - Ammonites of the English Corallian beds. *Palaeont. Soc., 1-420.*
- Beaugrand, C., 1884 - Le Cénomaniens de Villers-sur-Mer. *Bull. Soc. Géol. Normandie, 9 (1882) : 16-18.*
- Bigot, A., 1891 - Esquisse géologique de la Basse-Normandie. *Bull. Lab. Géol. Fac. Sci., Univ. Caen, 2^e année, 2 : 65-92.*
- Bigot, A., 1900 - Etude des falaises jurassiques et crétacées de la Manche, terrains paléozoïques du Cotentin. *Livret Guide, 4^e Congrès Géol. Inter. Paris, 3^e partie, 27-60.*
- Bigot, A., 1913 - La Basse-Normandie, étude de la géographie physique. *Rev. Géol. Annuelle, 7 (2) : 1-84.*
- Bigot, A., 1939 - Les recherches de M. Georges Deflandre sur le microplancton de l'Oxfordien de Villers-sur-mer. *Bull. Soc. Linn. Normandie, Caen, 9^e sér., 1 : 9-20.*
- Bigot, A., 1957 - Villers-sur-Mer géologique. *Notice géologique sur Villers-sur-Mer et ses environs.* Réédition, éditeur Syndicat d'Initiative de Villers-sur-Mer, n° 69, Combiel imp., Macon, 16 p.
- Blain, H.-A., Pennetier, G. & Pennetier, E., 2003 - Présence du genre *Platypterygius* (Ichthyosauria, Reptilia) dans le Cénomaniens inférieur de Villers-sur-Mer (Normandie, France). *L'Echo des Falaises, 7 : 35-45.*
- Brasil, L., 1896 - Note sur le Callovien supérieur des falaises de Dives et Villers-sur-mer. *Bull. Soc. Linn. Normandie, 4^e sér., 10 : 1-6.*
- Breton, G., Maréchal, M. & Clasby, P., 2005 - Une ammonite d'âge Aptien terminal-Albien basal recueillie à Houlgate (Calvados, France). *Bull. Soc. Géol. Normandie Amis Mus. Havre, 91 (2004) : 75-76.*
- Brongnart, A., 1829 - Tableau des terrains sédimentaires ou essai sur la structure de la partie connue de la Terre. *Dict. Sci. Nat., Paris, 54 : 1-256.*
- Cariou, E., Enay, R., Atrops, F., Hantzpergue, P., Marchand, D. & Rioult, M., 1997 - Oxfordien. In *Groupe Français d'étude du Jurassique. Biostratigraphie du Jurassique ouest-européen et méditerranéen : zonations parallèles et distribution des invertébrés et microfossiles, Cariou, E. & Hantzpergue, P., (coord.), Bull. Centre Rech. Elf Explor. Prod., 17 : 79-86.*
- Caumont, A. de, 1828 - Essai sur la topographie géognostique du département de Calvados. *Mém. Soc. Linn. Normandie, 4 : 59-236.*
- Collin P.-Y., Loreau J.-P. & Courville, P., 2005 - Depositional environments and iron ooid formation in condensed sections (Callovian-Oxfordian, south-eastern Paris basin, France). *Sedimentology, 52 : 969-985.*
- Courville, P., 2010 - La série condensée (Callovien pars. - Oxfordien) de Laignes (Côte-d'Or). Lithologie, faunes d'ammonites, datations. *Bull. Asso. Géol. Aubeoise, 30 : 31-50.*
- Dangeard, L., 1951 - Forage de Hennequeville (Calvados). *Bull. Soc. Linn. Normandie, 9^e sér., 6 : 4-7.*
- Deflandre, G., 1938 - Microplancton des mers jurassiques conservé dans les Marnes de Villers-sur-Mer (Calvados). Etude liminaire et considérations générales. Livre jubilaire en l'honneur de M. Caullery. *Trav. Station Zool. Wimereux, 12 : 147-200.*
- Doré, F., Juignet, P., Larssonneur, C., Pareyn, C. & Rioult, M., 1977 - *Guides géologiques régionaux - Normandie.* Masson et cie, 1-190.
- Douvillé, H., 1881 - Note sur la partie moyenne du terrain jurassique dans le bassin de Paris et sur le terrain corallien en particulier. *Bull. Soc. Géol. France, 3^e sér., 9 : 439-474.*
- Douvillé, H., 1900 - Une découverte géologique à Villers-sur-Mer. *La Feuille des Jeunes Naturalistes, 3^e sér., 30^e année, 351.*
- Douvillé, R., 1904a - Sur la limite des étages Callovien et Oxfordien à Villers-sur-Mer. *C. R. somm. Soc. Géol. France, 3 : 29-31.*
- Douvillé, R., 1904b - Sur la coupe du Jurassique moyen de la plage de Villers-sur-Mer (Calvados). *Bull. Soc. Géol. France, 4^e sér., 4 : 106-112.*
- Douvillé, R., 1912 - Etudes sur les Cardiocératidés de Dives, Villers-sur-Mer et quelques autres gisements. *Mém. Soc. Géol. France, 19 (45) : 1-77.*
- Dufrenoy, A. & Beaumont, E. de, 1848 - Chapitre IX. Terrain du calcaire jurassique (en exceptant le Jura, les Pyrénées et les Alpes). In *Explication de la carte géologique de la France. Brochant de Villiers, J. M., (dir.), vol. 2 : 153-761.*
- Dudicourt, J.-C., 1994 - Les échinides du Cénomaniens inférieur de Villers-sur-Mer et ses environs. *Echinochroniques, 5 : 17-20.*
- Dudicourt, J.-C., 2005 - Les échinides du Cénomaniens des falaises des Vaches-Noires. *L'Echo des Falaises, 9 : 57-69.*
- Dugué, O., 1989 - *Géodynamique d'une bordure de massifs anciens. La bordure occidentale du Bassin anglo-parisien au Callovo-oxfordien. Pulsations épigénétiques et cycles eustatiques.* Thèse, Univ. Caen, 593 p.
- Dugué, O., 1991 - Comportement d'une bordure de massifs anciens et cortèges de minéraux argileux : l'exemple de la bordure occidentale du Bassin anglo-parisien. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 81 : 323-346.*
- Dugué, O., Fily, G. & Rioult, M., 1998 - Le Jurassique des côtes de Calvados. Biostratigraphie, Sédimentologie, Paléocologie, Paléogéographie et Stratigraphie séquentielle. *Bull. trim. Soc. Géol. Normandie Amis Mus. Havre, 85 (2) : 3-132.*
- Enay, R., 1966 - L'Oxfordien dans la moitié Sud du Jura français. *Étude stratigraphique. Nov. Arch. Mus. Hist. Nat. Lyon, 8 (1-2), 1-624.*
