

STAGE DE SECOND SEMESTRE :
MISSION DE MEDIATION SCIENTIFIQUE ET DE
PRESENTATION DE SQUELETTES DE REPTILES MARINS DES
FALAISES DES VACHES NOIRES

Musée Paléospace L'Odyssée, Villers-sur-Mer

STAGE DE SECOND SEMESTRE :

**MISSION DE MEDIATION SCIENTIFIQUE ET DE
PRESENTATION DE SQUELETTES DE REPTILES MARINS DES
FALAISES DES VACHES NOIRES**

Musée Paléospace L'Odyssée, Villers-sur-Mer

SOMMAIRE :

▪ RESUME.....	p3
▪ ABSTRACT.....	p3
1) INTRODUCTION.....	p4
• PALEOSPACE L'ODYSEE.....	p4
2) MATERIEL & METHODES.....	p5
a. LES FALAISES DES VACHES NOIRES.....	p5
b. METHODES.....	p8
I LES REPTILES MARINS.....	p8
A. ICHTHYOSAURES.....	p9
B. PLESIOSAURES.....	p10
C. PLIOSAURES.....	p11
D. CROCODILES MARINS.....	p12
II PRESENTATION DE L’AFFICHE CREEE.....	p13
A. QUESTIONNAIRE.....	p13
B. RESULTATS.....	p14
C. AFFICHE.....	p16
3) CONCLUSION.....	p18
4) REMERCIEMENTS.....	p18
5) BIBLIOGRAPHIE.....	p18
▪ ANNEXE 1 – Photos des reptiles marins suspendus.....	I
▪ ANNEXE 2 – Cartels de présentation des reptiles marins suspendus du Paléospace.....	II

▪ RESUME

La médiation scientifique est un moyen incontournable pour transmettre des connaissances, un savoir, d'un spécialiste aux non-connaisseurs de sujets divers comme la science ou l'art. Le Paléospace l'Odyssée, en tant que musée de paléontologie propose plusieurs activités scientifiques aux visiteurs conduites par un médiateur scientifique. Le travail des médiateurs au sein du Paléospace est nécessaire pour la vulgarisation scientifique et la communication avec les visiteurs. Ce musée de paléontologie à Villers-sur-Mer présente au public les Falaises des Vaches Noires, contenant des couches jurassiques et crétacées, les dinosaures de Normandie, mais aussi le marais de Villers-Blonville ainsi que le méridien de Greenwich et la mesure du temps.

Ces vulgarisation et communication se font par la présentation d'affiches explicatives pour la bonne compréhension par les visiteurs des thèmes du musée et des collections présentés. Lors de la création de cette affiche, la bonne intégration de celle-ci dans le musée et l'attraction pour le public doivent être pris en compte. Leur avis doit donc être pris en compte lors de la création de l'affiche, et les informations données par l'affiche se doivent de rester simple pour ne pas les perdre lors des explications. L'impact qu'elle aura sur le public est primordial, l'affiche doit donc être attractive, les informations données doivent être simples et suffisamment explicites pour « séduire » les visiteurs et éveiller leur intérêt.

Mots clefs : Falaises des Vaches Noires, Jurassique, Crétacé, reptiles marins, médiation, affiche.

▪ ABSTRACT

Scientific mediation is an unavoidable mean of transmitting expertise, a knowledge, from specialists to non-experts of diverse subjects such as science or art. The Paleospace l'Odyssée, as a museum of paleontology offers several scientific activities to visitors led by a scientific mediator. These mediators' work within the Palaeospace is necessary for scientific popularization and communication with visitors. This museum of paleontology in Villers-sur-Mer presents to the public the cliffs of the Vaches Noires Cliffs, containing jurassic and cretaceous layers, the dinosaurs of Normandy, but also the Villers-Blonville swamp and the meridian of Greenwich and the measure of time.

These popularization and communication are done with explanatory posters as presentation for the visitors' good understanding of the museum's themes and the collections presented. When creating such a poster, the good integration of this one in the museum and the attraction to the public must be verified. Their opinion must be taken into account when creating the poster, and the information given by the poster must remain simple to not lose them during the explanations. The impact it will have on the public is primordial, the poster must be attractive, the information given must be simple and sufficiently explicit to "seduce" the visitors and arouse their interest.

Keywords : Cliffs of Vaches Noires, Jurassic, Cretaceous, marine reptiles, mediation, poster.

1) INTRODUCTION

Pour l'obtention du Master 2, un stage conventionné de 5 mois est réalisé au musée Paléospace l'Odyssée à Villers-sur-Mer (Calvados, Normandie). Ce stage porte sur le thème de la médiation scientifique, axée sur la paléontologie ainsi que sur le site jurassique et crétacé des Falaises des Vaches Noires, présentes à Villers-sur-Mer, mises en avant dans le musée Paléospace.

La médiation scientifique consiste en une transmission de connaissances entre un scientifique professionnel, ou même amateur dans le cadre d'associations scientifiques, et un public non-initié. Elle se fait par le biais de visites guidées ou de démonstrations au public, entres-autres. Au Paléospace, ceci peut être valable pour divers musées (d'art, de sciences...) cette médiation est essentielle pour transmettre les connaissances et les messages qui font le cœur du musée. Ces visites médiatiques s'adressent à des groupes scolaires de la maternelle au lycée, à des groupes de visiteurs participant aux visites guidées quotidiennes, et à des groupes d'enfants au cours d'ateliers sur différents thèmes. La transmission de connaissances d'ordre paléontologique et géologiques durant ces visites guidées, au Paléospace, est grandement facilitée par différents support (fossiles, vitrines, cartels explicatifs...). Pour susciter l'intérêt du public tout au long de la visite au cours d'une visite, notamment celui des enfants, celle-ci doit être interactive, le médiateur questionne les visiteurs afin que ceux-ci puissent réfléchir par eux-mêmes et acquièrent le plus d'informations possibles.

L'objectif de ce stage est la mise en place d'une affiche visant à mettre en évidence les moulages de trois reptiles marins suspendus, Plésiosaure *Cryptoclidus*, Crocodilien marin *Machimosaurus* et Pliosauure *Liopleurodon ferox*. La problématique de ce stage peut être exprimée par la question : « Comment mettre en évidence et présenter des grands groupes de reptiles marins situés en hauteur, à partir de spécimens exposés dans le musée, de manière accessible pour le grand public de tout âge, connaisseur ou non ? ». La résolution de cette problématique se fera tout d'abord par une présentation des différents groupes de reptiles marins retrouvés dans ces falaises (première partie). Ceci afin de recontextualiser les trois genres de reptiles marins suspendus par rapport à tous ceux retrouvés jusqu'à maintenant dans les Falaises des Vaches Noires, puis ensuite par les matériels et méthodes, et enfin par la description de l'affiche créée (seconde partie).

- PALEOSPACE L'ODYSSEE

Le Paléospace l'Odyssée est un musée ayant ouvert ses portes en avril 2011 à Villers-sur-Mer dans le Calvados (Normandie, France). Il s'agit d'un musée de site comprenant trois thèmes principaux : la paléontologie avec la galerie du Jurassique présentant les falaises avec sa géologie et sa faune, les reptiles suspendus en font parties (Photo 1) ; le thème du marais compris dans une alcôve montrant la faune, la flore et l'impact de l'Homme (Photo 2), le Paléospace se situant au bord du marais de Villers-Blonville ; enfin le dernier thème est celui du temps et de sa mesure (Photo 3), Villers-sur-Mer étant la première ville du continent européen traversée par le méridien de Greenwich.



Photo 1 : Galerie principale du Jurassique du Paléospace.



Photo 2 : Alcôve de présentation du marais.



Photo 3 : Salle du méridien et de l'évolution de la mesure du temps.

La paléontologie constitue le thème principal du musée, exploitée avec la galerie jurassique, la salle des dinosaures de Normandie (Photo 4) et les différentes expositions temporaires. Les visiteurs sont également encouragés à faire une promenade au pied des falaises (à marée basse bien évidemment) après leur passage au musée et ainsi ramasser quelques fossiles. La dernière salle de paléontologie est la salle de dégagement avec des ossements de dinosaure trouvés récemment dans la Pierre de Caen (Photo 5).

Une alcôve sur le côté de la galerie présente la thématique du marais avec jumelles, comparaison de milieux naturels et façonnés par l'Homme, présentation de la faune et de la flore du marais, et bien sûr une grande promenade est possible tout autour du marais.

Enfin différentes salles présentent le thème du temps et du méridien, une autre salle de cinéma apprend à reconnaître et récolter des fossiles en pied de falaises.

La troisième et plus grande salle accueille les expositions temporaires, l'exposition des tableaux de Matthieu Mathurin entre novembre 2016 et février 2017 « Mathurin Meheut et la paléontologie », puis l'exposition « Théropodes : les Dinosaures Carnivores ! » actuellement (Photo 6).



Photo 4 : Salle des Dinosaures de Normandie.



Photo 5 : Salle de dégagement.



Photo 6 : Exposition temporaire « Théropodes : les Dinosaures Carnivores ».

L'équipe du musée est composée de Karine Boutillier, la directrice, Laurent Picot, responsable scientifique, puis de différents médiateurs scientifiques, du personnel de l'accueil, de la comptabilité et de la communication.

2) MATERIEL & METHODES

a. LES FALAISES DES VACHES NOIRES

Situées entre Houlgate (au Sud-Ouest) et Villers-sur-Mer (au Nord-Est) dans le Calvados (Normandie, France) (Figure 1), les Falaises des Vaches Noires montrent une série jurassique et créacé étendue sur cinq kilomètres, et constituent le site étudié par le musée Paléospace, ces falaises sont connues pour leur géologie particulière mais aussi pour leurs nombreux fossiles.

