

Le métier de paléontologue dans un musée labellisé « musée de France »

Du fossile au musée...

Marion TOUMINE

3^{ème} année de Licence Sciences de la

Terre et de l'Environnement

UE 6 – Stage

2018 - 2019



**UFR Sciences
et Techniques**

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	1
RÉSUMÉ	2
INTRODUCTION	3
I. LE PALÉOSPACE : UN MUSÉE DE SITE	4
A. LES VACHES NOIRES	4
1. GENERALITES	4
2. DYNAMIQUE DU MILIEU	5
3. LES AMMONITES : DES FOSSILES IMPORTANTS	6
4. ACCEDER AUX FOSSILES	7
B. QU'EST-CE QU'UN MUSEE LABELLISE ?	8
II. LE MÉTIER DE PALÉONTOLOGUE	9
A. LA MEDIATION	9
1. GENERALITES	9
B. EXEMPLES DE MEDIATION	10
1. QU'EST-CE QUE LA PALEONTOLOGIE ?	10
2. HISTOIRE DE LA PALEONTOLOGIE LOCALE	11
3. LA FOSSILISATION	12
4. POUR CONCLURE...	12
C. LES COLLECTIONS D'UN MUSEE DE FRANCE	13
1. GENERALITES	13
2. LES FOSSILES	14
D. LA RECHERCHE SUR LES COLLECTIONS	16
CONCLUSION	17
BILAN DE STAGE	17
TABLE DES FIGURES	18
BIBLIOGRAPHIE	20
SITOGRAPHIE	20

RÉSUMÉ

Le Paléospace est un musée de France situé à Villers-sur-Mer en Normandie. Ce musée de paléontologie présente essentiellement le patrimoine fossilifère de Villers-sur-Mer. Sa scénographie permet de découvrir les animaux vivant entre le Jurassique et le Crétacé dans la région des Falaises des Vaches Noires. Cette transmission de savoirs met en lien théorie et pratique au travers de visites ou d'ateliers dans le musée et de sorties aux falaises.

Le métier de paléontologue fait rêver petits et grands. Cependant il requiert tout un travail minutieux de recherche autour des fossiles et de gestion des collections. Tout ce travail, même caché aux yeux du public, lui est retransmis via la médiation, un métier très important dans le fonctionnement d'un musée quant à la transmission des savoirs précités.

Mots clé : *fossile, musée de France, collection, médiation, paléontologie*

Paleospace labelled « Musée de France » is located in Villers-sur-Mer in Normandy. This museum of paleontology presents essentially the fossiliferous heritage of Villers-sur-Mer. Its scenography allows to discover animals living between Jurassic and the Cretaceous in the region of the Vaches Noires cliffs. This knowledge transfer links theory and practice through visits and workshops in the museum and cliff excursions.

The profession of paleontology makes children and adult dream. However, it requires careful research into fossils and collections management. All this work, even hidden from the eyes of the public, is transmitted to it via mediation, a very important profession in the operation of a museum in terms of the transmission of the aforementioned knowledge.

Key words : *fossil, Musée de France, collection, mediation, paleontology*

Remerciements :

Je tiens à remercier M. Abderrahim Jardani de m'avoir permis de réaliser ce stage et particulièrement à mon maitre de stage Laurent Picot qui m'a gentiment proposé ce stage. Des remerciements sont également de circonstance à la directrice du musée Karine Bouteiller sans qui cela n'aurait pas été possible. Je remercie également le pôle de médiation, l'accueil et les masters pour m'avoir fait rire aux éclats chaque jour et aider dans mon projet : Stéphane Croutte, Thomas Meschine, Erwan Collas, Alexis Goulet, Mélanie Famette, Félicie Debusschere, Sébastien Choffat, Jonas Le Mort, Evariste Monvoisin et bien d'autres.

Ces remerciements sont aussi destinés à mon ami Jean-Baptiste Langlois et ses parents qui m'ont loué leur appartement lors de mon stage.

De plus, je remercie tous mes amis qui sont venus me rendre visite pendant mon stage et m'ont permis de rendre cette expérience encore plus mémorable. Pour finir je remercie fortement mes parents qui ont fait plusieurs fois le trajet pour venir me voir.

INTRODUCTION

Villers-sur-Mer (Fig. 1) est une petite ville balnéaire du Calvados en Basse-Normandie. Elle est particulièrement connue pour son musée de paléontologie (Paléospace L'Odyssée) et pour sa relation avec le méridien de Greenwich, la référence internationale de la longitude à 0°. Pour les géologues et les paléontologues, elle se démarque par la présence des Vaches Noires.



Figure 1 : Vue de la ville de Villers-Sur-Mer



Figure 2 : Logo et bâtiment du Paléospace L'Odyssée

Le **Paléospace L'Odyssée** (Fig. 2) est un musée situé non loin des Vaches Noires. Il met en valeur la paléontologie en exposant des collections provenant directement du site, l'astronomie grâce au méridien de Greenwich et apporte des connaissances sur les marais côtiers avec le Marais de Villers-Blonville situés à côté du musée.

Ce musée expose des fossiles marins, des reptiles marins et des dinosaures présents en Normandie à l'échelle des temps géologiques. Il possède également une exposition temporaire (Requins, 430 millions d'années d'évolution), une salle dédiée au Méridien de Greenwich (Fig. 3), ainsi qu'un planétarium.



Figure 3 : Représentation cartographique du Méridien de Greenwich en France

La mission demandée est de découvrir et de comprendre le fonctionnement d'un musée labellisé « Musée de France » au travers des différents métiers : la médiation scientifique, la gestion des collections et la recherche en paléontologie.

Les objectifs de ce stage sont d'explorer toutes les activités professionnelles et culturelles présentes dans le musée et de comprendre les dynamiques de ce milieu particulier. Pour cela, la participation aux visites guidées, l'exploration de chaque recoin du musée et surtout les sorties autour des Vaches Noires et du Marais sont nécessaires.

I. LE PALÉOSPACE : UN MUSÉE DE SITE

A. Les Vaches Noires

1. Généralités

Ce sont des **falaises** situées entre Villers-sur-Mer et Houlgate, il s'agit d'un site protégé : « zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique¹ » depuis 1995. Quelques rares espèces ornent la falaise, les orchidées. Les falaises s'étendent sur cinq kilomètres pour hauteur d'une centaine de mètres. Elles sont sous la protection du « Conservatoire du littoral »



Figure 4 : Falaises des Vaches Noires

La première chose que nous pouvons nous demander c'est pourquoi ce nom ? Étymologiquement, cette appellation vient des marins qui, en regardant depuis la mer, pensaient que des vaches erraient aux bords de mer. En réalité, cet aspect était caractérisé par les blocs de craies effondrés sur la plage recouverts par les algues et donnaient ainsi cet aspect noir aux roches.

Il s'agit d'un également d'un point de repère à la navigation côtière ancienne nommé amer.

Les Vaches Noires (**Fig. 4**) peuvent être désignées comme **Badlands**². C'est pour cela qu'il n'y a que très peu de végétations, le milieu étant très instable.

C'est le lieu de nombreux fossiles et ossements, le musée est donc parfaitement situé pour collecter ses biens. Cela attirent les curiosités aux quatre coins de la France et le reste du monde. En effet, la recherche de fossiles et d'ossements a toujours fasciné les Hommes, plus particulièrement à partir du XVIIIe siècle :

« Une portion de mâchoire de quelque grand Cétacé du genre du Cachalot trouvée dans une espèce de Carrière proche de Dives en Normandie, sur la Falaise, à plus de trois cents pieds³ au-dessus du niveau de la mer » (Romé de Lisle⁴, 1767 : 214, **Fig. 5**) (Devilliers, 1782)

La question que nous pouvons nous poser à présent : **Comment expliquer qu'un ossement d'une espèce entièrement marine s'est retrouvé au haut de la falaise ?**



Figure 5 : Portrait du physicien Romé de Lisle (Wikipédia)

¹ ZNIEFF

² Terrains très érodables dans les milieux peu montagneux.

³ 91 mètres.

⁴ Physicien et minéralogique français du XVIIIe siècle, papa de la cristallographie moderne.