- Enay, R. & Gygi, R., 2001 - Les ammonites de la zone à *Bifurcatus* (Jurassique supérieur, Oxfordien) de Hinsterstein, près de Oberehrendingen (canton d'Argovie, Suisse). *Eclogae Geol. Helvetiae, 94 : 447-487.*
- Fürsich, F. T., 1977 - Corallian (Upper Jurassic) marine benthic associations from England and Normandy. *Palaeontology, 20 : 337-385.*
- Glowinski, E., 2002 - The ammonites of the family Perisphinctidae from the Plicatilis Zone (lower Middle Oxfordian) of the Polish Jura chain (central Poland); their taxonomy, phylogeny and biostratigraphy. *Acta Geol. Polonica, 52 : 307-364.*
- Gygi, R. A., 1998 - Taxonomy of perisphinctid ammonites of the early Oxfordian (late Jurassic) from near Herznach, canton Aargau, Switzerland. *Palaeontographica A, 251 : 1-37.*
- Guyader, J., 1968 - Le Jurassique supérieur de la Baie de la Seine. *Étude stratigraphique et micropaléontologique. Ing. Doc. Univ. Paris, 1-200.*
- Hébert, E., 1854 - Note sur le terrain jurassique du bord occidental du Bassin parisien. *Bull. Soc. Géol. France, 2^e sér., 12 : 79-86.*
- Hébert, E., 1857 - *Les mers anciennes et leurs rivages dans le bassin de Paris ou classification des terrains par les oscillations du sol.* Hachette, 1-88.
- Hébert, E., 1860 - Du Terrain jurassique supérieur sur les Côtes de la Manche. *Bull. Soc. Géol. France, sér. 2, 17 : 300-316.*
- 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 doctorat, Univ. Caen.
- Lecœur, A., 1876 - Excursion de 1876 (extrait du *Journal Le Havre*). *Soc. Géol. Normandie, Le Havre.*
- Lippmann, D. & Dollfus, G. F., 1893 - Un forage à Dives (Calvados). *Bull. Soc. Géol. France, 3^e sér., 20 : 386-392.*
- Mélenz, G., 1984 - *Oxfordien en el sector central de la Cordillera Iberica (provincias de Zaragoza y Teruel) - I - Bioestratigrafica ; II - Paleontologia (Perisphinctidae, Ammonoidea).* Inst. Fernando el Catolico, Inst. Estud. Turulenses, 1-418.
- Morel, P., 1959 - Etude minéralogique de quelques marnes noires oxfordiennes. *Bull. Soc. Franç. Minér. Cristal., 82 : 276-284.*
- Munier-Chalmas, E., 1892 - Etude préliminaire des terrains jurassiques de Normandie. *Bull. Soc. Géol. France, 3^e sér., 20 : 161-170.*
- Poisson, A., 1960 - *Contribution à l'étude de la Callovien-Oxfordien de Normandie et de la Haute-Maine.* Thèse 3^e cycle, Univ. Paris-Sud, 1-66.
- Raspail, J., 1901a - Contribution à l'étude de la falaise jurassique de Villers-sur-Mer. *La Feuille des Jeunes Naturalistes, 4^e sér., 365 : 125-126.*
- Raspail, J., 1901b - Contribution à l'étude de la falaise jurassique de Villers-sur-Mer (suite). *La Feuille des Jeunes Naturalistes, 4^e sér., 366 : 145-149.*
- Raspail, J., 1901c - Contribution à l'étude de la falaise jurassique de Villers-sur-Mer (suite). *La Feuille des Jeunes Naturalistes, 4^e sér., 367 : 169-172.*
- Raspail, J., 1901d - Contribution à l'étude de la falaise jurassique de Villers-sur-Mer (fin). *La Feuille des Jeunes Naturalistes, 4^e sér., 368 : 193-198.*
- Rioult, M., 1962 - Compte-rendu de l'excursion de la S. G. N. en Basse-Normandie (20 mai 1962). *Bull. Soc. Géol. Normandie, 51 : 32-48.*
- Rioult, M., 1968 - *Sédiments et milieux du Jurassique normand. Essai de paléocologie et sédimentologie comparée.* 2^e thèse Doct. Etat, Univ., Caen, 1-94.
- Rioult, M., 1978 - *Villers-sur-Mer, son site, ses falaises, sa plage, son musée.* Éditeur Syndicat d'initiative de Villers-sur-Mer, imp. F. Le Rachinel, Saint-Lô, 32 p.
- Rioult, M., 1980 - *Maine, Perche, Normandie. In Synthèse géologique du Bassin de Paris, chapitre Jurassique, Debrand-Passard, S., Eney, R. & Rioult, M., (coord.), Mém. B. R. G. M., 101 : 214-216.*
- Rioult, M. & Fily, G., 1975a - *Faunes et formations jurassiques de la marge armoricaine du Bassin parisien (Normandie et Maine).* Livret-guide excursions. Groupe français Jurassique, Lab. Géol. Armoricaire, Univ. Caen, 1-47.
- Rioult, M. & Fily, G., 1975b - Discontinuités de sédimentation et unités stratigraphiques dans le Jurassique de Normandie. *IX^e Congrès Inter. Sédim. Nice, thème 5 (2) : 353-358.*
- Rioult, M., Coutard, J.-P., Quérière, P. de la, Halluin, M., Larssonneur, C. & Pellerin, J., 1989 - *Notice de la carte de Caen.* Carte géologique de la France à 1/50000. Ed. B.R.G.M., 1-104.
- Rioult, M., Dugué, O., Jan du Chêne, R., Ponsot, C., Fily, G., Moron & J.-M., Vail, P., 1991 - Outcrop sequence stratigraphy of the Anglo-Paris Basin, Middle to Upper Jurassic (Normandy, Maine, Dorset). *Bull. Centres rech. Explor.-Prod. Elf Aquitaine, 15-1 : 101-194.*
- Townsend, J., 1813 - *The character of Moses established for veracity as an historian recording events from the Creation to the Deluge, V. 1., Preface.* Tables of the strata, 1-100.
- Urban, P., 1935 - Sur la présence d'une gaize, intercalée dans le calcaire à oolithes ferrugineuses de l'Oxfordien de Villers-sur-Mer (Calvados). *Bull. Soc. Géol. France, 5^e sér., 5 : 10-11.*
- Urban, P., 1951 - Recherches pétrographiques et géochimiques sur deux séries de roches argileuses. 1 : Lias et Oolithique du Calvados, 2 : Eocène et Oligocène de la région de Paris. *Mém. Explic. Carte Géol. Détaillée France, 1-278.*

