

DÉCOUVERTE D'UN NAUTILOÏDE CYRTOCÔNE DANS LES GRÈS ORDOVICIENS DE BRÉHEC (MASSIF ARMORICAIN)

Joël ROLET¹ et Yves PLUSQUELLEC¹

¹ Université de Bretagne Occidentale, UMR 6538, Domaines océaniques, Faculté des Sciences et Techniques, et IUEM, Brest, France.

Résumé. Première découverte d'un nautiloïde cyrtocône rapproché des Ellesmerocerida dans les « séries rouges » de Bréhec (Formation de Port-Lazo), Floien probable, *alias* Arenig « moyen ». La présence de ce mollusque confirme le caractère marin du dépôt. Le faciès de remplissage de la coquille, de type oolithique, est inconnu dans la formation.

Mots-clés. Nautiloïde, « séries rouges », Ordovicien, Floien, Massif armoricain.

Abstract. First discovery of a specimen of cyrtoconic nautiloid assigned to the Ellesmerocerida ? in the « séries rouges » of Bréhec, northern Brittany (Port-Lazo Formation), likely Floian (= “middle” Arenig). This record allows to confirm the marine character of the basin. The oolitic facies described within the shell is unknown in the formation.

Key-words. Nautiloid, « séries rouges », Ordovician, Floian, Armorican Massif.

Dans sa thèse sur les « *Mollusques bivalves et céphalopodes du Paléozoïque armoricain* » Babin (1966) tente un inventaire réactualisé des « nautiloïdes » mais les conditions de préservation du matériel font que l'essentiel du travail porte sur des formes du Silurien et du Dévonien. Un seul spécimen de l'Ordovicien est figuré ; il s'agit d'un moule interne d'*Endoceras* ? sp. du Llandeilo de La Meignanne. L'auteur signale par ailleurs que « de nombreuses espèces d'« *Orthoceras* » furent autrefois citées dans l'Ordovicien, le Silurien, le Dévonien [...] mais ces déterminations fondées sur quelques caractères secondaires sont généralement très inefficaces » (1966, p. 308). Il en est de même pour les formes courbes, ainsi, de Tromelin (1877) indique la présence de *Cyrtoceras* sp. dans le Silurien de Normandie ; le genre mal défini est abandonné.

Notre travail sur le spécimen de Bréhec est également limité par le type de fossilisation, mais ici, l'intérêt purement paléontologique est compensé – pour ne pas dire supplanté – par l'extrême rareté des faunes marines récoltées dans les séries rouges armoricaines.

Contexte géographique et stratigraphique

Le petit bassin de Bréhec en Plouha est situé dans les Côtes-d'Armor, sur la côte ouest de la baie de Saint-Brieuc, à quelques kilomètres au sud de Paimpol (Fig. 1). Géologiquement, il appartient à l'ensemble des « grès rouges » situés dans le domaine nord-armoricain et reposant sur un socle constitué de terrains appartenant à la chaîne cadomienne.

Les « séries rouges » : Peu de formations paléozoïques armoricaines ont connu une telle incertitude quant à leur attribution stratigraphique que ces « grès rouges » du golfe normano-breton. Ils sont tour à tour attribués au Cambro-Ordovicien (Barrois, 1908), au Permo-Trias (Milon, 1934), au Permo-Carbonifère (Pruvost, 1949), au Westphalo-Stéphanien (Delattre & Waterlot, 1958 et 1959) et au Dévonien (Doubinger & Poncet, 1964, Bonhomme *et al.*, 1966).

Les « grès rouges » sont systématiquement discordants sur des terrains briovériens structurés durant l'orogénèse cadomienne. Ici, à Bréhec, ainsi qu'à Plouézec, ils reposent sur la Formation des Grès du Minard (Protérozoïque supérieur), légèrement plissée et faiblement métamorphique. À Erquy, les grès roses reposent en discordance sur la formation volcanique briovérienne de Lanvallon-Erquy, peu métamorphique (spilites) et au Cap Fréhel sur la diorite briovérienne de Coëtmieux-Fort-la-Latte affectée par un métamorphisme cadomien plus marqué (amphibolites). De nombreux prolongements immergés, de ces « grès rouges », sont connus dans l'ensemble du golfe normano-breton.

Les sédiments rouges du bassin de Bréhec, bien qu'assez fortement fracturés, présentent une conservation remarquable du fait de l'absence de plissement et de métamorphisme. Ils montrent le plus souvent un très faible plongement et les caractères pétrographiques des différents faciès ainsi que les figures sédimentaires y sont parfaitement conservés.