2. Dynamique du milieu

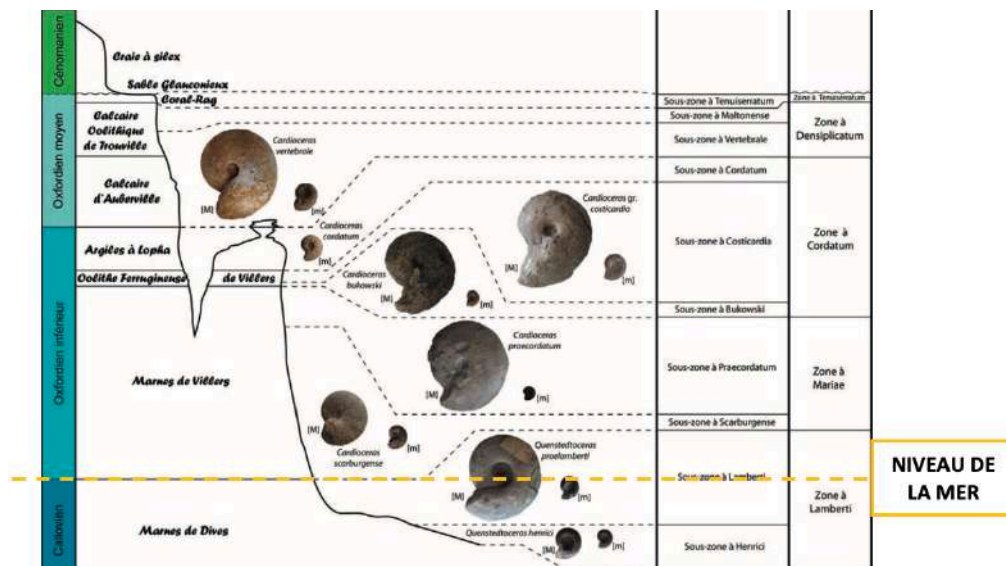


Figure 6 : Structure stratifiée des falaises des Vaches Noires (Merle, 2011, modifié)

La falaise est formée de superposition de **couches géologiques** tabulaires que l'on appelle stratifications. Sur la **Figure 6** sont représentées les différentes couches présentes et le niveau de la mer actuelle. D'après Les Falaises des Vaches Noires de Cuvier au Paléospace (Merle, 2011), huit formations lithostratigraphiques ont été identifiées.

Nous distinguons ainsi les **Marnes de Dives** du Callovien (-162 Ma). La marne est une roche sédimentaire composée d'argile et de calcaire. Les Marnes de Dives sont dites bioclastiques, c'est-à-dire qu'elles contiennent de nombreux débris de fossiles (coquilles...) et des bancs calcaires (oolithes, sables). Il s'agit de la couche géologique la plus ancienne puisqu'elle se situe en-dessous des autres couches. D'ailleurs, c'est dans cette couche que les plus beaux ossements ont été trouvés.

S'ajoute, au-dessus, les **Marnes de Villers** de l'Oxfordien (-160 Ma) de couleur grise ayant quelques bancs calcaires. Cette couche s'appauvrit en fossiles. Elle contient cependant de pyrite, aussi appelée « or des fous ».

Cette même période témoigne d'une couche d'**Oolithe ferrugineuse de Villers** et d'**Argile à Lophia**. La première est de couleur rouille⁵ et contient de nombreux oolithes et de bioclastes. Le milieu de dépôt est plus agité, les débris en témoignent. En effet, les dépôts ont été brassés et cassés créant alors les débris. L'Argile à Lophia, comme son nom l'indique, contient de nombreux Lophia et se forme d'une alternance de marne et de calcaire.

Le **Calcaire d'Auberville** et le **Calcaire oolithiques de Trouville** sont respectivement les deux couches se trouvant à l'Oxfordien moyen (-158 Ma). La première se compose de fossiles de nombreux bivalves prisent dans une matrice de calcaire marneuse et sableuse. Elle témoigne d'une mer chaude et beaucoup moins profonde. Plusieurs facteurs sont ainsi à prendre en compte : la régression⁶ marine et remplissage de la vasière par les sédiments. Les Calcaires oolithiques de Trouville contiennent des bancs de calcaire de grains de sables ou

⁵ Témoigne de la présence de fer.

⁶ Baisse du niveau de la mer

de débris de carbonate que l'on appelle oolithes. Les échinodermes et les gastéropodes sont principalement retrouvés dans ce milieu.

Pour terminer dans l'Oxfordien moyen, nous avons le **Coral-Rag**. Il est appelé ainsi car la couche se compose principalement de fossiles de coraux. Il marque l'arrivée d'un climat tropical. L'abondance de ces fossiles ajoutée à des débris de coquilles montrent ainsi un milieu agité.

Il y a ensuite, une anomalie entre l'Oxfordien moyen et le Cénomanién. En effet, huit étages⁷ ont disparu (**Annexe 1**). C'est ce que nous appelons un **hiatus**, deux couches ne se suivant pas dans l'échelle stratigraphique se touchent. La mer s'est donc retirée en érodant les couches sous-jacentes.

Notre dernière couche date du Cénomanién (-99 Ma). Elle contient des **Sables à glauconie**. D'après le Dictionnaire de Géologie (Alain Foucault, 2010), la glauconie est « une association de minéraux argileux à forte teneur en Fe³⁺ [...] qui se forme en milieu marin, le plus souvent à des profondeurs de 50 à 500 m [...] sous forme de grains vert foncé [...] qui se développe dans des débris de coquilles ». Il y a également de la **Craie à silex**, tout en haut de la falaise, comme celle que l'on retrouve aux falaises de Haute-Normandie (ex : Falaises d'Étretat).

3. Les Ammonites : des fossiles importants

Nous pouvons remarquer que des ammonites ornent le profil. Elles ont permis de dater les couches géologiques des Vaches Noires : Jurassique – Crétacé inférieur⁸. Elles sont ainsi des **marqueurs bio-stratigraphiques** de qualité entre le Trias et le Crétacé (D'Orbigny, 1850). Elles ont caractérisé une mer chaude.

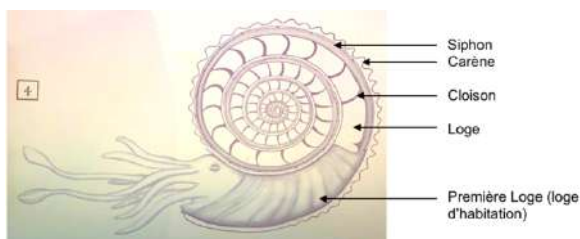


Figure 7 : Schéma et structure d'une ammonite (Paléospace)

Les **ammonites** (**Fig. 7**) sont des animaux marins d'autrefois constitués d'une coquille à tours possédant des lignes de sutures complexes (= persillées), les formes sont très variables. Ses loges, convexe vers l'avant, étaient séparées de cloisons et un siphon les connectait entre-elles. Ils vivaient entre le Jurassique et le Crétacé. Ils étaient pélagiques nectoniques (déplacement dans le milieu marin en nageant).

Sur la **Figure 6**, les ammonites représentées sont appelées *Cardioceras*. Elle possède une coquille involute⁹ et vivaient entre le Callovien et le Kimméridgien (-164 Ma à -150 Ma).

De ce fait, nous pouvons dire que la présence des ammonites et des autres fossiles marins dans les falaises montrent que le niveau de la mer était bien plus élevé qu'aujourd'hui.

⁷ Nom donnée aux couches dans l'échelle stratigraphique internationale (Éon, Ère, Système, Série, Étage)

⁸ -199 Ma à -100 Ma

⁹ Tours très recouvrant, par opposition à évolute

4. Accéder aux fossiles

Pour récolter les fossiles présents dans la falaise, il faut chercher à marée basse au niveau des roches éboulées. Cependant, pour en arriver à cette étape, différents processus ont lieu, représentés par la **Figure 8**.

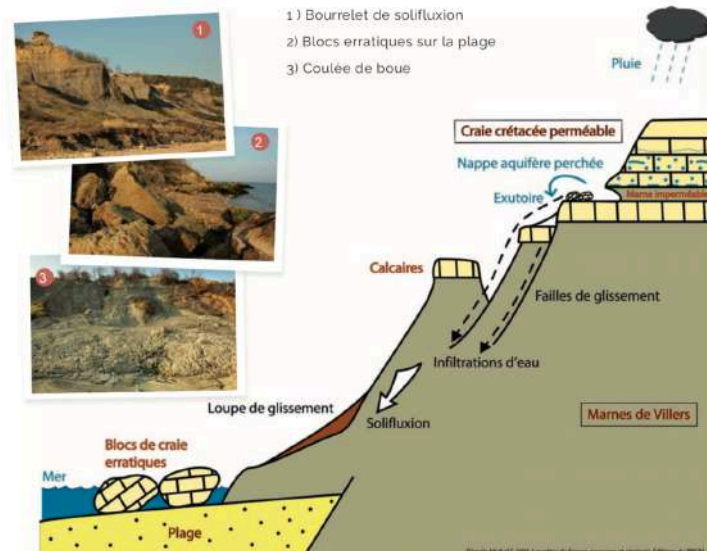


Figure 8 : Schéma explicative de la dynamique des Vaches Noires (Merle, 2011)

Premièrement, la pluie va tomber sur la craie perméable¹⁰. La craie est une roche sédimentaire et poreuse¹¹ composé de carbonate de calcium, cette caractéristique est démontrée par effervescence par un test à l'acide chlorhydrique de formule HCl. Sa forte porosité permet à l'eau d'être stockée dans la roche et sa perméabilité va permettre, par infiltration, d'alimenter la nappe libre. Au niveau des falaises, cette eau va ressortir car la marne, qui suit la craie, est imperméable.