Site Internet consulté : Lithothèque de Normandie – Académie de Caen : <http://www.etab.ac-caen.fr/discip/geologie/>

Les ammonites de Villers-sur-Mer : références systématiques et biochronologiques



Largement connues et exploitées pour leur faune depuis le milieu du 19^e siècle, les Vaches-Noires ont fréquemment servi de support aux études pionnières, mais déjà détaillées, amorçant la connaissance de la stratigraphie (succession lithologique) de l'Oxfordien (Hébert, 1860). Dans la même période, ont débuté les grandes monographies de la "Paléontologie Française" (d'Orbigny - formalisation des étages), tandis que sont ébauchés en Allemagne, autour divers travaux d'Oppel, les concepts de biozone et de marqueur biostratigraphique ; ces derniers seront diversement repris, compris ou interprétés en Europe et, malgré des réticences, s'imposeront à l'orée du 20^e siècle. Les travaux conséquents des Douvillé, père et fils, en tireront progressivement parti : les faunes d'ammonites de Villers-sur-Mer ont fourni de nombreuses espèces régulièrement et nouvellement nommées, particulièrement celles issues des Marnes de Dives (Callovien terminal) et de Villers (Oxfordien basal), ou de l'Oolithe ferrugineuse de Villers (fin de l'Oxfordien Inférieur).

Parmi les espèces les plus remarquables et/ou les plus connues dont les holotypes/néotypes ou lectotypes proviennent des Vaches-Noires, on peut citer :

- de nombreux **Cardioceratidae** : *Pachyceras lalandeanum* (d'ORBIGNY, 1848), *P. crassum* (DOUVILLÉ, 1913), *P. crasscostatum* (DOUVILLÉ, 1913), *P. jarryi* (EUDES-DESLONGCHAMPS, 1889), *Quenstedtoceras henrici* (DOUVILLÉ, 1913), *Q. messiaeni* MARCHAND & RAYNAUD, 1986, *Q. praelamberti* (DOUVILLÉ, 1913), *Chamoussetia galdrynus* (d'ORBIGNY, 1847), *Cardioceras anglogallicum* ARKELL, 1945, *C. arundo* ARKELL, 1945, *Cardioceras praecordatum* (DOUVILLÉ, 1913), *C. (Pavlovceras) mariae* (d'ORBIGNY, 1848), *C. pavlowi* (DOUVILLÉ, 1913)...

- des **Aspidoceratidae** : *Euspidoceras hirsutum* (BAYLE, 1878), *E. faustum* (BAYLE, 1878), *E. douvillei* (COLLOT, 1917), *E. babeanum*

(d'ORBIGNY, 1848), *Peltoceras schroederi* (PRIESER, 1937), *Peltoceras constantii* (d'ORBIGNY, 1848)...