Ces « séries rouges de Bréhec » (Suire *et al.*, 1991) ou « Formation de Port-Lazo » (Égal *et al.*, 1995) peuvent être subdivisées en 3 membres :

- . Un membre inférieur conglomératique
- . Un membre moyen à alternances silto-argileuses
- . Un membre supérieur à alternances grésos-argileuses

Les 3 membres sont séparés par des failles à rejets verticaux et horizontaux et la colonne lithostratigraphique obtenue (Suire *et al.*, 1991) est très probablement incomplète.

- Le membre inférieur constitué de dépôts terrigènes sablo-conglomératiques correspond à un cône alluvial appuyé sur une paléo-falaise côtière encore bien visible.

- Les alternances silto-argileuses du membre moyen, à rides de marées, sont considérées comme d'anciennes tidalites. Quelques bancs de siltites sont affectés de très belles figures de dessiccation, en relation avec des émergences fréquentes.

- Les grès du membre supérieur correspondraient à des dépôts plus franchement marins.

Données paléontologiques : Le nautiloïde décrit ici a été trouvé en place, sur l'estran du « Vieux Bréhec », à une vingtaine de mètres au nord de la falaise où apparaissent les anciennes tidalites du membre moyen. Il est conservé, et a été protégé, dans un niveau argileux blanc verdâtre très fin de 5 à 10 cm d'épaisseur entre deux bancs de silts rouges pluridécimétriques. Le banc supérieur qui le recouvrait montre des figures de charge caractéristiques.

Les seules traces de vie connues jusqu'à présent à Bréhec, dans ces niveaux, étaient de nombreux fragments de membranes organiques, films algaires (Suire *et al.*, 1991).

Dans le proche bassin de Plouézec-Plourivo, Barrois en 1908 signalait des pistes de bilobites dans la carrière de Kerleau, près de Plourivo. Ces pistes sont