Ensuite, l'eau va créer des blocs de craie par dissolution, qui est très friable, d'une part et se stocker dans la marne qui va gonfler. En effet, la marne est composée majoritairement d'argile, et possède une capacité de stockage (= porosité) de 40 à 50%. Cependant, son imperméabilité ne va pas laisser l'eau s'échapper, d'où ce gonflement.

Enfin, des coulées de boue s'en suivent, causées par le poids exercé sur la falaise, transportant les blocs de pierres en bas de la falaise. Les blocs sont ensuite lavés à marée haute par l'eau de mer, permettant de récupérer ainsi les fossiles à marée basse.

¹⁰ Capacité d'une roche à faire circuler un fluide.

¹¹ Pourcentage de vides d'une roche pouvant être occupés par de l'eau ou des fluides (ici 10 à 40%).

B. Qu'est-ce qu'un musée labellisé ?



Figure 9 : Logo de la labellisation "Musée de France"

Un **musée labellisé « Musée de France »** (Fig. 9) est un musée appartenant à l'État, depuis la loi du 4 janvier 2002 : « *Toute collection permanente composée de biens dont la conservation et la présentation revêtent un intérêt public et organisé en vue de la connaissance, de l'éducation et du plaisir du public* » (Art. L. 410-1) (Ministère de la Culture, 2002).

L'objectif de ce label est la conservation des dons et l'entretien d'une fiche d'inventaire sur tous les biens présents dans le musée. Il a également pour but d'embellir les collections par des recherches approfondies pour obtenir le maximum de renseignements sur les différentes pièces. De plus, les collections du musée appartiennent à l'État, ce ne sont pas des collections privées, et sont inaliénables, elles ne peuvent pas être vendues ou séparés des autres pièces de la collection.

Pour obtenir les informations sur chaque pièce, un travail de recherche est nécessaire. Enfin, pour terminer cette succession de processus, le musée a pour objectif de transmettre toutes ces connaissances acquises au public, de tout âge, au travers de visites, d'activités interactives et ludiques ou encore de sorties de terrain au niveau des Vaches Noires.

Le Paléospace est un musée de site, c'est-à-dire qu'il ne s'intéresse pas à tous les fossiles et ossements que l'on peut trouver, mais privilégie les spécimens retrouvés en France et particulièrement en Normandie : « *Ce dernier n'accepte pas systématiquement les pièces qui lui sont proposées mais ne s'intéresse qu'aux fossiles de provenance clairement spécifiée, et ayant une valeur muséale et/ou scientifique. De plus, il se définit comme musée de site et à ce titre privilégie les fossiles normands, si possible issus des falaises des Vaches Noires* » (Guidat, 2018).

II. LE MÉTIER DE PALÉONTOLOGUE

A. La médiation

1. Généralités

Dans un musée, plusieurs métiers sont à pourvoir. Ils sont tous d'une importance capitale pour le bon fonctionnement du musée. Selon le thème général du musée, certains postes seront modifiés.



Figure 10 : Galerie du Jurassique
(Paléospace)

Le responsable scientifique gère la réalisation d'expositions et d'ateliers afin de permettre une bonne visite du musée, à la fois explicative et interactive. Il est aussi chargé de la gestion des collections, c'est-à-dire qu'il est amené à voyager afin d'apporter de nouveaux fossiles ou d'en prêter à d'autres musées et laboratoires de recherche.

La médiation scientifique est un processus de partage de connaissances relatives au musée, et au milieu qu'il l'entoure. Par exemple, au Paléospace L'Odyssée, les médiateurs expliquent les falaises des Vaches Noires ainsi que les espèces trouvées en Normandie. Ils essaient de créer des liens entre les savoirs de la science et le public. Les visites guidées se font au niveau de la Galerie du Jurassique (**Fig. 10**) et de la Salle des dinosaures (**Fig. 11**).

Il est important de comprendre que les connaissances du public permettent aussi d'alimenter la médiation. La mise en place d'activités et de jeux ludiques font également parti du processus de médiation.

La communication au travers de la médiation s'appelle la vulgarisation, ici scientifique : « *L'expression vulgarisation scientifique apparaît au XIXe siècle pour désigner le fait de diffuser les connaissances savantes en les mettant à la portée du grand public* » (Rasse, 2007). Le terme vulgarisation signifiait alors que la transmission de connaissance était « *une mission nécessaire à un public en manque de science* » (Bensaud-Vincent, 2010), ce qui aujourd'hui représente surtout une curiosité plutôt qu'un manque de culture.



Figure 11 : Salle des dinosaures
(Paléospace)

B. Exemples de médiation

1. Qu'est-ce que la paléontologie ?

La **paléontologie** est l'étude des êtres vivants passés à l'échelle des temps géologiques.

Nous distinguons aujourd'hui trois types de paléontologie. Tout d'abord, la **paléontologie systématique**, qui va s'intéresser à une espèce et un fossile et d'identifier les liens phylogénétiques¹² potentiels (**Fig. 12**). Le but est de connaître les similitudes et les différences entre une espèce actuelle et une espèce ancienne.

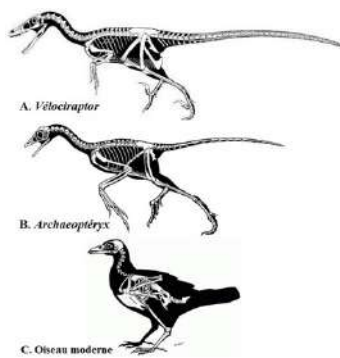


Figure 13 : Enveloppe corporelle de différentes espèces (Paléohistologie) (Du côté de chez *Elysia chlorotica*)

La **paléohistologie** est, comme son nom l'indique, l'étude des tissus des espèces anciennes. L'étude se limite à celle des os et des dents qui sont les parties les mieux conservées (référence à *Fossilisation*). Cette discipline est d'une importance capitale puisqu'elle nous permet d'obtenir la forme générale de l'être passé (**Fig. 13**).

Enfin, nous avons la **paléontologie fondamentale**. L'identification et la recherche de chaque espèce permettent de reconstituer le paléo-environnement à l'échelle des temps géologiques (**Fig. 14**). Un paléo-environnement est le milieu de vie des êtres vivants à l'échelle des temps géologiques.

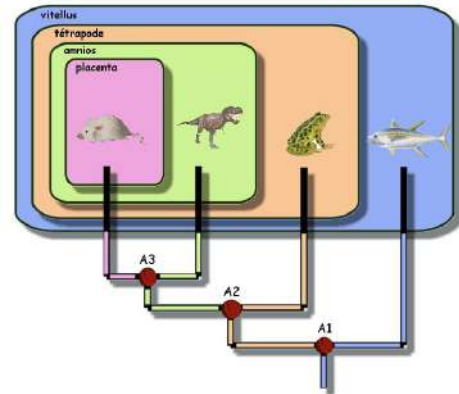


Figure 12 : Lien phylogénétique entre plusieurs espèces (Paléontologie Systématique) (IUFM de Bretagne)



Figure 14 : Paléo-environnement (Paléontologie fondamentale) (Smanteau)

¹² Liens de parenté.

2. Histoire de la paléontologie locale

La paléontologie a soulevé de nombreux débats, notamment au XIX^e siècle avec, d'un côté Georges Cuvier (**Fig. 15 – A**) et son professeur Étienne Geoffroy Saint-Hilaire de l'autre (**Fig. 15 – B**): le premier est un fixiste¹³, le second un évolutionniste¹⁴.

Cuvier est l'un des premiers fondateurs de la paléontologie notamment grâce à son étude sur le **crocodile de Honfleur** (**Fig. 16**). D'après Lettres sur les Crocodiles vivants et Fossiles (H.M Blainville, 1852) : « Cuvier [...] avait remarqué que l'ouverture postérieure des narines était située beaucoup plus en avant que dans les crocodiles vivants » et « Plus tard, Geoffroy Saint-Hilaire, [...] reconnut aussi la position et la structure insolites des arrières-narines du Crocodilien ». Les deux scientifiques partaient donc de la même idée au départ.

En 1808, Cuvier annonce qu'il n'y a aucun lien entre les animaux passés et les animaux actuels. En revanche, Saint-Hilaire affirme qu'« *il ne répugne point à la raison, c'est-à-dire aux principes physiologiques, que les crocodiles de l'époque actuelle ne puissent descendre par une succession non interrompue des espèces antédiluviennes* » (1825), d'après La Révolution transformiste en France (Cédric Grimoult, 2000).