- de plus rares **Oppeliidae** : *Eochetoceras ? villersensis* (d'ORBIGNY, 1850) ["*Prodrome*"], "*Hecticoceras ? villersensis* DOUVILLÉ, 1914, "*H. svevum* f. *villersensis* DOUVILLÉ, 1914... Les planches A, B, C et D reproduisent les figurations anciennes de quelques-uns de ces taxons, les figurations de néotypes, ainsi que des topotypes récoltés récemment.

Au fil des travaux du 20^e siècle, certains de ces taxons se sont vus accorder le statut de biomarqueurs, espèce-indices d'unités biostratigraphiques aujourd'hui "standardisées" ; d'autres unités, non basées sur des faunes des Vaches-Noires, ont néanmoins été formalisées après observation de la succession locale. Le sens français est illustré dans le travail de synthèse de 1997 (Cariou *et al.*, "Callovien" ; "Oxfordien" in Cariou & Hantzpergue, 1997).

Pour le Callovien :

- Zone à Lamberti, utilisée initialement par Hébert (1857) ;
- Sous-zone à Henrici Sayn in Sayn & Roman, 1930
- Horizon à Messiaeni Marchand, 1986, in Cariou & Hantzpergue, 1997
- Horizon à Henrici Callomon, 1964
- Horizon à Praelamberti Marchand, 1986

Pour l'Oxfordien :

- Zone à Mariae Douvillé, 1881
- Sous-zone à Praecordatum Morley-Davies, 1916 (?)
- Horizon à Praecordatum Morley-Davies, 1916 (Fortwengler & Marchand, 1994 ?)

Philippe Courville

Références bibliographiques

Arkell, W. J., 1939 - The ammonite succession at the Woodham Brick Company's Pit, Akenan Street Station, Buckinghamshire, and its bearing on the classification of the Oxford Clay. *Quater. J. Geol. Soc.*, 95 : 135-222.

Arkell, W. J., 1939-1948 - A monograph on the Ammonites of the English Corallian Beds. *Palaeontogr. Soc., London, Part 1-14* : 1-420.

Bayle, E., 1878 - Explication de la carte géologique de la France. Tome quatrième. Atlas, première partie : fossiles principaux des terrains. Imprimerie Nationale.

Buckman, S. S., 1909-1930 - *Yorkshire Type Ammonites*. London 1-5, 1-116.

Callomon, J. H., 1964 - Notes on the Callovian and Oxfordian Stages. In Colloque du Jurassique à Luxembourg 1962, Maubeuge, P. L., (ed.), *Mém. Publ. Inst. Grand-ducal, Sect. Sci. Nat. Phys. Math.*, 269-291.

Cariou, E. & Hantzpergue, P., (coord.), 1997 - Groupe français d'étude du Jurassique. Biostratigraphie du Jurassique ouest-européen et méditerranéen : zonations parallèles et distribution des invertébrés et microfossiles. *Bull. Centre Rech. Elf Explor.-Prod.*, 17 : 1-440.

Courville, P., 2011 - Cardioceratidae de l'Oxfordien Inférieur (Sud haut-marnais et Châtillonnais) : niveaux à oolites ferrugineuses. *Fossiles, Rev. Pal. Franç.*, h.-s. 2, 39-62.

Douvillé, H., 1881 - Note sur la partie moyenne du terrain jurassique dans le bassin de Paris et sur le terrain corallien en particulier. *Bull. Soc. Géol. France*, 3^e sér., 9 : 439-474.

Douvillé R., 1913. Etude sur les Cardioceratidés de Dives, Villers-sur-Mer et quelques autres gisements. *Mém. Soc. Géol. France*, 19 (45), 1-67.

Douvillé R., 1914 - Etudes sur les Oppeliidae de Dives et de Villers-sur-Mer. *Mém. Soc. Géol. France*, 21 (2) : 1-67.

Fischer, J.-C., (coord.), 1994 - Révision critique de la Paléontologie Française d'Alcide

d'Orbigny. *J. Céphalopodes jurassiques*. Masson & MNHN.

Fortwengler, D. & Marchand, D., 1994 - Nouvelles unités biochronologiques de la Zone à Mariae (Oxfordien inférieur). *Géobios, Mém. Sp.*, 17 : 203-209.

Hébert, E., 1857 - *Les mers anciennes et leurs rivages dans le bassin de Paris ou classification des terrains par les oscillations du sol*. Hachette, 1-88.

Hébert, E. 1860 - Du terrain jurassique supérieur sur les Côtes de la Manche. *Bull. Soc. Géol. France*, sér. 2, 17 : 300-316.

Marchand, D., 1986 - *L'évolution des Cardioceratinae d'Europe occidentale dans leur contexte paléobiogéographique (Callovien supérieur-Oxfordien moyen)*. Thèse de doctorat de l'université de Dijon, 1-630.