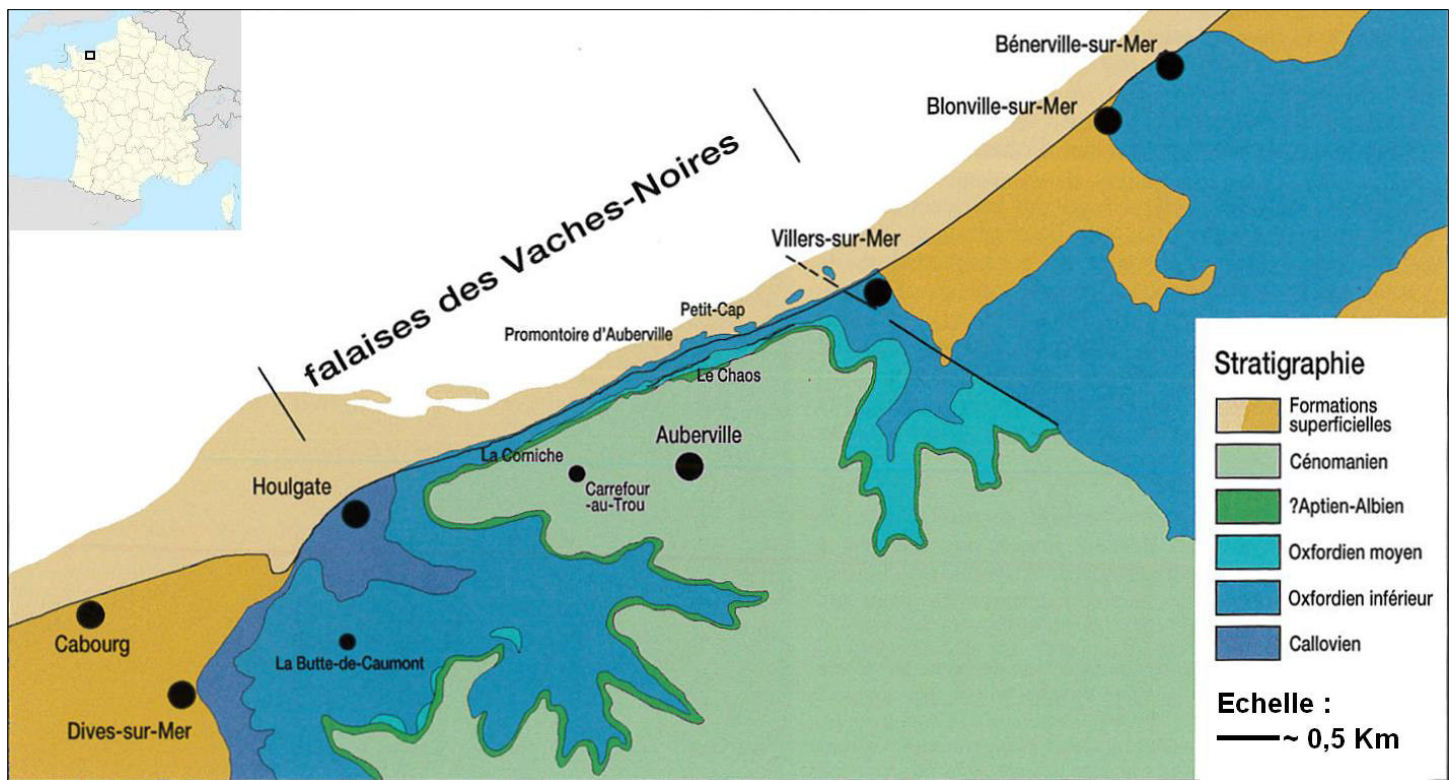


Figure 1 : Carte géologique localisant les Falaises des Vaches Noires (Calvados, Normandie, France).

(Modifié d'après [Lebrun & Courville, 2013](#)).

Les fossiles des Vaches Noires sont étudiés depuis le 18^{ème} siècle notamment avec l'article de l'Abbé Dicquemare en 1776 dans lequel ce savant décrit des « ostéolithes » ramassées sur la plage. D'autres savants au 18^{ème} poursuivent les études paléontologiques et géologiques dans les Falaises des Vaches Noires (et le Jurassique normand en général), entre-autres les Eudes-Deslongchamps avec Jacques-Armand et son fils Eugène, succédés par Alexandre Bigot ([Merle, 2011](#)).

La hauteur de ces falaises peut aller jusqu'à 110 mètres, pour environ 70 mètres de Jurassique, ces falaises contenant principalement des couches jurassiques callovo-oxfordiennes (entre 162 et 158 Ma environ) mais également des couches crétacées albo-cénomaniennes, une importante discordance séparant ces deux âges, probablement due à une régression marine à l'Oxfordien terminal, puis une transgression à la limite Albien-Cénomaniens ([Merle, 2011](#) ; [Lebrun & Courville, 2013](#)).

La base de la falaise commence avec la couche des Marnes de Dives, datée du Callovien Supérieur (environ 162 Ma), complètement ensablée, parfois avec de petites zones affleurantes formant des poches marneuses très plastique. Cette couche est riche en fossiles d'ammonites *Quenstedtoceras*, *Kosmoceras*, *Peltoceras*... mais aussi en bivalves comme les huîtres *Actinostreon* ou encore des moules (Figure 2).

La première couche visible (non ensablée) est celle des Marnes de Villers, de l'Oxfordien Inférieur (environ 160 Ma). Cette couche étant très semblable à celle sous-jacente, la limite entre les deux peut être difficile à déterminer. Les fossiles sont moins nombreux, quelques *Quenstedtoceras* ou des huîtres *Gryphae*. Dans ces deux couches de marnes, la présence abondante de pyrite est notée.

Toujours dans l'Oxfordien Inférieur, une couche d'oolithe ferrugineuse est observée. Cette couche est d'une puissance assez faible composé de marnes grises oolithiques ayant des éléments ferrugineux de couleur rouille (due à l'oxygène et l'eau auxquels sont exposés ces éléments). Les fossiles présents sont des ammonites *Euaspidoceras* et des bivalves *Actinostreon* ou *Pholadomya*.

La dernière couche de l'Oxfordien Inférieur des Vaches Noires est celle des argiles à *Lopha gregarea*, ancien nom des *Actinostreon gregareum*, présentes en grande quantité dans cette couche, formant des roches argileuses constituées presque uniquement de ces petites huîtres.

Le passage à l'Oxfordien Moyen (environ 158 Ma) dans les falaises se fait avec un changement du type de roches qui la composent : les calcaires d'Auberville sont composés de marnes jaunâtres riches

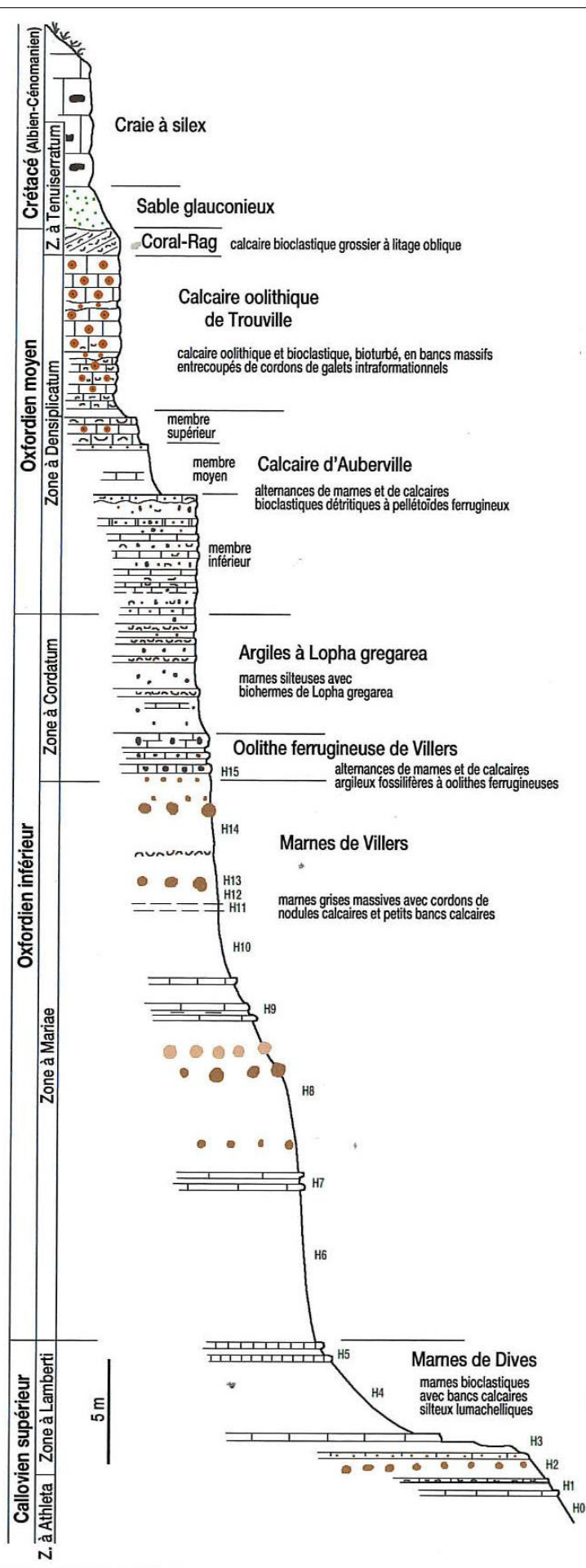


Figure 2 : Coupe stratigraphique synthétique des falaises des Vaches Noires.
(Modifié d'après Lebrun & Courville, 2013).

en calcaire (contrairement au bas de la falaise beaucoup plus riche en argile, de couleur gris sombre), traduisant un changement du milieu de dépôt (mer moins profonde). Les ammonites ne sont plus présentes, mais la présence de *Gryphae* est toujours observée ainsi que des bivalves *Myophorella*.

