HAL
open science

Les ammonites hettangiennes de l'ancienne mine de fer de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or, France).

Jean-Louis Dommergues

To cite this version:

Jean-Louis Dommergues. Les ammonites hettangiennes de l'ancienne mine de fer de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or, France).. Revue de Paléobiologie, 2012, 31 (1), pp.235-265. hal-00741689

HAL Id: hal-00741689

https://hal.science/hal-00741689

Submitted on 19 Aug 2019

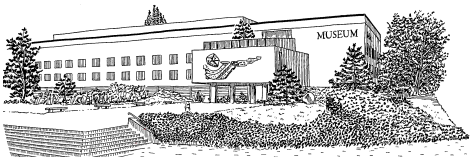
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

REVUE DE PALÉOBIOLOGIE

ISSN 1661-5468

VOL. 31, N° 1, 2012



Muséum d'Histoire Naturelle • Ville de Genève • Suisse

Revue de Paléobiologie, *Genève* (juillet 2012) 31 (1) : 235-265 ISSN 0253-6730

Les ammonites hettangiennes de l'ancienne mine de fer de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or, France)

Jean-Louis DOMMERGUES[1]

Résumé
La faune d'ammonites provenant de l'ancienne mine de fer de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or) est révisée. Seuls neuf spécimens issus de cette localité sont actuellement connus. Ils sont conservés dans les collections du Musée de Semur-en-Auxois, du Muséum national d'Histoire naturelle (Paris) et de l'École Nationale Supérieure des Mines (Université Claude Bernard, Lyon 1). L'âge, ou peut-être les âges de ces ammonites restent à préciser dans une fourchette de temps comprenant la partie supérieure de l'Hettangien inférieur et l'Hettangien moyen (pro parte ?). Ces fossiles, en général finement préservés, ont été récoltés au cours du XIXe siècle à la faveur d'activités minières, intenses à cette époque dans le secteur de Thoste-Beauregard. Ils sont illustrés de façon systématique et homogène pour faciliter les comparaisons objectives entre les différentes formes et taxons. Un genre nouveau (i.e., *Lepteocaloceras* n. gen.) et deux espèces nouvelles (i.e., *L. evrardii* n. sp. et *L.* ? *strictum* n. sp.) sont décrits. Compte tenu du nombre restreint de spécimens (neuf exemplaires connus), mais avec quatre espèces distinctes et deux formes affines (laissées en nomenclature ouverte), cette faune est, en termes taxonomiques, remarquablement diversifiée. Elle apparaît aussi très originale puisque qu'il est difficile ou même impossible de rapprocher les ammonites de Beauregard de taxons connus en Europe du NW ou même dans la Téthys méditerranéenne. Ce particularisme taxonomique rend difficiles les interprétations stratigraphiques et paléobiogéographiques de la faune. Il s'agit peut-être d'un peuplement à caractère endémique et/ou adapté à un type d'environnement inhabituel pour les ammonites. Pour tester ces hypothèses, il faudrait disposer de datations à la fois plus fiables et plus précises.

Mots-clés
Ammonites, Jurassique inférieur, Psiloceratidae, Stratigraphie, Paléoécologie, Paléobiogéographie, Taxonomie, Paléobiodiversité, Collections paléontologiques.

Abstract
Hettangian ammonites from the old iron mine of Beauregard (Thoste, Côte-d'Or, France).- The ammonite fauna of the old iron mine of Beauregard is reviewed. Only nine specimens from this locality are presently known. They are housed in the collections of the "Musée de Semur-en-Auxois", of the "Muséum national d'Histoire naturelle" (Paris) and of the "Ecole Nationale Supérieure des Mines" (Claude Bernard University, Lyon 1). The age, or possibly the ages, of these ammonites remain to precise in a coarsely defined time-span including the upper part of the early Hettangian and the middle Hettangian (pro parte?). These fossils, usually finely preserved, were collected during the nineteenth century thanks to intensive mining in the Thoste-Beauregard area. They are illustrated uniformly to facilitate comparisons between the different taxa. A new genus (i.e., *Lepteocaloceras* n. gen.) and two new species (i.e., *L. evrardii* n. sp. et *L.* ? *strictum* n. sp.) are described. Despite a small number of spécimens (only nine) but with four distinct species and two related forms, left in open nomenclature, this fauna is clearly highly diversified in taxonomic terms. It is so peculiar that it is difficult, or impossible, to propose any convincing affinities with NWE European or even Tethyan taxa. The statigraphic and palaeobiogeographic frameworks remain poorly understood. This peculiar faunal assemblage can suggest an endemic pattern and/or adaptations to marginal environment for ammonites. Unfortunately, and without accurate stratigraphic constraints, such assumptions renmain speculative and nothing more than working hypotheses.

Keywords
Ammonites, Early Jurassic, Psiloceratidae, Stratigraphy, Palaeoecology, Palaeobiogeography, Taxonomy, Palaeobiodiversity, Palaeontological collections.

INTRODUCTION

L'importance, souvent majeure, des anciennes collections paléontologiques actuellement conservées par les musées et les universités a été rappelée et largement démontrée par CALLOMON & GĂRDINARU (2005). Il serait souvent utopique de vouloir reconstituer aujourd'hui de telles collections, car elles ont souvent été réunies à la faveur d'activités humaines liées à des contextes socio-économiques révolus (e.g., exploitations minières plus ou moins artisanales, utilisations devenues obsolètes de ressources minérales locales). Reprendre l'exploitation d'anciens gisements avec les moyens techniques modernes peut, dans certains cas, être

[1] *UFR Sciences Vie, Terre et Environnement, Université de Bourgogne, CNRS/uB, UMR 6282, Biogéosciences Dijon, 6 Boulevard Gabriel, F-21000 Dijon, France. E-mail : Jean-Louis.Dommergues@u-bourgogne.fr*

envisagé, mais de tels projets se heurtent souvent à des obstacles économiques et/ou culturels (e.g., changement de pratique agricole, urbanisation, marchandisation des fossiles, règles de sécurité stérilisantes) qui les rendent souvent concrètement irréalisables. Dans certains cas, les anciennes collections proviennent de terrains qui ont aujourd'hui totalement disparu (e.g., dépôts lenticulaires, remplissage de « neptunian dike »).

Avec plus de 200 spécimens, souvent très bien préservés, provenant de l'ancienne mine de fer de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or), le Musée de Semur-en-Auxois possède dans ses collections de géologie un véritable trésor paléontologique. À l'exception de deux ammonites conservées dans les collections du Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) et de l'École Nationale Supérieure des Mines (EM) (Université Claude Bernard, Lyon 1), ce riche matériel offre quasiment le seul témoignage des faunes d'ammonites associées aux minerais de fer hettangiens de la bordure septentrionale du Morvan. Ces fossiles ont été réunis par les conservateurs du musée de Semur-en-Auxois au cours du XIXe siècle à la faveur des travaux miniers menés de 1836 à 1878 sur le « plateau de Thoste–Montigny-Saint-Barthélémy » (Côte-d'Or) (EVRARD, 1867 ; COLLENOT, 1868, 1873 ; MONIN, 1999). La faune, largement dominée par les bivalves, est surtout constituée de taxons benthiques et les ammonites devaient être rares, voire très rares, dans les faciès ferrugineux oolitiques de Beauregard qui sont clairement associés à des environnements peu profonds et de fortes énergies hydrodynamiques (CAYEUX, 1922,1931). La présence de neuf ammonites dans les collections paléontologiques françaises, dont sept à Semur-en-Auxois, témoigne probablement davantage de l'attention portée à ces fossiles remarquables que de leur réelle abondance qui était sans doute très faible. Il est donc peu probable que de nouvelles fouilles, même si elles étaient possibles et menées avec des moyens modernes, permettraient de réunir à nouveau un tel ensemble d'ammonites.

Le présent travail est une synthèse consacrée à l'étude des ammonites hettangiennes provenant de la mine de Beauregard et actuellement connues. Elles sont conservées dans les collections paléontologiques du Musée de Semur-en-Auxois, du Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) et de l'École Nationale Supérieure des Mines (EM) (Université Claude Bernard, Lyon 1). Un autre spécimen cité par HYATT (1899, p. 138) dans les « collections de la Sorbonne » (Université Pierre et Marie Curie, Paris) semble aujourd'hui perdu. Certaines de ces formes ont déjà été prises en compte dans plusieurs publications (REYNES, 1879 ; HYATT, 1889 ; DONOVAN, 1955) ; GUÉRIN-FRANIATTE, 1990 ; GUÉRIN-FRANIATTE *et al.*, 1994, FISCHER, 2002), mais il manquait une synthèse basée sur une révision taxonomique homogène de l'ensemble de cette faune d'ammonites dont l'originalité est restée jusqu'à présent largement sous-estimée.

CADRES GÉOGRAPHIQUE, HISTORIQUE ET GÉOLOGIQUE

La mine de fer de Beauregard est située sur la commune de Thoste (Côte-d'Or) à une dizaine de km au SW de la ville de Semur-en-Auxois (Fig. 1, 2). Les galeries de cette exploitation constituaient, avec celles de la mine voisine de Thoste, un vaste réseau minier aujourd'hui totalement abandonné et pratiquement inaccessible (ROZET, 1840 ; EVRARD, 1867 ; COLLENOT, 1868, 1873 ; MOUTERDE, 1953 ; MONIN, 1999). Ces mines exploitaient, à faible profondeur, les couches ferrugineuses presque horizontales de l'Hettangien du « plateau de Thoste–Montigny-Saint-Barthélémy » qui, bordé au sud par les affleurements du socle paléozoïque du Morvan, est limité au nord par les méandres du Serein (Fig. 2). L'entrée principale de la mine de Beauregard, partiellement envahie par la végétation, est encore visible (04° 14' 41.22" E, 47° 26' 03,6 N), mais les affleurements qui l'encadrent sont difficilement exploitables et la galerie d'entrée est largement inondée et partiellement éboulée (MOUTERDE, 1953 ; MONIN, 1999).

Les gisements de fer du « plateau de Thoste—Montigny-Saint-Barthélémy », aujourd'hui totalement abandonnés, ont été exploités dès l'époque gallo-romaine comme

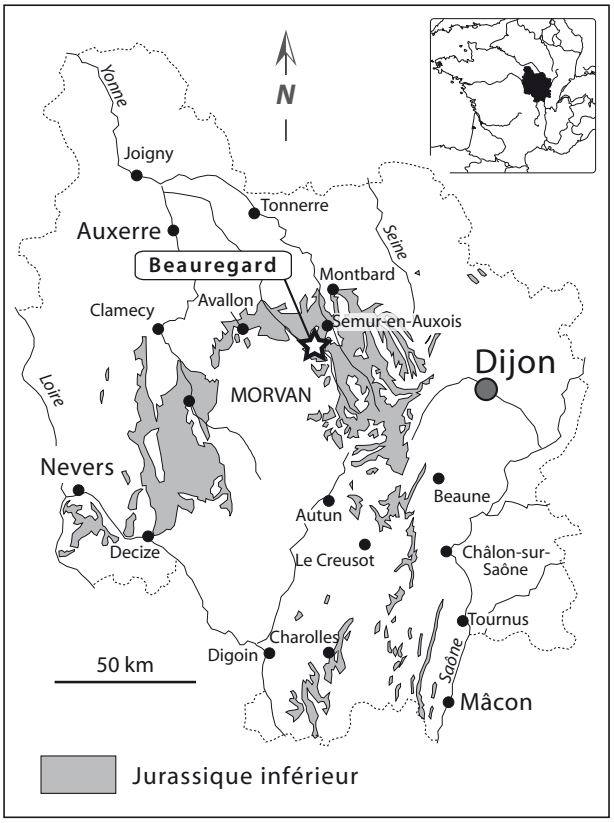


Fig. 1 : Localisation de la mine de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or) par rapport au cadre géographique et géologique régional de la Bourgogne. Les affleurements du Jurassique inférieur (Lias) sont grisés.

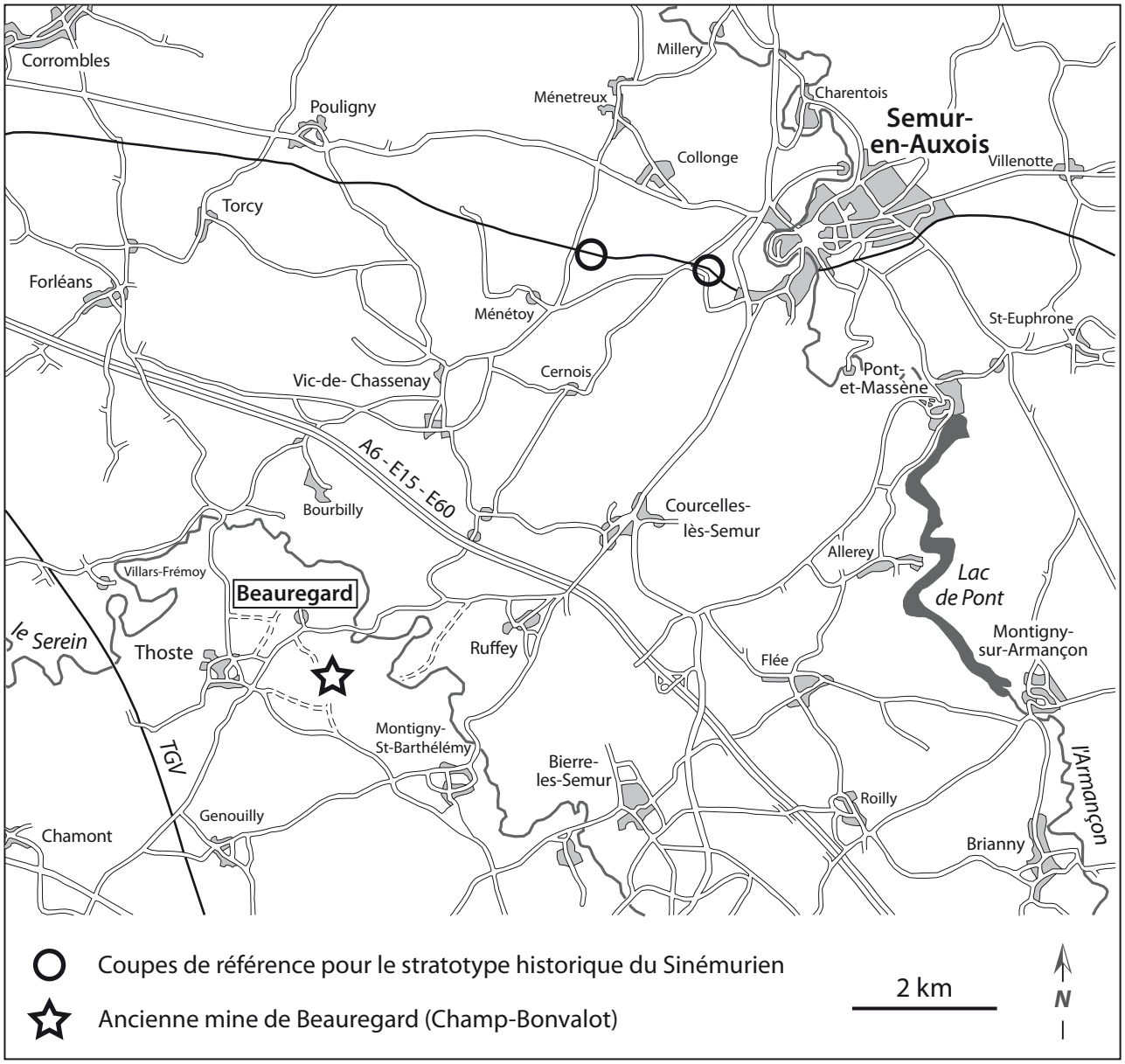


Fig. 2 : Localisation précise de la mine de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or) dans le secteur de Semur-en-Auxois (Côte-d'Or). Les coupes faisant actuellement référence pour le stratotype historique du Sinémurien sont également indiquées.

en témoignent de nombreuses découvertes et indices archéologiques (EVRARD, 1867 ; COLLENOT, 1868, 1873 ; GUEUX, 1872 ; MONIN, 1999 ; DOMERGUE & LEROY, 2000). C'est cependant au cours du XIXe siècle (de 1836 à 1878) que l'exploitation a pris une dimension industrielle. Elle atteindra son apogée en 1862, année ou plus de 18 000 m^3 de minerai furent extraits (MONIN, 1999). Au cours de cette période, les mines du « plateau de Thoste—Montigny-Saint-Barthélémy » ont constitué la meilleure ressource en minerai de fer de Côte-d'Or. En raison de l'abondance et de l'excellente qualité des fossiles (surtout des bivalves et notamment des *Cardinia*) épigénisés en hématite, le site de Thoste-Beauregard est vite devenu célèbre. Beaucoup de paléontologistes du XIXe et du début du XXe siècles ont collecté, réuni, étudié et/ou cité des fossiles de Beauregard (e.g., CHRISTOL, 1841 ; OPPEL, 1856 ; ORBIGNY, 1844, 1849, 1850, 1851, 1852 ; MARTIN, 1863 ; COLLENOT, 1868, 1873 ; COLLENOT et coll., 1879, 1880 ; REPELIN, 1900 ; RICHARD, 1840, THÉVENIN, 1907). Le petit nombre d'ammonites (seulement neuf spécimens) actuellement conservées dans les collections mérite donc d'être souligné, car il témoigne probablement d'une grande rareté de ces céphalopodes dans les faciès ferrugineux de Beauregard (Fig. 3). On peut en effet supposer que les mineurs, comme les géologues, ont dû favoriser la récolte de ces fossiles spectaculaires et d'importance stratigraphique largement reconnue dès cette époque. Le

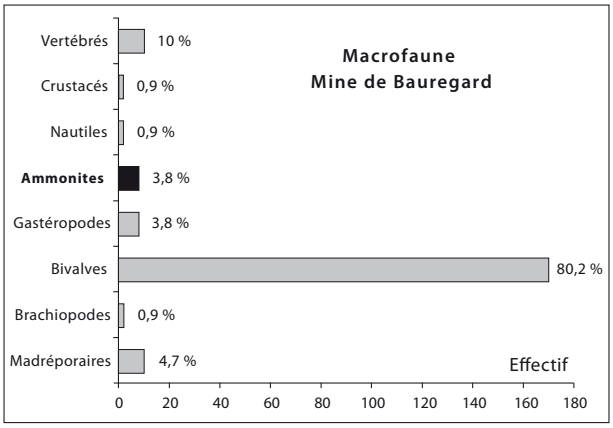


Fig. 3 : Composition de l'ensemble de la macrofaune (fossiles à facies ferrugineux) provenant de la mine de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or) et conservée dans la collection de géologie du Musée municipal de Semur-en-Auxois (MMSA). Pour chaque taxon, l'effectif est complété par un pourcentage. Bien que sans doute rassemblé sans protocole de récolte systématique, l'ensemble faunique analysé ici offre une image certainement biaisée, mais acceptable, de la paléodiversité des assises à facies ferrugineux de la mine de Beauregard. On peut soupçonner un biais positif en faveur des taxons relativement rares, par exemple les céphalopodes, par rapport aux taxons très abondants, comme les bivalves (e.g., *Cardinia*).

rôle, sans doute très actif, de J.-M. GUEUX, chef mineur, à Beauregard doit être souligné. Son nom est souvent cité (e.g. COLLENOT, 1868, 1873 ; ORBIGNY, 1844, 1850, 1851, 1852 ; MONIN, 1999). ORBIGNY (1850) a dédié quatre espèces de bivalves en son honneur.