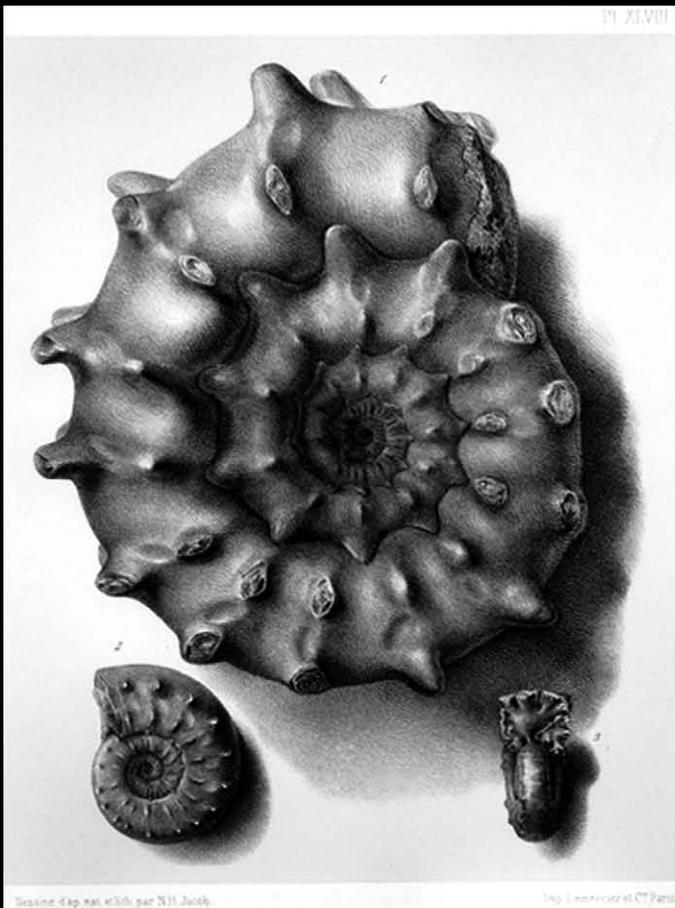
Morley-Davies, A., 1916 - The zones of the Oxford and Hamptill Clays in Buckinghamshire and Bedfordshire. *Geol. Mag.*, Ser. 6, 3 : 395-400.

Orbigny, A. d', 1842-1850 - *Paléontologie Française. Description géologique et zoologique de tous les animaux mollusques et rayonnés fossiles de France. Terrains oolithiques ou jurassiques*. Masson, 1 : 1-642.

Orbigny, A. d', 1850-1852 - *Prodrome de paléontologie stratigraphique universelle des animaux mollusques et rayonnés fossiles*. 3 vol., Masson, 1-1017.

Sayn, G. & Roman, F., 1930 - Etude sur le Callovien de la vallée du Rhône. II - Monographie stratigraphique et paléontologique du Jurassique moyen de la Voulte-sur-Rhône. *Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, 14 (2) : 167-256.

Spath, L. F., 1927 - Revision of the Jurassic cephalopod fauna of Kachh (Cutch). *Geol. Survey India, Palaeont. Indica, new ser.*, 9 : 1-84.



Trasler, Kap. 10, pl. 116, fig. 111, 112, 113

1



2



?

3a



3b

Pl. A - Deux Aspidoceratidae calloviens dont les holotypes proviennent des Vaches-Noires à Villers-sur-Mer.

1 : reproduction de la planche 48 de Bayle (1878, "Fossiles principaux des terrains"). La grande gravure représente le type de Villers pour *Euaspidoceras hirsutum*.

2 : *Euaspidoceras hirsutum* (BAYLE, 1878), [M] adulte pratiquement complet, D = 150 mm. Topotype récolté dans les Marnes de Dives, Zone à Lamberti, Sous-zone à Lamberti, Horizon à Praelamberti. Cet individu est le néotype choisi et désigné in Bonnot (1995, pl. 9:1) (coll. : DR).

3 : *Peltoceras schroederi* PRIESER, 1937, [M] subadulte sans chambre d'habitation, D = 166 mm. Topotype récolté dans les Marnes de Dives, Zone à Lamberti, Sous-zone à Lamberti, Horizon à Praelamberti. Cet individu est le néotype choisi et désigné in Bonnot (1995, pl. 3:1) (coll. : DR).

Pl. B - *Eochetoceras* (?) *villersensis* (D'ORBIGNY, 1847), un Oppeliidae rarement rencontré dans le Callovien terminal des Vaches-Noires.

1 : première figuration du lectotype (MNHN.F.R07507) d'*Oppelia villersensis* publiée par Douvillé ("Palaeontologia Universalis", 1904 : fiche 53) ; comme toutes les ammonites définies dans le "Prodrome", ce taxon l'a été sans figuration.

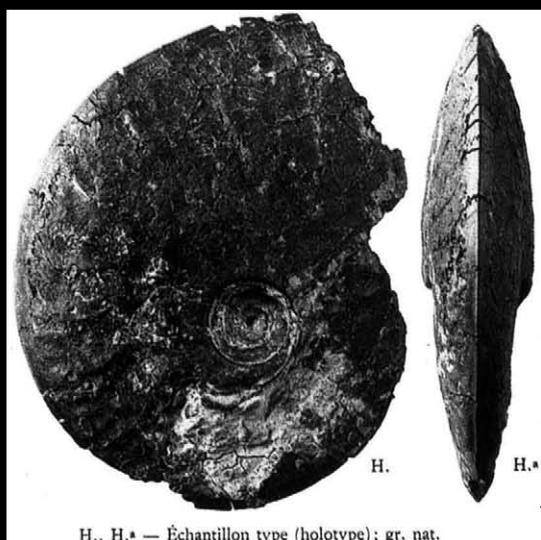
2 à 5 : quatre topotypes récoltés dans les niveaux élevés des Marnes de Dives (Callovien Terminal, fin de la Sous-zone à Lamberti) (coll. : DR, sauf [3] P. Delon).