Une autre couche de calcaire, le Calcaire oolithique de Trouville, constitue l'Oxfordien Moyen des Vaches Noires. Cette couche est moins épaisse que la précédente, mais aussi d'une couleur plus clair, blanchâtre, constituée d'oolithes. Différents fossiles y sont trouvables, comme des ammonites *Perisphinctes*, mais aussi des oursins *Nucleolites* et *Paracidaris*.

Enfin la dernière couche du Jurassique des falaises des Vaches Noires est le Coral-Rag composé de calcaires montrant de nombreux restes de coraux (*Isastrea* et *Thecosmilia*), témoins d'un climat tropical à l'Oxfordien Moyen en Europe (Dangeard, 1951 ; Collin et al., 2005 ; Doré et al., 1977 ; Merle, 2011 ; Lebrun & Courville, 2013).

Le haut de la falaise situé au-dessus des couches calcaires est daté du Crétacé Moyen (Albien / Cénomanién) et est composée de calcaire crayeux à silex ainsi que de sables glauconieux. Ces couches crétacées de faible puissance contiennent des restes d'oursins, mollusques, poissons, requins et reptiles marins.

Une autre composante de la falaise est observée sur la plage : de gros blocs de calcaires crayeux du Crétacé se sont éboulés. De par leur nature perméable, et reposant sur des couches imperméables, les couches calcaires du haut des falaises sont érodées par l'eau de pluie. Cette dernière pénétrant dans la craie cénomaniénne est bloquée par les argiles imperméables, cette eau de pluie va donc s'écouler sur la pente de la falaise, entraînant l'érosion de l'argile et le transport des blocs calcaires qui d'effondrent sur la plage en contre-bas. D'où le nom de ces falaises, puisque, vus de loin, ces gros blocs calcaires recouverts d'algues et de coquillages donnent l'impression d'être un troupeau de vaches. La présence de ces blocs en bas de la falaise permet la protection des Marnes de Dives de l'érosion des vagues de beau temps, même si des vagues de tempêtes peuvent parfois éroder les marnes affleurantes (Dangeard, 1951 ; Collin et al., 2005 ; Doré et al., 1977 ; Merle, 2011 ; Lebrun & Courville, 2013).

b. METHODES

Afin de remplir l'objectif de ce stage, un questionnaire sur les reptiles marins a été réalisé pour les visiteurs du musée. Puis pour rassembler un maximum de données possibles le plus rapidement possible à partir de ce questionnaire, des interactions directes avec les visiteurs libres dans le musée ont été faites. La récolte de ces informations est nécessaire pour connaître les attentes des personnes visitant le musée. Le but étant de rendre la visite agréable, attrayante et instructive aux visiteurs, il est donc primordial de tenir compte de leur avis.

Les résultats obtenus ont été rassemblés dans un tableau, ce qui a permis de connaître les préférences des visiteurs. Des histogrammes ont ensuite été réalisés pour une meilleure visibilité des résultats, ceux-ci sont présentés dans la deuxième partie de ce rapport.

Les différentes photos du rapport ont été prises avec un appareil photo Samsung L100. Les dessins de Michel Fontaine ont été réalisés à partir des spécimens du Paléospace.

I. LES REPTILES MARINS

En plus des nombreux fossiles d'invertébrés marins contenus dans les différentes couches jurassiques et crétacés (ammonites, bivalves, spongiaires...) les Falaises des Vaches Noires contiennent également de nombreux ossements de reptiles marins mésozoïques. La durée de vie de ces différents groupes s'étendant sur plus de 100 millions d'années (du Trias au Crétacé), une étude de l'évolution de la diversité des reptiles marins pendant le Mésozoïque est faite à partir de la figure 3, l'analyse portera sur les groupes qui ont été présent au Jurassique (donc les Mosasaures ne seront pas traités), et commencera par le groupe le plus à gauche sur la figure (Ichthyosaures) pour finir par les crocodiles marins à droite.

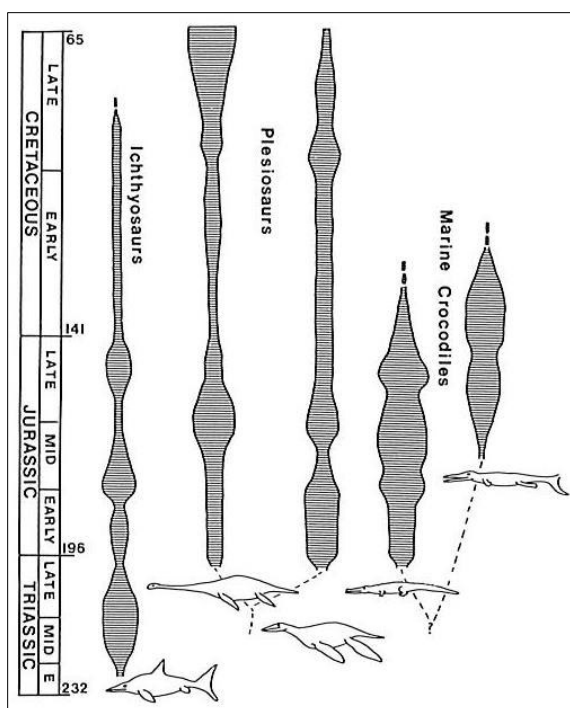


Figure 3 : Rangements géologiques des grands groupes de reptiles marins des Vaches Noires durant le Mésozoïque.

De gauche à droite, Ichthyosaures, Plésiosaures, Pliosaures, Téléosauriens et Metriorhynchides.

(Modifié d'après [Massare, 1988](#)).

Une augmentation rapide du nombre de genres d'Ichthyosaure est observée juste après l'apparition de ce groupe (Figure 3). Ces grands prédateurs marins sont les premiers à apparaître au Mésozoïque (Trias Inférieur) ; il voit une grande diminution de leur diversité au Trias Supérieur ce qui coïncide avec l'apparition d'autres grands reptiles marins, Plésiosaures et crocodiles marins, ayant le même régime alimentaire qu'eux. Tout au long du Jurassique, le nombre de genres d'Ichthyosaure n'augmente pas de façon significative, trois petites augmentations sont constatées mais le nombre de genre diminue

assez rapidement après ces augmentations. Puis au Crétacé, ce nombre n'augmente plus jusqu'à la disparition du groupe, ce faible nombre de genres au Crétacé des Ichthyosaures en contraste avec un nombre plus important au Jurassique peut être expliqué par une forte compétition interspécifique avec les crocodiles marins et les Plésiosaures, ayant tous un régime alimentaire piscivore.

La diversité des Plésiosaures n'augmente pas de leur apparition au Trias terminal jusqu'à la seconde moitié du Jurassique (Figure 3), mais comme pour les Ichthyosaures, cette diversité diminue rapidement pour ne plus augmentée jusqu'au Crétacé Moyen. Après cela, le nombre de genre augmente jusqu'à la brusque disparition des reptiles marins au cours de la crise Crétacé/Tertiaire. Cette grande augmentation de la diversité des Plésiosaures au Crétacé peut être expliquée par la disparition des Ichthyosaures, puisque, après cela les Plésiosaures sont devenus les seuls grands animaux marins Mésozoïque piscivore, les autres étant les crocodiles marins et les Ichthyosaures, tous disparus au Crétacé Supérieur.

Groupe-frère des Plésiosaures, les Pliosaures sont apparus à la même période que ces derniers, avec une origine encore inconnue (Figure 3). La diversité des Pliosaures reste plus ou moins stable tout au long de leur existence, le nombre de genres connus n'augmente ni de diminue fortement. Si celui-ci est plus important au début et au milieu du Jurassique, deux pics sont observés, la diversité diminue légèrement par la suite pour rester la même jusqu'au Crétacé Supérieur où une nouvelle petite augmentation de genres est observée avant une diminution, puis la disparition brutale du groupe.

D'origine inconnue, les crocodiles marins ont eu une durée de vie assez courte comparée à celles des autres reptiles marins. Les Teleosauridea sont les premiers à être apparus au Trias terminal / Jurassique basal pour disparaître au Crétacé Inférieur. Les Metriorhynchidae sont apparus plus tard au Jurassique Moyen pour disparaître eux aussi au Crétacé Inférieur. Les crocodiles marins se démarquent encore une fois des autres reptiles marins par la cohabitation d'un grand nombre de genres, pour les deux groupes, pendant les mêmes périodes. Les diminutions du nombre de genres étaient peu nombreuses et faibles, il en va de même pour les augmentations, qui sont toutes rapidement suivies d'une diminution (Figure 3).

A. ICHTHYOSAURES

L'ordre des Ichthyosauria De Blainville, 1835 sont les plus anciens reptiles marins du Mésozoïque connus actuellement, ce sont les premiers reptiles marins à apparaître dans le registre fossile au Trias basal, et disparu au Crétacé Supérieur (Cénomaniens/Turonien) (Figure 3).

Le corps des Ichthyosaures est très hydrodynamique, similaire à celui des dauphins avec un long museau, une nageoire dorsale stabilisatrice mais une queue hétérocerque propulsive verticale comme celle des requins. Ses nageoires pectorales sont de larges palettes natatoires plus petites que celles des Plésiosaures servant pour la direction du corps (Figure 5). La gamme de taille du corps est très variable en fonction du temps : début Trias, les Ichthyosaures étaient plus petits, au minimum 1 mètre, mais plus le temps avance, plus les espèces sont de grandes tailles jusqu'à mesurer environ 20 mètres pour les plus grands au Cénomaniens ([Andrews, 1910](#) ; [Massare, 1988](#) ; [Bardet, 2013](#)).