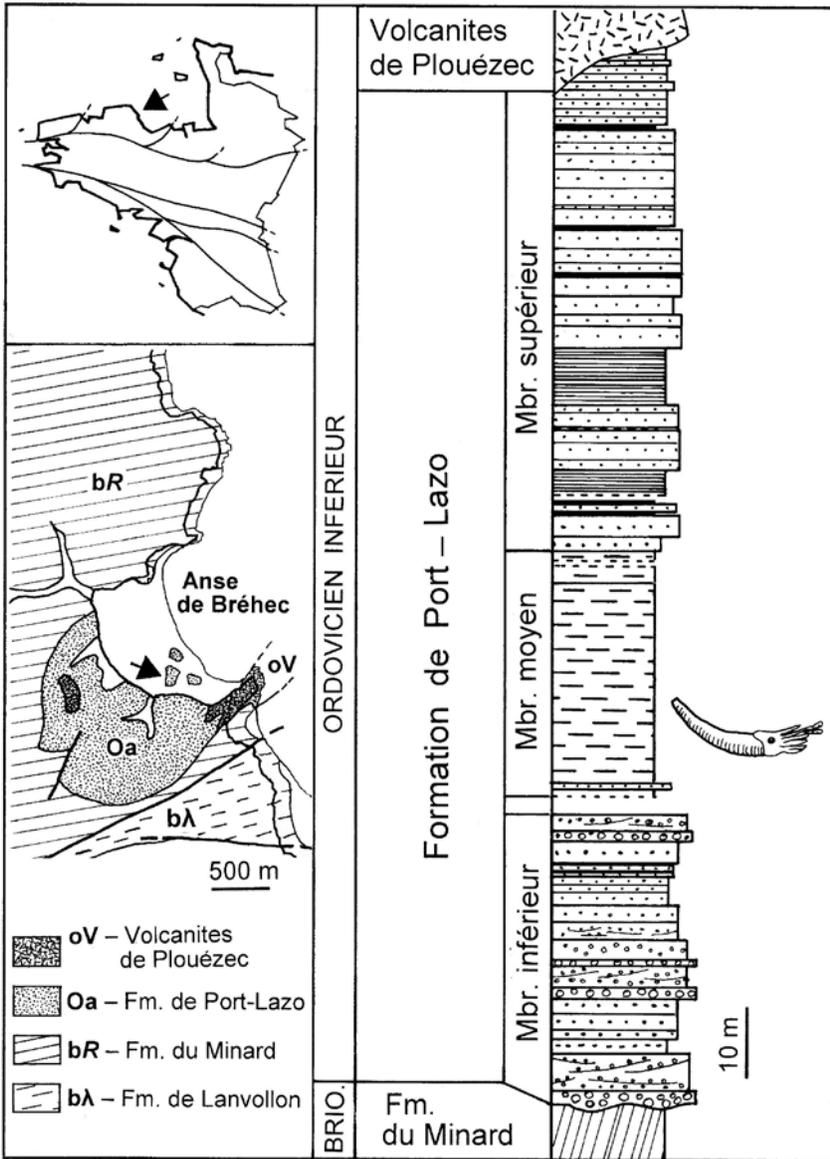


Fig. 1 - Localisation du Nautiloïde dans le Bassin de Bréhec à diverses échelles. Massif armoricain ; Anse de Bréhec d'après la carte géologique au 1/50 000, feuille Pontrieux - Étables-sur-Mer (Égal *et al.* 1996) ; colonne lithostratigraphique schématique de la Formation de Port-Lazo d'après Suire *et al.* (1991) modifié.

probablement situées au sommet de la Formation de Toul Lan (Égal *et al.*, 1995) qui repose en légère discordance sur la Formation de Port-Lazo, équivalente des « séries rouges » de Bréhec. Des traces de bioturbation ont pu aussi être observées localement dans les grès de la Formation de Plourivo, formation terminale de ce bassin. Les grès des formations de Toul Lan et de Plourivo sont nettement marins, de couleur plus claire, gris blanchâtre, que celle des « séries rouges » et ne sont pas sans rappeler certains faciès de la Formation du Grès armoricain.

Géochronologie : À Bréhec, des filons et des sills de dolérites (Volcanites de Plouézec), en partie spilitisées, et à affinités tholéïtiques intracontinentales (Cordier, 2002) recoupent les bancs de silts et de grès rouges. Ces intrusions volcaniques se font à la faveur de systèmes de failles normales conjuguées en régime extensif, sub-contemporains du dépôt des grès. Les âges obtenus de 451 +/- 10,5 Ma par la méthode K/Ar sur roche totale et sur feldspaths correspondent très probablement à un léger rajeunissement lié à la spilitisation des dolérites.

Dans le bassin de Plourivo, il a été démontré qu'une partie du volcanisme est nettement contemporain des dépôts, avec développement de pépérites et bréchification des laves (Galerie *et al.*, 2006). Ces laves ont été datées à 472 +/- 5 Ma, par la méthode Rb/Sr sur roche totale (Auvray *et al.*, 1980). L'âge obtenu correspond à l'Ordovicien inférieur, Floien supérieur (cf. « séries et étages de la stratigraphie globale », Webby *et al.* 2004, Charte ICS, Cohen *et al.* 2013 ; 2015), ou à la partie moyenne de l'Arenig, sensu « séries et étages classiques », ou sensu « séries et étages des Îles britanniques révisés » (Fortey *et al.* 1995).

Si l'on admet que l'unité de base du bassin de Plourivo (Formation de Port-Lazo dans sa localité-type) et les unités du bassin de Bréhec sont sensiblement contemporaines, on peut proposer un âge au plus Floien supérieur (ca. 472 Ma) pour ces dernières. Ceci n'est pas incompatible avec la datation des volcanites « recoupantes » de Plouézec qui indique que la formation est – compte tenu du rajeunissement des données – nécessairement et significativement antérieure à 451 +/- 10,5 Ma.

Étude paléontologique

CLASSE : Cephalopoda CUVIER, 1797

SOUS-CLASSE : Nautiloidea AGASSIZ, 1847

ORDRE : indéterminé (Ellesmerocerida ?)

GENRE : indéterminé

Fig. 2-3

Matériel : Un seul spécimen récolté par l'un de nous (J.R.) en 2004. Il est conservé dans les collections de paléontologie de la Faculté des Sciences et Techniques de Brest sous le numéro LPB 15 610.

Mode de fossilisation et nature du remplissage : L'examen détaillé des sections transversale et longitudinale (surfaces polies et lame mince) montre deux éléments assez nettement distincts : d'une part, un cortex, sombre en section et clair en lame mince, d'un peu moins de 1 mm d'épaisseur et d'autre part, un remplissage interne de sédiments oolithiques brun-rougeâtre, limité en périphérie par un mince niveau (1-2 mm) plus clair, verdâtre, principalement visible en lame mince, et où les oolithes deviennent de plus en plus floues.

Sur sa face externe, le cortex est en contact direct avec quelques lambeaux conservés du sédiment encaissant.

Nous examinerons successivement les différents faciès présents, depuis la partie la plus interne jusqu'à la périphérie du fossile (Fig. 2) :

- la zone centrale, correspondant au remplissage principal du fossile, de couleur brun-rouge dominante,
- la zone périphérique « décolorée » du remplissage,
- le cortex vert foncé,
- l'enduit superficiel blanc lustré, reste du sédiment encaissant.