2, 3 : deux individus de grande taille, auxquels manque la chambre d'habitation, probablement adultes. Noter l'ombilic très étroit, l'existence d'une seule carène siphonale sans replats bordiers, et l'absence totale d'ornementation dans les tours internes (c'est-à-dire sur la partie interne des tours). Noter également l'existence d'une sorte de sillon ou de dépression très peu prononcé entre le tiers inférieur et le mi-flanc ; noter enfin l'ornementation fugace au-dessus de ce "sillon", avec des "secondaires" virguliformes espacées.

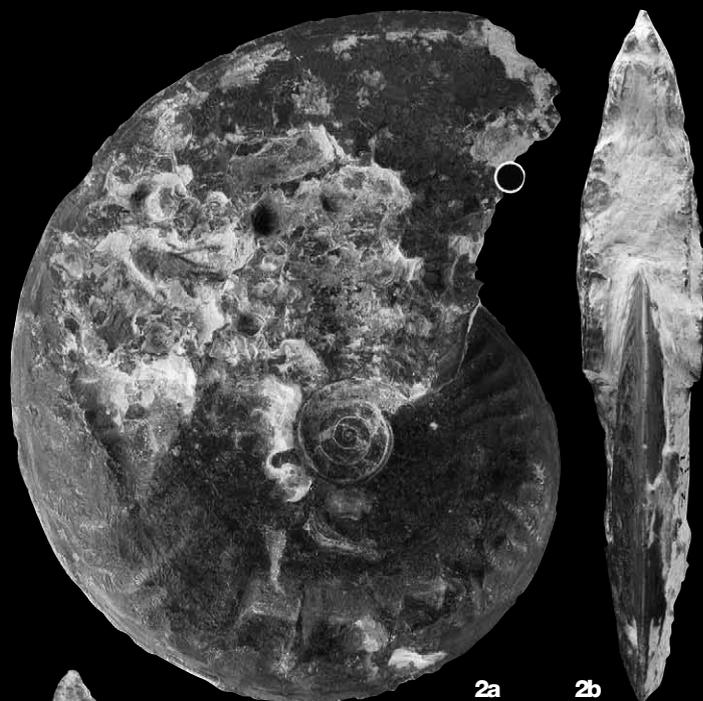
4 : un individu analogue de petite taille, non chambré, très probablement juvénile. Noter la costulation externe plus dense et marquée, ainsi que l'absence de "sillon latéral" à ce stade.

5 : un individu voisin, plus épais et à costulation plus nette, à ombilic plus ouvert. Sans chambre d'habitation, il est probablement adulte.

Il est assez raisonnable de considérer **2-4** comme des formes [M] et **5** comme un probable [m]. Des problèmes systématiques subsistent pour ce taxon : notons que par ses caractères, elle (le [M]) est proche des *Fehlmanites* plus récents. Egalement, elle est (le [m]) très proche des petits représentants oxfordiens d'*Eochetoceras hersilia* (D'ORBIGNY, 1850, holotype in Spath, 1927), moins épais ; chez cette dernière forme, il existe également de grandes coquilles assez comparables à l'holotype de *E. villersensis*. *E. villersensis* (D'ORB.) est indéniablement une forme callovienne, rencontrée, très rarement, dans les séries oolitiques de l'Est du Bassin parisien, dans les Horizons à Lamberti et Paucicostatum.

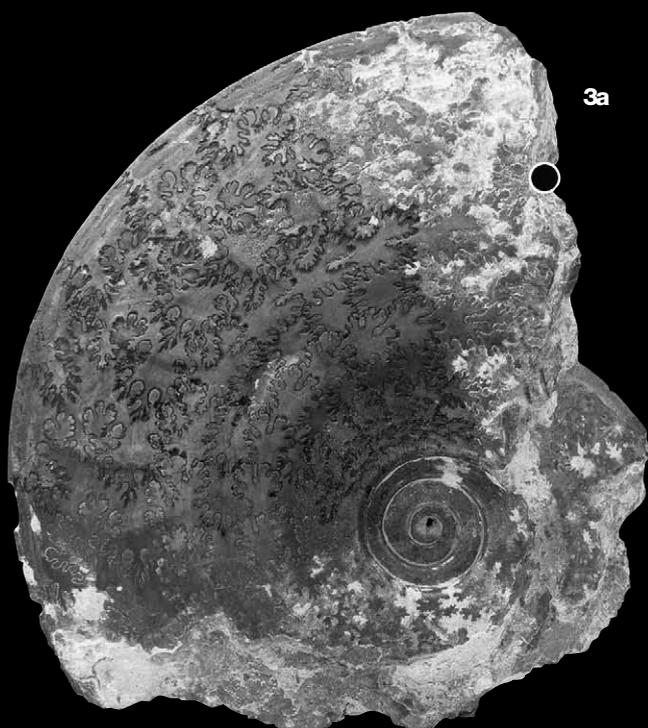


1



2a

2b



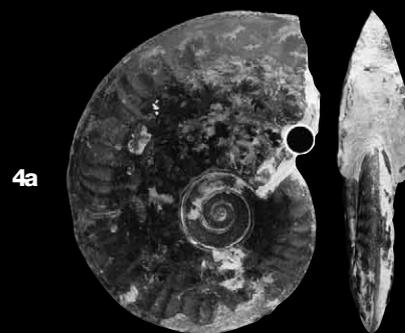
3a

3b



5b

5a



4a

4b



H. 1-3. — *Quenst. Henrici* n. sp.
variété *praelamberti* nova

Pl. C - Marqueurs biochronologiques définis aux Vaches-Noires : Cardioceratinae du Callovien Supérieur.