Les minerais de fer hettangiens de la mine de Beauregard correspondent pour l'essentiel à des calcaires, fortement minéralisés par des oxydes et des hydroxydes de fer. Ils sont très bioclastiques et riches en oolithes ferrugineuses (e.g., ORBIGNY, 1849 ; COLLENOT, 1868, 1873, 1879 ; CAYEUX, 1922, 1931 ; MOUTERDE, 1953 ; CAILLERE *et al*. 1968 ; MOUTERDE *et al*., 1980 ; MOUTERDE & TINTANT, 1980a b ; MONIN, 1999). Ils sont souvent et au moins localement très fossilifères. Comparés à l'ensemble des dépôts de l'Hettangien connus en Bourgogne et même plus généralement en France, ces minerais de fer oolithiques sont des faciès rares et localisés. Ils dénotent par rapport aux séries monotones de la « Plate-forme orientale » *sensu* MOUTERDE *et al*. (1980) (Fig. 4). Les dépôts de cette plate-forme sont surtout des faciès de faible énergie : calcaires plus ou moins micritiques, souvent argileux, et marnes sans enrichissement notable en fer. Ils s'étendent sur une grande partie du quart NE de la France. Au sein de cette « Plate-forme orientale », les minerais de fer oolitiques, qui correspondent à des facies fortement minéralisés de haute énergie, témoignent d'un contexte environnemental exceptionnel et bien paléogéographiquement circonscrit. Ces dépôts ferrugineux sont probablement associés à la présence d'une zone de hauts-fonds, voire de récifs, d'étendue très limitée par comparaison avec l'étendue de la « Plate-forme orientale ». Il est impossible de localiser précisément cette zone de profondeur relativement faible, mais sa position est probablement à rechercher dans un secteur correspondant, au moins, à une partie de l'emplacement de l'actuel massif du Morvan, secteur où il n'affleure plus maintenant que des terrains paléozoïques.

Les minerais hettangiens de Bourgogne ne sont connus (affleurements, sondages et anciennes exploitations minières) qu'à proximité des bordures septentrionales et orientales du Morvan. Les minerais de fer, souvent de bonne qualité, ont été intensivement exploités dans de nombreuses mines au cours du XIXe siècle. Ils ont largement alimenté les hauts-fourneaux de l'industrie sidérurgique en plein développement à cette époque en Bourgogne. Les mines du secteur de Thoste-Beauregard (Côte-d'Or) correspondent à la bordure septentrionale du Morvan ; celles du secteur de Vellerot-Thury (Côte-d'Or) ainsi que celles des secteurs de Nolay (Côte-d'Or)-Mazenay (Saône-et-Loire) et de Couches-Perreuil (Saône-et-Loire) sont par contre associées à la bordure orientale du massif. Dans l'ensemble de ces sites, le minerai de fer se présente sous forme de calcaires ou de calcaires plus ou moins argileux, bioclastiques, toujours riches en oolithes ferrugineuses et souvent fossilifères. Malgré ces similitudes fasciologiques, il n'est pas certain que les minerais de fer hettangiens bourguignons soient strictement comparables et surtout synchrones sur l'ensemble de l'aire de dépôt comme l'a déjà souligné EVRARD (1867). Une révision des faunes d'ammonites provenant de certaines mines bourguignonnes (e.g., Nolay, Mazenay) et conservées dans plusieurs collections françaises devrait permettre de préciser ce problème. En certains points de la périphérie occidentale du Morvan, d'autres types de dépôts sont connus. C'est le cas aux environs de Liernay (Côte-d'Or) – à une trentaine de kilomètres au SSE du secteur de Thoste-Beauregard – où CORNA & MOUTERDE (1989) ont décrit une série hettangienne assez complète, d'environ 5 m d'épaisseur. Cette série est difficilement comparable aux autres successions connues en Bourgogne. Il est notamment impossible de retrouver les deux formations classiques de l'Hettangien bourguignon : la « Lumachelle » et le « Foie de veau » (COLLENOT, 1868, 1873 ; MOUTERDE, 1953). Par contre, CORNA & MOUTERDE (1989) notent la présence de nombreux débris ferruginisés dans un banc fossilifère à bivalves et ammonites (i.e., *Cardinia*, *Chlamys*, *Alsatites laqueus* [QUENSTEDT, 1856]) qui prouve une relation, au moins temporaire, avec une source de matériel minéralisé.

La présente publication est uniquement consacrée à l'étude des faunes d'ammonites du secteur de Thoste-Beauregard, mais elle pourra servir de base à une future synthèse paléontologique et sédimentologique des minerais de fer hettangiens de Bourgogne.

La série sédimentaire mésozoïque du plateau de Thoste–

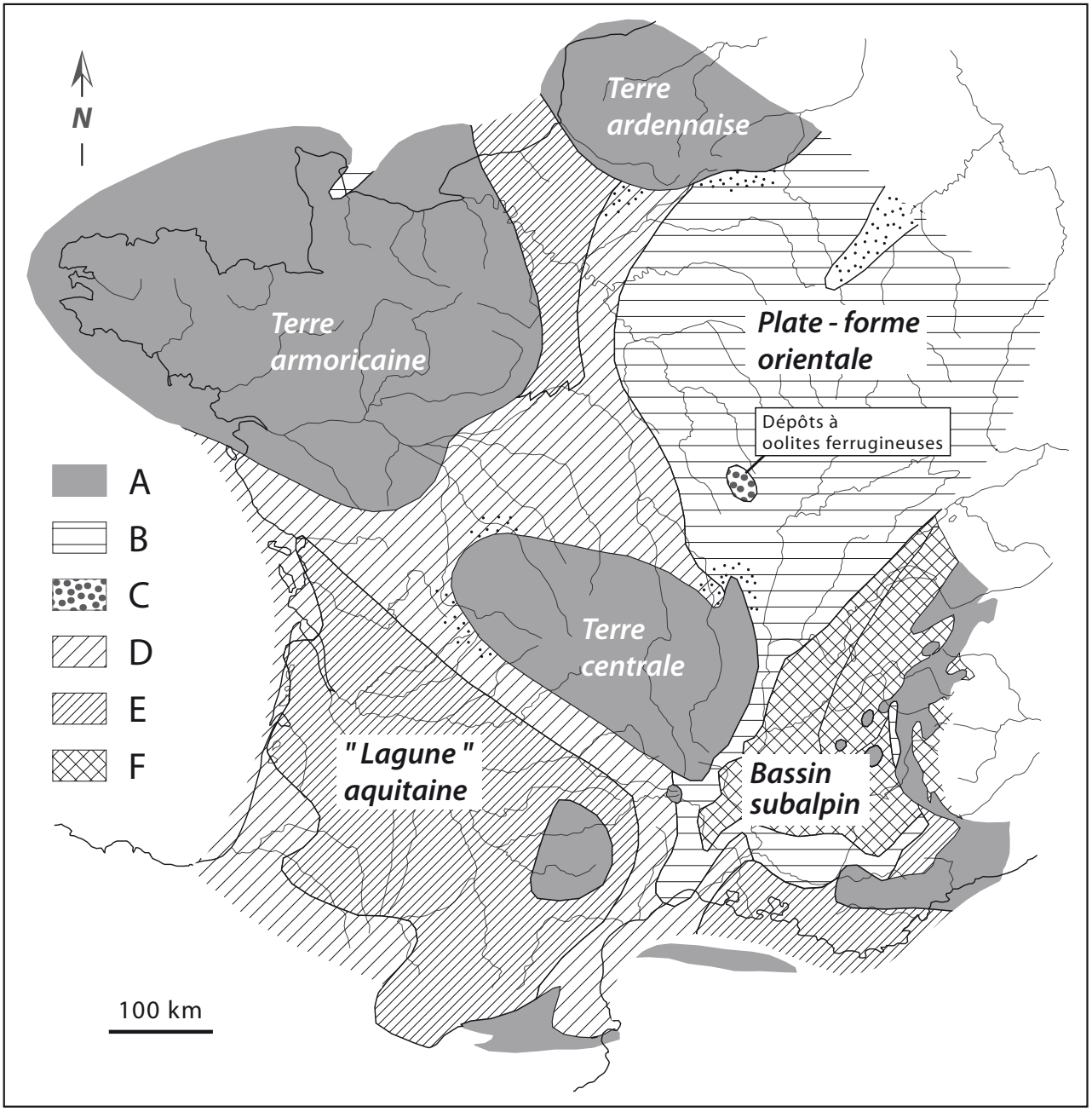
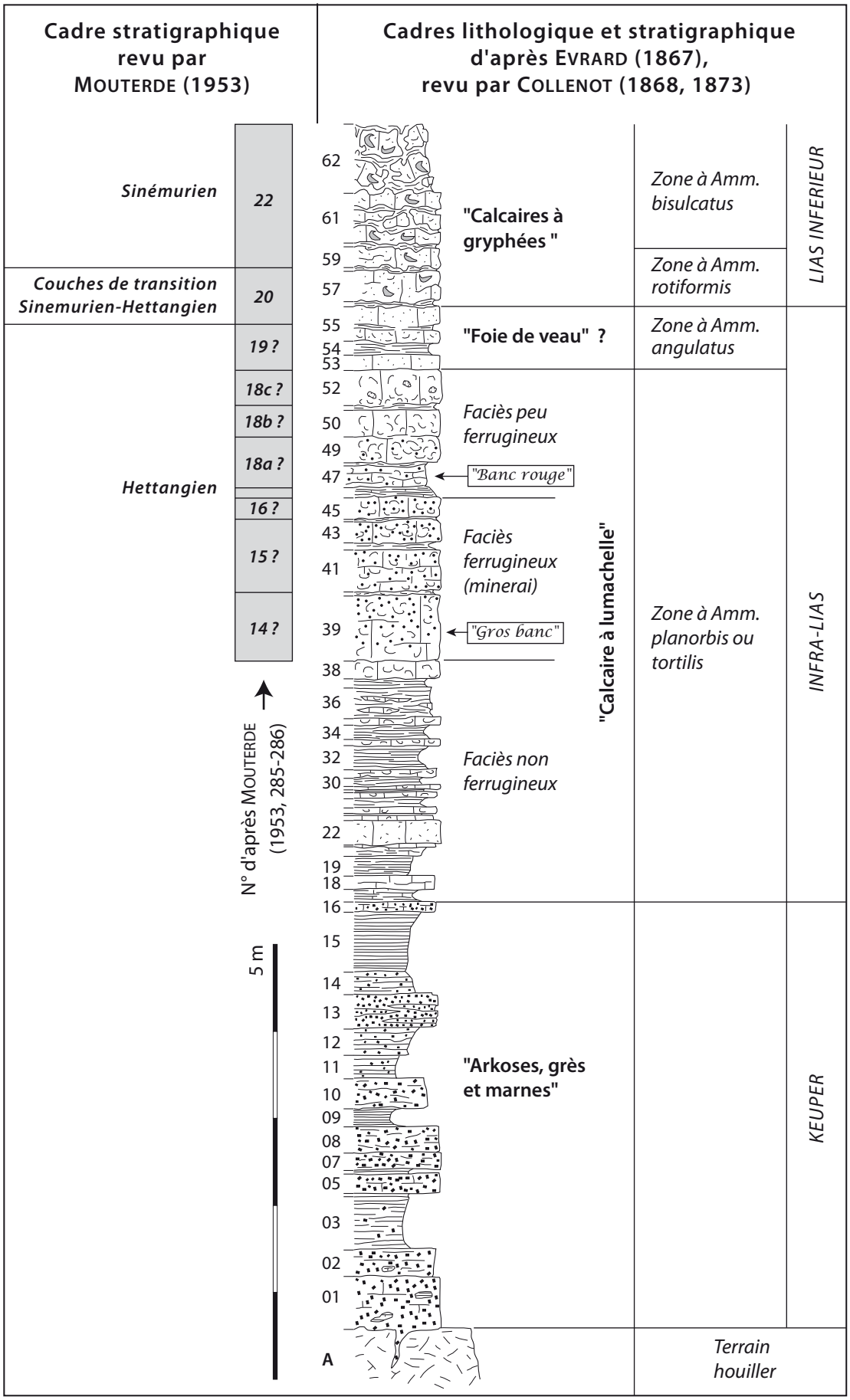


Fig. 4 : Carte interprétative pour la paléogéographie et la répartition des principaux types de faciès de l'Hettangien supérieur français (d'après MOUTERDE *et al.*, 1980, carte n° 9 modifié). **A**. Domaine émergé probable. **B**. Plates-formes carbonatées de faible énergie. **C**. Dépôts à oolites ferrugineuses (haute énergie?). **D**. Environnement protégé. **E**. Environnement confiné. **F**. Bassin subsident. Les zones caractérisées par des apports détritiques (e.g., niveaux plus ou moins gréseux) sont matérialisées par des surcharges de pointillés.

Montigny-Saint-Barthélémy comprend essentiellement le Réthien-Hettangien, le Sinémurien et la base du Pliensbachien. À Beauregard – seul secteur du complexe minier réellement fossilifère – l'ensemble Réthien-Hettangien et base du Sinémurien atteint environ 15 m d'épaisseur (Fig. 5). Il repose directement sur le socle paléozoïque du massif du Morvan. Dans la région étudiée, ce socle est essentiellement constitué de granites et de gneiss traversés par un étroit synclinal pincé de Stéphanien. Les affleurements du plateau de Thoste–Montigny-Saint-Barthélémy sont les ultimes témoins de la transgression mésozoïque conservés dans ce secteur de la bordure septentrionale du massif du Morvan. Cette bordure est une limite d'érosion. Il est très probable que des dépôts mésozoïques, maintenant érodés, ont recouvert tout ou partie du socle paléozoïque.


Cadre stratigraphique revu par MOUTERDE (1953)
Cadres lithologique et stratigraphique d'après EVRARD (1867), revu par COLLENOT (1868, 1873)
Sinémurien
22
Couches de transition Sinemurien-Hettangien
20
Hettangien
19 ?
18c ?
18b ?
18a ?
16 ?
15 ?
14 ?
N° d'après MOUTERDE (1953, 285-286)
5 m
62
61
59
57
55
54
53
52
50
49
47
45
43
41
39
38
36
34
32
30
22
19
18
16
15
14
13
12
11
10
09
08
07
05
03
02
01
A
"Calcaires à gryphées "
"Foie de veau" ?
Faciès peu ferrugineux
"Banc rouge"
Faciès ferrugineux (minerai)
"Gros banc"
Faciès non ferrugineux
"Arkoses, grès et marnes"
"Calcaire à lumachelle"
Zone à Amm. bisulcatus
Zone à Amm. rotiformis
Zone à Amm. angulatus
Zone à Amm. planorbis ou tortilis
Terrain houiller
LIAS INFERIEUR
INFRA-LIAS
KEUPER

La série mésozoïque du plateau de Thoste–Montigny-Saint-Barthélémy affleure actuellement très mal et seuls quelques affleurements ponctuels et dispersés sont accessibles. Il est aussi possible de récolter des fossiles ferrugineux, souvent des *Cardinia*, dans les labours. Ces médiocres conditions d'affleurement rendent actuellement difficile l'étude de la série, mais l'on peut se référer, à la suite de COLLENOT (1868, 1873) et de MOUTERDE (1953), à la monographie d'EVRARD (1867). Cet excellent travail, fondé sur l'observation directe de terrains fraîchement dégagés par les travaux miniers, contient notamment une coupe fiable et précise, levée banc à banc avec une précision centimétrique. La colonne lithologique de la Fig. 5 est directement dessinée à partir de la description qu'EVRARD (1867) donne de la série qu'il a observée. Les interprétations litho- bio- et chronostratigraphiques placées à droite de la colonne lithologique sont celles admises par COLLENOT (1868, 1873) et celles placées à gauche, dans un cadre grisé, correspondent au découpage (très hypothétique pour l'Hettangien) proposé par MOUTERDE (1953). Bien que, d'après EVRARD (1867, p. 9), les ammonites aient été abondantes dans les facies ferrugineux de la mine de Beauregard, il n'existe paradoxalement en collection (Musée municipal de Semur-en-Auxois [MMSA], Muséum national d'Histoire naturelle [MNHN], collections de l'École Nationale Supérieure des Mines [EM]) que neuf spécimens. Bien que d'ORBIGNY (1844, p. 202) parle du « toit de la mine » pour sa nouvelle espèce « *Ammonites tortilis* », les ammonites de Beauregard ne peuvent pas être attribuées à un banc précis. Les faciès, en général très ferrugineux et plus ou moins oolitiques de leurs gangues, correspondent très probablement aux bancs exploités comme minerai (niveaux 39 à 45) ou aux niveaux immédiatement susjacents (Fig. 5), mais il est impossible de préciser. Cette incertitude associée à la forte originalité (endémisme ?) des ammonites rend les interprétations bio- et chronostratigraphique largement hypothétiques. Les propositions d'EVRARD (1867), COLLENOT (1868, 1873) et MOUTERDE (1953) ne sont donc données sur la Fig. 5 qu'à titre de rappel historique.

Avant d'aborder l'étude des dépôts hettangiens très originaux de la mine de Beauregard, il convient de rappeler les principales caractéristiques de la série hettangienne classiquement observée en Auxois, région qui s'étend largement au NW, N et NE des mines de Thoste-Beauregard. Dans ce secteur, l'Hettangien comporte deux termes avec, à la base des calcaires lumachelliques très riches en fossiles désignés dans la littérature sous le nom de « Lumachelle » et, au sommet des calcaires marneux compacts appelés « Foie de veau ».