Zone centrale du remplissage. Les sédiments de remplissage du fossile présentent une structure de type oolithique (Fig. 2A-D). Il s'agit en fait de sphérules rondes ou ovoïdes, isolées, regroupées, anastomosées, et de diamètre voisin de 0,5 mm.

Les couronnes externes des « oolithes » sont de teinte très claire, en lumière naturelle, et tranchent sur les couleurs plutôt sombres de l'ensemble du remplissage. Les minéraux y sont difficilement identifiables car sous forme de micro-granules. Le fond est constitué de micro-granules de quartz dans lesquels baignent quelques microcristaux spathiques de calcite et de nombreux micro-granules trapus de chlorite et parfois d'opaques.

Les noyaux des oolithes, de forme variée, ronds, ovoïdes, lobés, sont entièrement remplis par un agrégat de couleur brun sombre, et peuvent présenter une géode centrale claire simple ou multiple.

En lumière naturelle, les noyaux « sombres » des oolithes sont de couleur brun pâle à brun foncé et piquetés de micro-granules d'oxydes de fer. Lorsqu'elles existent, les géodes centrales peuvent être vides, mais le plus souvent remplies d'un fond micro-quartzeux plus clair que les couronnes et dans lequel baignent des micro-granules et agrégats de calcite claire. Les parois des géodes sont tapissées de pointes de cristaux spathiques. Le noyau brunâtre est constitué de carbonates et d'oxydes de fer dont l'aspect évoque la dolomite. Toutefois les analyses RX (*) et les teintes de polarisation anormales de ces carbonates, sont en faveur de calcite plus ou moins fortement imprégnée d'oxydes de fer.

Le ciment inter-oolithique se présente comme un encroûtement épais de couleur brune recouvrant uniformément les oolithes ou les agrégats d'oolithes.

Cet encroûtement préserve et limite quelques espaces inter-oolithiques, sortes de géodes allongées, vides ou à remplissage microcristallin quartzo-calcique clair. Dans cette configuration la surface externe de l'encroûtement présente des pointements automorphes de calcite brune.

La composition minéralogique de l'encroûtement est très semblable à celle des noyaux oolithiques brunâtres : calcite imprégnée d'oxydes de fer.

Dans la partie la plus interne du fossile (Fig. 2A), le remplissage oolithique montre un faciès légèrement différent. Les noyaux des oolithes sont plus gros, les couronnes claires plus minces et l'encroûtement inter-oolithique plus épais et plus chargé en fer. De composition identique, la teinte plus foncée est due à la présence d'une plus forte proportion d'oxydes de fer.

Zone périphérique du remplissage. La bordure externe du remplissage (Fig. 2E), à l'approche de l'ancienne coquille, prend, sur 0,5 à 2 mm d'épaisseur, une couleur verdâtre qui tranche sur la couleur brune générale du remplissage.

Cette « décoloration » est due à la disparition progressive des oxydes de fer qui parallèlement contribuent à l'enrichissement en chlorite, d'où la couleur verte. Le changement de couleur semble donc être lié à un léger métamorphisme statique (paragenèse à chlorite, quartz et micas blancs) qui se manifeste uniquement sur la bordure externe du remplissage, soumise préférentiellement aux circulations de fluides.

Parallèlement, la morphologie des oolithes devient approximative, leur contour incertain et leur noyau sombre disparaît (à noter que ce phénomène est déjà amorcé dans la zone externe du remplissage central (Fig. 2D)). De plus, les espaces inter-oolithiques prennent davantage d'importance et, au contact du cortex, ne se différencient plus des amas chloriteux décrits ci-dessous.