Figure 15 : Portraits de Georges Cuvier (à gauche) et Étienne Geoffroy Saint-Hilaire (à droite) (Futura Sciences)



Figure 16 : Travaux de Georges Cuvier sur le « crocodile de Honfleur » (Muséum national d'histoire naturelle)

Ce débat a également façonné l'idée de la théorie de l'évolution de Charles Darwin cinquante ans plus tard.

¹³ Ne croit pas en la théorie de l'évolution, les êtres sont apparus tels quels.

¹⁴ Croit en la théorie de l'évolution, les êtres vivants ont subi des transformations au cours du temps, notamment pour s'adapter à leur milieu..

3. La fossilisation

La **fossilisation** est le processus de transformation des êtres nouvellement morts en pierre, appelé fossile, dans une roche sédimentaire. D'après le site *Futura Sciences*, la fossilisation est « *l'ensemble des processus qui permettent un remplacement partiel ou total la matière organique d'un organisme mort par des minéraux* ». Les animaux, les végétaux et le bois peuvent se fossiliser.

Ce processus se fait en plusieurs étapes représentées par la **Figure 17**.

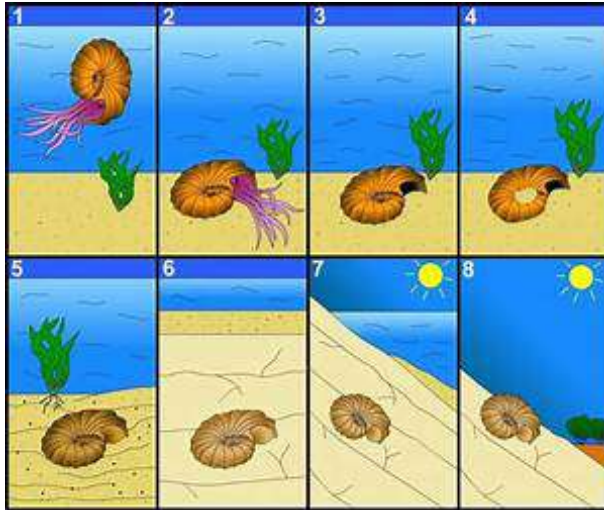


Figure 17 : Étapes de la fossilisation (Société d'histoire naturelle du Doubs)

Tout d'abord, l'animal, ici l'ammonite vit (1) puis meurt (2) selon un cycle biologique. Ensuite ses parties molles se dégradent, ne laissant que les parties dures (3). Les sédiments se déposent au fond de la mer durant des millions d'années, enfouissant ainsi l'animal devenu fossile (4, 5, 6). Progressivement, la mer va se retirer (7) entraînant l'érosion des sédiments. Le fossile suit cette érosion et est ainsi favorable à sa récolte (8).



Figure 18 : Fossile d'un *Proteroctopus ribeti* du Callovien (Wikipédia)

Dans un fossile, seules les parties dures sont conservées, c'est-à-dire les os, les dents, les coquilles... Les parties molles (peau, chair, organes...) quant à elles sont dégradées en matière minérale et disparaissent. Toutefois, il peut arriver que certaines parties molles se conservent. Cela peut arriver lorsque le sédiment se dépose avant que l'organisme ne perde ses parties molles. Dans ce cas, seuls les gaz s'échappent ne laissant que les substances carbone (**Fig. 18**). L'ambre, permet également d'obtenir une conservation de qualité.

Pour savoir si un fossile en est un, nous pouvons nous référencer à son poids. Un fossile sera d'autant plus lourd que son équivalent actuel.

4. Pour conclure...

La paléontologie est alors expliquée sous différents angles. Dans un musée et plus particulièrement au Paléospace, cette discipline est illustrée par des visites guidées, dans le cadre d'ateliers ludiques et créatifs comprenant des expériences et des manipulations d'appareils scientifiques comme les microscopes ainsi que des supports tablettes, outils de visite et de compléments d'informations.

C. Les collections d'un musée de France

1. Généralités

Le travail de terrain et de recherche font indirectement parti du musée. Tout un travail est effectué pour identifier les espèces fossiles. Une fois étudiée, elles sont répertoriées dans une base de données. Au Paléospace, la base de données se nomme Flora (**Fig. 20**), chaque pièce est répertoriée selon plusieurs critères bien définis. Il s'agit d'une base de données temporaire, c'est-à-dire que les informations sont stockées avant d'être validées. Une fois validées, les données sont disponibles sur le site **muséobase**, qui regroupe les informations des pièces de tous les musées de France en termes d'art, d'archéologie, de fossile... et disponible à tout public.

Chaque pièce est représentée par un numéro bien renseigné (**Fig. 19**) :



Figure 19 : Code permettant de répertorier chaque lot des collections

Certaines informations sont nécessaires pour classer et décrire chaque pièce, un moyen également de retrouver un spécimen en particulier dans la base de données. Pour un fossile, les critères fondamentaux sont la datation (période où le fossile vivait), la dimension (largeur, longueur, hauteur de l'espèce fossile), le nom de l'espèce (taxonomie¹⁵ de l'espèce), le lieu (lieu de découverte du fossile) et une photo.

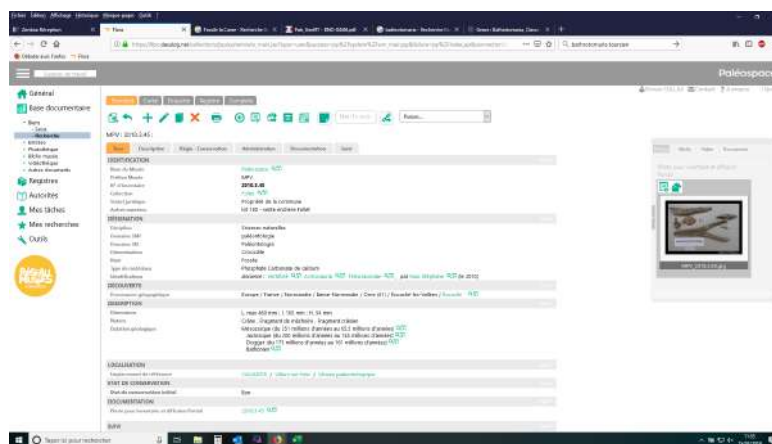


Figure 20 : Visuel de la base de données Flora

Une fois validée, les pièces sont disposées dans le musée avec une conservation sous une température à 25°C. Cependant, il est important de respecter les normes en ce qui concerne les éléments recouverts de pyrite. D'après Les Plantes fossiles de l'Argile de Londres, (Margaret E. Collison, 1983) « *une quantité considérable de matériel des premières collections de l'Argile de Londres a été perdue, par la cause de la dégradation de la pyrite qui [...] risque la destruction si elle est stockée dans des conditions d'humidité relativement élevée* ». Les éléments composés de pyrite sont donc disposés dans des boîtes afin de limiter tout contact avec les autres éléments du musée.

¹⁵ En biologie, enchaînement des différents taxons regroupant des êtres vivants ayant les mêmes caractéristiques.

2. Les fossiles

Les fossiles les plus présents dans les Vaches Noires regroupent de petits invertébrés marins. Ils en existent de toute forme et de toute taille. Seront représentés les fossiles les plus communs dans ce secteur selon leur disposition dans les différentes couches géologiques. Leurs descriptions seront présentées dans l'**Annexe 2**.

CORAL-RAG	Corail et spicules
CALCAIRE OOLITHIQUE DE TROUVILLE	Oursins et radioles
ARGILES A LOPHA	<i>Lopha</i>
	<i>Gryphea</i> plate
OOLITHE FERRUGINEUSE DE VILLERS	<i>Mytilus</i>
	Ammonites (<i>Euspidoceras douvillei</i>)
	<i>Gryphea</i>
MARNES DE VILLERS	<i>Ostrea</i>
	Ammonites (<i>Quenstedtoceras</i>)
	Rostres de bélemnite
MARNES DE DIVES	Ammonites
	<i>Lopha</i>
	Oursins et Radioles
	Rostres de bélemnite

Figure 21 : Tableau des fossiles communs d'invertébrés retrouvés aux Vaches Noires

Les petits animaux marins ne sont pas les seuls fossiles présents aux Vaches Noires, nous y retrouvons également des **reptiles marins** comme l'ichthyosaure, le pliosaure, le plésiosaure ou encore le *metriorhynchus*. (**Annexe 3**)

Des ossements de **dinosaures** peuvent également être trouvés dans le secteur. Il y a donc une incohérence avec ce qui vient d'être dit précédemment. Nous avons démontré que dans le passé, les falaises étaient recouvertes d'eau, donc comment expliquer la présence de dinosaures, qui sont strictement terrestres, dans ce secteur. Les chercheurs ont alors supposé l'idée que ces espèces ont été déposés là par la mer, provenant du Massif Armoricain. (**Annexe 3**)

La **Figure 22** représente un exemple de fossile retrouvé à Villers-sur-Mer et répertorié dans la base de données Flora pour la gestion des collections.