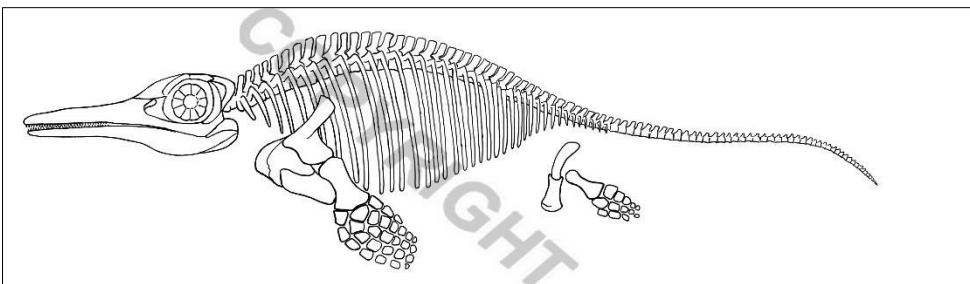


Figure 4 : Reconstitution du squelette d'un Ichthyosaure *Ophthalmosaurus* sp.

(Dessin de [Michel Fontaine](#)).

Deux Ichthyosaures ont été retrouvés dans les falaises des Vaches Noires :

- ❖ *Ophthalmosaurus* sp., ce sont principalement des vertèbres qui ont été retrouvées dans les Marnes de Dives (Callovien Supérieur) en plus de quelques os des membres et des fragments de mâchoire. Cet Ichthyosaure mesurait 3/4 mètres de long, avec un museau très effilé et de petites dents coniques, montrant un régime piscivore, et des palettes natatoires. Ce genre est apparu au Jurassique Moyen terminal avant de s'étendre au Jurassique Supérieur (165 à 155 Ma environ). Il possède les plus gros yeux du règne animal (proportionnellement à sa taille) soutenus par un anneau sclérotique cartilagineux (Figure 4). Cet anneau a une fonction encore inconnue, les hypothèses sont qu'il servait de soutien de l'œil pour résister à la pression des profondeurs, ou pour avoir une meilleure vision dans l'obscurité des abysses (Merle, 2011 ; Bardet, 2013).
- ❖ *Platypterygius* sp. avec un fragment de prémaxillaire et un fragment de pariétal a été retrouvé dans la craie glauconieuse cénomanienne. Le corps mesurait environ 7 mètres de long, avec un long et fin museau ainsi que de robustes et de puissantes nageoires pectorales et caudales. *Platypterygius* est le seul représentant connu des Ichthyosaures robustes du Crétacé, ce genre a une existence connue de l'Aptien au Cénomaniens avec une répartition mondiale. Il est également le seul reptile marin retrouvé dans le Crétacé des Vaches Noires (Blain, 2003 ; Merle, 2011).

B. PLESIOSAURES

Le sous-ordre des Plesiosauria a été créé par De Blainville en 1835, et fait partie de l'ordre des Sauropterygia Owen, 1861. Les Plesiosauriens sont datés du Trias terminal (environ 201 Ma) jusqu'à une extinction durant la crise Crétacé/Tertiaire (66 Ma) (Figure 3). Ce groupe est subdivisé en deux super-familles : les Plesiosauroidea Welles, 1943 et les Pliosauroides Seeley, 1874 (ce dernier va être traité plus tard dans cette grande partie sur les reptiles marins) (Bardet, 2013).

Les Plésiosaures sont des reptiles diapsides marins caractérisés par un long cou et une petite tête. Leur corps était trapu à courte queue, les membres antérieurs et postérieurs transformés en grandes nageoires appelées des palettes natatoires, comparables à celles de tortues marines actuelles. La comparaison avec les tortues peut également se faire au niveau de la nage, deux hypothèses étant proposées pour les Plésiosaures : 1) un vol subaquatique, similaire aux tortues marines actuelles, avec un mouvement des quatre membres en même temps (Figure 5) ; ou 2) un mouvement désynchronisé des membres pour des mouvements agiles dans l'eau (Massare, 1988 ; Bardet, 2013).

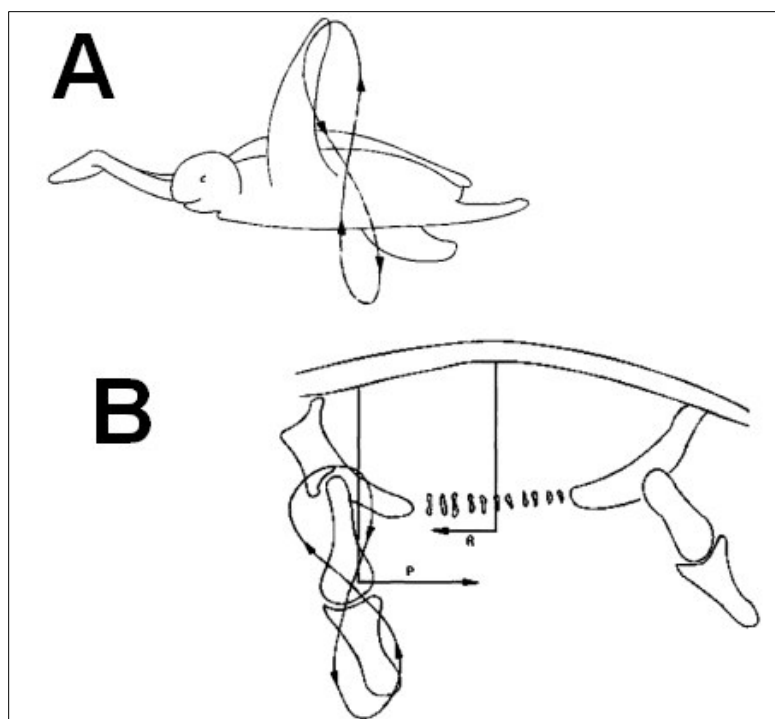


Figure 5 : Schéma du vol subaquatique chez A) une tortue marine actuelle ; B) un Plésiosaure. Dans B, on observe que le mouvement en hélice de la palette natatoire exerce une force de poussée P vers l'arrière du corps. Les côtes ventrales (gastralias) produisent alors une force de résistance R pour équilibrer les forces de propulsion des différentes nageoires.

(Modifié d'après Blaimont & Taheri, 2006).

Comme pour les mammifères marins actuels, les Plésiosaures, et les autres reptiles marins, semblent être ovovivipares, les petits étant en gestation dans le corps de la mère avant de sortir bien développés. La taille adulte des Plésiosaures est très variable, environ 4 mètres pour *Cryptoclidus* mais jusqu'à 15 mètres pour certains Elasmosaures, ce groupe détenant le record du plus grand nombre de vertèbres cervicales avec 70 vertèbres (Massare, 1988 ; Bardet, 2013). Le mode de chasse des Plésiosaures, piscivore d'après leurs petites dents coniques, est celle de chasseur à l'affût, le long cou servant à attraper des poissons plus facilement, avant d'être repéré (Figure 6). Ils devaient être assez lents, plus endurants que rapides, avec des stratégies d'embuscade (Massare, 1988 ; Bardet, 2013).

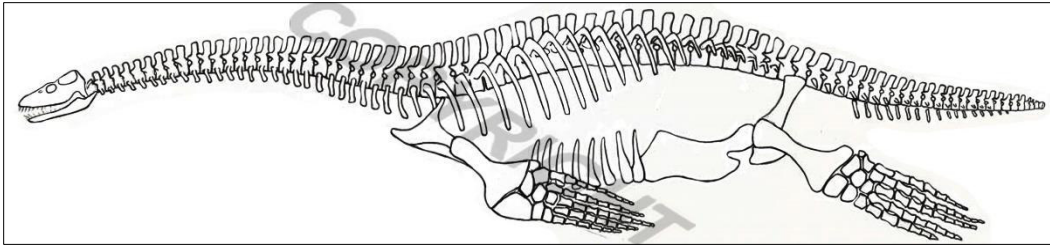


Figure 6 : Reconstitution du squelette d'un Plésiosaure *Cryptoclidus eurymerus*
(Dessin de Michel Fontaine).

Trois espèces de Plésiosaures ont été retrouvées dans les Vaches Noires, datant tous du Callovien au Tithonien (Merle, 2011 ; Bardet, 1993, 2013 ; Bardet et al., 1991).

- ❖ *Muraenosaurus leedsii* Seeley, 1874 appartenant à la famille des Elasmosauridae Cope, 1869. Cette espèce mesure environ six mètres de long avec 44 vertèbres cervicales faisant la moitié du corps, celles-ci sont plus longues que hautes, ce qui est l'opposé de la morphologie de la plupart des reptiles marins.
- ❖ *Cryptoclidus eurymerus* Phillips, 1871 appartenant à la famille des Cryptoclididae Williston, 1925. Le corps mesure 3/4 mètres de long. Sa dentition est constituée d'une multitude de petites dents coniques, montrant un régime piscivore, et servant à filtrer l'eau pour récupérer sa nourriture. Ses vertèbres cervicales sont elles aussi plus longues que hautes (Figure 6).
- ❖ *Tricleidus seeleyi* Andrews, 1909 appartenant à la famille des Cryptoclididae lui-aussi. Il ressemble beaucoup à *C. eurymerus* avec de nombreuses dents fines filtreuses, mais possède un museau plus court et de grandes orbites.

C. PLIOSAURES

La super-famille des Pliosauroidae créée par Seeley en 1874, ayant vécu du Trias basal au Crétacé terminal (extinction lors de la crise Crétacé/Tertiaire) (Figure 3).