La « Lumachelle » : cette unité lithostratigraphique correspond à des calcaires fins gris-bleuté à patine blanc-jaunâtre. Les bancs calcaires sont d'épaisseurs assez variables, mais souvent décimétriques. Ils alternent avec des interlits de marnes feuilletées. Les calcaires sont pétris de fossiles surtout benthiques (e.g., bivalves, brachiopodes, échinodermes). Les céphalopodes ne sont représentés avec certitude que par quelques rares nautiles (MOUTERDE, 1953). En l'absence d'ammonites, l'âge de la « Lumachelle » reste très incertain notamment dans la région de Semur. COLLENOT (1868, 1873) donne 2 à 6 m d'épaisseur à cette formation et la rapporte, avec réserve, car sans arguments directs, à la « zone à *Ammonites planorbis* ». En fait, on peut seulement affirmer que la « Lumachelle » est surmontée par des dépôts (i.e., « Foie de veau ») datés vers leur base de la sous-chronozone à Laqueus.

Le « Foie de veau » : Ce terme imagé désigne un calcaire argileux, homogène et compact à cassures grossièrement conchoïdales traditionnellement exploité pour produire une chaux hydraulique de très bonne qualité. La pâte très fine, jaunâtre, présente souvent des tâches roussâtres assez caractéristiques. Le « Foie de veau » est globalement pauvre en fossiles, mais l'altération dégage parfois à la surface de certains bancs une faune assez diversifiée de petits gastéropodes, décrite par MARTIN (1959). On peut aussi récolter des bivalves et quelques ammonites : *Alsatites liasicus* (ORBIGNY, 1844), *A. laqueus* (QUENSTEDT, 1856) et, vers le sommet de la formation, *Schlotheimia* gr. *angulata* (SCHLOTHEIM, 1820). Ces espèces indiquent l'Hettangien moyen (chronozones à Liasicus, sous-chrozone à Laqueus) et l'Hettangien supérieur (chronozone à Angulata).

La série classique de l'Auxois, avec ses deux termes « Lumachelle » et « Foie de veau », est bien représentative

Fig. 5 : Synthèse des données lithostratigraphiques, biostratigraphiques et chronostratigraphiques proposées dans la littérature pour la série sédimentaire de la mine de Beauregard. La colonne stratigraphique est dessinée d'après les indications lithologiques d'EVRARD (1867) reprises et revues par COLLENOT (1868, 1873). Il faut préciser que les facies ferrugineux s.l. de Beauregard correspondent à des dépôts fortement affectés par les vagues de tempêtes [e.g. hummocky cross-stratification (HCS)] et que la structure et la géométrie des bancs peuvent montrer de rapides variations latérales. Les interprétations litho- et biostratigraphiques de la partie droite de la figure sont celles d'EVRARD (1867) modifiées par COLLENOT (1873) pour la localisation de la limite « Keuper »/« Infra-Lias ». Le découpage stratigraphique donné dans un cartouche grisé, sur la partie gauche de la figure est celui proposé par MOUTERDE (1953, p. 285-286). Selon cet auteur, la « division » n° 14 pourrait correspondre aux « assises » à *Psiloceras* (*Caloceras*) *johnstoni*, les « divisions » n° 15 et 16 aux « assises » à *Alsatites laqueus*, la « division » n° 17 aux « assises » à *Alsatites liasicus* et les « divisions » n° 18 et 19 aux « assises » à *Schlotheimia angulata*. En l'absence d'espèces d'ammonites clairement interprétables en termes bio- ou chronostratigraphiques dans l'ensemble de ces niveaux, le découpage envisagé par MOUTERDE (1953) restent très hypothétique. Seule la « division » n°22 qui correspond au Sinémurien inférieur est datée de façon fiable par cet auteur.

des dépôts carbonatés de faible énergie de la « Plate-forme orientale » *sensu* MOUTERDE *et al*. (1980) (Fig. 4). « Lumachelle » et « Foie de veau » ne présentent jamais de minéralisations ferrugineuses significatives et sont dépourvues d'oolithes.

La base de la série de la mine de Beauregard, essentiellement détritique, est surtout constituée de grès (souvent des arkoses) et de marnes. Ces dépôts transgressifs sont difficiles à dater, mais ils sont souvent attribués au Réthien (CAILLERE *et al*., 1968 ; HORON *et al*., 1968). Ils correspondent aux niveaux 01 à 16 de la coupe proposée par EVRARD (1867) (Fig. 5). D'après COLLENOT (1868, 1873) et essentiellement pour des raisons de changements lithologiques, les dépôts hettangiens débuteraient avec le niveau 17, mais aucun argument biostratigraphique ne permet d'étayer sérieusement cette hypothèse. MOUTERDE & TINTANT (1980b, p. 98), considèrent que l'Hettangien intègre (au moins pour partie ?) la série transgressive à niveaux arkosiques. Pour des raisons pratiques, nous débuterons la description de la série Hettangienne à partir du niveau 17 et donc après le dernier banc à faciès franchement gréseux qui correspond au niveau 16.

Du niveau 17 au niveau 38, la série est constituée d'une alternance de marnes et de calcaires. Elle comporte de nombreux bancs carbonatés souvent assez minces. Certains sont riches en fossiles benthiques (e.g., bivalves, brachiopodes) et ont un aspect lumachellique (e.g., niveaux 23, 31, 33, 35, 36 et 38) (Fig. 5). Même s'il est vers sa base dépourvu de fossiles, ce premier ensemble peut facilement être rattaché ou au moins rapproché de la « Lumachelle » *sensu* COLLENOT (1868, 1873). Le banc lumachellique du niveau 38, non minéralisé, constituait le mur des couches de minerai.

L'ensemble potentiellement exploitable allait du banc 39 au banc 45. Ces assises, essentiellement carbonatées et fortement minéralisées, comportent (au moins localement) quatre bancs séparés par des intercalations marneuses souvent minces, mais localement suffisamment épaisses pour pouvoir être utilisées comme havage par les mineurs (e.g., niv. 42) (EVRARD, 1867). Vers la base, le niveau 39, très massif et épais d'environ 75 cm, est sensiblement moins minéralisé que les niveaux 41, 43 et 45. Pour des raisons de soutènement, le niveau 45, très minéralisé et manganésifère, devait souvent être laissé en place comme faux toit. En pratique, ce sont donc les niveaux 41 et 43 qui ont fourni les meilleurs minerais de Beauregard. Selon un rapport non publié de 1876 le minerai extrait de cette mine comportait en moyenne 41 % d'oxyde de fer (hématite) soit 29 % de fer (MONIN, 1999, p. 93). D'après EVRARD (1867), malgré des différences sensibles de facies, soulignées par les termes employés par les mineurs (e.g., « gros banc » pour le niveau 39 ou « minerai en plaquette » pour le niveau 41), tous les bancs exploités à Beauregard possédaient en commun une grande richesse en oolithes ferrugineuses et bioclastes. L'abondance des fossiles, surtout des bivalves, confère localement un aspect lumachellique frappant. Les très nombreuses *Cardinia* à tests épigénisés en hématite et finement fossilisées sont devenues classiques dans les collections. Plus que les rares ammonites, elles ont rendu célèbre le gisement de Beauregard.

Les caractéristiques fasciologiques communes aux différentes couches de minerai sont compatibles avec la gangue et la fossilisation des ammonites hettangiennes de Beauregard. Elles sont malheureusement insuffisantes pour permettre leur attribution précise à un ou plusieurs bancs au sein de la série ferrugineuse qui comprend à Beauregard les couches de minerai proprement dites ainsi que quelques bancs sus-jacents encore riches en fer. Les couches de minerai sont surmontées par des assises constituées de bancs calcaires souvent très fossilifères et d'intercalations marneuses peu épaisses (niveaux 46 à 52). D'après EVRARD (1867), ces couches se différencient surtout des niveaux sous-jacents par un moindre degré de minéralisation en fer qui les rendait impropres à leur utilisation comme minerai. À la base, le niveau 47, appelé « banc rouge » par les mineurs, constituait le vrai toit des couches de minerai. Au sommet, la présence de géodes minéralisées par du fer et du manganèse est, selon EVRARD (1867), une caractéristique remarquable du niveau 52 par lequel s'achevait l'épisode lumachellique principal de Beauregard.

COLLENOT (1868, 1873) interprétaient les niveaux 17 à 52 de la coupe de Beauregard comme des dépôts lithologiquement originaux, mais stratigraphiquement équivalents de la « Lumachelle » classique de l'Auxois et il leur attribuait, sans arguments directs, le même âge : zone à *Ammonites planorbis* ou *tortilis* (Fig. 5). MOUTERDE (1953, p. 14-15) remet en cause cette interprétation et envisage, avec de nombreuses réserves, un épisode allant de la sous-chronozone à Johnstoni à la sous-chronozone à Portloki pour l'essentiel du matériel associé au minerai de fer. Cet auteur n'exclut pas que ces faunes aient aussi pu comprendre quelques éléments plus tardifs de la chronozone à Angulata. Il se base sur la présence dans les collections du musée de Semur-en-Auxois d'une *Schlotheimia* du groupe d'*angulata* à « gangue ferrugineuse » et dont l'étiquette porte l'indication « Partie supérieure du minerai de fer, Beauregard ». Malheureusement, seule l'étiquette a été retrouvée et il est actuellement difficile de conclure. L'hypothèse de TINTANT *in* MOUTERDE *et al*. (1980, fig. 4.5) qui place les minerais de fer de l'Auxois dans un épisode relativement récent allant de la partie terminale de la chronozone à liasicus à la base de celle à angulata reste donc largement spéculative.

Entre le dernier banc de l'épisode lumachellique plus ou moins ferrugineux de l'Hettangien (niveau 52) et le premier banc clairement attribuable au calcaire à gryphées du Sinémurien (niveau 57), la série de Beauregard, du niveau 53 au niveau 55, est constituée sur environ 75 cm d'épaisseur, d'une alternance de calcaires et de marnes avec quelques passées lumachelliques. D'après COLLENOT (1868, 1873), ces niveaux auraient

livré des fossiles de la zone à *Ammonites angulatus*, mais il ne précise pas s'il s'agit d'ammonites ou de formes benthiques. À la suite d'EVRARD (1867), il interprète ces assises comme un équivalent possible du « Foie de veau ». MOUTERDE (1953) reste plus prudent et hésite à préciser la position de la limite Hettangien/Sinémurien. Il émet de sérieux doutes sur l'équivalence de ces couches avec le « Foie de veau » au sens classique du terme.

SYSTÉMATIQUE

Classe Cephalopoda CUVIER, 1798
Sous-classe Ammonoidea ZITTEL, 1884
Ordre Phylloceratida ARKELL, 1950

Remarque : L'ordre des Phylloceratida, pris ici au sens de HOFFMANN (2010), est un taxon monophylétique qui inclus le sous-ordre (paraphylétique) des Phyllocertina ARKELL, 1950 et l'ensemble des formes qui en dérivent. Ces dernières sont regroupées au sein du sous-ordre (monophylétique) des Psiloceratina HOUŠA, 1965 *sensu* GUEX (1995). Au sens de HOFFMANN (2010), l'ordre des Phylloceratida peut être compris comme un clade incluant deux sous-ordres, l'un paraphylétique correspondant aux Phyllocertina et l'autre très probablement monophylétique correspondant aux Psiloceratina (= Ammonitina *sensu* HOFFMANN, 2010) qui s'enracinent vers la limite Trias-Jurassique au sein des Phylloceratina.

Sous-ordre Psiloceratina HOUŠA, 1965
Superfamille Psiloceratoidea HYATT, 1867
(*sensu* GUEX 1987, 1995)
Famille Psiloceratidae HYATT, 1867
Genre *Caloceras* HYATT, 1870

Espèce type : *Ammonites torus* ORBIGNY, 1844, par désignation subséquente, BUCKMAN, 1912, p. vii.

Remarques : Tous les spécimens attribués ici au genre *Caloceras* s'écartent sensiblement de l'acception accordée classiquement par les auteurs à ce taxon (e.g., DONOVAN, 1952 ; ARKELL *et al.*, 1957 ; RAKÚS, 1975, 1993 ; SCHLEGELMILCH, 1976, 1992 ; DONOVAN *et al.*, 1981 ; GUÉRIN-FRANIATTE, 1990). Outre des différences d'habitus assez sensibles portant sur la forme de la section des tours et l'ornementation, leur principale originalité se rapporte d'après DONOVAN (1952), DONOVAN *et al.* (1981) et GUÉRIN-FRANIATTE, (1990, p. 39) aux caractères de la ligne de suture. Par comparaison avec celles du groupe de *Caloceras torus* (ORBIGNY, 1844) - *pirondi* (REYNES, 1879), les lignes de sutures des formes de Beauregard, se distinguent par leur découpage plus marqué avec notamment des selles relativement hautes, plus ou moins étranglées et un lobe suspensif assez bien développé. D'après DONOVAN (1952), DONOVAN *et al.* (1981) et GUÉRIN-FRANIATTE (1990, p. 39), ces caractères rapprocheraient les ammonites de Beauregard de formes de l'Hettangien moyen, par exemple les genres *Alsatites* ou *Kammerkarites*.

***Caloceras* ? *tortilis* (ORBIGNY, 1844)**
Fig. 6, 7 A-B, 8 E, 9 A, Tabl. 1

* 1844. *Ammonites tortilis* ORBIGNY, p. 201, pl. 49.
* 1879. *Ammonites tortilis* ORBIGNY.- REYNÈS, pl. 3, fig. 12-13 (= Copie de la figure originale de d'ORBIGNY 1844), (? pl. 3, fig. 11 ; non pl. 3, fig. 14-16).
1952. *Psiloceras* (? *Caloceras*) *tortilis* (ORBIGNY).- DONOVAN, p. 640.
1955. *Psiloceras (Caloceras) tortile* (ORBIGNY).- DONOVAN, p. 25.
* 1990. *Caloceras tortile* (ORBIGNY).- GUÉRIN-FRANIATTE, p. 50-51, pl. 3, fig. 1.
* 1994. *Caloceras tortile* (ORBIGNY).- GUÉRIN-FRANIATTE, MOUTERDE & GAUTHIER, p. 50, pl. 12, fig. 1a-c.
* 2002. *Ammonites tortilis* (ORBIGNY).- FISCHER, p. 102-103, 105.

Description : *Caloceras* ? *tortilis* (ORBIGNY, 1844) n'est pour l'instant connu avec certitude que par l'holotype (n° EM 517) (Fig. 6, 7 A-B, 8 E, 9 A). DONOVAN (1952) attribue quelques fragments provenant de la région de Bristol (UK) à l'espèce de d'ORBIGNY, mais il ne les

Spécimen	D	R	O	**O/D**	H	**H/D**	E	**E/D**	**E/H**	N/2
EM 517/a	109,0	59,6	69,5	**64 %**	20,8	**19 %**	?	**?**	**?**	27
EM 517/b	100,3	54,8	66,0	**66 %**	18,8	**19 %**	15,6	**16 %**	**0,83**	24
EM 517/c	90,0	49,0	58,6	**65 %**	16,9	**19 %**	14,8	**16 %**	**0,88**	24

Tableau 1 : Mesures prises sur la loge d'habitation de l'holotype de *Caloceras* ? *tortilis* (ORBIGNY, 1844) (n° EM 517) provenant des assises ferrugineuses de la mine de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or). D = diamètre, R = rayon, O = ombilic, H = hauteur du tour, E = épaisseur du tour, N/2 = nombre de côtes par demi-tour. Les dimensions linéaires (D, R, O, H et E) sont exprimées en millimètres. À l'exception du rapport E/H, les indices morphologiques (O/D, H/D et E/D) (en gras), sont donnés en pourcentages du diamètre.

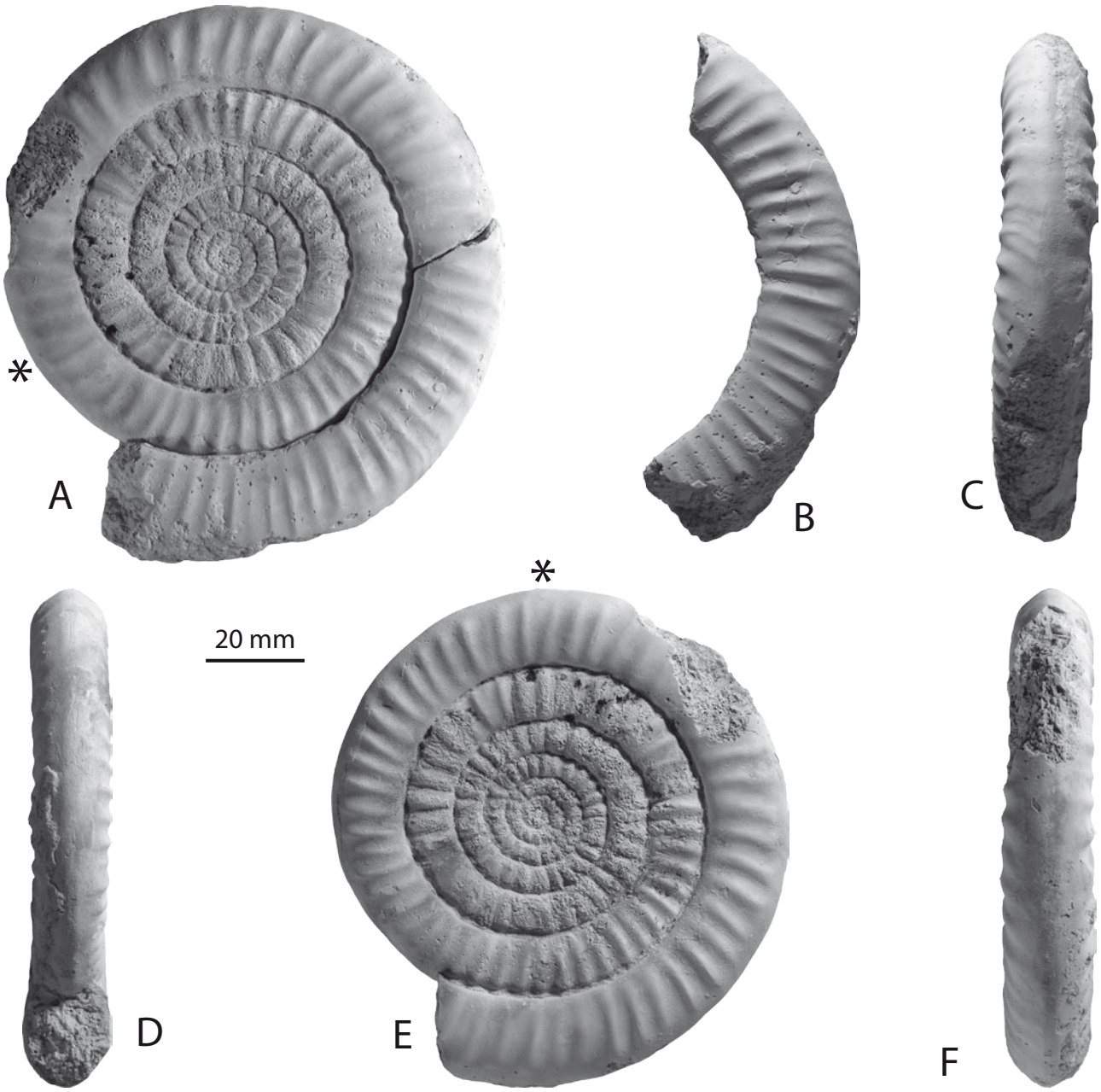


Fig. 6 : *Caloceras* ? *tortilis* (ORBIGNY, 1844), holotype provenant des assises ferrugineuses de la mine de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or). L'essentiel de ce spécimen (phragmocône et début de la loge d'habitation) (**A part., D-F**) est conservé dans la collection de paléontologie de l'École nationale supérieure des Mines (Université Claude Bernard, Lyon 1) (EM 517). La fin de la loge d'habitation (**A part. B-C**) est conservée dans la collection d'ORBIGNY du Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) (IPM-B.46032, collection d'ORBIGNY n° 1443). Ce spécimen a déjà été illustré (dessins ou photographies) par d'ORBIGNY (1844, pl. 49), REYNÈS (1879, pl. 3, fig. 12-13), GUÉRIN-FRANIATTE (1990, pl. 3, fig. 1), GUÉRIN-FRANIATTE *et al*. (1994, pl. 12, fig. 1a-c) et FISCHER (2002, p. 102, 103, 105). Il est refiguré ici pour permettre des comparaisons directes avec les autres ammonites de Beauregard (même type de prise de vue et agrandissement identique). L'échelle est indiquée par une barre correspondant à 20 mm. Un astérisque (*) indique la fin du phragmocône. Le spécimen a été blanchi au chlorure d'ammonium avant la prise de vue.