The screenshot shows the 'Fiche d'inventaire' (Inventory Card) for a fossil specimen in the Flora database. The card is titled 'MPY : 2010.3.551'. It contains the following information:

- IDENTIFICATION:** Nom du Musée: MPY, Préf. Musée: 2010.3.551, N° d'inventaire: 1, Nombre d'objets de lot ou ensemble (if): 1, Colonne: 1.
- DÉSIGNATION:** Sciences naturelles, Paléontologie, Ammonites, Multicellulaire, Cephalopode, Ammonite, Carbonatée, Quenstedtoceras, Rostre.
- DÉCOUVERTE:** Provenance géographique: Europe / France / Normandie / Basse-Normandie / Calvados / Villers-sur-Mer.
- DESCRIPTION:** Dimensions: L. 25,3 mm ; diam. 7,5 mm, Matière: Moule interne, Muséum: (du 251 millions d'années au 65,5 millions d'années), Jurassique (du 200 millions d'années au 145 millions d'années), Dogue (du 177 millions d'années au 161 millions d'années), Cretacé.
- LOCALISATION:** Localisation actuelle: CALVADOS / Villers-sur-Mer / Musée paléontologique / Compacte 4 / C.4.20.
- ÉTAT DE CONSERVATION:** État de conservation actuel: Bon.
- DOCUMENTATION:** Photo pour inventaire et diffusion: 2010.3.551.
- SURVEY:** URL de la notice: https://flora-database.net/collectors/museum/2010.3.551, URL de la notice: https://flora-database.net/collectors/museum/2010.3.551, URL de la notice: https://flora-database.net/collectors/museum/2010.3.551, URL de la notice: https://flora-database.net/collectors/museum/2010.3.551.

To the right of the card is a photograph of the fossil specimen, a dark, spiral shell, with a scale bar and a label '2010.3.551'.

Figure 22 : Fiche d'inventaire d'une *Quenstedtoceras* de Villers-sur-Mer (Base de données Flora)

Ci-dessous sont représentés les reptiles marins et les dinosaures les plus connues des Vaches Noires. Ils sont classés selon leur taxonomie.

	DOMAINE	RÈGNE	EMBRANCHEMENT	CLASSE	ORDRE	FAMILLE	GENRE	ESPÈCE
DINOSAURES	<i>Eucarya</i>	<i>Animalia</i>	<i>Chordata</i>	<i>Sauropsida</i>	<i>Ornithischia</i>	<i>Stegosauridae</i>	<i>Lexovisaurus</i>	<i>Lexovisaurus durobrivensis</i>
					<i>Saurischia</i>	<i>Megalosauridae</i>	<i>Streptospondylus</i>	<i>Streptospondylus altdorfensis</i>

	DOMAINE	RÈGNE	EMBRANCHEMENT	CLASSE	ORDRE	FAMILLE	GENRE	ESPÈCE
REPTILES MARINS	<i>Eucarya</i>	<i>Animalia</i>	<i>Chordata</i>	<i>Sauropsida</i>	<i>Ichtyosauria</i>	<i>Ophthalmosauridae</i>	<i>Ophthalmosaurus</i>	<i>Ophthalmosaurus icenicus</i>
					<i>Plesiosauria</i>	<i>Pliosauridae</i>	<i>Liopleurodon</i>	<i>Liopleurodon</i>
						<i>Cryptoclididae</i>	<i>Muraenosaurus</i>	<i>Muraenosaurus</i>
							<i>Cryptoclidus</i>	<i>Cryptoclidus</i>
					<i>Crocodylomorpha</i>	<i>Metriorhynchidae</i>	<i>Metriorhynchus</i>	<i>Metriorhynchus</i>

Seules les espèces de reptiles marins et de dinosaures seront décrites.

D. La recherche sur les collections

La recherche est un travail méticuleux et rigoureux dans le domaine de la science. Les médiateurs scientifiques peuvent également participer aux recherches. Ils sont polyvalents. Durant mon stage, deux stagiaires de master ont effectué des recherches sur des spécimens particuliers.



Figure 24 : Squelette d'un *Metriorhynchus brachyrhynchus* (Sujet de rapport de stage d'un Master du Paléospace)

Le premier, Jonas Le Mort, a étudié un « *Metriorhynchus* » *brachyrhynchus*, un crocodilien du Callovien. Cette espèce est strictement marine. Sur la (Fig. 24), est représenté le spécimen en question, il n'est pas complet mais possède les informations suffisantes pour pouvoir le décrire.

Il a commencé son mémoire par la description de la classification des *Metriorhynchidae* qui

posent certains problèmes car ces derniers sont étudiés depuis très longtemps et la classification a énormément changé, notamment depuis le début des années 2000. Il a ensuite procédé à l'identification du spécimen et à travailler sur un modèle d'estimation de la taille à partir de la longueur de l'ischion¹⁶. Il s'agit d'un sub-adulte car un jeune possède un centrum et un arc neural détaché qui fusionnent en grandissant (Fig. 23). Ici, la suture entre les deux est encore visible montrant qu'il a atteint sa maturité sexuelle mais pas encore sa taille maximale. Il a ensuite décrit le contexte paléoécologique afin de comprendre son mode de vie, son régime alimentaire en fonction de sa dentition... et pour finir une partie sur la taphonomie c'est-à-dire ce que l'animal a subi entre sa mort et sa fossilisation. (Le Mort, 2019, mémoire non publié)

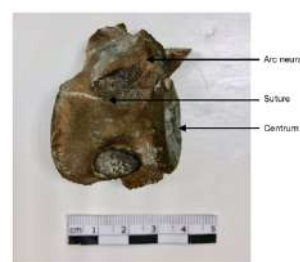


Figure 23 : Première vertèbre cervicale en vue latérale droite du *Metriorhynchus brachyrhynchus*



Figure 25 : Appareil photo pour réaliser des planches

Le second master, Evariste Monvoisin, écrit un mémoire sur différentes pièces de dinosaures théropodes de collections privées et publiques. Il étudie, une à une, différentes pièces en faisant une description poussée et tente une identification aussi précise que possible. L'attribution taxonomique se fait par l'observation de caractères osseux comparée à des théropodes bien connus. Ils se font à partir de publications sur des dinosaures qui servent de référence. Certains ossements peuvent ainsi être attribués à *Streptospondylus*, le théropode le plus complet connu aux Vaches Noires (Annexe 3).

A partir des attributions taxonomiques, la position stratigraphique et des dimensions des ossements retrouvés, nous pouvons estimer la diversité des théropodes des falaises des Vaches Noires ainsi qu'un nombre d'individus minimal. (Monvoisin, 2019, mémoire non publié)

La réalisation de planche photographique est également importante afin d'obtenir un visuel de toutes les parties retrouvées de l'animal (Fig. 25).

¹⁶ Partie postérieure de l'os de l'articulation de la hanche (*Futura Santé*)

CONCLUSION

Le musée Paléospace L'Odyssée est ainsi un lieu de découvertes et de partages d'informations sur toutes ces espèces éteintes depuis des millions d'années et se trouve plusieurs avantages de par sa labellisation Musée de France et sa proximité avec un lieu fossilifère d'exception regroupant de nombreuses espèces typiques du Calvados et de Normandie.

La médiation et les gestions de collections sont d'autant plus importantes pour le bon fonctionnement du musée car elles demandent de la rigueur et des connaissances acquises ou de recherches complémentaires afin d'offrir au public des informations simples et complètes. Suite à cela, la médiation permet la transmission de connaissances et du patrimoine pour les générations actuelles et futures.

Les Vaches Noires offrent aux visiteurs de nouvelles perspectives sur le secteur qui les entoure et les espèces s'y trouvant et permettent d'offrir une expérience exceptionnelle allant au-delà du musée, leur donnant l'opportunité de chercher eux-mêmes leurs fossiles et ainsi apprendre à les connaître. Les visiteurs sont également informés sur les dangers de ces dernières comme sa nomination en tant que zone protégée et son instabilité due à sa dynamique très particulière.