- 1 : une partie de la figure originale de Douvillé (1913, pl. 4: 32-33) ; individus (syntypes ?) retenus pour sa nouvelle espèce *Quenstedtoceras henrici* ; [M], sans chambre d'habitation, probables, de "H1-3".
- 2 : individus retenus par Douvillé (1913, pl. 4:34-38) pour illustrer sa "variété" *praelamberti* nov. de *Q. henrici* ; tours internes des deux dimorphes probables.
- 3-5 : *Q. henrici* DOUVILLÉ, 1913. Topotypes ; Marnes de Dives, Zones à Lamberti, Sous-zone à Henrici, Horizon à Henrici (= "H1" probable) (coll. : DR).
3 : petit [M] adulte probable ; 4 : tour interne ou juvénile de [M] ; 5 : vue ventrale péristoméale d'un [M] adulte complet (vue latérale pl. 18:1, p. 55).
- 6-7 : *Q. praelamberti* DOUVILLÉ, 1913. Topotypes ; Marnes de Dives, Zones à Lamberti, Sous-zone à Lamberti, Horizon à Praelamberti (= "H3/3" probable) (coll. : DR). 6 : tour interne de [M] ; 7 : grand [m] adulte complet, avec péristome complet rostré.

Pl. D - Marqueurs biochronologiques définis aux Vaches-Noires : *Cardioceratinae* de l'Oxfordien Inférieur.

1 : reproduction de la figure originelle d'*Ammonites mariae* de la "Paléontologie Française" (d'ORBIGNY, 1848, pl. 179), désigné lectotype par Buckman (1913).

2 : reproduction de la figuration de *Quenstedtoceras (Pavlowiceras) mariae*, moulages du premier néotype choisi par Arkell (1939:6-8) ; selon Arkell, [m] adulte ; individu non validé lors de la "Révision critique" (Fischer, 1994).

3 : moulage du second néotype, choisi par Marchand *et al.* (in "Révision critique" de Fischer, 1994, pl. 69:1). Exposé au Paléospace de Villers-sur-Mer, face droite (c'est l'autre face du néotype qui est illustrée dans la "Révision", et symbolisée, inversée, dans la "Paléontologie Française". Zone nominale ébauchée par Douvillé, 1881. Ammonite récoltée – probablement – dans la partie basse des Marnes de Villers.

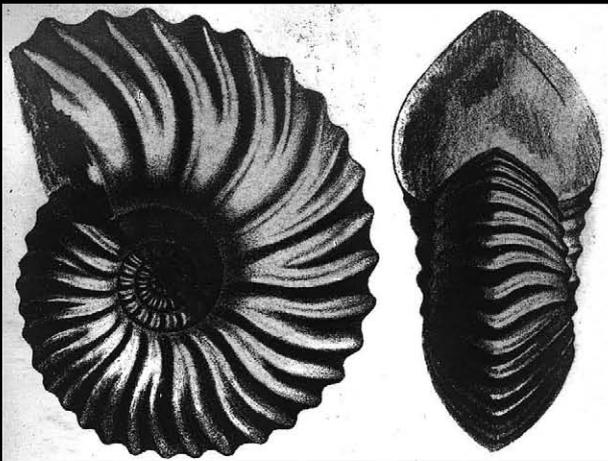
4 : *Cardioceras mariae* (D'ORBIGNY, 1848). [m] probable, tour interne provenant de la partie moyenne des Marnes de Villers ; Zone à *Mariae*, fin probable de la Sous-zone à *Scarburgense*, ou début de la Sous-zone à *Praecordatum* (coll. : DR).

5 : reproduction de l'individu de *Quenstedticeras praecordatum* DOUVILLÉ, 1913, figuré en 1914 ("MSGF", pl. 7:7) ; probablement désigné lectotype de l'espèce par Arkell (1946). Sous-zone nominale, partie supérieure de la Zone à *Mariae*, attribuée à Morley-Davies, 1916. Origine stratigraphique incertaine, discutée et attribuée par Douvillé à "H6" (début des Marnes de Villers), ce qui pourrait être discuté...

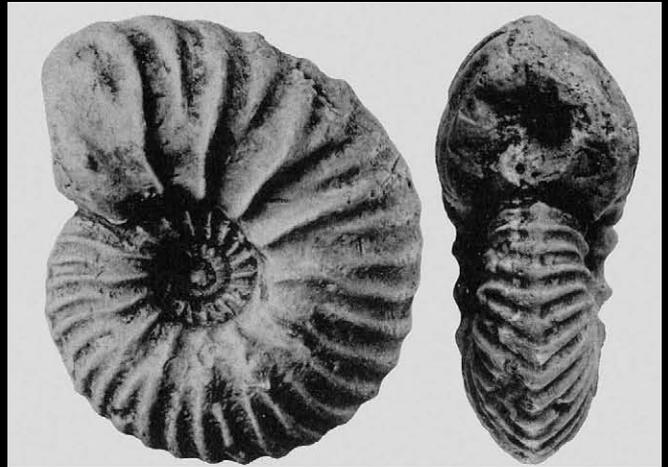
6 : *Cardioceras* sp. Visiblement très proche du néotype précédent, cet individu ([m] probable sans chambre) est légèrement plus involute, proportionnellement plus épais, montre des épaulements latéventraux plus prononcés. Son ornementation est moins dense, moins souple, plus régulière ; partie primaire des côtes plus élevée, plus rectiradadiée ; secondaires plus projetées, plus anguleuses ; carène mieux individualisée, plus grossière et nettement cordée. Visiblement voisine de *C. praecordatum* au premier abord, cet individu associe des caractères habituels chez les variants minces de la Sous-zone à Bukowskii, dont de grandes formes typiques ont été figurées in "Fossiles", hors-série 2, fig. 3, p.52 – Courville, 2011). Il est à peu près certain que cet individu n'appartient pas à *C. praecordatum*, ce que souligne d'ailleurs sa récolte à un niveau très élevé des Marnes de Villers (coll. : DR).