Ils sont caractérisés par un cou assez court portant une très grande tête. Comme les Plésiosaures, le corps des Pliosaures était trapu, à courte queue et avec des membres en palettes natatoires permettant soit le vol subaquatique ou un mouvement désynchronisé des quatre membres pour la nage (Figure 7). Du fait de leurs grandes tailles (jusqu'à 15 mètres de long) et de par leur morphologie crânienne et leur cou court, les Pliosaures devaient être des prédateurs opportunistes, plus rapide que les Plésiosaures et pouvaient se propulser facilement, leur stratégie de chasse devait être de poursuivre la proie. Selon certains chercheurs, les Plésiosaures étaient assez agiles pour changer brusquement de direction (Massare, 1988 ; Merle, 2011 ; Bardet, 2013).

La dentition présente de grandes dents pointues et possédant une carène sur la face labiale (vers l'extérieur) et donc des fonctions coupantes et perçantes montrent un régime carnivore, bien que les Pliosaures peuvent aussi manger du poisson ou des ammonites (Merle, 2011 ; Bardet, 2013).

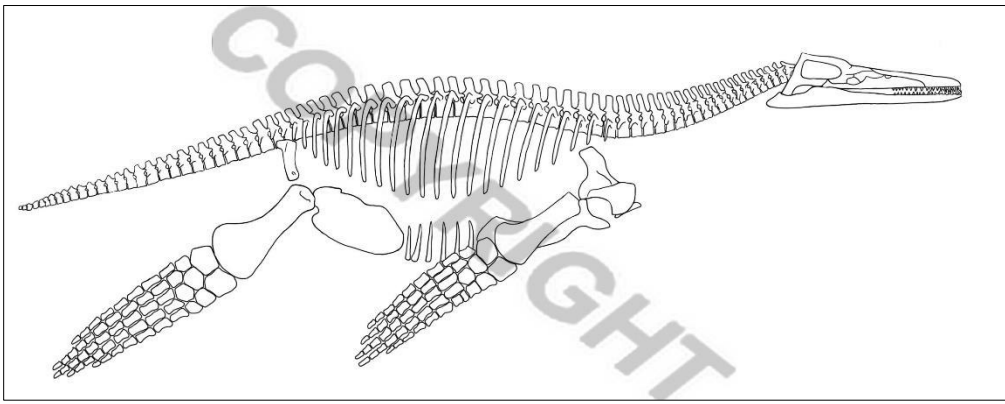


Figure 7 : Reconstitution du squelette d'un Pliosauire *Liopleurodon ferox*.

(Dessin de [Michel Fontaine](#)).

Une seule espèce de Pliosauire a pour l'instant été retrouvée aux Vaches Noires, celle du *Liopleurodon ferox* Savage, 1873 datant du Callovien et appartenant à la famille des Pliosauridae Seeley, 1874 (Figure 7). *Liopleurodon* est le plus gros prédateur marin du Jurassique connu, sa taille est de 15 mètres environ, des dents d'une quinzaine de centimètres ont été retrouvées dans les Vaches Noires avec des crêtes irrégulières sur la face linguale. Son long et robuste crâne lui permettait de chasser de grandes proies, Ichthyosaures, Plésiosaures et crocodiles marins inclus, mais aussi de grandes ammonites ou encore le poisson géant *Leedsichthys problematicus* pouvant mesurer de 7 à 16 mètres de longueur ([Merle, 2011](#) ; [Bardet, 2013](#)).

D. CROCODILES MARINS

Le groupe des crocodiles marins est réparti en deux familles, les Teleosauridae Geoffroy Saint-Hilaire, 1831 et les Metriorhynchidae Fitzinger, 1843, ces deux groupes composent le sous-ordre des Thalattosuchia Fraas, 1901. Ces deux familles sont apparues au Jurassique basal avant de disparaître au Jurassique Supérieur (Figure 3), les restes aux Vaches Noires sont trouvables dans les Marnes de Dives et de Villers (Callovien Supérieur et Oxfordien Inférieur) ([Hua, 2008, 2013](#)).

Les Thalattosuchia sont divisés en deux groupes, chacun regroupant des représentants de deux familles (Teleosauridae et Metriorhynchidae) : les brévirostres chez lesquels le museau fait moins de 55% de la taille du crâne ; et les longirostres où le museau fait plus de 70% de la taille du crâne ([Hua & Buffetaut, 1997](#) ; [Young, 2010](#)).

La nage chez ses crocodiles se faisait probablement par ondulation du corps, comme les crocodiles terrestres actuels, la propulsion se faisant par la queue, la chasse en embuscade, surgissant après s'être caché ([Massare, 1988](#)).

- ❖ Les Metriorhynchidae présentent une morphologie très adaptée au milieu marin : peau lisse sans armure dermique (unique chez les crocodiles) donc hydrodynamique, une nageoire caudale hétérocerque (Figure 8), des membres en pagaies orientés vers l'arrière, os du crâne allégés pour faciliter la remontée à la surface, des orbites orientées latéralement pour un meilleur champ visuel dans l'eau, présence d'un anneau sclérotique (questionnement sur le rôle de soutien ou pour une meilleure vision). De par son long museau et ses dents pointues ou trapues, son alimentation semble être composée de poissons, de tortues et de céphalopodes (ammonites, nautilus) ([Buffetaut, 1982](#) ; [Merle, 2011](#) ; [Hua, 2008, 2013](#)).

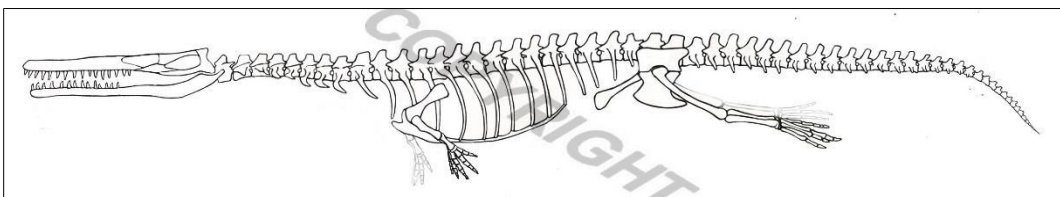


Figure 8 : Reconstitution du squelette d'un *Metriorhynchus superciliosus*.

(Dessin de [Michel Fontaine](#)).

- ❖ Les Teleosauridae, même s'ils font partis des crocodiles marins, présentent des adaptations à la vie marine moins spectaculaires que celles des Metriorhynchidae : présence d'une armure dermique bien développée, pas de nageoire caudale hétérocerque mais droite (Figure 9), une posture semi-érigée sans membres partant vers l'arrière du corps. Leur forme est assez proche de celle des crocodiles actuels, à ceci près que les Teleosauridae sont marins et non terrestres, orbites orientées vers le haut du crâne, pas d'anneau sclérotique (Buffetaut, 1982 ; Merle, 2011 ; Hua, 2008, 2013).

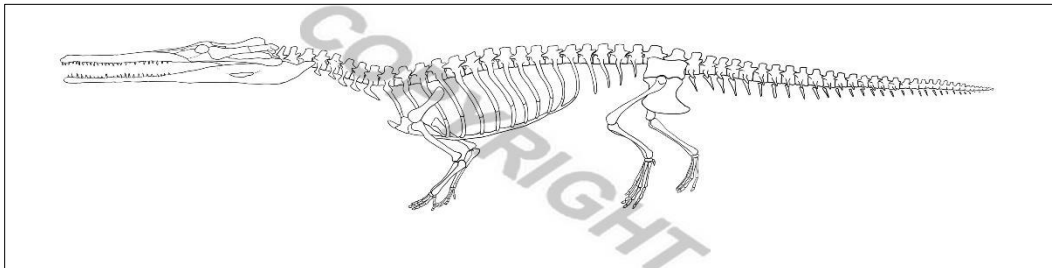


Figure 9 : Reconstitution du squelette d'un *Steneosaurus heberti*.

(Dessin de Michel Fontaine).

Plusieurs espèces de crocodiles marins ont été retrouvées aux falaises des Vaches Noires, appartenant aux deux familles de Thalattosuchia.

- 1) *Metriorhynchus superciliosus* De Blainville, 1853. Longirostre appartenant à la famille des Metriorhynchidae, taille de 5 mètres environ, ne vient jamais sur terre même pour pondre, donc ils étaient sûrement ovovivipares. Son museau est fusiforme (long et fin), semblable à ceux des gavials actuels, permettant un bon hydrodynamisme. La disparition des zygapophyses est également noté, indiquant une ondulation latérale du corps. Les nasaux séparent le prémaxillaire du frontal (Buffetaut, 1982 ; Merle, 2011 ; Hua, 2013 ; Hua & Buffetaut, 1997).
- 2) *M. brachyrhynchus* Deslongchamps, 1868. Brévirostre d'environ 6 mètres de long ayant un aspect plus massif que les autres brévirostres et avec le prémaxillaire en contact avec le frontal (Buffetaut, 1982 ; Hua, 2013 ; Hua & Buffetaut, 1997).
- 3) *Steneosaurus heberti* Geoffroy Saint-Hilaire, 1825. Espèce de la famille des Teleosauridae, ayant une taille inférieure à celle des *Metriorhynchus* (2/3 mètres de long), des mâchoires fusiformes, les membres antérieurs sont réduits (Figure 9). Le mode de vie des *Steneosaurus* est débattue, selon Buffetaut & Thierry, celui-ci est en plateforme continentale, alors que selon Rieppel, il est en mer ouverte (Buffetaut, 1982 ; Hua, 2013 ; Hua & Buffetaut, 1997).
- 4) *Machimosaurus obtusidens* Hua, 1994, de la famille des Teleosauridae est un crocodile marin d'environ 4 mètres de long dont les fenêtres temporales faisaient presque la moitié du crâne. Son régime est piscivore uniquement, ses dents pointues ne pouvaient pas casser des parties dures comme des coquilles ou des carapaces. *Machimosaurus* n'était connu que du Kimméridgien avant d'être découvert dans le Callovien Supérieur des Vaches Noires (Hua, 2013).