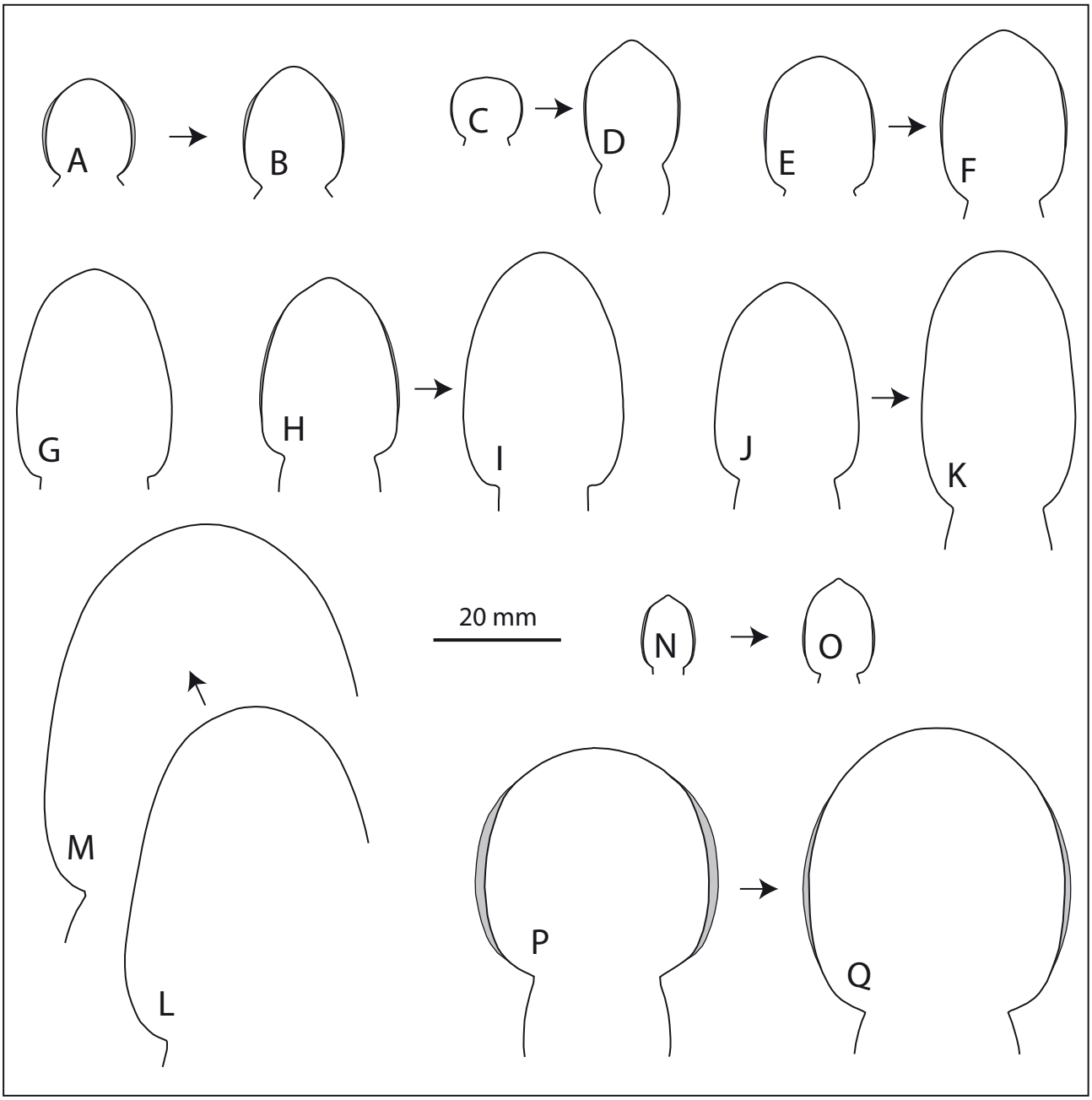


Fig. 7 : Sections de tour symétrisées des ammonites provenant des assises ferrugineuses de la mine de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or). Ces sections strictement radiales passent entre les côtes au niveau du rebord ombilical, mais elles peuvent recouper les côtes si celles-ci ne sont pas elles-mêmes radiales. Chaque fois que cela a été possible, deux sections de tour ont été dessinées pour chaque spécimen afin d'illustrer l'ontogenèse. Dans ce cas, une flèche indique le sens du développement. **A-B**. *Caloceras* ? *tortilis* (ORBIGNY, 1844), holotype (EM-517). **C-D**. *Caloceras* aff. *tortilis* (ORBIGNY, 1844) (MMSA 03-03-28). **E-F**. *Lepetocaloceras evrardii* nov. sp., paratype (MMSA 03-03-27). **G**. *L. evrardii* nov. sp., paratype (MMSA 03-03-26). **H-I**. *L. evrardii* nov. sp., paratype (MMSA 03-03-25). **J-K**. *L. evrardii* nov. sp., holotype (MMSA 03-03-24). **L-M**. *Lepetocaloceras* aff. *evrardii* nov. sp. (MMSA 03-03-23). **N-O**. *Lepteocaloceras* ? *strictum* nov. sp., holotype (MNHN) (collection d'ORBIGNY n° 1443). **P-Q**. *Caloceras* ? *beauregardiense* HYATT, 1889, holotype (MMSA 03-03-29). L'échelle est indiquée par une barre correspondant à 20 mm.

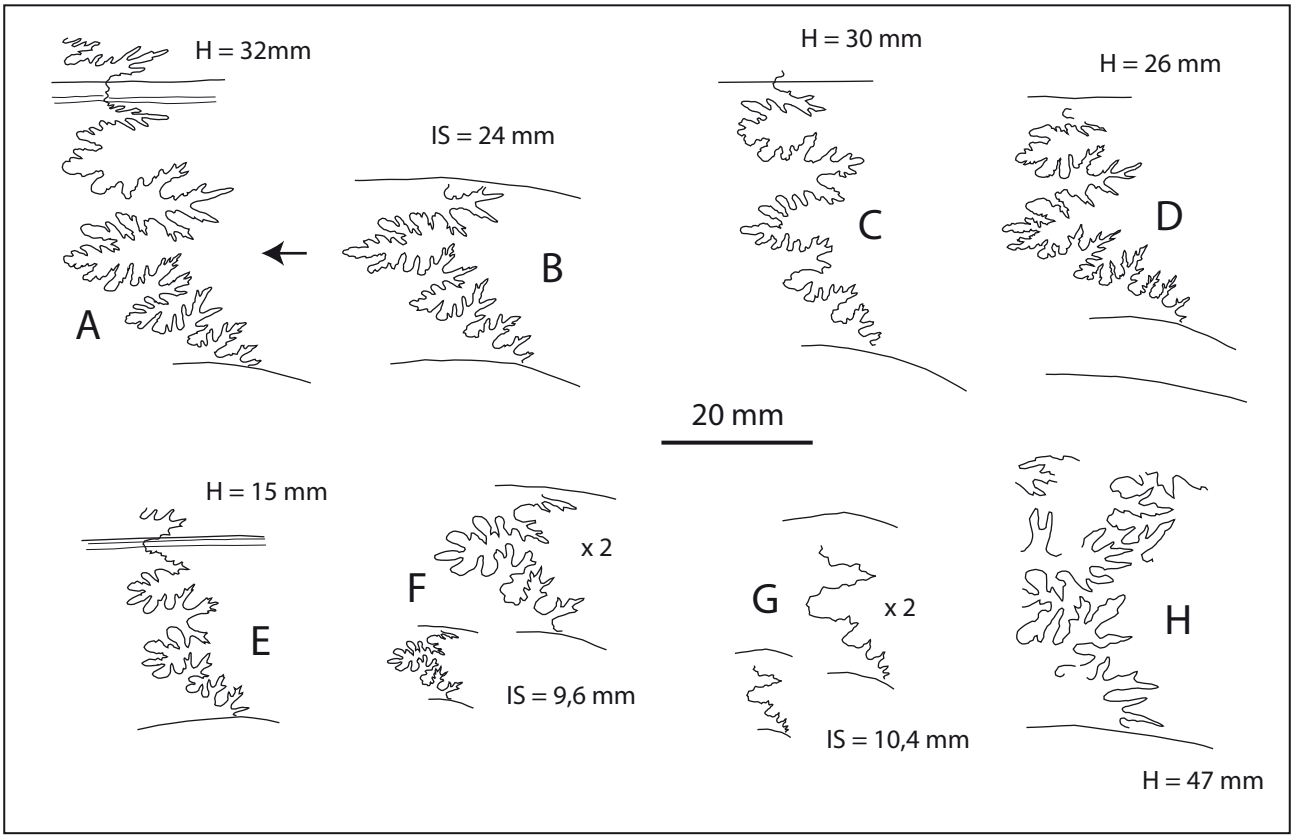


Fig. 8 : Lignes de suture des ammonites provenant des assises ferrugineuses de la mine de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or). Ces lignes de sutures sont, soit des images (sans perspective) déroulées depuis la suture ombilicale jusqu'à l'aire ventrale (**A**, **C-E**), soit des vues latérales plus ou moins partielles, non déroulées et dépourvues d'informations sur la partie externe du tour (**B, F-G**). **A-B**. *Lepteocaloceras evrardii* nov. sp., holotype (MMSA 03-03-24). La flèche indique le sens de l'ontogenèse. **C**. *L. evrardii* nov. sp., paratype (MMSA 03-03-25). **D**. *L. evrardii* nov. sp., paratype (MMSA 03-03-27). **E.** *Caloceras* ? *tortilis* (ORBIGNY, 1844), holotype (EM-517). **F**. *Caloceras* ? aff. *tortilis* (ORBIGNY, 1844) (MMSA 03-03-28). **G**. *Lepteocaloceras* ? *strictum* nov. sp., holotype (MNHN) (collection d'ORBIGNY n° 1443). **H**. *Caloceras* ? *beauregardiense* HYATT, 1889, holotype (MMSA 03-03-29). L'échelle est indiquée par une barre correspondant à 20 mm. Pour les spécimens **F** et **G**, un agrandissement (x 2) est donné en complément. Lorsqu'elle a pu être mesurée, la hauteur (H) du tour est indiquée et à défaut la distance entre deux sutures ombilicales successives (IS).

figure pas et la variabilité de l'espèce demeure inconnue. L'holotype *C.* ? *tortilis* correspond à une ammonite de taille moyenne dont la coquille complète atteint environ 115 mm de diamètre pour un diamètre du phragmocône d'environ 85 mm. Cette forme discoïde serpenticône (Fig. 10) reste franchement évolute tout au long de la croissance avec un ombilic très ouvert et un faible recouvrement des tours successifs. La loge d'habitation, sans doute presque complète, atteint quasiment un tour complet. La section des tours est faiblement, mais sensiblement comprimée. L'aire ombilicale oblique se confond avec la base des flancs, car il n'y a pas de rebord ombilical différencié (Fig. 7 A-B). L'ombilic est peu profond. Les flancs sont d'abord faiblement bombés et presque subparallèles puis leur courbure augmente ensuite progressivement. Sur la partie externe du tour, ils convergent franchement en direction de l'aire ventrale. Il n'y a pas d'épaulement latéro-ventral véritablement différencié, mais le rebord latéro-ventral correspond à la zone où les côtes s'effacent assez rapidement. L'aire ventrale est assez brusquement cintrée, mais elle reste arrondie et ne porte pas de carène. L'allure de la section du tour est globalement ogivale avec une nette affirmation de ce trait vers la fin de la loge d'habitation (Fig. 7 A-B). L'ornementation se limite à une costulation latérale assez dense, constituée de côtes simples et assez vigoureuses. Les côtes subradiales sur la partie inférieure des flancs deviennent souvent légèrement proverses à l'approche du rebord latéro-ventral où elles s'effacent. Les côtes sont faiblement marquées sur l'aire ombilicale, atteignent leur relief maximum vers le milieu des flancs et disparaissent sur l'aire ventrale. Ce dernier caractère est cependant moins évident vers la fin de la loge d'habitation où les côtes, éventuellement dédoublées, peuvent rester visibles (au moins en lumière rasante) jusqu'à l'approche du ventre (Fig. 6 B-C).

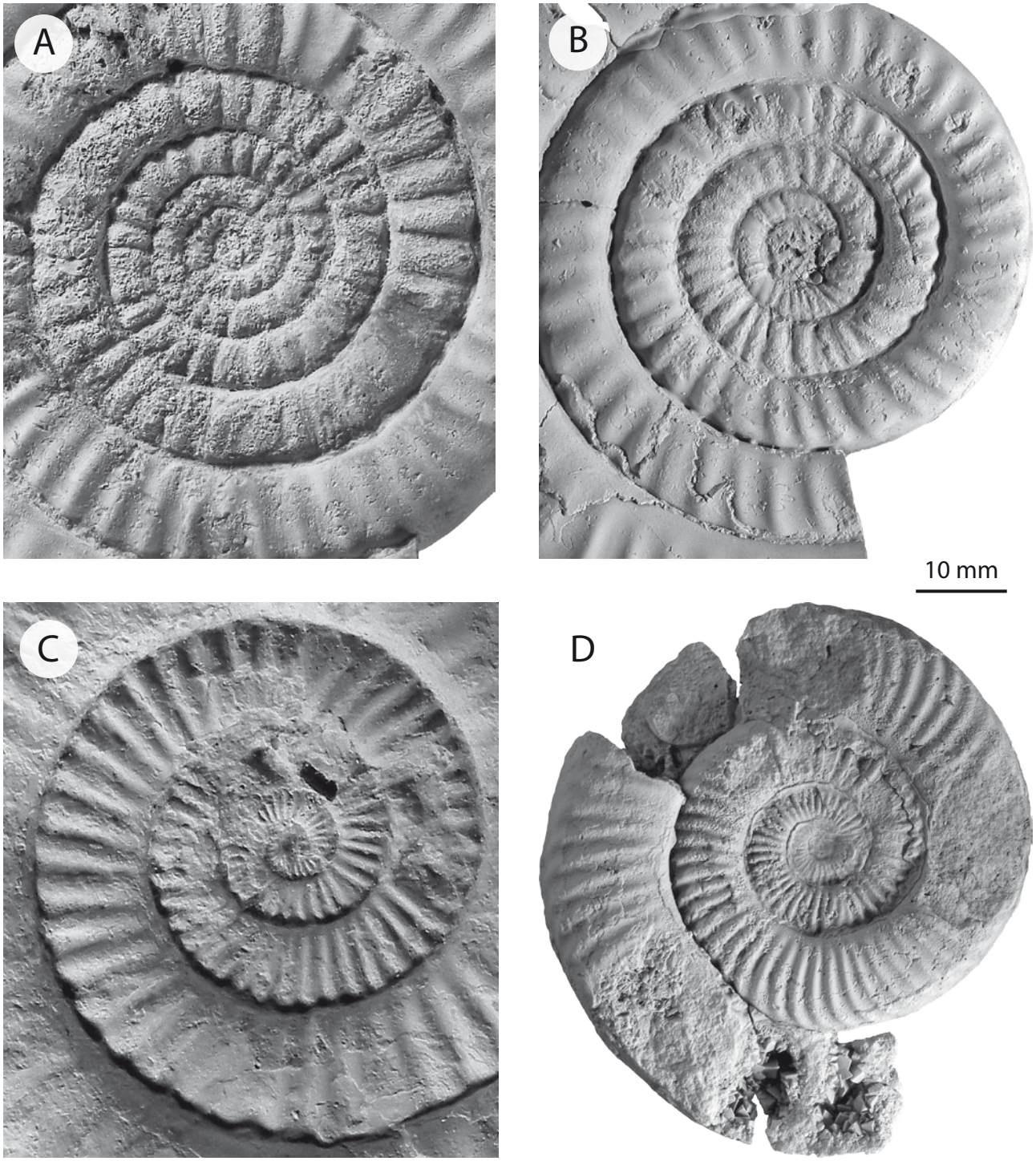


Fig. 9 : Comparaison des tours internes (type d'enroulement et ornementation) de (**A**) *Caloceras* ? *tortilis* (ORBIGNY, 1844), holotype (EM-517), (**B**) *C.* aff. *tortilis* (ORBIGNY, 1844) (MMSA 03-03-28), (**C**) *Lepteocaloceras evrardii* nov. sp., holotype (MMSA 03-03-24) et (**D**) *L.* ? *strictum* nov. sp., holotype (MNHN) (collection d'ORBIGNY n° 1443). Tous les spécimens sont figurés au même rapport d'agrandissement. L'échelle est indiquée par une barre correspondant à 10 mm.