BILAN DE STAGE

Bilan personnel du stage en tant que première expérience professionnelle (1 page max)

- Les points forts
- Les difficultés rencontrées

TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 : VUE DE LA VILLE DE VILLERS-SUR-MER	3
FIGURE 2 : LOGO ET BATIMENT DU PALEOSPACE L'ODYSSEE	3
FIGURE 3 : REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE DU MERIDIEN DE GREENWICH EN FRANCE	3
FIGURE 4 : FALAISES DES VACHES NOIRES	4
FIGURE 5 : PORTRAIT DU PHYSICIEN ROME DE LISLE (WIKIPEDIA)	4
FIGURE 6 : STRUCTURE STRATIFIEE DES FALAISES DES VACHES NOIRES (MERLE, 2011, MODIFIE)	5
FIGURE 7 : SCHEMA ET STRUCTURE D'UNE AMMONITE (PALEOSPACE)	6
FIGURE 8 : SCHEMA EXPLICATIVE DE LA DYNAMIQUE DES VACHES NOIRES (MERLE, 2011)	7
FIGURE 9 : LOGO DE LA LABELLISATION "MUSEE DE FRANCE"	8
FIGURE 10 : GALERIE DU JURASSIQUE (PALEOSPACE)	9
FIGURE 11 : SALLE DES DINOSAURES (PALEOSPACE)	9
FIGURE 12 : LIEN PHYLOGENETIQUE ENTRE PLUSIEURS ESPECES (PALEONTOLOGIE SYSTEMATIQUE) (IUFM DE BRETAGNE)	10
FIGURE 13 : ENVELOPPE CORPORELLE DE DIFFERENTES ESPECES (PALEOHISTOLOGIE) (DU COTE DE CHEZ ELYSIA CHLOROTICA)	10
FIGURE 14 : PALEO-ENVIRONNEMENT (PALEONTOLOGIE FONDAMENTALE) (SMANTEAU)	10
FIGURE 15 : PORTRAITS DE GEORGES CUVIER (A GAUCHE) ET ÉTIENNE GEOFFROY SAINT-HILAIRE (A DROITE) (FUTURA SCIENCES)	11
FIGURE 16 : TRAVAUX DE GEORGES CUVIER SUR LE « CROCODILE DE HONFLEUR » (MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE)	11
FIGURE 17 : ÉTAPES DE LA FOSSILISATION (SOCIETE D'HISTOIRE NATURELLE DU DOUBS)	12
FIGURE 18 : FOSSILE D'UN PROTEROCTOPUS RIBETI DU CALLOVIEN (WIKIPEDIA)	12
FIGURE 19 : CODE PERMETTANT DE REPERTORIER CHAQUE LOT DES COLLECTIONS	13
FIGURE 20 : VISUEL DE LA BASE DE DONNEES FLORA	13
FIGURE 21 : TABLEAU DES FOSSILES COMMUNS D'INVERTEBRES RETROUVES AUX VACHES NOIRES	14
FIGURE 22 : FICHE D'INVENTAIRE D'UNE QUENSTEDTOCERAS DE VILLERS-SUR-MER (BASE DE DONNEES FLORA)	14
FIGURE 23 : PREMIERE VERTEBRE CERVICALE EN VUE LATÉRALE DROITE DU METRIORHYNCHUS BRACHYRHYNCHUS	16
FIGURE 24 : SQUELETTE D'UN METRIORHYNCHUS BRACHYRHYNCHUS (SUJET DE RAPPORT DE STAGE D'UN MASTER DU PALEOSPACE)	16
FIGURE 25 : APPAREIL PHOTO POUR REALISER DES PLANCHES	16
FIGURE 26 : FOSSILE DE QUENSTEDTOCERAS LAMBERTI	22
FIGURE 27 : FOSSILE DE EUASPIDOCERAS DOUVEILLI	22
FIGURE 28 : SCHEMA DE LA MORPHOLOGIE D'UNE BELEMNITE	22
FIGURE 29 : FOSSILE D'UN ROSTRE DE BELEMNITE	22
FIGURE 30 : SCHEMA DE LA MORPHOLOGIE D'UNE GRYPHEE (MEME MORPHOLOGIE POUR L'HUITRE)	23
FIGURE 31 : FOSSILE D'HUITRE (A GAUCHE) ET DE GRYPHEE (A DROITE)	23
FIGURE 32 : LOPHA GREGAREA FOSSILISEE DANS UNE MATRICE	23
FIGURE 33 : SCHEMA DE LA MORPHOLOGIE D'UN MYTILUS (MOULE)	23
FIGURE 34 : FOSSILE DE MYTILUS	23
FIGURE 35 : SCHEMA DE LA MORPHOLOGIE D'UN OURSIN REGULIER (D'APRES TRAVAUX PRATIQUES DE PALEONTOLOGIE, M. DEBRET)	24

FIGURE 36 : SCHEMA DE LA MORPHOLOGIE D'UN OURSIN IRRÉGULIER (D'APRES TRAVAUX PRATIQUES DE PALEONTOLOGUE, M. DEBRET)	24
FIGURE 37 : FOSSILE DE RADIOLE D'OURSIN	24
FIGURE 38 : FOSSILE D'OURSIN IRRÉGULIER	24
FIGURE 39 : SCHEMA DE LA MORPHOLOGIE D'UN ANTHOZOAIRE SCLERACTINIAIRE (D'APRES TRAVAUX PRATIQUES DE PALEONTOLOGIE, M. DEBRET)	24
FIGURE 40 : FOSSILE DE CNIDAIRE	24
FIGURE 41 : SCHEMA DE LA MORPHOLOGIE D'UN SPONGIAIRE (A GAUCHE) ET DE SPICULES (A DROITE)	25
FIGURE 42 : FOSSILE DE SPONGIAIRES	25
FIGURE 43 : SQUELETTE D'UN STREPTOSPONDYLUS ALTDORFENSIS (PALEOSPACE)	26
FIGURE 44 : SQUELETTE D'UN LEXOVISSAURUS DUROBRIVENSIS (PALEOSPACE)	26
FIGURE 45 : SQUELETTE D'UN OPHTHALMOSAURUS ICENICUS (PALEOSPACE)	26
FIGURE 46 : SQUELETTE D'UN LIOPLEURODON (PALEOSPACE)	27
FIGURE 47 : SQUELETTE D'UN CRYPTOCLIDUS (PALEOSPACE)	27

BIBLIOGRAPHIE

BARDET Natalie & BUFFETAUT Éric (2018) : *Quand la Normandie était sous la mer – Les falaises jurassiques et crétacées des Vaches Noires*, Espèces, n°28, pages 28

BENSAUDE-VINCENT Bernadette (2010) : *Splendeur et décadence de la vulgarisation scientifique*, Questions de communication, n°17, pages 19-32

BLAINVILLE Henri-Marie (1852) : *Lettres sur les crocodiles vivants et fossiles*, Extrait du IXe volume de Mémoires de la Société Linnéenne de Normandie, page 3

COLLISON Margaret (1983) : *Fossil Plants of the London Clay*, The paleontological Association, n°1, page 127

D'ORBINY Alcide (1850) : *Prodrome de paléontologie stratigraphique universelle des animaux mollusques et rayonnés faisant suite au cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphique*, Volume 1, Masson, pages 8-9

DEBRET Maxime (2018) : *Travaux pratiques de paléontologie*, pages 1-59

DEVILLIERS Jacquenod (1782) : *Catalogue raisonné d'histoire naturelle et de physique, qui compose le Cabinet de M. de Lontriblout*, Chez Jacquenod, page 329

FOUCAULT Alain & RAOULT Jean-François (2010) : *Dictionnaire de géologie*, DUNOD, pages 158-159

GRIMOULT Cédric (2000) : *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, Persée, pages 565-580

GUIDAT Claudia (2018) : *Mémoire de licence sur « La mise en valeurs des collections en musée scientifique : enjeux et spécificités »*

LE MORT Jonas (2019) : *Mémoire de master sur « L'étude d'un Metriorhynchus brachyrhynchus (Thalattosuchia ; Metriorhynchidae) des Falaises des Vaches Noires »*

MERLE Barbara (2011) : *Les falaises des Vaches Noires de Cuvier au Paléospace*, Éditions des falaises, pages 1-128

MONVOISIN Evariste (2019) : *Mémoire de master sur « La diversité des dinosaures théropodes dans le Jurassique des Falaises des Vaches Noires Normandie »*

RASSE Paul (2007) : *La Médiation scientifique et technique, entre vulgarisation et espace public*, Quaderni, Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme, pages 73-94

SITOGRAPHIE

www.ammonites.fr

www.futura-sciences.com

www.stratigraphy.com

www.culture.gouv.fr

www.wikipedia.org

www.dionysus.bretagne.iufm.fr

www.smanteau.fr

www.decalog.net

www.snhd.fr

ANNEXE 1 :