7 : reproduction de l'individu holotype de *Quenstedticeras pavlowi*, figuré par Douvillé (1913, pl. 11:13). Attribué avec une relative certitude au début des Marnes de Villers par l'auteur ("H6" [?]).

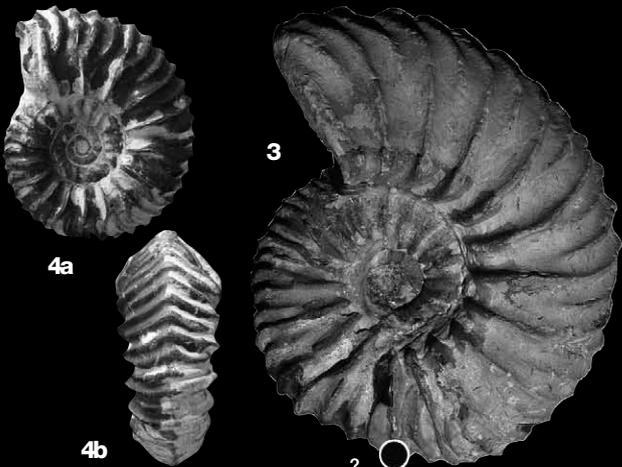
8 : *Cardioceras pavlowi* (DOUVILLÉ, 1913). Individu [M] juvénile ayant conservé une partie de sa chambre d'habitation, dont les flancs sont très mal préservés. Topotype récolté dans les Marnes de Villers, 1,8 m sous "H7", Zone à *Mariae*, Sous-zone à *Scarburgense* (coll. : DR).



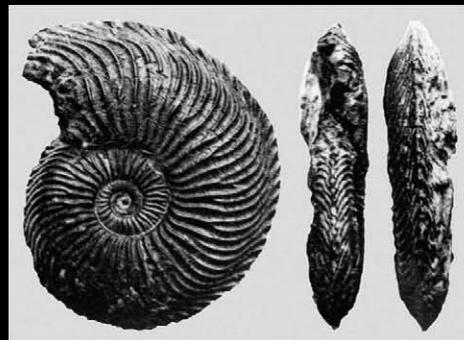
1



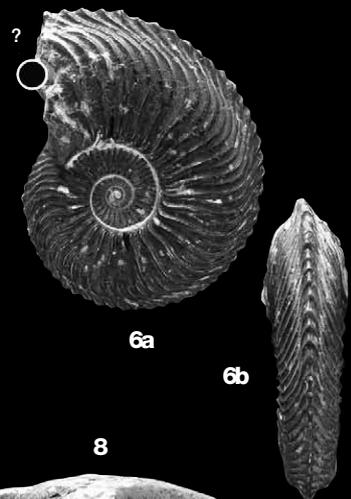
2



3



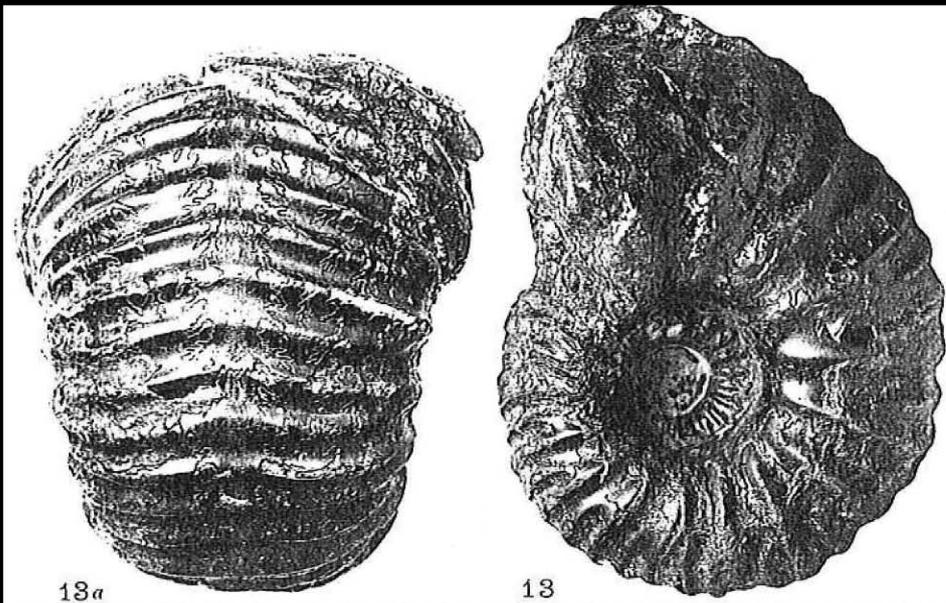
5



6a

6b

8



18a

18



7