A savoir que toutes les différentes espèces et les différents genres de chaque groupe de reptiles marins trouvés aux Vaches Noires l'ont également été dans les Oxford Clay en Angleterre (constituées de couches calloviennes et oxfordiennes malgré son nom), équivalent outre-Manche des Falaises des Vaches Noires et du Jurassique normand. Ces formations normandes et anglaises forment une partie de la zone nord-ouest du bassin Anglo-parisien (Bardet *et al.*, 1993).

II. PRESENTATION DE L'AFFICHE CREEE


Les informations et connaissances obtenues par les publications bibliographiques constituent la base de la future affiche, les informations transmises aux visiteurs par cette affiche sont issues de ces articles scientifiques.

A. QUESTIONNAIRE

Le principal défi lors de la création d'une telle affiche réside dans la méthode de transmission des connaissances : comment rendre cette affiche attractive pour le grand public, éveiller leur intérêt, de manière ludique. L'affiche doit donc être bien visible, pour que les visiteurs la remarquent rapidement, sans qu'elle ne se démarque trop des autres affiches déjà présentes dans le musée.

Afin de mieux connaître les attentes des visiteurs, la distribution d'un questionnaire (Figure 10) est un bon moyen pour récolter rapidement un grand nombre de données facilement analysables. Trente-trois fiches ont été remplies pendant le mois d'Avril lors de rencontres directes avec les visiteurs. Les données extraites de ces fiches ont été rassemblées dans la Table 1 et dans les Graphes 1 et 2.

Figure 10 : Questionnaire réalisé pour les visiteurs à propos des reptiles marins suspendus.



**Votre avis sur les
reptiles marins suspendus**

Bonjour, étant stagiaire en médiation scientifique, je suis chargé de mettre en valeur les différents reptiles marins suspendus. Pour ce faire, voici un petit questionnaire afin de m'aider à répondre aux attentes du public...

	Oui	Non
Avez-vous pris le temps de bien observer les trois reptiles suspendus ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Si non, pourquoi ? : _____

Qu'aimeriez-vous avoir comme informations ? Sous quelle forme ? : _____

	Bonne idée	Pas nécessaire	Mauvaise idée
Plus d'informations sur les reptiles suspendus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reconstitution en maquette tactile	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jeu de comparaison entre les différents reptiles suspendus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Autres : _____

Merci beaucoup pour votre aide !

(Remise du questionnaire à l'accueil)

B. RESULTATS

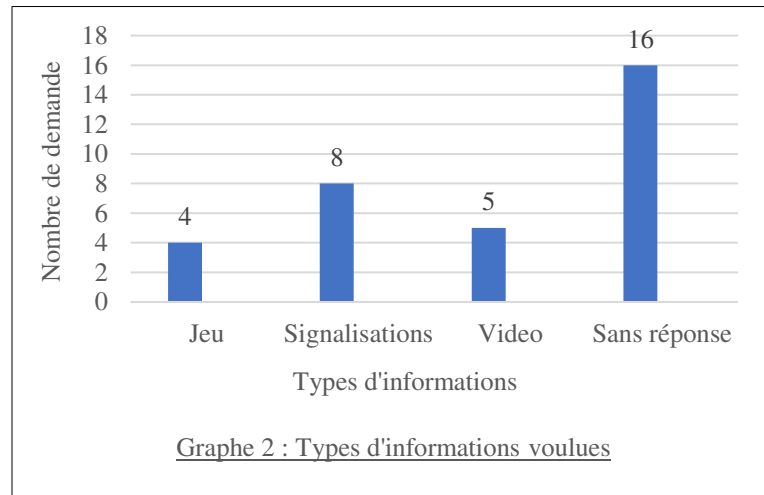
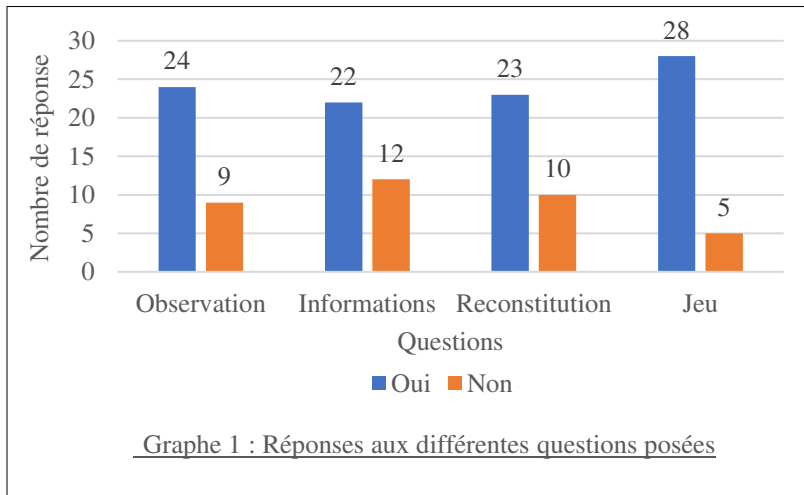
La table 1 présente les résultats du questionnaire, les avis des visiteurs sont rassemblés en positif (oui) et négatif (non), les lignes « Signalisations » et « Vidéos » désignent les remarques des visiteurs pour les questions « Qu'aimeriez-vous avoir comme informations ? Sous quelle forme ? » et/ou « Autres ». Selon les visiteurs, des vidéos reconstituant les déplacements et mettant en scène les modes de vie de ces reptiles (comme l'alimentation) seraient un plus ; de même pour des jeux de fléchages et/ou de lumières pour que ces reptiles soient plus visibles.

Table 1 : Résultats du questionnaire, nombre de réponses positives ou négatives de différents groupes de visiteurs interrogés (familles, personnes ayant choisies la visite guidée, couples, ...) au questionnaire, le chiffre entre parenthèse indique le nombre de groupe de chaque catégorie interrogée. Les inconnus sont ceux ayant rempli et donné le questionnaire à l'accueil, en mon absence. Observations : ont-ils bien observés les reptiles suspendus ; Informations : veulent-ils plus d'informations ; Reconstitutions : veulent-ils des reconstitutions des squelettes tactiles ; Jeu : veulent-ils un jeu de comparaison entre les différents reptiles ; Signalisations : dans les remarques, volonté des visiteurs de signaler les reptiles suspendus ; Vidéos : volonté des visiteurs dans les remarques d'avoir des vidéos des reptiles marins.

Groupes	Audioguides (3)		Visiteurs seuls (5)		Couples (5)		Groupes de 3 personnes (1)	
	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non
Observations	0	3	4	1	5	0	1	0
Informations	3	0	4	1	3	2	1	0
Reconstitutions	3	0	3	2	5	0	1	0
Jeu	3	0	5	0	5	0	0	1
Signalisations	0	3	1	4	2	3	0	1
Vidéos	0	3	0	5	4	1	0	1

Groupes	Familles de 3 personnes (5)		Familles de 4 personnes (3)		Familles de 5 personnes (2)		Inconnus (9)	
	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non
Observations	3	2	3	0	1	1	7	2
Informations	2	3	2	1	1	1	5	4
Reconstitutions	3	2	2	1	1	1	5	4
Jeu	3	2	2	1	2	0	8	1
Signalisations	1	4	0	3	2	0	2	7
Vidéos	0	5	1	2	0	2	0	9

Les graphes 1 et 2 permettent de rendre plus visibles, et plus facilement exploitables les données de la table 1. Le premier graphique montre les différentes réponses aux interrogations du questionnaire : « Observation », les visiteurs ont-ils bien regardé les reptiles suspendus ; « Informations », veulent-ils plus d'informations sur ces reptiles ; « Reconstitutions », des maquettes tactiles seraient-elles un plus ; et indiquent les idées des visiteurs à l'écrit, après la question « Qu'aimeriez-vous avoir comme informations ? Sous quelle forme ? » et/ou « Autres ».



Les trois groupes ayant choisi la visite audioguidée, étant plus concentrés sur les affiches du mur commentées, n'ont pas pensé à lever la tête, d'autant plus que les reptiles marins n'ont pas d'appel pour l'audioguide, ou ils n'ont tout simplement pas pris le temps de s'intéresser aux reptiles suspendus. Il en résulte trois réponses « Non » pour l'observation. Une affiche présentant les reptiles suspendus à la hauteur des autres sur le mur semble être une bonne option, cette catégorie de visiteurs verrait cette affiche et donc s'intéresseraient à ces reptiles marins.

Les visiteurs solitaires et les groupes de 2/3 personnes (non familles) veulent un rassemblement des informations sur les reptiles marins, une seule affiche, mieux visible, ajoutée aux 3 cartels disséminés dans la galerie du Jurassique. Sur ce point, cela rejoint la solution avancée pour l'audioguide ; néanmoins les visiteurs solitaires (avec les groupes de 2/3 personnes) semblent trouver une signalisation des reptiles marins suspendus inutile, en effet ces derniers sont plus attentifs à l'ensemble du musée et non concentrés sur un seul mur comme lors des visites audioguidées. Tous les couples interrogés se rejoignent sur un point : la présence d'une vidéo reconstituant les modes de vie de ces reptiles (alimentation, mobilité, ...) serait parfaite.