Échelle stratigraphique internationale

Éonothème	Éra-thème	Système	Série	Étage	Âge en Ma
Phanérozoïque	Cénozoïque	Quaternaire	Holocène		
			Supérieur		0,0117
			Pléistocène	"Ionien"	0,126
			Calabrien		0,781
			Gelasien		1,806
Phanérozoïque	Cénozoïque	Néogène	Plaisancien		2,588
			Zandéen		2,588
			Messinien		5,332
			Tortonien		7,246
			Serravalien		11,608
Phanérozoïque	Cénozoïque	Paléogène	Langhien		13,82
			Burdigalien		15,97
			Aquitainien		20,43
			Chattien		23,03
			Rupélien		28,4 ± 0,1
Phanérozoïque	Cénozoïque	Paléogène	Priabonien		33,9 ± 0,1
			Bartonien		37,2 ± 0,1
			Lutétien		40,4 ± 0,2
			Yprésien		48,6 ± 0,2
			Thanétien		55,8 ± 0,2
Phanérozoïque	Cénozoïque	Paléogène	Selandien		58,7 ± 0,2
			Danien		~ 61,1
			Maastrichtien		65,5 ± 0,3
			Campanien		70,6 ± 0,6
			Santonien		83,5 ± 0,7
Phanérozoïque	Cénozoïque	Paléogène	Coniacien		83,8 ± 0,7
			Turonien		~ 88,6
			Cénomanién		93,5 ± 0,8
			Albien		99,6 ± 0,9
			Aptien		112,0 ± 1,0
Phanérozoïque	Cénozoïque	Paléogène	Barrémien		125,0 ± 1,0
			Heulervien		130,0 ± 1,5
			Valanginien		~ 133,9
			Berriasien		140,2 ± 3,0
			Berriasien		145,5 ± 4,0

Éonothème	Éra-thème	Système	Série	Étage	Âge en Ma
Phanérozoïque	Mésozoïque	Jurassique	Tithonien		145,5 ± 4,0
			Kimméridgien		150,8 ± 4,0
			Oxfordien		~ 155,6
			Callovien		161,2 ± 4,0
			Bathonien		164,7 ± 4,0
Phanérozoïque	Mésozoïque	Jurassique	Bajocien		167,7 ± 3,5
			Aalénien		171,6 ± 3,0
			Toarcien		175,6 ± 2,0
			Pléensbachien		183,0 ± 1,5
			Sinemurien		189,6 ± 1,5
Phanérozoïque	Mésozoïque	Jurassique	Hettangien		196,5 ± 1,0
			Rhétien		199,6 ± 0,6
			Norien		203,6 ± 1,5
			Carnien		216,5 ± 2,0
			Ladinien		~ 228,7
Phanérozoïque	Mésozoïque	Trias	Anisien		237,0 ± 2,0
			Olenekien		~ 245,9
			Indusien		~ 249,5
			Changhsingien		251,0 ± 0,4
			Wuchapingien		253,8 ± 0,7
Phanérozoïque	Mésozoïque	Trias	Capitanien		260,4 ± 0,7
			Wordien		265,8 ± 0,7
			Roadien		268,0 ± 0,7
			Kungurien		270,0 ± 0,7
			Artinskien		275,6 ± 0,7
Phanérozoïque	Mésozoïque	Trias	Sakmarien		284,4 ± 0,7
			Assélien		294,6 ± 0,8
			Gzhélien		299,0 ± 0,8
			Kasimovien		303,4 ± 0,9
			Moscovien		307,2 ± 1,0
Phanérozoïque	Mésozoïque	Trias	Bashkirien		311,7 ± 1,1
			Serpukhovien		318,1 ± 1,3
			Viséen		328,3 ± 1,6
			Tournaisien		345,3 ± 2,1
			Tournaisien		359,2 ± 2,5

Éonothème	Éra-thème	Système	Série	Étage	Âge en Ma
Phanérozoïque	Paléozoïque	Dévonien	Famennien		359,2 ± 2,5
			Frasnien		374,5 ± 2,6
			Givétien		385,3 ± 2,6
			Eifélien		391,8 ± 2,7
			Emsien		397,5 ± 2,7
Phanérozoïque	Paléozoïque	Dévonien	Praguien		407,0 ± 2,8
			Lochkovien		411,2 ± 2,8
			Pridolien		416,0 ± 2,8
			Ludfordien		418,7 ± 2,7
			Gorstien		421,3 ± 2,6
Phanérozoïque	Paléozoïque	Silurien	Wenlock		422,9 ± 2,5
			Homerien		426,2 ± 2,4
			Sheinwoodien		428,2 ± 2,3
			Telychien		436,0 ± 1,9
			Aeronien		439,0 ± 1,8
Phanérozoïque	Paléozoïque	Silurien	Rhuddanien		443,7 ± 1,5
			Himantien		445,6 ± 1,5
			Kailien		455,8 ± 1,6
			Sandbian		460,9 ± 1,6
			Darnwillien		468,1 ± 1,6
Phanérozoïque	Paléozoïque	Ordovicien	Dapingien		471,8 ± 1,6
			Floien		478,6 ± 1,7
			Tremadocien		488,3 ± 1,7
			Étage 10		~ 492 *
			Étage 9		~ 496 *
Phanérozoïque	Paléozoïque	Ordovicien	Paibien		~ 499
			Guzhangien		~ 503
			Drumien		~ 506,5
			Étage 5		~ 510 *
			Étage 4		~ 515 *
Phanérozoïque	Paléozoïque	Ordovicien	Étage 3		~ 521 *
			Étage 2		~ 528 *
			Fortunien		542,0 ± 1,0

Éonothème	Éra-thème	Système	Âge en Ma
Précambrien	Protérozoïque	Éciacarien	542
		Cryogénien	~ 635
		Tonien	850
Précambrien	Protérozoïque	Sténien	1000
		Ectasien	1200
		Calymmien	1400
Précambrien	Protérozoïque	Stathérien	1600
		Orosrien	1800
		Rhyacien	2050
Précambrien	Protérozoïque	Sidérien	2300
		Sidérien	2500
Précambrien	Protérozoïque	Néocarchéen	2800
		Mésoarchéen	3200
		Paléoarchéen	3600
Précambrien	Protérozoïque	Eoarchéen	4000
		Eoarchéen	~ 4453





* Le statut du quaternaire n'est, à ce jour pas encore fixé
 * Les âges des séries et les étages du Cambrien sont en attente de ratification.

Échelle de février 2008 d'après le travail de la Commission Internationale de Stratigraphie.

International Commission on Stratigraphy.
<http://www.stratigraphy.org>

Erwan Le Fol 2009

ANNEXE 2 :

 <p><i>Figure 26 : Fossile de Quenstedtoceras lamberti</i></p>	<p>L'ammonite nommée Quenstedtoceras lamberti (Fig. 26) est un céphalopode pélagique nectonique, se déplaçant en nageant vivant de la fin du Callovien au début Oxfordien. Sa coquille est involute, les tours sont très recouvrants. C'est un fossile typique du Calvados (14) d'après le site <i>Ammonites</i>. Sa structure est semblable aux autres ammonites (Fig. 7)</p>
 <p><i>Figure 27 : Fossile de Euaspidoceras douvillei</i></p>	<p>L'ammonite Euaspidoceras douvillei (Fig. 27) est un céphalopode pélagique nectonique de l'Oxfordien originaire également du Calvados (14) d'après de site <i>Ammonites</i>. (Fig. 7)</p>
 <p><i>Figure 28 : Schéma de la morphologie d'une bélemnite</i></p>	 <p><i>Figure 29 : Fossile d'un rostre de bélemnite</i></p>
<p>Une bélemnite (Fig. 28) est un céphalopode¹⁷ ayant vécu entre le Trias et le Crétacé. La seule partie qui est conservée à l'état fossilifère est son rostre en forme de cône (Fig. 29). La <i>bélemnite</i> se compose de trois parties : le rostre, le phragmocône (partie cloisonnée où une partie du corps loge) et le proostracum (partie du squelette du bélemnite). La <i>belemnite</i> est un animal pélagique nectonique, c'est-à-dire qu'il nage pour se déplacer.</p>	

¹⁷ Mollusque ayant une symétrie bilatérale et une coquille univalve cloisonnée.

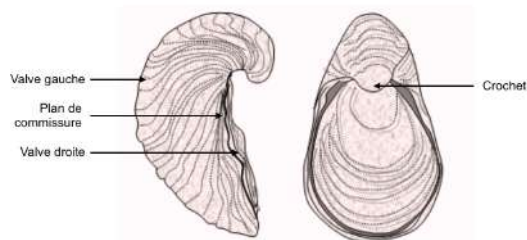


Figure 30 : Schéma de la morphologie d'une gryphée (même morphologie pour l'huître)



Figure 31 : Fossile d'huître (à gauche) et de gryphée (à droite)



Figure 32 : *Lophia gregarea* fossilisée dans une matrice

L'**Ostrea** (Fig. 30, 31), communément appelé huître, est un lamellibranche¹⁸ encore actuel à ce jour, à symétrie bilatérale. Elle se compose d'une coquille inéquivalve, la valve gauche est plus bombée pour que l'animal puisse loger. Des stries de croissance sont bien visibles sur la coquille et d'un crochet qui vient unir les deux valves. Ce dernier permet de définir le côté dorsal. Elle est épibenthique, c'est-à-dire qu'elle vit en fond de l'eau à la surface des sédiments.