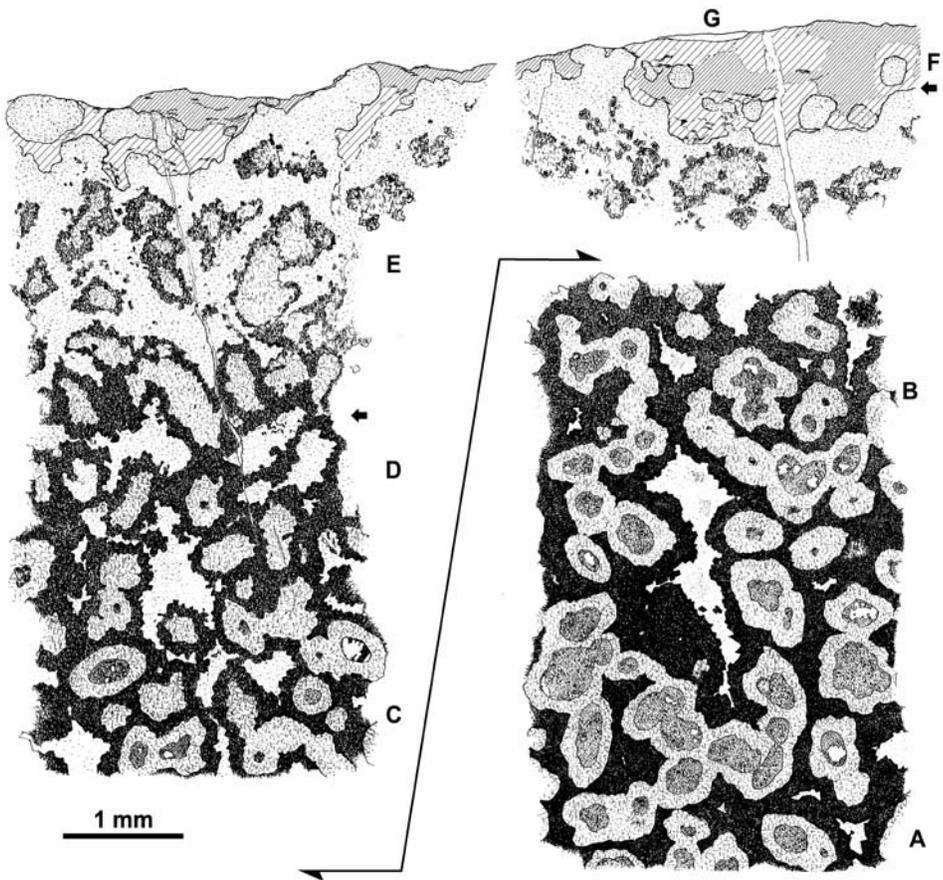


Fig. 2 - Coupe longitudinale dans le spécimen de Bréhec, lame Br 1498. Les deux zones figurées sont sur le même alignement et seulement séparées d'un peu plus de 1 mm ; la partie antérieure du remplissage se trouve à droite. A-D - zone centrale du remplissage oolithique. A - partie interne de la zone centrale ; B et C - partie moyenne de la zone centrale ; D - partie externe de la zone centrale ; E - zone périphérique du remplissage oolithique (la flèche marque la limite D/E) ; F - cortex (la flèche marque la limite E/F) ; G - lambeau de sédiment encaissant.

Cortex. De faible épaisseur (0,5 à 1 mm), ce cortex est très hétérogène, son épaisseur très irrégulière et sa limite interne sinueuse (Fig. 2F). On y reconnaît des plages très claires, micro-quartzeuses à petits micas blancs et à nombreux granules chloriteux, dans lequel s'indentent ou s'isolent des amas arrondis fortement chloriteux qui évoquent des fantômes d'oolithes (Fig. 2F, hachures lâches). Vers l'extérieur du cortex des îlots à bords contournés, également micro-quartzeux, offrent un faciès différent, caractérisé par la rareté des granules chloriteux et l'abondance des grands micas blancs (Fig. 2F, hachures serrées). De plus ce faciès est le plus souvent dépourvu de fantômes d'oolithes.

Paradoxalement, on note l'absence de calcite dans le cortex et dans la zone périphérique du remplissage.

Le sédiment encaissant. Seuls quelques lambeaux très minces de ce sédiment extrêmement fin et blanc lustré, exclusivement constitués de micas blancs de très petite taille, sont restés collés au cortex (Fig. 2G).

Conclusion partielle. Compte tenu, d'une part du contact franc entre le cortex et le sédiment encaissant ainsi que de l'absence de vide correspondant à une éventuelle décalcification de la coquille et, d'autre part de la nature pétrographique particulière du cortex, il semble que cette structure représente – au moins partiellement – la coquille. Par ailleurs, la zone centrale + la zone périphérique du remplissage correspondrait alors au moule interne du nautiloïde. La limite cortex-remplissage, où les faciès s'interpénètrent, semble liée à l'évolution diagénétique de l'ensemble.

Remarque : le sédiment qui constitue le moule interne est très différent de celui de l'encaissant argileux et silto-gréseux de la formation, laissant supposer une certaine allochtonie du fossile bien que celui-ci ne présente pas de trace d'usure.

Description : Le matériel est principalement conservé à l'état de moule interne, du moins en apparence (voir ci-dessus) et la surface observée correspond vraisemblablement, voire partiellement, à la surface externe du test. La nature du sédiment encaissant (argilite blanche) et sa fragilité rendent les fragments de moule externe inutilisables.