Pour les familles, celles-ci suivent généralement leurs enfants, or les enfants ont besoin de manipuler, donc de petites reconstitutions 3D tactiles des reptiles marins seraient l'idéal, de même pour un jeu de comparaison. Pour ces groupes, l'observation est présente, mais l'ajout d'informations supplémentaires dépend des personnes : certaines aiment lire, d'autres non.

En ce qui concerne les inconnues, il ressort que toutes les idées déjà avancées sont approuvées, mais une absence de remarques ou d'idées originales est observée. Ces deux faits témoignent d'un manque de recul de leur part, les questionnaires étant placés à côté de l'accueil sans personne pour les guider à avoir du recul sur leurs avis. Ces informations montrent néanmoins que le public n'est pas opposé aux idées de base.

C. AFFICHE

A l'aide de ces observations, une présentation des reptiles marins suspendus sous la forme d'une affiche regroupant les trois groupes (Plésiosaures, crocodiles marins et Pliosaures) paraît être la meilleure solution (Figure 11). Les illustrations présentées ont pour but de donner une idée aux visiteurs de la forme des reptiles de leur vivant. Les dessins des squelettes permettent aux visiteurs d'associer plus facilement les informations données au reptile suspendu correspondant. Il n'y aura pas de reconstitutions des squelettes 3D tactiles, de même pour les vidéos, cela détournerait l'attention des visiteurs des reptiles suspendus, ce qui s'avère contre-productif. De plus, une vidéo de présentation des reptiles est déjà présente dans la salle de cinéma, faisant suite à celle de présentation des Falaises des Vaches Noires. Ainsi, cette affiche devra être grande et être placée en évidence dans le musée pour servir de signalisation unique, des systèmes de fléchages et de lumières sont difficiles à mettre en place vu la disposition et l'emplacement des reptiles marins.

En ce qui concerne le jeu, plus adapté pour les enfants, ces derniers ont déjà un jeu de piste à remplir au cours de leur visite, de même qu'un jeu dans l'alcôve du marais, le jeu devra être présent sur l'affiche sous forme de questions / réponses simples incitant les visiteurs à lever les yeux et constater par eux même les particularités des reptiles suspendus.

Les informations sur l'affiche sont nécessaires, un musée informe les visiteurs, les questions / réponses le permettront. Pour qu'elles gardent leur intérêt et pour qu'elles restent attractives les informations données devront être moins développées que celles données pendant les visites guidées. Les questions devront également porter sur des éléments facilement observables pour des non-initiés à la biologie ou à la paléontologie : locomotion, formes des os ou des dents, par exemple (Figure 11).

L'affiche (Figure 11) présente un texte anglais, traduction des textes français, pour satisfaire les visiteurs étrangers, les Anglais ou Néerlandais étant assez nombreux. Le titre, en plus d'inciter les visiteurs à lever la tête pour observer les reptiles suspendus, indique que ces reptiles ne sont pas des dinosaures, mais des reptiles marins, et même s'ils sont en l'air dans le musée (Annexe 1), ce ne sont pas des reptiles volants. Les questions ne portent pas sur les informations générales des groupes de reptiles marins puisque celles-ci sont déjà présente sur les cartels de présentation en dessous des reptiles (Annexe 2).

Les dessins des corps et des squelettes à côté des questions aident les visiteurs à associer le texte au reptile suspendu correspondant. Ces questions sont répétitives (pour la plupart) pour que les visiteurs fassent les liens et les comparaisons voulues entre ces différents reptiles marins.

Enfin la « conclusion » de l'affiche permet de rappeler aux visiteurs que ces trois reptiles marins suspendus ne sont que des représentants de la très grande diversité des reptiles marins des mers normandes jurassiques. Ils ne font qu'illustrer de façon spectaculaire (reconstitutions de plusieurs mètres de long) la diversité des reptiles marins dans le jurassique européen. Ce dernier cadre rappelle aussi qu'une vidéo reconstituant les modes de vie de ces reptiles existe déjà dans le musée, il faut juste être patient et attendre la fin d'une autre vidéo pour observer celle-ci.

Figure 11 : Affiche créée pour le Paléospace, présentant les reptiles marins suspendus.

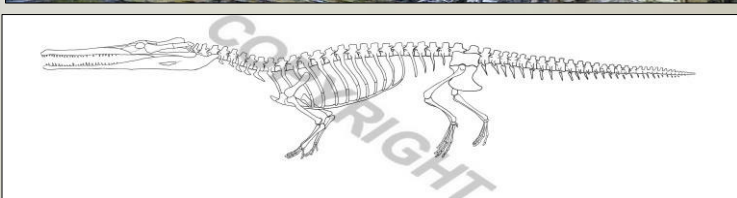


LES REPTILES MARINS

(ILS NAGENT, ILS NE VOLENT PAS !)

THE MARINE REPTILES

(THEY SWIM, THEY DON'T FLY !)



Machimosaurus :

Comment nageait-il ? Les nageoires en forme de pagaies servaient de propulseurs. La queue droite servait de gouvernail et/ou de propulseur.

Où vivait-il ? Les pattes avant permettaient de marcher sur terre. Ils vivaient sûrement près du littoral.

Que mangeait-il ? Du poisson (piscivore), ceci étant déduit de ces petites dents pointues (coniques) perçantes.

Machimosaurus :

How did it swim ? The fins in paddle shape served as thrusters. The right tail served as a rudder and/or as thrusters.

Where did it live ? The anterior limbs were used to walk on earth. They probably lived near the coast.

What was it eating ? Fishes (piscivorous), this being deduced of these small pointed piercing (conical) teeth.

Cryptoclidus :

Comment nageait-il ? Avec ces grandes nageoires (palettes natatoires) comportant de grands doigts. Les os des nageoires sont plats ce qui permet une meilleure nage.

Où vivait-il ? Ces quatre nageoires rendent impossible tout appui du corps sur la terre ferme. Les Plésiosaures restaient dans un milieu de mer ouverte.

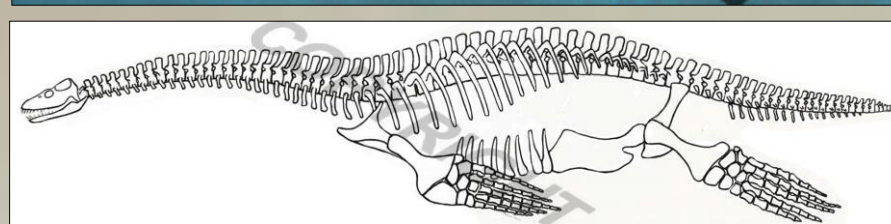
Que mangeait-il ? Présence de dents coniques, donc des poissons ou des ammonites. Pour ces dernières, les Plésiosaures cassaient leur coquille pour ne manger que la partie molle.

Cryptoclidus :

How did it swim ? With its large fins (swimming pallets) comprising long fingers. The bones of the fins are flat which allows a better swimming.

Where did it live ? These four fins make impossible any support of the body on firm earth. Plesiosaurs remained in an open sea environment.

What was it eating? Presence of conical teeth, so fishes or ammonites. For the latters, Plesiosaurs broke their shell to only eat the soft part.



Liopleurodon ferox :

Vous parait-il grand ? Celui-ci n'est qu'un *Liopleurodon* juvénile, d'environ 5 mètres de long, l'adulte pouvant mesurer 15 mètres de long.

Comment nageait-il ? Ses membres, des palettes natatoire, permettaient un «vol subaquatique». Ces palettes montrent également des os plats.

Où vivait-il ? Ses quatre nageoires et sa grande taille informent sur une vie en milieu marin ouvert. Des animaux aussi imposants ne peuvent pas se hisser et se déplacer sur terre.

Que mangeait-il ? Il possède des dents pointues et tranchantes, capables d'arracher de la viande, donc carnivore. Celles de devant sont courbées pour mieux saisir et arracher.

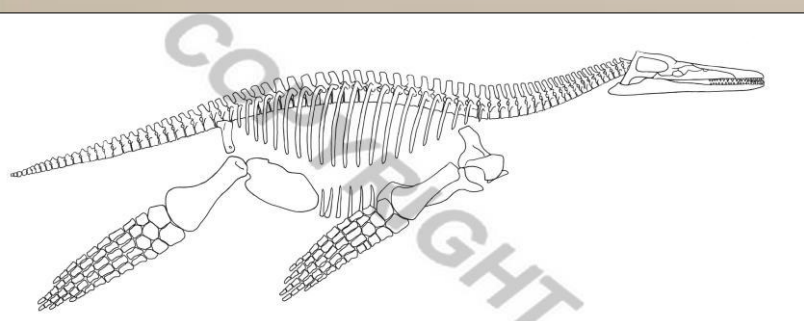
Liopleurodon ferox :

Does it seem large ? This one is just a juvenile *Liopleurodon*, about 5 meters long (about 16 feet long), the adult being able to measure 15 meters long (about 49 feet long).

How did it swim ? Its members, swimming pallets, allowed a "subaquatic flight". These pallets also show flat bones.

Where did it live ? Its four fins and the large body size inform on a life in open marine environment. Such impressive animals cannot climb and move on earth.

What was it eating ? It has pointed and sharp teeth that can torn apart meat, so carnivorous. The front ones are curved to better grasp and snatch.



• Ces trois reptiles marins présents aux Falaises des Vaches Noires sont de bons témoins de la grande diversité de ces prédateurs (plésiosaures, crocodiles marins et pliosaures), géants des mers au Jurassique et très adaptés à leur milieu de vie marine. Une vidéo montrant la locomotion de ces animaux est présente dans la salle cinéma, en face de l'alcôve du marais.