La *Bilobissa dilata*, anciennement appelée **gryphe**a (Fig. 31), ayant vécu entre le Trias supérieur et le Jurassique, est un lamellibranche possédant les mêmes caractéristiques que l'huître. Elle est également épibenthique.

L'*Actinostreon gregareum*, anciennement appelée **Lophia gregarea** (Fig. 32) est un mollusque de la famille des huîtres de l'Oxfordien. En France, cette espèce de *Lophia* est typique des Vaches Noires et en grande quantité.

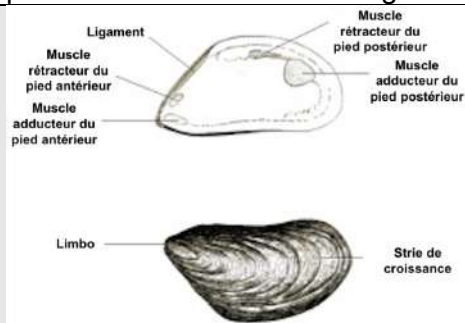


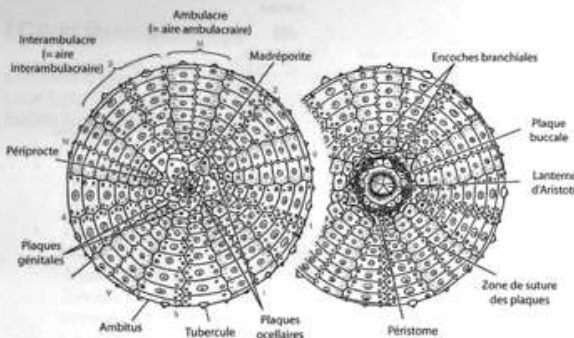
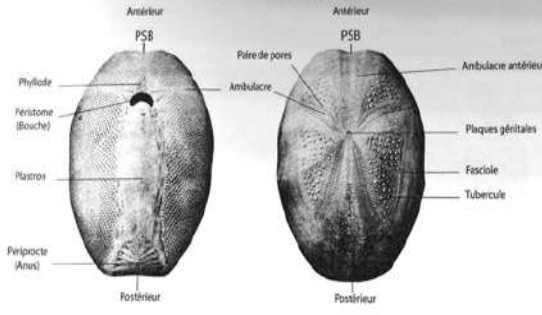


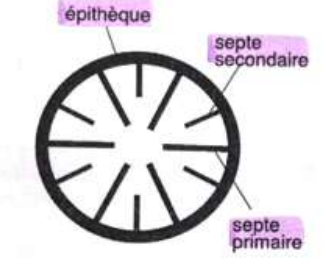

Figure 33 : Schéma de la morphologie d'un mytilus (moule)

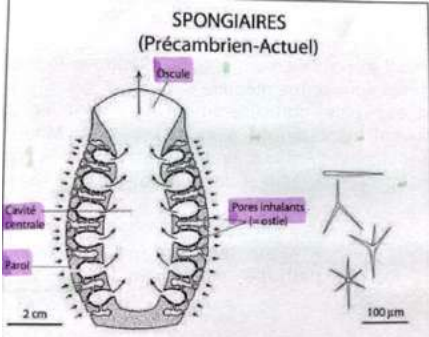



Figure 34 : Fossile de mytilus

La **Mytilus** (Fig. 33, 34), ou moule, est un lamellibranche épibenthique. Elle est présente depuis le Jurassique supérieur et est encore actuelle aujourd'hui. Elle possède des crénelures dentaires au niveau de sa commissure et sa coquille est lisse, et stries de croissance ne sont pas visibles. C'est un animal marin qui vit sur les littoraux et est épibenthique.

¹⁸ Bivalve à commissure plane.

<p style="text-align: center;">Echinodermes</p>  <p>Figure 35 : Schéma de la morphologie d'un oursin régulier (d'après Travaux Pratiques de Paléontologie, M. Debret)</p>	<p style="text-align: center;">Echinodermes</p>  <p>Figure 36 : Schéma de la morphologie d'un oursin irrégulier (d'après Travaux Pratiques de Paléontologie, M. Debret)</p>
 <p>Figure 37 : Fossile de radiole d'oursin</p>	 <p>Figure 38 : Fossile d'oursin irrégulier</p>
<p>Les échinodermes (Fig. 35, 36, 38) sont des animaux marins à symétrie pentaradiée, c'est-à-dire une symétrie en forme d'étoile à cinq branches, permet ainsi de les identifier rapidement. Parmi eux, il y a les oursins (= échinides). Deux parties fossilisées peuvent être retrouvé : le corps de l'oursin ou les radioles (piquants de l'oursin, Fig. 37).</p>	
 <p>Figure 39 : Schéma de la morphologie d'un anthozoaire scléractiniaire (d'après Travaux Pratiques de Paléontologie, M. Debret)</p>	 <p>Figure 40 : Fossile de cnidaire</p>
<p>Le cnidaire (Fig. 39, 40) est un animal marin possédant une symétrie radiaire (axe central). Dans les Vaches Noires se trouvent une classe nommée anthozoaire scléractiniaire, c'est-à-dire des coraux vivant depuis le Trias et qui sont encore actuels à ce jour.</p>	

 <p><i>Figure 41 : Schéma de la morphologie d'un spongiaire (à gauche) et de spicules (à droite)</i></p>	 <p><i>Figure 42 : Fossile de spongiaires</i></p>
<p>Les porifères regroupent la classe des éponges, ou spongiaires (Fig. 41, 42). Ces dernières possèdent un corps allongé contenant de nombreux pores (= osties), elles n'ont pas de symétrie. Elles sont encore actuelles aujourd'hui en grande quantité. Le corps contient de petits éléments microscopiques pointus appelés spicules.</p>	

ANNEXE 3 :



Figure 43 : Squelette d'un *Streptospondylus altdorfensis* (Paléospace)

Découvert en 1770 aux bords des Vaches Noires, le *Streptospondylus* (**Fig. 43**) est un dinosaure théropode, c'est-à-dire bipède. Ce carnivore vivait entre le Callovien et l'Oxfordien (-162 à -155 Ma). Il fut étudié par Cuvier aux débuts du XIXe siècle. C'est un cousin de l'allosaure et sa longueur pouvait atteindre les huit mètres.



Figure 44 : Squelette d'un *Lexovisaurus durobrivensis* (Paléospace)

Nommé ainsi par sa découverte dans la ville de Lisieux, le *Lexovisaurus* (**Fig. 44**) est un dinosaure herbivore du Callovien (-164 à -155 Ma) qui pouvait mesurer jusqu'à six mètres de long pour une hauteur de deux à trois mètres.

Comme le Stégosaure, il possédait des plaques thermiques sur son dos contenant de nombreux vaisseaux sanguins lui permettant de réguler la température de son corps.



Figure 45 : Squelette d'un *Ophthalmosaurus icenicus* (Paléospace)

Sur la (**Fig. 45**) ci-contre figure Anna, le squelette presque complet de l'*Ophthalmosaurus* (80% de son corps et 90 de son crâne (Merle, 2011). Elle fut découvert aux États-Unis. Ce reptile marin de trois mètres de long se nourrissait de petits invertébrés et du poisson et était également une proie face à de plus grand prédateur.

La plus grande particularité était qu'il possédait des anneaux dits sclérotiques au niveau des yeux (20cm de diamètre), lui permettant une grande visibilité de jour comme de nuit pour chasser. Il possédait également des palettes natatoires¹⁹.

¹⁹ Pas des nageoires. Membres de cinq doigts permettant d'augmenter la surface de contact avec l'eau.



Figure 46 : Skelette d'un Liopleurodon (Paléospace)

Le *Liopleurodon* (**Fig. 46**) est un reptile marin vivant au Jurassique. Il était l'un des plus grands prédateurs de cette période et se nourrissait d'autres reptiles marins. Sa longueur pouvait atteindre vingt-cinq mètres de long.

Tout comme Anna, il possède des palettes natatoires.



Figure 47 : Skelette d'un Cryptoclidus (Paléospace)

Le *Cryptoclidus* (**Fig. 47**) est un reptile marin se nourrissant de petits poissons et invertébrés qu'il attrape à l'aide d'un système de filtrage d'eau et emprisonne ces proies avec ses dents fines et pointues.

Il possédait des palettes natatoires très longues lui permettant ainsi une puissance de nage incroyable