Le spécimen est incomplet, de grande taille, et seule sa partie antérieure est conservée. La coquille est de type cyrtocône, mais la courbure est faible (Fig. 3A), l'augmentation progressive de la section est peu marquée (type longicône) par contre son aplatissement latéral (type comprimé) est très net (Fig. 3B).

Compte tenu de la position du spécimen, couché parallèlement au plan de stratification, on ne peut exclure que cet aplatissement soit accentué par la compaction du joint argileux, d'autant plus que la coupe transversale (Fig. 3B) montre une section visiblement déformée et globalement plus aplatie sur la face en contact avec le banc de grès.

La surface du « moule interne » est marquée par la présence de faibles reliefs transverses particulièrement bien exposés dans sa région la plus antérieure. Ils sont extrêmement asymétriques, courts et en pente très forte côté antérieur, longs et en pente très douce côté postérieur. Cette morphologie évoque irrésistiblement la trace des septes qui cloisonnent le phragmocône des « nautiloïdes » (**); on s'en convaincra en examinant les nombreuses figurations de moules internes fournis –



Fig. 3 - Nautiloïde indéterminé (Ellesmerocerida ?) de la Formation de Port-Lazo, Anse de Bréhec (spécimen LPB 15 610). A : vue latérale (les triangles marquent la position de la coupe); B : coupe transversale.

par exemple – dans le *Treatise on Invertebrate Paleontology* (Teichert *et al.*, 1964) pour les Ellesmerocerida.

La coupe longitudinale effectuée dans l'élément médian du spécimen ne montre pas de structures incontestablement assimilables à des restes de cloison ; tout au plus peut-on observer quelques trainées transverses irrégulières, enrichies en oxyde de fer et dont l'espacement est néanmoins très proche de celui des reliefs observés en surface. La coupe transversale ne montre ni section plus ou moins tangentielle de cloison ni la moindre trace de siphon. Fantôme de cloisons ou artefacts, le problème demeure irrésolu.

Première hypothèse (pas de cloisons) : on serait en présence du moule interne de la loge d'habitation. Ceci n'est toutefois pas très satisfaisant dans la mesure où l'ornementation (caractère externe) des « nautiloïdes » se présente généralement sous forme d'annulations plus ou moins fortes à profil sensiblement symétrique, ce qui n'est pas le cas ici.

Seconde hypothèse (présence de cloisons) : il s'agit du phragmocône dont le moule interne est mal fossilisé et de plus, ce qui est inhabituel, la trace des cloisons s'est imprimée sur la surface externe du cortex déformant ainsi ce que le processus de fossilisation a préservé de la coquille.

Mensuration : Longueur du spécimen 180 mm, « diamètre » dorso-ventral 44 mm dans la région médiane, 50 mm dans la partie antérieure, « diamètre » latéral 19 mm au niveau de la section médiane, espacement des structures transverses externes 8 mm.

Discussion : L'absence de données sur la structure interne du phragmocône de notre spécimen – essentielles pour la détermination des « nautiloïdes » – nous

oblige à procéder par élimination pour tenter une approche de ses possibles affinités systématiques au niveau de l'ordre, de la famille ou parfois du genre. Ont été prises en compte, non seulement les données paléontologiques, mais aussi la position stratigraphique du spécimen ce qui élimine de la comparaison les formes du Silurien et du Dévonien.

Compte tenu de l'âge Floien supérieur proposé pour la Formation de Port-Lazo dans le bassin de Bréhec, et de la date de publication du *Treatise on Invertebrate Paleontology* (voir ci-dessous), il ne nous semble pas inutile de s'attarder quelque peu sur la signification des subdivisions de l'Ordovicien et d'en faire un bref historique. Classiquement, la limite Ordovicien inférieur/moyen correspondait à la limite Arenig/Llanvirn (466 Ma). Des changements sont intervenus depuis quelques années dans la stratigraphie de l'Ordovicien et si la limite inférieur/moyen reste inchangée dans les « séries et étages des Îles britanniques révisés », elle est placée beaucoup plus bas, à la base du Dapingien (470 Ma), dans « séries et étages de la stratigraphie globale » (voir Plusquellec & Vidal *in* Plusquellec [2010, p. 28] et une mise à jour des âges absolus dans la charte de l'ICS [Cohen *et al.* 2013 ; 2015]).

Faute de données synthétiques plus récentes concernant la systématique des « nautiloïdes », ce sont celles du *Treatise on Invertebrate Paleontology*, vol. K/3 (Teichert *et al.*, 1964) qui ont été utilisées. Si de nouveaux genres ont été proposés depuis cette date, les grandes lignes de la classification restent inchangées. À l'époque de la rédaction du « *Treatise* », l'échelle stratigraphique utilisée était celle des étages classiques et nous avons limité la comparaison de notre spécimen avec les différents taxons présents dans la tranche de temps Arenig – Ordovicien moyen sensu « série classique » ; elle englobe largement la fourchette où se situent les grès de Bréhec.