• These three marine reptiles native at the cliffs of the Vaches Noires are good witnesses of the great diversity of these predators (plesiosaurs, marine crocodiles and pliosaurs), giants of the Jurassic seas and very suitable to their marine environment. A video showing the locomotion of these animals is present in the cinema, in front of the swamp's alcove.

3) CONCLUSION

La diversité des représentants des reptiles marins aux Vaches Noires est assez impressionnante (10 genres différents pour tous les groupes), d'un âge allant du Callovien Supérieur au Cénomaniens (162 à 158 Ma et 99 Ma environ), bien qu'à l'heure actuelle seul l'Ichthyosaure *Platyterygius* ait été retrouvé dans le Crétacé des Falaises des Vaches Noires.

Cette connaissance des reptiles marins des falaises est encore incomplète, le Callovien Supérieur affleurant très peu, et les recherches dans le Cénomaniens étant peu nombreuses, de nouvelles recherches dans ces couches pourraient nous révéler d'autres espèces (ou genres) de reptiles marins. Il faut souligner l'importance de l'aide apportée par quelques amateurs, d'anciens dons de collections privées à des musées ont déjà révélé des fossiles remarquables.

Montrer cette grande diversité aux visiteurs, dans le cadre du musée, s'avère difficile, la médiation scientifique est obligatoire pour cela. Néanmoins, ces transmissions de connaissances entre médiateurs et visiteurs se font principalement lors des visites guidées ou lors de démonstrations publiques. Lors des visites libres, le seul moyen est la création et la disposition de cartels et/ou affiche dans le musée, visibles par tous les visiteurs, quel que soit leur âge.

Une affiche doit être lue facilement et rapidement, avec des informations accessibles pour tous. La vulgarisation et la synthèse des données et informations scientifiques sont obligatoires. Une présentation unique d'une forme de reptile marin pour chaque grand groupe est donc le meilleur compromis pour ne pas tomber dans la simplification extrême et les erreurs dans les transmissions d'informations.

4) REMERCIEMENTS

En premier lieu, je remercie mon maître de stage, Laurent Picot pour sa disponibilité et son aide précieuse durant ma présence au Paléospace, que ce soit pour la médiation scientifique et pour la rédaction de ce rapport.

Je remercie également les autres médiateurs du Paléospace : Stéphane, Thomas, Aurélie et Erwan pour leurs soutiens, conseils et accueil. De même pour les autres membres du personnel : Mélanie, Félicie et Audrey pour m'avoir supporté pendant toute cette période de stage.

Mes remerciements s'adressent aussi à la directrice du musée, Karine Boutillier pour m'avoir accueilli en tant que stagiaire au sein du Paléospace.

Je remercie ma famille et mes amis pour leur soutien et leur présence sans faille, pour m'avoir encouragé dans mes études, et pour la relecture de ce rapport.

Enfin, je remercie le jury pour la lecture de ce rapport de stage et les corrections apportées.

5) BIBLIOGRAPHIE

- ❖ Andrews, C.W., 1910, A description Catalogue of the Marine Reptiles of the Oxford Clay, Part I, Order of the Trustees of the British Museum, London, 205p. ;
- ❖ Bardet, N., 2013, Les Ichthyosaures et les Plésiosaures du Jurassiques et du Crétacé des Falaises des Vaches Noires (Normandie, France), In : Fossile, Hors-Série IV, Janvier 2013 ;
- ❖ Bardet, N., Pennetier, G., Pennetier, E., 1991, *Muraenosaurus leedsii* SEELEY (Plesiosauria, Elasmosauridae) dans le Callovien du Calvados (France), N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1991, H.7, 402-408, Stuttgart, Juli 1991 ;

- ❖ Bardet, N., Pannetier, G., Pannetier, E., Queromain, J., 1993, Présence du Pliosauve *Liopleurodon ferox* Sauvage dans le Jurassique Moyen (Callovien) de Villers-sur-Mer, Normandie, Bull. trim. Soc. Geol. Normandie et Amis Muséum du Havre, t.80, fax 3 et 4 ;
- ❖ Blaimont, P., Taheri, A., 2006, Biomécanique de l'épaule : De la théorie à la clinique, Springer Science & Business Media, 139p. ;
- ❖ Blain, H.-A., Pannetier, G., Pannetier, E., 2003, Présence du genre *Platypterygius* (Ichthyosauria, Reptilia) dans le Cénomanién Inférieur de Villers-sur-Mer (Normandie, France), L'Echo des Falaises (3) ;
- ❖ Buffetaut, E., 1982, Présence du crocodilien *Machimosaurus hugii* (Mesosuchia, Teleosauridae) dans le Kimmeridgien de Normandie (Calvados) ;
- ❖ Collin, F., Hébert, F., Rebours, T., 2005, Falaises des Vaches Noires, histoire paléontologique de Houlgate à Villers-sur-Mer, Editions Charles Corlet, Condé-sur-Noireau, 63p. ;
- ❖ Dangeard, L., 1951, Géologie Régionale de la France VII, La Normandie, Hermann & C^{ie} Editeurs, Paris, 241p. ;
- ❖ Doré, F., Juignet, P., Larssonneur, C., Pareyn, C., Rioult, M., 1977, Guides géologiques Régionaux : Normandie, Editions Masson, Paris, 190 p. ;
- ❖ Hua, S., 2008, Les Crocodiliens marins fossiles de Normandie, Bull. Soc. Geol. Normandie et Amis du Museum du Havre, tome 95, fascicule 2, pp. 163-178 ;
- ❖ Hua, S., 2013, Les crocodiles marins, In : Fossiles, Hors-Série IV, Janvier 2013 ;
- ❖ Hua, S., Buffetaut, E., 1997, Crocodylian, In : Ancient Marine reptiles, Academic Press, Part V, pp. 357-374 ;
- ❖ Lebrun, P., Courville, P., 2013, Le Jurassique des Vaches Noires, In : Fossiles, Hors-Série IV, Janvier 2013 ;
- ❖ Massare, J.A., 1988, Swimming capabilities of Mesozoic marine reptile : implications for method of predation, Paleobiology, 14(2), pp. 187-205 ;
- ❖ Merle, B., 2011, Les Falaises des Vaches Noires de Cuvier au Paléospace, Editions des Falaises, PTC Rouen, 128p. ;
- ❖ Young, M.T., Brusatte, S.L., Ruta, M., Brandalise De Andrade, M., 2010, The evolution of Metriorhynchoidea (mesoeucrocodylia, thalattosuchia) : an integrated approach using geometric morphometrics, analysis of disparity, and biomechanics, The Linnean Society of London, 158, 801-859.

■ ANNEXE 1 – Photos des reptiles marins suspendus :



Photo 7 : Moulage reconstituant un squelette de *Cryptoclidus*, premier reptile marin suspendu visible dans la galerie du Jurassique du Paléospace.

Photo 8 : Moulage reconstituant un squelette de *Machimosaurus* (daté du Kimmeridgien), deuxième reptile marin suspendu visible dans la galerie du Jurassique du Paléospace.



Photo 9 : Moulage reconstituant un squelette de *Liopleurodon ferox*, troisième et dernier reptile marin suspendu présent dans la galerie du Jurassique.

■ ANNEXE 2 – Cartels de présentation des reptiles marins suspendus du Paléospace :



Cryptocleidus
GROUPE DES PLESIOSAURES
fac-similé suspendu

Cryptocleidus est un reptile marin du groupe des Plesiosaures reconnaissable à son long cou, sa longue queue et sa petite tête. Ses quatre membres, transformés en palettes natatoires, lui assuraient une nage appelée « vol subaquatique » semblable à celle des tortues marines actuelles.

Cryptocleidus
PLESIOSAUROIDEA GROUP
suspended facsimile

The *Cryptocleidus* is a marine reptile from the Plesiosauroidea Group, which is known for its long neck, long tail, and small head. Its four paddle-shaped flippers would have allowed it to move through the water in "sub-aquatic flight," similar to that of modern marine turtles.

Figure 12 : Cartel explicatif du *Cryptocleidus* présent au Paléospace.



Machimosaurus
GROUPE DES CROCODYLIENS
fac-similé suspendu

Machimosaurus est un proche cousin de *Steneosaurus* et de *Metriorhynchus*, les deux crocodiles des falaises des Vaches Noires. Il se trouve dans des couches plus jeunes que celles des falaises de Villers-sur-Mer (Kimméridgien, 150 millions d'années). Cet animal marin vivait plutôt en haute mer.

MACHIMOSAURUS
CROCODYLIAN GROUP
suspended facsimile

The *Machimosaurus* is a close cousin to the *Steneosaurus* and the *Metriorhynchus*, the two crocodiles found in the Vaches Noires Cliffs. However, it is found in rock beds that are younger than those at the Villers-sur-Mer cliffs (Kimmeridgian, 150 million years ago). This marine animal lived in the open sea.

Figure 13 : Cartel explicatif du *Machimosaurus* présent au Paléospace.



LIOPLEURODON ferox
GROUPE DES PliosAURES
fac-similé suspendu

Liopleurodon ferox est le super-prédateur de la faune des falaises des Vaches Noires. La puissance de sa mâchoire devait lui permettre de chasser les autres grands reptiles marins comme *Cryptocleidus* ou *Ophthalmosaurus*.

LIOPLEURODON ferox
PLIOSAUROIDEA GROUP
suspended facsimile

The *Liopleurodon ferox* is the leading predator among the animals found at the Vaches Noires Cliffs. Its powerful jaws would have allowed it to hunt other large marine reptiles, like the *Cryptocleidus* and the *Ophthalmosaurus*.

Figure 14 : Cartel explicatif du *Liopleurodon ferox* présent au Paléospace.