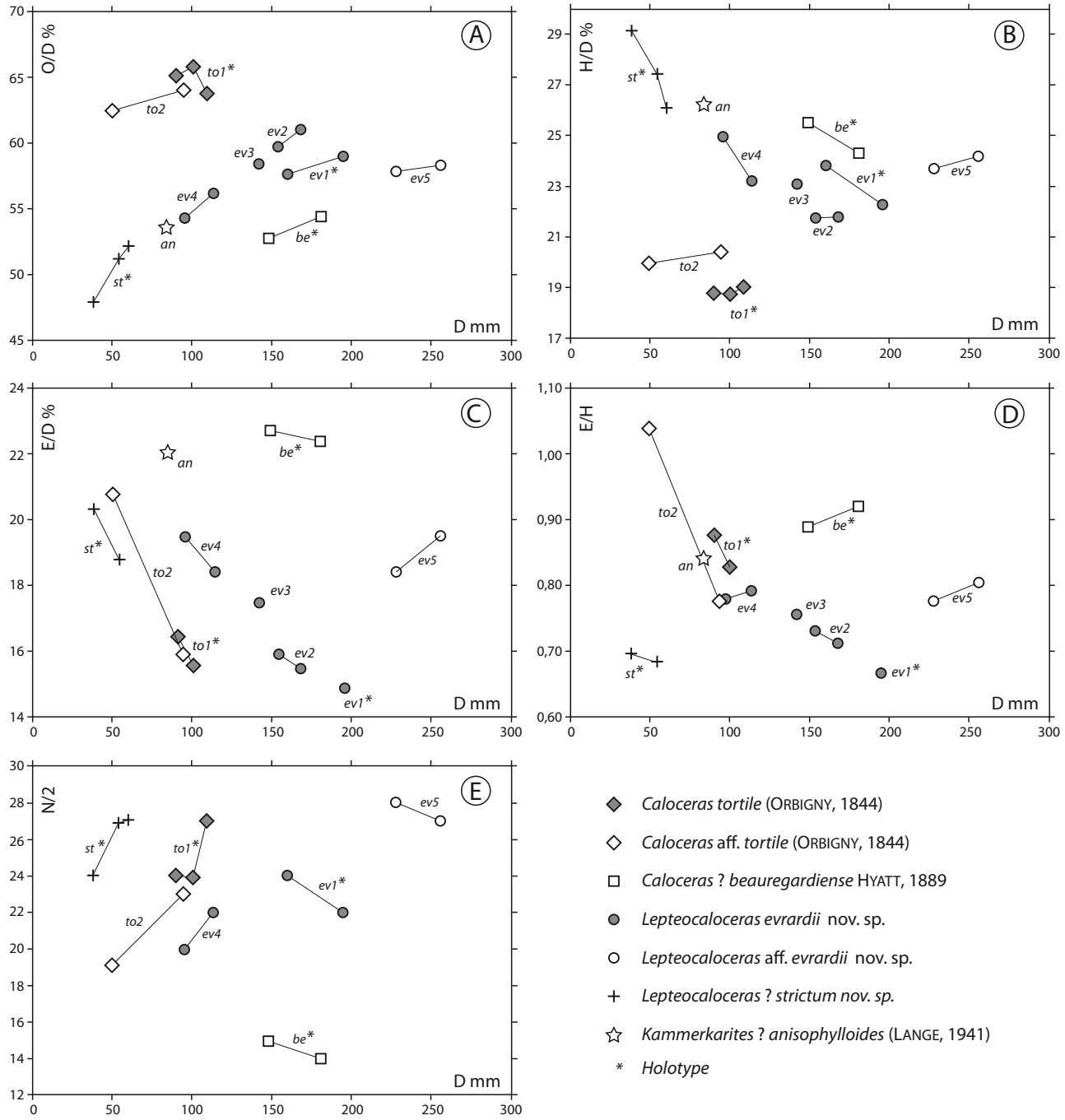


Fig. 10 : Diagrammes de dispersion [**A**] du diamètre de l'ombilic divisé par le diamètre de la coquille (**O/D** %), [**B**] de la hauteur du tour divisé par le diamètre de la coquille (**H/D** %), [**C**] de l'épaisseur du tour divisé par le diamètre de la coquille (**E/D** %), [**D**] du rapport de l'épaisseur du tour divisé par la hauteur du tour (**E/D**) et [**E**] du nombre de côtes par demi-tour (**N/2**) exprimé en fonction du diamètre de la coquille (**D**). Les rapports **O/D**, **H/D** et **E/D** sont exprimés en pourcentage. L'analyse correspond aux neuf spécimens provenant de la mine de Beauregard et conservés dans les collections du Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN), de l'École Nationale Supérieure des Mines (EM) (Université Claude Bernard, Lyon 1) et du Musée municipal de Semur-en-Auxois (MMSA). Pour certains spécimens, la série de mesures est incomplète. ***Be***. *Caloceras* ? *beauregardiense* HYATT, 1889 (MMSA 03-03-29) ; ***ev1***. *Lepteocaloceras evrardi* nov. sp., holotype (MMSA 03-03-24) ; ***ev2***. *L. evrardi* nov. sp. paratype (MMSA 03-03-25) ; ***ev3***. idem (MMSA 03-03-26) ; ***ev4***. idem (MMSA 03-03-27) ; ***ev5***. *Lepteocaloceras* aff. *evrardi* nov. sp. (MMSA 03-03-23) ; ***st***. *Lepteocaloceras* ? *strictum* n. sp., holotype (MNHN, collection d'ORBIGNY 1443) ; ***to1***. *Caloceras* ? *tortilis* (ORBIGNY, 1844), holotype (EM-517 et MNHN, collection d'ORBIGNY 1443-1) ; ***to2***. *Caloceras* ? aff. *tortilis* (ORBIGNY, 1844) (MMSA 03-03-28). Les holotypes sont indiqués par un astérisque après le code individuel. De plus, et pour faciliter les comparaisons, le spécimen mesuré par LANGE (1941, p.117, spécimen n° 98), est introduit dans l'analyse : ***an***. *Kammerkarites* ? *anisophylloides* (LANGE, 1941).

La ligne de suture (Fig. 8 E) est assez profondément découpée avec les subdivisions des selles (surtout celles de la seconde selle latérale) d'aspect un peu phylloïde. Le lobe latéral est sensiblement plus profond que le lobe externe. Le lobe suspensif, bien développé, est franchement rétracté.

Remarques : Même en admettant que les fragments d'ammonites récoltés dans la région de Bristol et attribués à *C.* ? *tortilis* par DONOVAN (1952) se rapportent bien à l'espèce de d'ORBIGNY, aucune comparaison n'est objectivement possible, car le seul spécimen illustré dans la littérature reste l'holotype. Cette ammonite possède un assemblage de caractères original, difficile à interpréter en termes de phylogénie. Le mode d'enroulement de la coquille, franchement serpenticône, pourrait s'accorder avec le genre *Caloceras*. La ligne de suture assez complexe suggère à certains auteurs (DONOVAN, 1952 ; GUÉRIN-FRANIATTE, 1990) une transition entre *Caloceras* et *Alsatites*, mais la section des tours qui tend à devenir, avec la croissance, assez comprimée et subogivale, concorde mal avec cette hypothèse. Sauf à admettre que l'holotype de *C.* ? *tortilis* est un spécimen anormal (e.g., tératologique), il est donc possible de supposer que l'espèce de d'ORBIGNY représente un branchement évolutif sans doute mineur, mais original au sein des faunes d'ammonites de l'Hettangien inférieur à moyen.

Âge et répartition : En termes biostratigraphiques, *C.* ? *tortilis* a été interprété comme une forme de l'Hettangien moyen (sous-zone à Laqueus) par DONOVAN (1955), mais GUÉRIN-FRANIATTE (1990) suggère avec réserve un âge plus ancien et place l'espèce de d'ORBIGNY dans la partie supérieure de l'Hettangien inférieur. GUÉRIN-FRANIATTE *et al*. (1994, p. 51) reprennent cette hypothèse, mais cette fois sans restriction. Ils interprètent *C.* ? *tortilis* comme une espèce propre à la partie supérieure de la zone à planorbis et précise même : sous-zone à Pirondi. Toutes ces interprétations se fondent essentiellement sur une démarche de type « grade-datation » — *C.* ? *tortilis* est interprété comme une forme intermédiaire entre *Caloceras* et *Alsatites* — car les arguments stratigraphiques directs sont absents ou au mieux très imprécis et incertains (DONOVAN, 1955). En l'absence de données permettant de caler objectivement *C.* ? *tortilis* dans une échelle stratigraphique bien contrainte et en tenant compte de l'originalité morphologique de cette espèce, on peut tout au plus envisager un âge à placer dans un intervalle débutant avec la partie supérieure de l'Hettangien inférieur et s'achevant dans l'Hettangien moyen (*pro parte* ?).

En l'absence d'affinités phylétiques clairement établies pour l'espèce de d'ORBIGNY, il est difficile de proposer une interprétation fiable en termes paléobiogéographiques et/ou paléoécologiques. Tout au plus peut-on supposer, à titre d'hypothèse malheureusement largement spéculative, que *C.* ? *tortilis* est une forme endémique et/ou associée à la proximité d'environnements peu étendus de haute énergie hydrodynamique comme le suggère beaucoup d'indices sédimentologiques (e.g., action évidente de vagues de tempête).

Caloceras ? aff. *tortilis* (ORBIGNY, 1844)
Fig. 11 B-D, 7 C-D, 8 F, 9 B, Tabl. 2

Description : L'exemplaire n° MMSA 03-03-28 (Fig. 11 B-D, 7 C-D, 8 F, 9 B) présente, au moins pour certains traits morphologiques, des variations ontogénétiques assez importantes. Le diamètre de la coquille complète n'est pas connu, mais celui du phragmocône est d'environ 90 mm. Il s'agit donc d'une forme de taille moyenne. La coquille est de type serpenticône, avec tout au long de la croissance un ombilic très ouvert (Fig. 10) et des tours successifs peu recouvrants. La forme de la section subit par contre des modifications importantes au cours du développement. En conséquence, les tours internes (phragmocône) et le début de la loge d'habitation doivent être décrits séparément (Fig. 7 C-D).

Dans les tours internes, vers 50 mm de diamètre, la section est franchement déprimée avec des flancs assez peu bombés grossièrement subparallèles (Fig. 7 C). L'ombilic est peu profond. Le passage est très progressif entre l'aire ombilicale oblique et la base des flancs. Par contre et bien qu'il n'y ait pas, à proprement parler, d'épaulement latéro-ventral, les flancs et l'aire ventrale sont assez bien différenciés. Cette dernière est arrondie, mais franchement déprimée et elle présente un aspect un peu aplati. En lumière rasante, une trace de carène mousse apparaît au niveau du ventre.

Sur la loge d'habitation, dont seul le début est conservé, la section est franchement comprimée avec des flancs

Spécimen	D	R	O	**O/D**	H	**H/D**	E	**E/D**	**E/H**	N/2
MMSA 03-03-28/a	94,5	51,0	60,5	**64 %**	19,3	**20 %**	15,0	**16 %**	**0,78**	23
MMSA 03-03-28/b	50,0	?	31,2	**62 %**	10,0	**20 %**	10,4	**21 %**	**1,04**	19

Tableau 2 : Mesures prises sur la loge d'habitation et sur le phragmocône de *Caloceras* ? aff. *tortilis* (ORBIGNY, 1844) (n° MMSA 03-03-28) provenant des assises ferrugineuses de la mine de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or). Explication du tableau cf. Tabl. 1.

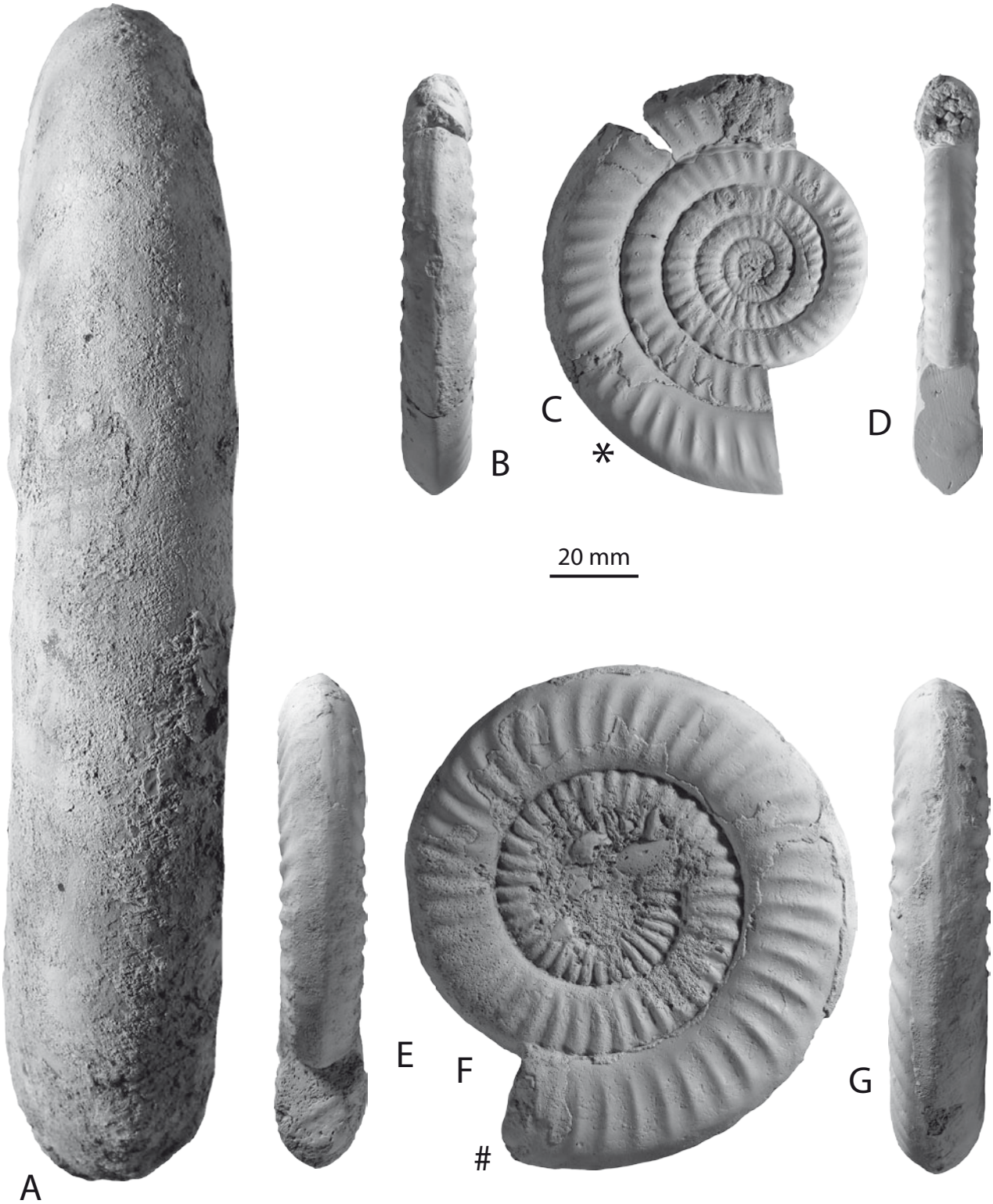


Fig. 11 : Ammonites provenant des assises ferrugineuses de la mine de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or). **A**. *Lepteocaloceras* aff. *evrardii* n. sp. (vue ventrale) (MMSA 03-03-23). La vue latérale est donnée (Fig. 17). **B-D**. *Caloceras* ? aff. *tortilis* (ORBIGNY, 1844) (MMSA 03-03-28). **E-G**. *Lepetocaloceras evrardii* nov. sp., paratype (MMSA 03-03-27). L'échelle est indiquée par une barre correspondant à 20 mm. Un astérisque (*) indique la fin du phragmocône, le symbole (#) indique un phragmocône incomplet. Les spécimens ont été blanchis au chlorure d'ammonium avant la prise de vue. Ils sont conservés dans la collection de géologie du Musée municipal de Semur-en-Auxois.

d'abord peu bombés et subparallèles puis cintrés aux abords du rebord latéro-ventral (Fig. 7 D). L'allure générale de la section est subogivale avec une aire ventrale haute, vaguement tectiforme et d'allure presque pincée. Le passage est très progressif entre l'aire ombilicale ombilicale et la base des flancs. Le rebord latéro-ventral peut, par contre, être assez bien localisé grâce à une accentuation perceptible de la courbure du test associée à l'effacement assez brusque du relief des côtes. Il n'y a cependant pas d'épaulement latéro-ventral réellement différencié. Au niveau du bord externe, la coquille est brusquement cintrée et le ventre semble s'individualiser en une carène mousse mal différenciée, mais perceptible, car bordée de bandes confuses, très légèrement déprimées, surtout visibles en lumière rasante (Fig. 11 B).

L'ornementation, assez dense, est constituée de côtes simples qui atteignent leur relief maximum vers le milieu des flancs. Les côtes sont à peine marquées sur l'aire ombilicale et elles s'effacent assez rapidement au niveau du rebord latéro-ventral. Leur tracé est globalement légèrement proverse. La projection vers l'avant s'accentue discrètement à l'approche du rebord latéro-ventral.

La ligne de suture est très mal conservée et seule sa partie latérale a pu être observée dans un secteur des tours internes (Fig. 8 F). Elle est assez profondément découpée avec les subdivisions de la seconde selle latérale d'aspect un peu phylloïde. Le lobe suspensif, bien développé et profondément divisé, est franchement rétracté.

Remarques : Ce spécimen présente les variations ontogénétiques les plus importantes parmi les ammonites provenant des mines de Beauregard. Le contraste est frappant entre les tours internes franchement serpenticônes, à section des tours plus ou moins déprimés, et les tours externes où la section devient franchement comprimée et où l'aire ventrale prend une allure ogivale, presque pincée. Ce type d'ontogenèse suit la même tendance allométrique que celle de l'holotype de *Caloceras* ? *tortilis*, mais la dynamique en est fortement accentuée et le contraste est plus frappant entre les tours internes et externes. Malgré ces différences, les stades juvéniles franchement serpenticônes de *Caloceras* ? *tortilis* et *C.* ? aff. *tortilis* rapprochent clairement ces deux formes tout en les opposant aux autres ammonites de Beauregard. Les caractères de la ligne de suture sont aussi assez comparables chez *Caloceras* ? *tortilis* et *C.* ? aff. *tortilis* avec notamment les divisions secondaires des selles d'aspect un peu phylloïde. Il est possible que *C.* ? aff. *tortilis* appartienne à la variabilité intra-spécifique de *C.* ? *tortilis* (varians extrême ou morphotype individualisé), mais il est encore impossible de le prouver. Il semble donc préférable de traiter indépendamment cette ammonite originale comme une forme affine.