En se basant sur les caractéristiques morphologiques principales de l'unique spécimen (coquille de grande taille, légèrement cyrtocône, longicône et à section transversale clairement comprimée), la comparaison avec l'ensemble des « nautiloïdes » nous conduit à éliminer les genres uniquement connus par des petites formes, les orthocônes, les formes enroulées (gyrocônes et serpenticoûnes), les formes trop nettement cyrtocônes, les formes brevicônes, celles à section circulaire ou déprimée et à sélectionner les Ordres dans lesquels notre fossile est susceptible de figurer.

À l'Ordovicien inférieur plusieurs ordres de « nautiloïdes » sont déjà représentés. Certains, tels les Ellesmocerida qui prennent racine au Cambrien terminal, les Intejocerida, les Endocerida et les Tarphycerida, offrent leur maximum de développement au cours de l'Ordovicien inférieur. Les Orthocerida font une timide apparition au sommet de l'Ordovicien inférieur et se diversifient principalement de l'Ordovicien moyen au Silurien. Les Actinocerida, Discosorida, Ascocerida et des groupes dérivés des Tarphycerida présentent leur maximum de développement pendant l'Ordovicien moyen. À noter que dans la classification adoptée par le « *Treatise* » (Teichert & Moore *in* Teichert *et al.*, 1964), les Endoceratoidea (Intejocerida + Endocerida) et la Actinoceratoidea (Actinocerida) sont séparés des Nautiloidea *sensu stricto* qui eux, regroupent tous les autres ordres.

Parmi les dix ordres représentés à l'Ordovicien inférieur et moyen, l'attribution aux Intejocerida, Endocerida, Actinocerida, Barrandeocerida, Tarphycerida et très probablement aux Orthocerida peut être exclue. Trois Ordres, les Oncocerida, Discocerida et Ellesmocerida (appartenant aux Nautiloidea *sensu stricto*) comportent des genres dont les caractéristiques s'avèrent compatibles avec celles de notre spécimen. Les deux premiers ordres ne sont connus qu'à partir de l'Ordovicien

moyen sensu « séries et étages classiques », tandis que le troisième est surtout développé à l'Ordovicien inférieur. Compte tenu de l'âge de notre fossile, il est vraisemblable qu'il appartienne aux Ellesmerocerida.

La plupart des formes sont décrites en Amérique du Nord – Groenland (Laurentia), plus rarement en Europe du Nord (Baltica). Il semble qu'il y ait peu de données sur l'Europe du Sud (Gondwana).

Conclusions

Le spécimen de Bréhec semble être le seul cyrtocône décrit ou signalé dans l'Ordovicien du Massif armoricain. Malheureusement, il n'est guère possible de proposer d'autre attribution systématique qu'une probable appartenance aux Ellesmerocerida. Il est également l'unique macrofossile récolté à ce jour dans les formations rouges de la baie de Saint-Brieuc, et par ailleurs, il permet d'affirmer le caractère marin d'au moins une partie de la Formation de Port-Lazo à Bréhec. La nature oolithique des sédiments constituant le moule interne – si elle n'est pas déterminante – ne s'oppose pas non plus à cette conclusion.

(*) Le diagramme RX effectué sur une section du remplissage par Yves Fouquet dans le Laboratoire Cycles Géochimiques et Ressources de l'IFREMER à Brest/Plouzané, révèle des pics de : quartz, calcite, clinocllore, muscovite, montmorillonite, nontronite et gœthite.

(**) L'appellation « nautiloïde » entre guillemets correspond à l'ensemble Endoceratoidea + Actinoceratoidea + Nautiloidea.

Remerciements : Merci à C. Babin pour une lecture amicale d'une version préliminaire du manuscrit, à Y. Fouquet pour la réalisation et l'analyse du diagramme RX et à R. Gourvennec pour son aide dans le maniement de « ©Photoshop ».