Âge et répartition : Sans équivalent dans la littérature, cette ammonite ne présente que de possibles affinités avec *C.* ? *tortilis* et elle les offre les mêmes difficultés d'interprétation en termes stratigraphiques, paléoécologiques et/ou paléogéographiques. On peut soupçonner une forme endémique et envisager un âge dans la partie supérieure de l'Hettangien inférieur et/ou dans l'Hettangien moyen (*pro parte* ?).

Caloceras ? *beauregardiense* HYATT, 1889
Fig. 12, 7 P-Q, 8 H, Tabl. 3

* 1889. *Caloceras johnstoni* var. *beauregardiense* HYATT, p. 137.
1990. *Caloceras beauregardiense* HYATT.- GUÉRIN-FRANIATTE, p. 51-52, pl. 3, fig. 2.

Description : *Caloceras* ? *beauregardiense* HYATT, 1889, n'est pour l'instant connu avec certitude que par l'holotype (n° MMSA 03-03-29) (Fig. 12, 7 P-Q, 8 H). La taille de la coquille adulte de ce spécimen est difficile à évaluer. Il s'agit d'un phragmocône, peut-être incomplet, d'environ 200 mm de diamètre. Un diamètre complet autour de 300 mm semble plausible. Il s'agit donc d'une forme d'assez grande taille. La coquille présente un mode d'enroulement situé entre les types platycône et discocône *sensu* OLORIZ *et al*. (2002). L'ombilic est relativement peu ouvert (Fig. 10) et le recouvrement des tours successifs plutôt faible, mais les taux d'accroissement de la hauteur et, dans une moindre mesure, de l'épaisseur des tours sont assez importants ce qui confère aux tours une allure massive. La section des tours subcirculaires ou subovales est à peine ou faiblement comprimée (Fig. 7 P-Q). L'ombilic est assez profond. L'aire ombilicale régulièrement cintrée se fond imperceptiblement avec la base de flancs. Ceux-ci, subparallèles ou à peine convergents sont nettement bombés. Entre les côtes, la transition avec l'aire ventrale est graduelle et le rebord ombilical ne peut être localisé

Spécimen	D	R	O	**O/D**	H	**H/D**	E	**E/D**	**E/H**	N/2
MMSA 03-03-29/a	181,0	101,0	98,5	**54 %**	44,0	**24 %**	40,5	**22 %**	**0,92**	14
MMSA 03-03-29/b	148,8	82,0	78,5	**53 %**	38,0	**26 %**	33,8	**23 %**	**0,89**	15

Tableau 3 : Mesures prises sur le phragmocône de l'holotype de *Caloceras* ? *beauregardiense* HYATT, 1889, (n° MMSA 03-03-29) provenant des assises ferrugineuses de la mine de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or). Explication du tableau cf. Tabl. 1.

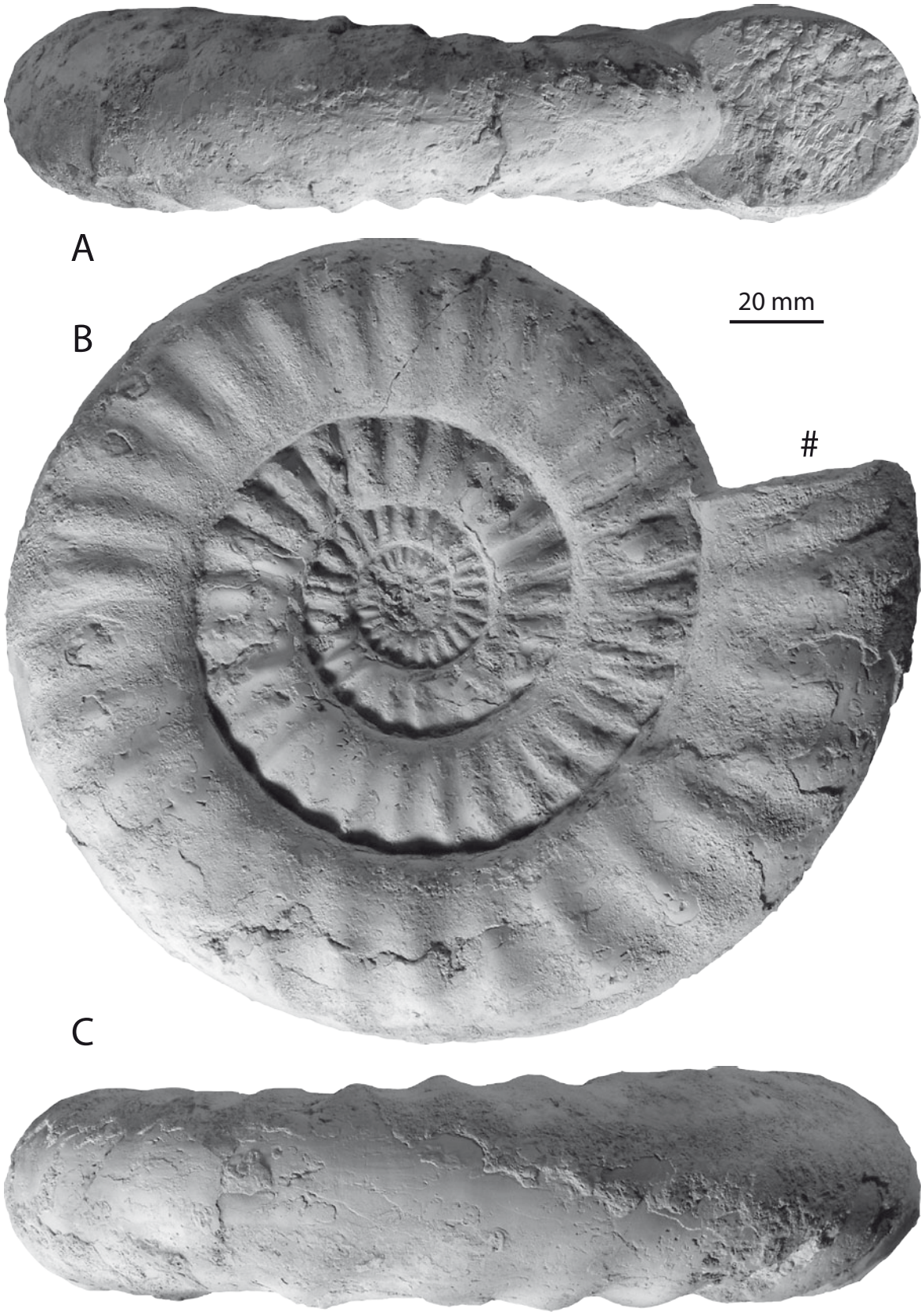


Fig. 12 : *Caloceras* ? *beauregardiense* HYATT, 1889, holotype provenant des assises ferrugineuses de la mine de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or) (MMSA 03-03-29). L'échelle est indiquée par une barre correspondant à 20 mm. Le symbole (#) indique un phragmocône incomplet. Le spécimen a été blanchi au chlorure d'ammonium avant la prise de vue. Il est conservé dans la collection de géologie du Musée municipal de Semur-en-Auxois.

qu'en tenant compte de l'effacement assez rapide du relief des côtes vers leur passage à l'aire ventrale. Celle-ci, régulièrement courbée, ne porte aucune trace de carène.

L'ornementation se réduit à une costulation latérale simple et assez grossière. Les côtes subradiales n'affectent pas l'aire ombilicale, mais leur relief se développe rapidement dès la base de flancs. Le relief maximum est atteint vers le milieu des flancs. Les côtes tendent à disparaître assez brusquement au niveau du rebord latéro-ventral qu'elles dépassent à peine. Le contraste entre les flancs fortement ornés et l'aire ventrale lisse est frappant (Fig. 12).

La ligne de suture, fortement divisée et incisée, est très mal conservée. Elle n'a pu être que partiellement observée dans un secteur qui correspond peut-être à la fin du phragmocône (Fig. 8 H). Les subdivisions des selles et notamment celle de la seconde selle latérale ont un aspect un peu phylloïde. Le lobe suspensif est bien développé et il est profondément divisé et nettement rétracté.

Remarques : *Caloceras* ? *beauregardiense* HYATT, 1889, est comme l'a souligné GUÉRIN-FRANIATTE (1990) une forme très originale et difficile à classer au sein des faunes d'ammonite de l'Hettangien. Seules les quelques rares formes attribuées au groupe de *C.* ? *giganteum* SPATH, 1924 peuvent, à la suite de GUÉRIN-FRANIATTE (1990, p. 51-53), lui être rapprochées avec réserve. L'attribution générique est problématique, car ces ammonites possèdent un assemblage de caractères qui ne correspond clairement, ni à *Caloceras*, ni à *Alsatites*. À titre d'exemple, si la ligne de suture assez complexe peut sembler proche d'*Alsatites*, la costulation grossière et rigide ainsi que l'aire ventrale lisse, régulièrement arrondie, et l'absence de toute trace de carène s'accorderait mieux avec *Caloceras*. En l'absence d'information sur la morphologie de l'aire ventrale des stades juvéniles, il est pour l'instant impossible de trancher. L'option « *Caloceras* » a été retenue ici, par défaut et seulement comme hypothèse de travail.

Une autre possibilité serait de rapprocher la forme de HYATT à la sous-famille des Surisitinae HILLEBRANDT, 2000, et plus particulièrement du genre *Sunrisites* GUEX, 1980 qui regroupe des formes à tours assez massifs et costulation plus ou moins grossière. *Sunrisites* a été rapproché par GUEX (1995) du genre *Alsatites*. Enfin, on pourrait aussi envisager le genre *Franziceras* BUCKMAN, 1923 qui désigne des formes – souvent rapprochées des Schlothimiidae – dont l'habitus rappelle, au moins superficiellement, celui de certains *Sunrisites*. En raison de probables convergences morphologiques, les relations phylétiques de l'ensemble des formes hettangiennes à tours massifs et costulation grossière, voire très grossière comme *Caloceras* ? *beauregardiense*, *Sunrisites* et *Franziceras* restent encore largement incomprises. Elles devront être précisées en tenant compte de la stratigraphie, des caractères de la ligne de suture et des modalités de l'ontogenèse. La morphologie de l'aire ventrale des tours internes est certainement un caractère essentiel. Il est malheureusement inconnu chez *Caloceras* ? *beauregardiense*.

Âge et répartition : Comme toutes les ammonites provenant de la mine de Beauregard, *Caloceras* ? *beauregardiense* est un taxon difficile à situer dans le contexte spatio-temporel de l'Hettangien. L'espèce n'est connue qu'à Beauregard, mais ce fait ne permet pas à lui seul de prouver que la forme de HYATT est une forme endémique et/ou éventuellement adaptée à un type d'environnement rare. Comme pour toutes les autres ammonites associées aux faciès ferrugineux de Beauregard, l'âge de *C.* ? *beauregardiense* est sans doute à placer dans une fourchette couvrant la partie supérieure de l'Hettangien inférieur et/ou l'Hettangien moyen (*pro parte* ?). Pour sa part, GUÉRIN-FRANIATTE (1990) propose avec réserve un âge dans la Sous-chronozone à Johnstoni.

Genre *Lepteocaloceras* n. gen.

Espèce type : *Lepteocaloceras evrardii* n.sp.

Étymologie : Du latin lepteo = mince, peu épais. Ce préfixe latin associé au nom *Caloceras* fait référence à la section comprimée et d'allure souvent pincée qui distingue clairement le nouveau taxon du genre *Caloceras* avec lequel il présente par ailleurs certaines similitudes et sans doute des affinités phylétiques.

Diagnose et remarques : Le nouveau genre n'est pour l'instant représenté avec certitude que par une seule espèce, *Lepteocaloceras evrardii* n. gen., n. sp. Cette forme n'est actuellement connue qu'à Beauregard (Côte-d'Or, France). La diagnose et les remarques données dans le présent travail pour cette nouvelle espèce sont donc implicitement valables pour le nouveau genre.

Lepteocaloceras evrardii n. sp.
Fig. 11 E-G, 13, 14, 15 A, 7 E-K, 8 A-D, 9 C, Tabl. 4

1879. *Ammonites tortilis* ORBIGNY.- REYNÈS, pl. 3, fig. 14-16 (non pl. 3, fig 12-13).
1955. *Alsatites* cf. *anisophylloides* (LANGE).- DONOVAN, p. 25.
1990. *Alsatites* cf. *anisophylloides* (LANGE).- GUÉRIN-FRANIATTE, p. 70-71, pl. 9, fig. 1-2.

Étymologie : Ce taxon est nommé en l'honneur de A. EVRARD dont la publication de 1867 constitue une référence essentielle pour la stratigraphie des mines de fer du plateau de Thoste, gisement dont proviennent les spécimens types de la nouvelle espèce.

Localité et strate type : Mines de fer de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or). D'après la gangue, provient d'un banc à faciès ferrugineux riche en oolites.

Holotype : Spécimen (n° MMSA 03-03-24) (Fig. 13, 14 A, 7 J-K, 8 A-B, 9 C) d'environ 215 mm de diamètre en calcaire ferrugineux avec traces d'hématite provenant

Spécimen	D	R	O	**O/D**	H	**H/D**	E	**E/D**	**E/H**	N/2
MMSA 03-03-24/a	195,0	106,5	115,0	**59 %**	43,5	**22 %**	29,0	**15 %**	**0,67**	22
MMSA 03-03-24/b	160,1	89,0	92,2	**58 %**	38,2	**24 %**	?	**?**	**?**	24
MMSA 03-03-25/a	168,0	?	102,5	**61 %**	36,6	**22 %**	26,0	**15 %**	**0,71**	?
MMSA 03-03-25/b	154,0	?	92,0	**60 %**	33,5	**22 %**	24,5	**16 %**	**0,73**	?
MMSA 03-03-26	142,0	?	83,0	**58 %**	32,8	**23 %**	24,8	**17 %**	**0,76**	?
MMSA 03-03-27/a	114,0	?	64,0	**56 %**	26,5	**23 %**	21,0	**18 %**	**0,79**	22
MMSA 03-03-27/b	95,5	?	51,8	**54 %**	23,8	**25 %**	18,6	**19 %**	**0,78**	20

Tableau 4 : Mesures prises sur l'holotype (n° MMSA 03-03-24) et sur trois paratypes (n° MMSA 03-03-25, 26, 27) de *Lepteocaloceras evrardii* n. sp., provenant des assises ferrugineuses de la mine de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or). Explication du tableau cf. Tabl. 1.

des mines de Beauregard. Il s'agit pour l'essentiel d'un moule interne, mais il reste des lambeaux du test (préservés sous forme de réplique ferrugineuse) dans les tours internes et vers les plus grands diamètres. La fin du phragmocône est difficile à localiser, mais le début de la loge d'habitation est probablement présent. La ligne de suture est finement préservée.

Autre matériel : Trois autres spécimens (n° MMSA 03-03-25, 26, 27) (Fig. 11 E-G, 14 B-E, 15 A, 7 E-I, 8 C-D) provenant également des mines de Beauregard accompagnent l'holotype, ils sont désignés comme paratypes. Il s'agit de phragmocônes plus ou moins complets, dont la fossilisation et la gangue sont comparables à celles de l'holotype.

Diagnose : Le nouveau taxon regroupe des Psiloceratidae caractérisés par une croissance des tours assez rapide dès les tours internes, par une section comprimée et, au moins sur une partie du phragmocône, par une aire ventrale ogivale d'allure plus ou moins anguleuse, voire subtectiforme. Le ventre peut même dans certains cas porter une ébauche de carène mousse, peu saillante et assez mal individualisée. En fin de croissance, l'angulosité de l'aire ventrale tend à s'estomper. La costulation assez dense est formée de côtes subradiales à légèrement proverses. Leur tracé est tendu ou à peine cintré sur les flancs, puis plus nettement cintré vers l'avant au-delà du rebord latéro-ventral. La ligne de suture est profondément découpée avec un lobe suspensif spectaculaire, car extrêmement long et souvent remarquablement rétracté. L'habitus de ces formes rappelle superficiellement celui des *Leptechioceras* (Echioceratidae) du Sinémurien supérieur.

Description : L'holotype (n° MMSA 03-03-24) et les paratypes (n° MMSA 03-03-25, 26, 27) sont des formes très semblables entre elles. La variabilité intraspécifique semble faible. Aucun de ces spécimens ne correspond à une coquille adulte complète. Seul l'holotype montre le début de la loge d'habitation. Les autres spécimens sont des phragmocônes plus ou moins complets. *Lepteocaloceras evrardii* n. sp. est une espèce qui peut atteindre une assez grande taille. Le diamètre du phragmocône de l'holotype est proche de 210 mm. On peut envisager un diamètre de l'ordre de 270 à 290 mm pour la coquille adulte complète. Vers la fin du phragmocône et le début de la loge d'habitation, la coquille est de type serpenticône à tendance platycône *sensu* OLORIZ *et al*. (2002) avec un ombilic largement ouvert, un faible recouvrement des tours successifs et une croissance relativement rapide de la hauteur du tour. C'est surtout ce trait qui éloigne la nouvelle espèce du type serpenticône s.s. En allant vers les stades juvéniles la proportion de l'ombilic décroît et celle de la hauteur du tour augmente assez sensiblement (Fig. 10 A-B). Aux grands diamètres (fin du pragmocône et début de la loge d'habitation), la section du tour subogivale à subovale est toujours franchement comprimée (Fig. 7 G, I, K). Ce dernier caractère est moins accusé aux plus petits diamètres (Fig. 7 E). L'ombilic est peu profond et l'aire ombilicale plus ou moins oblique et cintrée. La transition avec la base des flancs est, sauf exception (e.g., Fig. 7 H), le plus souvent assez progressive sans épaulement ombilical distinct (e.g., Fig. 7 F). Les flancs faiblement ou à peine bombés sont subparallèles ou faiblement convergents en direction de l'aire ventrale. Considérée entre les côtes, la transition entre les flancs et l'aire ventrale est graduelle, mais le rebord latéro-ventral peut être localisé, avec plus ou moins de précision, en se basant sur l'effacement souvent assez rapide du relief des côtes vers la partie supérieure des flancs. L'aire ventrale assez élevée est en général d'allure subogivale à confusément

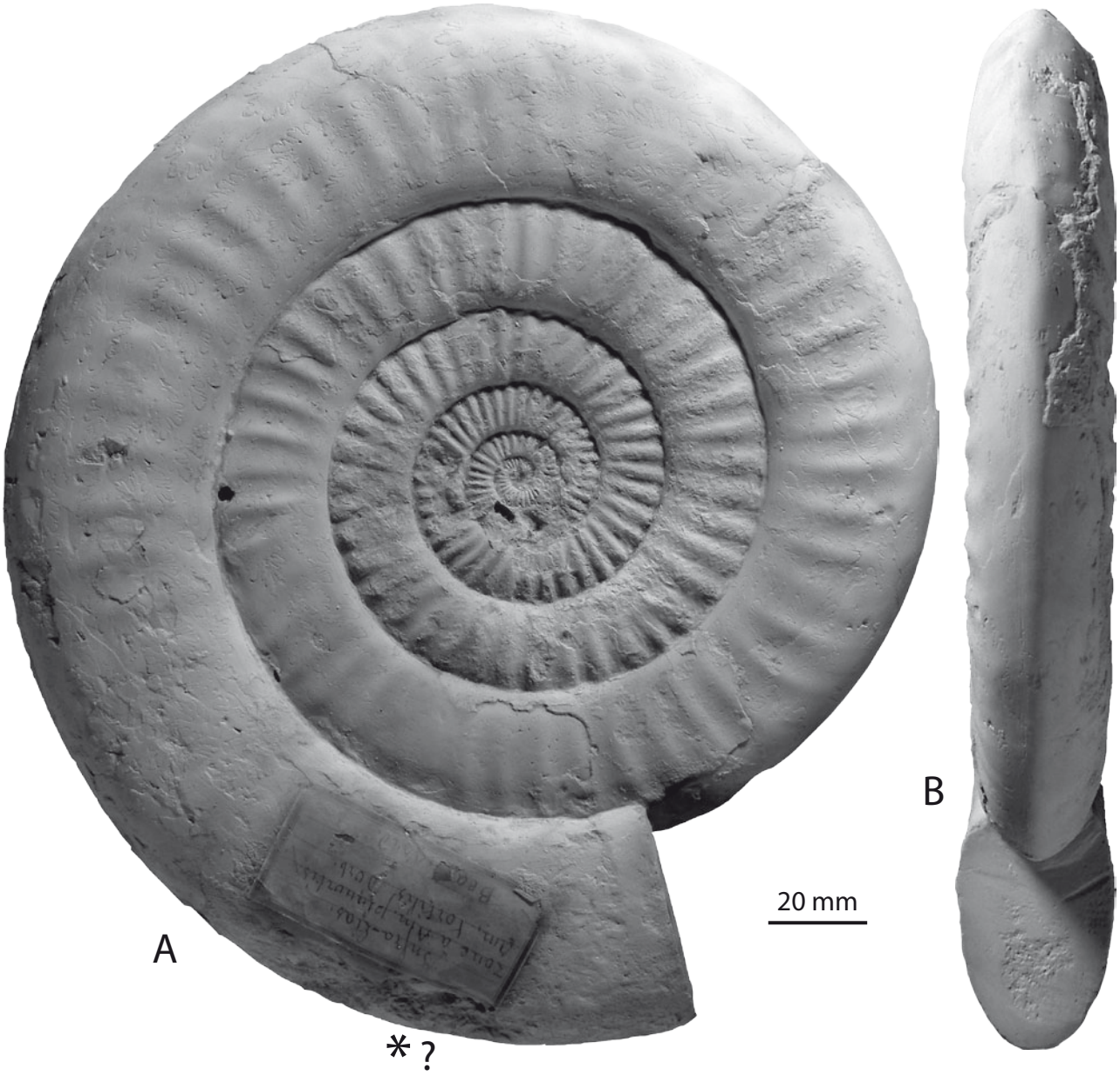


Fig. 13 : *Lepteocaloceras evrardii* n. sp., holotype (vues latérale et orale) provenant des assises ferrugineuses de la mine de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or) (MMSA 03-03-24). La vue ventrale est donnée (Fig. 14 A). L'échelle est indiquée par une barre correspondant à 20 mm. Un astérisque (*) indique la fin du phragmocône. Le spécimen a été blanchi au chlorure d'ammonium avant la prise de vue.

tectiforme. Le ventre, bien que toujours arrondi, est souvent caractérisé par une brusque courbure du test qui peut lui donner une allure presque anguleuse (Fig. 13 B ; 14 A-B ; 7 F, H, J) voire même ébaucher une carène confuse bordée par des méplats à peine distincts (Fig. 11 E, G ; 7 E-F). Aux plus grands diamètres, l'angulosité ventrale tend à s'effacer, l'aire ventrale acquiert alors un contour régulièrement arrondi (Fig. 13 B ; 7 K).

L'ornementation est réduite à une costulation latérale simple et globalement assez dense. Aux grands diamètres et au moins dès la fin du phragnocône, les côtes subradiales sont peu saillantes, voire presque effacées (Fig. 13 A). Leur tracé est alors légèrement cintré, car les côtes tendent à se projeter discrètement vers l'avant à l'approche du rebord latéro-ventral où elles s'effacent rapidement. À ce stade de croissance, le relief des côtes n'affecte pas l'aire ombilicale qui est lisse. Dans les tours internes, l'ornementation est nettement plus dense et plus vigoureuse. Les côtes, plus ou moins rétroverses ont, sur les flancs, un tracé tendu qui leur confère une allure rigide et elles affectent au moins partiellement l'aire ombilicale (Fig. 11 F ; 13 A ; 14 C, D ; 9 C). Le nucléus montre une

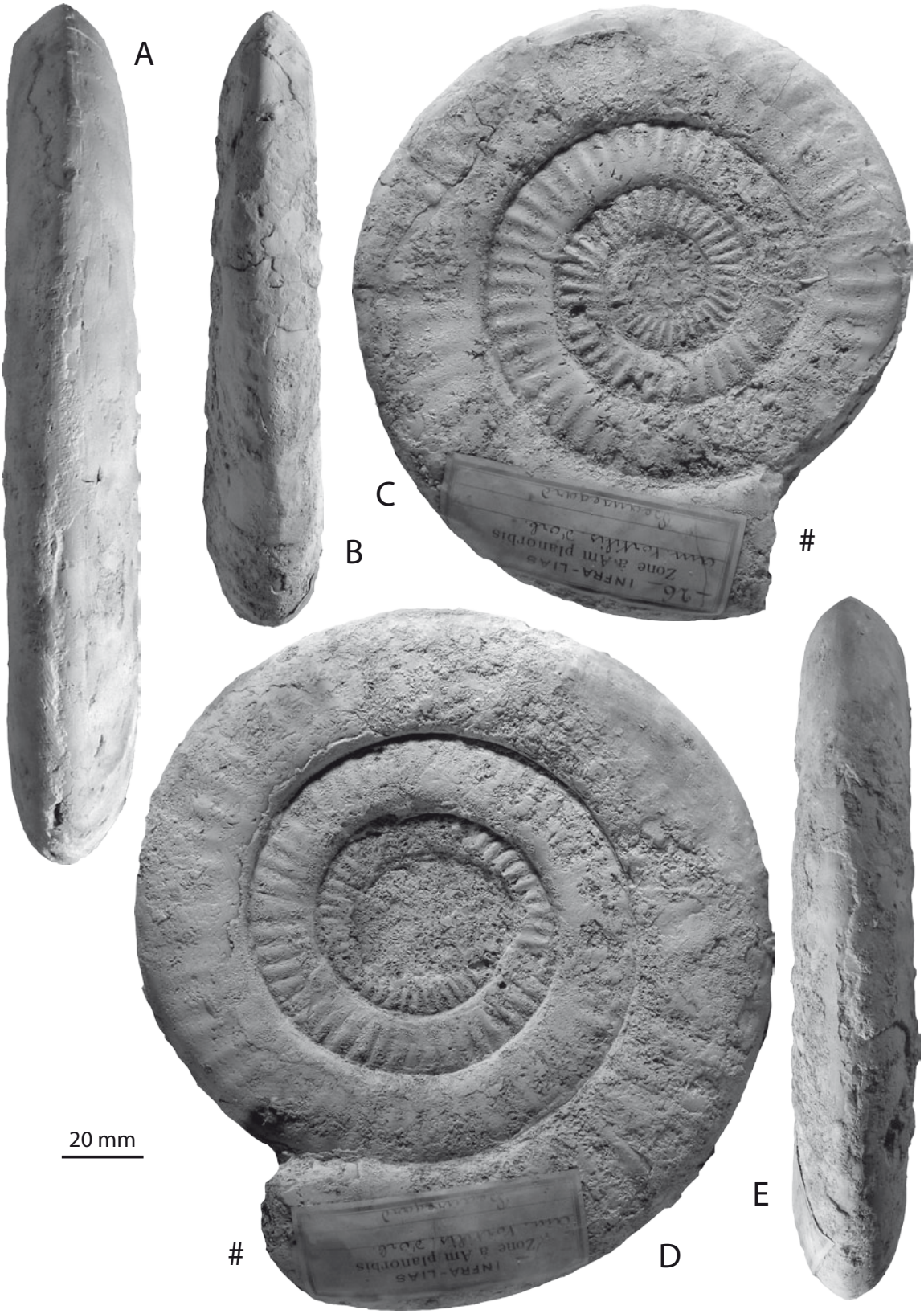


Fig. 14 : Ammonites provenant des assises ferrugineuses de la mine de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or). **A**. *Lepteocaloceras evrardii* n. sp., holotype (vue ventrale) (MMSA 03-03-24). Les vues latérale et orale sont données (Fig. 13 A-B). **B-C**. *Lepetocaloceras evrardii* nov. sp., paratype (MMSA 03-03-26). **D-E**. *Lepetocaloceras evrardii* nov. sp., paratype, vues latérale et ventrale (MMSA 03-03-25). La vue orale est donnée (Fig. 15 A). L'échelle est indiquée par une barre correspondant à 20 mm. Le symbole (#) indique un phragmocône incomplet. Les spécimens ont été blanchis au chlorure d'ammonium avant la prise de vue. Ils sont conservés dans la collection de géologie du Musée municipal de Semur-en-Auxois.

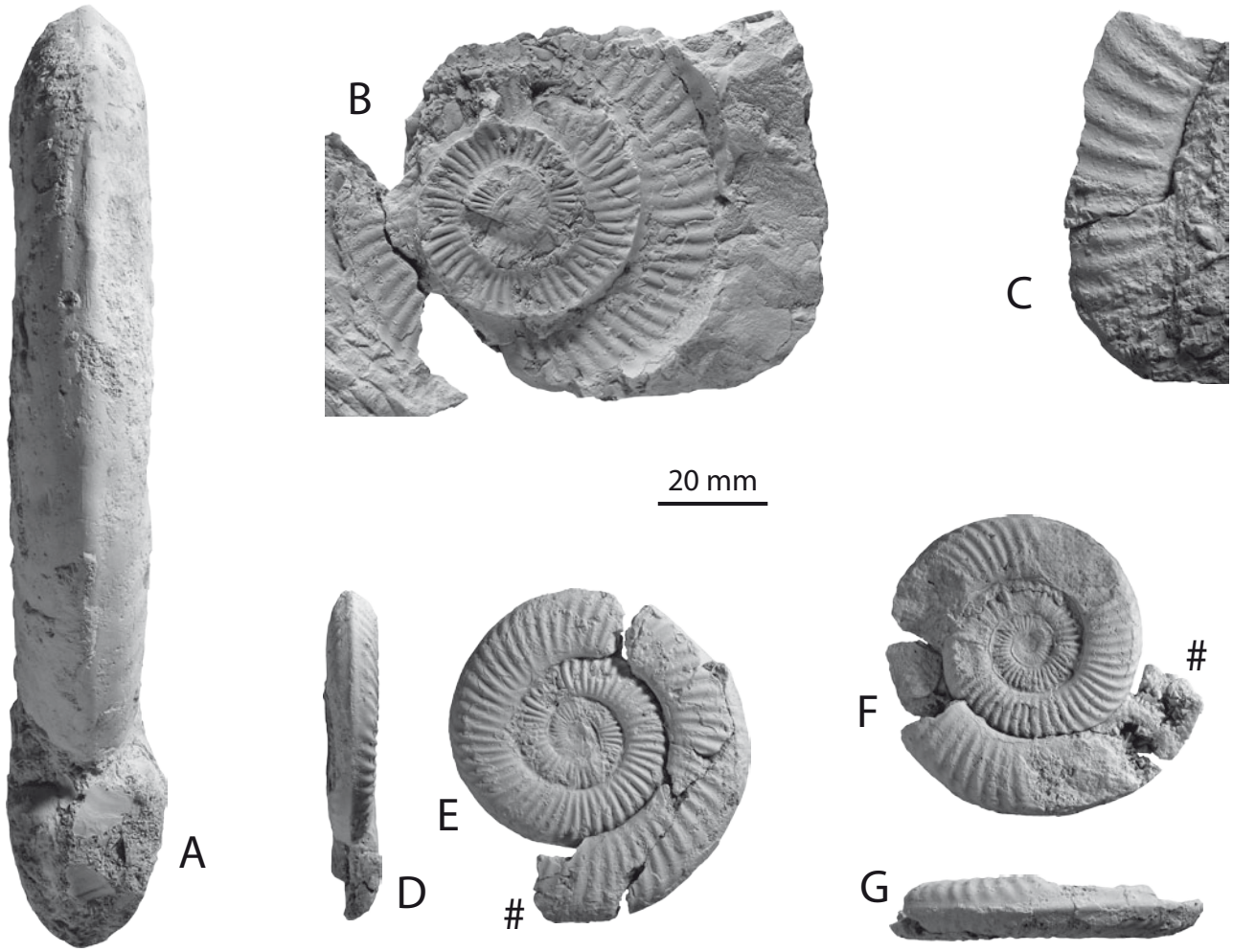


Fig. 15 : Ammonites provenant des assises ferrugineuses de la mine de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or). **A**. *Lepetocaloceras evrardii* nov. sp., paratype, vue orale (MMSA 03-03-25). Les vues latérale et ventrale sont données (Fig. 14 D-E). **B-G**. *Lepteocaloceras* ? *strictum* nov. sp., holotype (MNHN) (collection d'ORBIGNY n° 1443). **B**. Bloc de calcaire à oolites ferrugineuses avec empreinte des tours internes. **C**. Face opposée du même bloc montrant un fragment des tours externes. **D**. Vue orale. **E-F**. Vues latérales. **G**. Vue ventrale. L'échelle est indiquée par une barre correspondant à 20 mm. Le symbole (#) indique un phragmocône incomplet. Les spécimens ont été blanchis au chlorure d'ammonium avant la prise de vue. Ils sont conservés dans la collection de géologie du Musée municipal de Semur-en-Auxois.

densité de costulation particulièrement élevée (Fig. 9 C). La ligne de suture d'allure complexe est fortement découpée et incisée (Fig. 8 A-D). Les divisions secondaires des selles ne présentent pas d'aspect phylloïde et celles des lobes sont longuement effilées. Le lobe latéral est nettement plus profond que le lobe externe. Le lobe suspensif, en général très développé, présente de nombreuses subdivisions souvent assez profondes. Il est fortement rétracté avec des « angles du lobe suspensif » (**ALs**) souvent très aigus (Fig. 16). Ce lobe suspensif remarquablement développé est l'élément le plus frappant de la ligne de suture de la nouvelle espèce.

Remarques : Il existe dans la littérature d'assez nombreuses illustrations de Psiloceratoidea de l'Hettangien caractérisés, au moins à certains stades de la croissance, par des aires ventrales plus ou moins anguleuses, voire subtectiformes et/ou carénées. La section du tour de ces formes est fréquemment comprimée. Ces traits se retrouvent au moins en partie chez *Lepteocaloceras*, mais il s'agit de convergences, car la prise en compte de traits complémentaires permet toujours de caractériser et d'identifier sans ambiguïté le nouveau genre.

Parmi les ammonites hettangiennes qui présentent certaines ressemblances avec *Lepteocaloceras*, on peut citer, par exemple :

a) certains *Alsatites* à section particulièrement comprimée et à aire ventrale souvent anguleuse et/ou plus ou moins nettement carénée [e.g., *Alsatites proaries* (NEUMAYR, 1879), *A. seebachi* (NEUMAYR, 1879), *A. cycloides* (WAHNER, 1887)]. Pour ces formes, les tours internes franchement serpenticônes et l'ornementation très dense

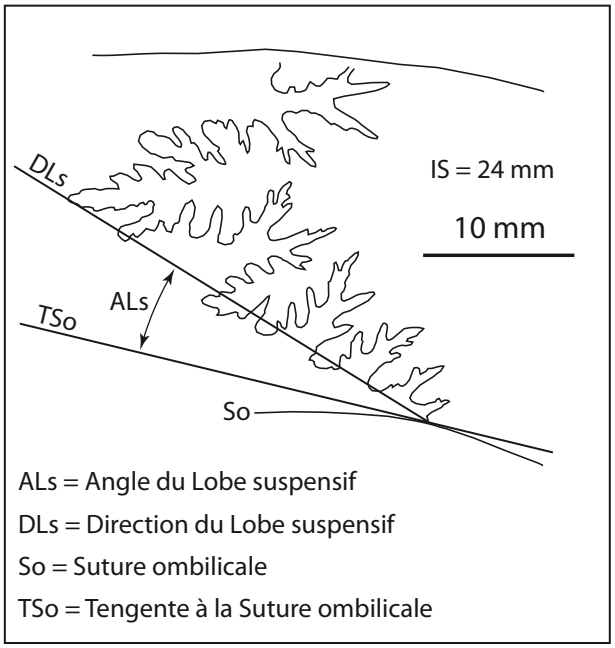


Fig. 16 : Schéma illustrant le concept d'angle du lobe suspensif (**ALs**), paramètre permettant de quantifier l'aspect rétracté de ce lobe. La ligne de suture est celle de l'holotype de *Lepteocaloceras evrardii* nov. sp., (MMSA 03-03-24).

formée de côtes crescentiques permettent d'éliminer toute confusion avec le nouveau genre.

b) La plupart des espèces regroupées au sein du genre *Gonioptychoceras* LANGE, 1941 dont l'espèce type du genre *G. gonioptycum* (WANHER, 1886) ou *G. viskupi* (RAKÚS, 1975) (RAKÚS, 1975, 1993). Il s'agit de formes morphologiquement originales caractérisées par des aires ventrales nettement tectiformes, mais l'essentiel de leur traits (e.g., mode d'enroulement de la coquille, style de la costulation) les désignent comme des Alsatinae proches du genre *Alsatites*. DONOVAN *et al*. (1981) considèrent même *Gonioptychoceras* comme synonyme d'*Alsatites*.

c) Les différentes espèces classiquement attribuées au genre *Pseudaetomoceras* dont l'espèce type du genre, *P. abnormilobatus* (WANHER, 1887) qui est très représentative. Ces ammonites, exclusivement téthysiennes, possèdent un habitus très marginal pour des formes hettangiennes avec des coquilles discoïdes relativement involutes, des sections de tour très comprimées, des aires ventrales étroitement ogivales d'allure pincée. Lorsque le test est conservé, au moins sous forme d'une réplique, le ventre porte une carène tranchante et souvent particulièrement haute. La costulation dense, mais bien marquée, est formée de côtes cintrées au tracé souvent presque crescentique. Les *Pseudaetomoceras* sont classiquement interprétés comme des formes très dérivées, mais probablement issues du genre *Alsatites* (e.g., GUEX, 1995). Leur ressemblance avec *Lepteocaloceras* s.l. est très superficielle. La plupart des caractères de *Pseudaetomoceras* sont discriminants, mais la présence de la carène tranchante suffit souvent à elle seule pour éliminer tout risque de confusion.