Bibliographie

- AUVRAY B., MACE J., VIDAL Ph. & VAN DER VOO R. 1980 – Rb-Sr dating of the Plouézec volcanics, N Brittany : implications for the age of red beds (“Séries rouges”) in the northern Armorican Massif. *Geological Society of London*, 137, p. 207-210.
- BABIN C. 1966 – *Mollusques bivalves et céphalopodes du Paléozoïque armoricain*. 471 pp. Imprimerie commerciale et administrative, Brest.
- BARROIS ch. 1908 – Notice détaillée de la feuille de Tréguier au 1/80 000^e (1^{ère} édit.). *Annales de la Société Géologique du Nord*, 37, p. 113.
- BONHOMME M., COGNE J., LEUTWEIN F. & SONNET J. 1966 – Données nouvelles sur l'âge des séries rouges du golfe normano-breton. *Comptes Rendus Académie des Sciences Paris*, 262, p. 606-609.
- BONJOUR J.L., PEUCAT J.J., CHAUVEL J.J., PARIS F. & CORNICHE J. 1988 – U-Pb zircon dating of the early Paleozoic (Arenigian) transgression in Western Brittany (France) : a new constraint for the lower Paleozoic time-scale. *Chemical Geology (Isotope Geoscience Section)*, 72, p. 329-336.
- COHEN K.M., FINNEY S.C., GIBBARD P.L. & FAN J.-X. 2013; updated 2015 – The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes*, 36, p. 199-204.
- CORDIER C. 2002 – Étude du magmatisme de l'anse de Bréhec (Côtes-d'Armor, Massif armoricain). *Mémoire de Maîtrise Sciences de la Terre UBO*, Brest (non publié), 36 pp.

- DELATTRE CH. & WATERLOT G. 1958 – Les formations rouges de Bréhec et de Plourivo. *Bulletin du Service de la Carte Géologique de France*, 257, 56, p. 53-62.
- DELATTRE CH. & WATERLOT G. 1959 – Sur l'âge des formations rouges de Bréhec et de Plourivo. *Annales de la Société Géologique du Nord*, 79, p. 23-28.
- DOUBINGER J. & PONCET J. 1964 – Découverte de microorganismes dans la série rouge de Montmartin (Manche). Attribution de cette série au Dévonien moyen ou supérieur. *Comptes Rendus Académie des Sciences Paris*, 258, p. 1004-1006.
- ÉGAL E., GUENOC P., LE GOFF E., THIEBLEMONT D., HOULGATTE E., AUGRIS C., HAMON D., LEBRET P. & HALLEGOUËT B. 1996 – Carte géologique de la France (1/50 000), feuille Pontrieux - Étables-sur-Mer (204). Orléans : BRGM. Notice explicative par E. Égal *et al.* (1995), 194 pp.
- FORTEY R.A., HARPER D.A.T., INGHAM J.K., OWEN A.W. & RUSHTON A.W.A. 1995 – A revision of Ordovician series and stages from the historical type area. *Geological Magazine*, 132 (1), p. 15-30.
- GALERNE Ch., CAROFF M., ROLET J. & LE GALL B. 2006 – Magma-sediment mingling in an Ordovician rift basin : The Plouezec-Plourivo half-graben, Armorican Massif, France. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 155, 164-178.
- MILON Y. 1934 – La géologie de Jersey et le problème de l'âge du Trégorrois. *Comptes Rendus de la Société géologique de France Paris*, p. 250-251.
- PLUSQUELLEC Y. 2010 – *Curiosités géologiques de la Presqu'île de Crozon*. 108 pp. SGMB, Éditions Apogée et BRGM éditions.
- PRUVOST P. 1949 – Les Mers et les Terres de la Bretagne aux temps paléozoïques. *Annales. Hébert & Haug*, p. 5-10.
- SUIRE P., DABARD M.-P. & CHAUVEL J.J. 1991 – Nouvelles données sur les séries rouges nord-armoricaines : étude du bassin ordovicien de Bréhec. *Comptes Rendus Académie des Sciences Paris*, 312, Sér. II, p. 721-727.
- TEICHERT C., KUMMEL B., SWEET W.C., STENZEL H.B., FURNISH W.N., GLENISTER B.F., ERBEN H.K., MOORE R.C. & ZELLER D.E. 1964 – *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part K. Mollusca 3*. 515 pp. The Geological Society of America and The University of Kansas Press.
- TEICHERT C. & MOORE R.C. 1964 – Classification and stratigraphic distribution. In Teichert *et al.* – *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part K. Mollusca 3*. The Geological Society of America and The University of Kansas Press, p. 94-106.
- TROMELIN G. (de) 1877 – Étude des terrains paléozoïques de la Basse-Normandie, particulièrement dans les départements de l'Orne et du Calvados. *Congrès A.F.A.S. Le Havre*, p. 493-501.
- WEBBY B.D., COOPER R.A., BERGSTRÖM S.M. & PARIS F. 2004 – Stratigraphic framework and time slices. In WEBBY B.D., PARIS F., DROSER M. & PERCIVAL I. (eds). – *The great Ordovician Diversification Event*. Columbia University Press, New York, p. 41-47.