REYNES (1879) assimilait *Lepteocaloceras evrardii* n. gen., n. sp. à l'espèce de d'ORBIGNY *Caloceras* ? *tortilis*. À sa suite, EVRARD (1867), COLLENOT (1868, 1873) et MOUTERDE (1953) ne cite que l'espèce de d'ORBIGNY au sein des faunes de Beauregard. Il faut attendre DONOVAN (1955), GUÉRIN-FRANIATTE (1990) et GUÉRIN-FRANIATTE *et al*. (1994) pour que les deux taxons soient traités séparément avec d'une part, l'holotype de *C.* ? *tortilis* et d'autre part, tout ou partie, des spécimens attribués ici à *Lepteocaloceras evrardii*. DONOVAN (1955), GUÉRIN-FRANIATTE (1990) et GUÉRIN-FRANIATTE *et al*. (1994) les désignent sous le nom d'*Alsatites* cf. *anisophylloides* (LANGE, 1924) en faisant référence à l'espèce de LANGE (1924) *Stortoceras (Megastomoceras) anisophylloides*. Ce taxon, malheureusement défini sur la base d'un spécimen très incomplet, illustré par LANGE (1941, p. 117, pl. 5, fig. 3), est difficile à interpréter, mais il s'agit probablement d'un *Kammerkarites* (Schlotheimiidae) et donc d'une forme bien différente des ammonites de Beauregard. Sa coquille est, à diamètre comparable, sensiblement plus involute que celle de la nouvelle espèce et la section du tour, ogivale et régulièrement cintrée, ne présente d'après le dessin de LANGE (1941, text-fig. 90-93) aucune trace d'angulosité. De plus la ligne de suture n'est que superficiellement comparable à celle de *L. evrardii*. Le lobe suspensif rétracté du spécimen figuré par LANGE (1941, pl. 5, fig. 3) montre, par exemple, des divisions secondaires plus profondes, d'aspect effilé, mais moins nombreuses que celles observées chez *L. evrardii* (Fig. 8 A-D).

Âge et répartition : Comme les autres ammonites issues de la mine de Beauregard, *Lepteocaloceras evrardii* n. gen., n. sp. est un taxon difficile à situer dans le contexte spatio-temporel de l'Hettangien. L'espèce n'est connue avec certitude qu'à Beauregard, mais GUÉRIN-FRANIATTE (1990, p. 71) l'associe aussi, bien que sans illustration, aux mines de fer de Mazenay (Saône-et-Loire). Il est tentant, au moins à titre d'hypothèse de travail, d'interpréter *L. evrardii* comme une forme endémique et/ou éventuellement adaptée à un type d'environnement rare. Comme pour toutes les autres ammonites associées aux faciès ferrugineux de Beauregard, l'âge de *L. evrardii* est sans doute à placer dans une fourchette couvrant la partie supérieure de l'Hettangien inférieur et/ou l'Hettangien moyen (*pro parte* ?).

Lepteocaloceras aff. *evrardii* n. sp.
Fig. 17, 11 A, 7 L-M, Tabl. 5

1990. *Alsatites* cf. *anisophylloides* (LANGE).- GUÉRIN-FRANIATTE, p. 70-71, pl. 9, fig. 2.

Description : L'exemplaire n° MMSA 03-03-23 (Fig. 17, 11 A, 7 L-M) est une forme qui atteint une grande taille. Le diamètre de la coquille complète n'est pas connu,

mais il dépassait probablement 300 mm. Le diamètre du phragmocône peut être estimé à environ 230 mm. La coquille est de type subplatycône évolute avec un ombilic moyennement ouvert (Fig. 10) et des tours successifs assez peu recouvrant. Ces caractéristiques semblent relativement stables au cours de la croissance, mais ni les tours internes ni la fin de la loge d'habitation ne sont connus. La section du tour subovale à subogivale est franchement comprimée. Vers la fin du phragmocône et au début de la loge d'habitation, les flancs sont presque plats ou à peine bombés. À ces stades tardifs de la croissance ils convergent discrètement en direction de l'aire ventrale (Fig. 7 L-M). Aux plus petits diamètres (tours moyens), ils semblent presque parallèles (Fig. 17). L'aire ombilicale est assez fortement cintrée, mais elle est mal individualisée et se confond progressivement avec la base des flancs. La transition entre la partie supérieure des flancs et l'aire ventrale s'effectue très graduellement et seul l'effacement assez brusque du relief des côtes indique la position du rebord latéro-ventral. L'aire ventrale régulièrement arrondie ne porte aucune trace de carène, au moins sur le dernier tour visible.

L'ornementation, assez dense et relativement peu vigoureuse, est constituée de côtes simples, subradiales au tracé tendu. Ces côtes, qui n'affectent pas l'aire ombilicale, débutent vers la base des flancs et s'effacent au niveau du rebord latéro-ventral. La costulation, bien marquée dans les tours moyens, tend à s'affaiblir et devient confuse sur le dernier tour visible (Fig. 17).

La ligne de suture n'a pas pu être observée.

Remarques : Avec un diamètre estimé à environ 330 mm, cette ammonite est, de loin, le plus grand spécimen récolté à Beauregard. Elle n'est rapprochée qu'avec réserve de *Lepteocaloceras evrardii.* Elle se distingue de l'holotype et des paratypes de cette espèce par sa grande taille, mais surtout par l'absence de toute trace d'angulosité sur l'aire ventrale du dernier tour visible (fin du phragmocône et début de la loge d'habitation). Il s'agit peut-être d'une espèce nouvelle ou d'un morphotype macroconque. L'absence d'information sur la morphologie de l'aire ventrale des tours internes et moyens interdit pour l'instant de répondre à ces questions.

Âge et répartition : Comme pour *Lepteocaloceras evrardii*.

Lepteocaloceras ? *strictum* n. sp.
Fig. 15 B-G, 7 N-O, 8 G, 9 D, Tabl. 6

Étymologie : Du latin *strictus* = étroit, serré, ou dont certaines parties sont serrées ou rapprochées. Cette racine latine fait référence à la costulation rigide et remarquablement dense (serrée), notamment dans les tours internes de la nouvelle espèce.

Localité et strate type : Mines de fer de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or). D'après la gangue, provient d'un banc à faciès ferrugineux riche en oolites.

Holotype : L'holotype (MNHN, collection d'Orbigny n° 1443) (Fig. 15 B-G, 7 N-O, 8 G, 9 D) est le seul spécimen connu de la nouvelle espèce. Il correspond, pour l'essentiel, à un phragmocône incomplet d'environ 60 mm de diamètre en calcaire ferrugineux à bioclastes et oolithes ferrugineuses. Le test est partiellement conservé. Il est accompagné d'un bloc de gangue qui montre le moule externe des tours internes et moyens ainsi qu'une

Spécimen	D	R	O	**O/D**	H	**H/D**	E	**E/D**	**E/H**	N/2
MMSA 03-03-23/a	256,0	?	149,3	**58 %**	62,0	**24 %**	50,0	**20 %**	**0,81**	27
MMSA 03-03-23/b	228,0	?	121,9	**58 %**	54,0	**24 %**	42,0	**18 %**	**0,78**	28

Tableau 5 : Mesures prises sur le phragmocône et sur la loge d'habitation de *Lepteocaloceras* aff. *evrardii* n. sp., (n° MMSA 03-03-23) provenant des assises ferrugineuses de la mine de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or). Explication du tableau cf. Tabl. 1.

Spécimen	D	R	O	**O/D**	H	**H/D**	E	**E/D**	**E/H**	N/2
MNHN, 1443-1/a	60,6	33,7	31,6	**52 %**	15,8	**26 %**	?	**?**	**?**	27
MNHN, 1443-1/b	54,3	30,0	27,8	**51 %**	14,9	**27 %**	10,2	**19 %**	**0,68**	27
MNHN, 1443-1/c	38,4	21,5	18,4	**48 %**	11,2	**29 %**	7,8	**20 %**	**0,70**	24

Tableau 6 : Mesures prises sur le phragmocône de l'holotype de *Lepteocaloceras* ? *strictum* nov. sp., (MNHN, collection d'Orbigny n° 1443-1) provenant des assises ferrugineuses de la mine de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or). Explication du tableau cf. Tabl. 1.

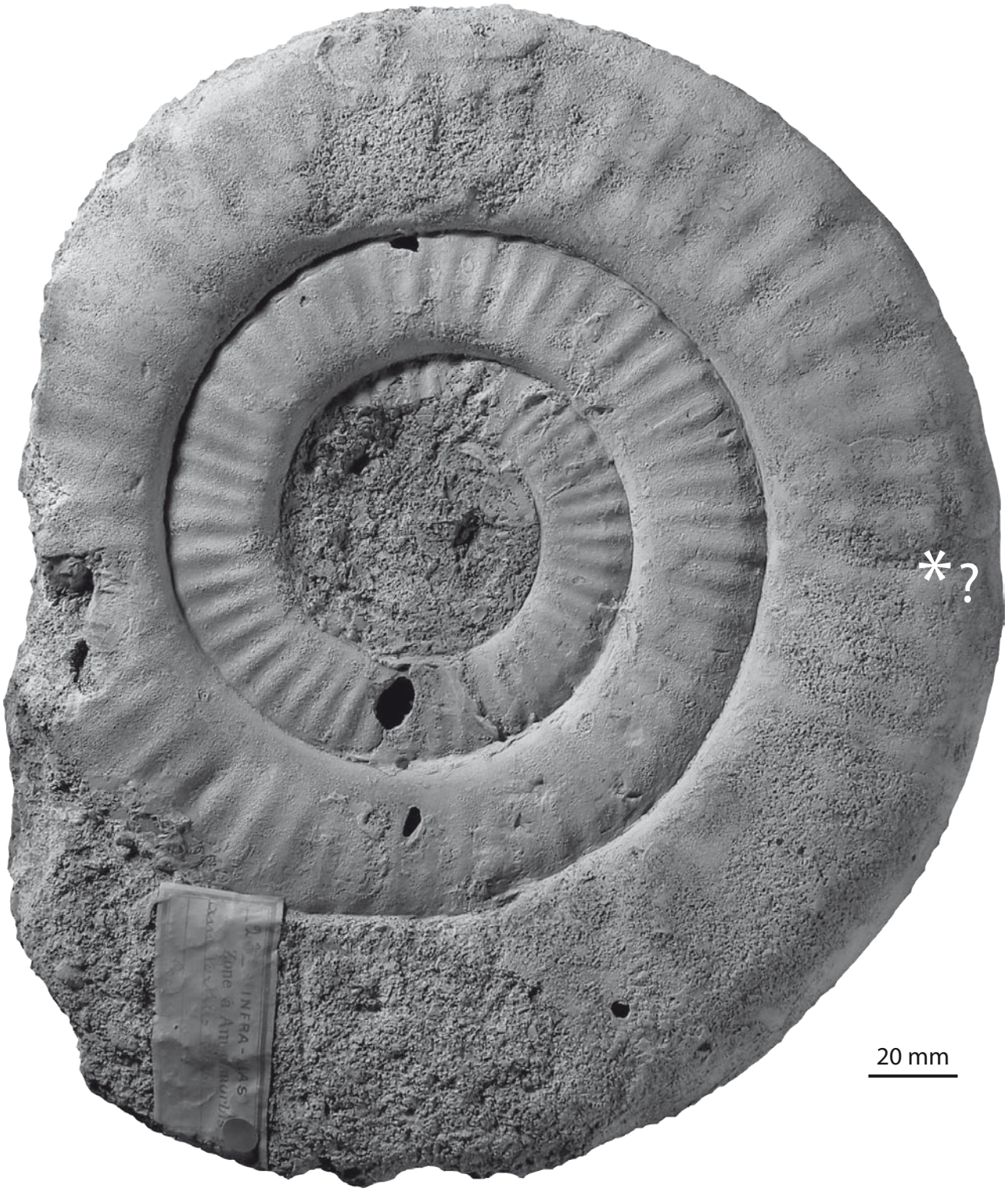


Fig. 17 : *Lepteocaloceras* aff. *evrardii* n. sp. (vue latérale) provenant des assises ferrugineuses de la mine de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or) (MMSA 03-03-23). La vue ventrale est donnée (Fig. 11 A). L'échelle est indiquée par une barre correspondant à 20 mm. Un astérisque (*) indique la fin probable du phragmocône. Le spécimen a été blanchi au chlorure d'ammonium avant la prise de vue. Il est conservé dans la collection de géologie du Musée municipal de Semur-en-Auxois.

partie d'un tour de plus grand diamètre qui correspond peut-être à une partie de la loge d'habitation.

Diagnose : Coquille platycône évolute. Section des tours franchement comprimée avec des flancs à peine bombés et subparallèles. Aire ventrale subtectiforme. Le ventre porte une carène mousse peu élevée, mais relativement bien individualisée, car bordée par de discrètes bandes lisses. Ces caractères sont bien visibles à la fois sur le moule interne et sur la réplique de la coquille. La costulation dense, voire très dense dans les tours internes, est formée de côtes, radiales à légèrement proverses, au tracé cintré bien affirmé. Les côtes s'effacent un peu avant d'atteindre la carène.

Description : Le nouveau taxon n'est pour l'instant connu que par son holotype (MNHN, collection d'ORBIGNY n° 1443) et la variabilité intraspécifique de l'espèce ne peut pas être précisée. La taille adulte de *Lepteocaloceras* ? *strictum* nov. sp. est difficile à évaluer, car l'élément essentiel de l'holotype est un phragmocône bien conservé, mais malheureusement incomplet (Fig. 15 D-G). Un fragment de tour de plus grande taille a pu être partiellement dégagé du bloc de gangue. Il est possible que cet élément (Fig. 15 C) corresponde à une partie de la loge d'habitation. Un diamètre autour de 100 mm serait alors une hypothèse plausible pour la coquille complète. La description donnée ici ne tient compte que des caractères des tours internes (phragmocône) de la nouvelle espèce. Les stades préadultes et adultes restent inconnus.

Lepteocaloceras ? *strictum* nov. sp. est, au moins dans les tours internes, une forme évolute caractérisée par un ombilic assez largement ouvert et un faible recouvrement des tours successifs. Le taux d'accroissement de la hauteur des tours est relativement élevé. La section des tours, subogivale, est franchement comprimée (Fig. 7 N-O). La transition entre l'aire ombilicale oblique et la base de flancs est progressive. À ce niveau le test est cintré, mais il n'y a pas d'épaulement ombilical clairement différencié. Les flancs subparallèles ou à peine convergents sont assez élevés et faiblement bombés. Le passage à l'aire ventrale est marqué par une discrète et brusque augmentation de la courbure du test qui ne forme pas un véritable épaulement, mais qui correspond également à un point d'accentuation de la courbure des côtes. L'aire ventrale d'allure un peu tectiforme porte une carène mousse et peu saillante, assez bien individualisée et bordée par deux discrètes bandes lisses. Le profil nettement arrondie de la carène s'observe aussi bien sur le moule interne que sur les zones où des lambeaux du test sont préservés sous forme de réplique (e.g., Fig. 15 G).

L'ornementation est constituée d'une costulation à la fois dense et vigoureuse. Les côtes simples, subradiales à légèrement proverses, ont un profil d'allure presque pincée qui les rend très visibles et souligne leur tracé discrètement cintré. Les côtes à peine perceptibles sur l'aire ombilicale se renforcent rapidement dès la base des flancs. Elles atteignent, sans affaiblissement notable, le rebord latéro-ventral en suivant un tracé légèrement concave vers l'avant. Au-delà de ce point et en passant sur l'aire ventrale, la projection des côtes s'accentue, mais leur relief s'affaiblit progressivement. Les côtes disparaissent avant d'atteindre la carène qui peut alors paraître bordée de deux étroites bandes lisses (e.g., Fig. 15 G).

La ligne de suture est très mal conservée, mais une partie du tracé a néanmoins pu être observé (Fig. 8 G). L'aspect cunéiforme du lobe latéral et le lobe suspensif bien développé et fortement rétracté méritent d'être soulignés.

Remarques : *Lepteocaloceras* ? *strictum* nov. sp. n'est malheureusement connu que par un seul phragmocône, sans doute assez incomplet, et il est difficile d'évaluer la part de l'ontogenèse réellement représentée par cet exemplaire. Malgré l'absence d'information sur les tours externes ce spécimen est finement préservé. Ses caractères sont suffisamment originaux pour qu'il puisse être désigné de façon convaincante comme l'holotype d'une nouvelle espèce. À des diamètres comparables, ses particularités morphologiques sont même suffisamment importantes pour qu'il soit impossible de l'attribuer sans réserve à un genre précis. Si l'on se réfère au contexte très particulier de la faune de Beauregard, la seule forme comparable est *Lepteocaloceras evrardii* dont le mode d'enroulement de la coquille et la forme de la section des tours présentent des affinités avec ceux de *L.* ? *strictum*. Ce sont ces similitudes qui permettent de rapprocher avec réserves *L.* ? *strictum* du nouveau genre *Lepteocaloceras*, mais la costulation très dense et la présence d'une carène vraiment individualisée sépare sans ambiguïté *L.* ? *strictum* de *L. evrardii*, espèce type du genre *Lepteocaloceras*. À titre d'hypothèse de travail, *L.* ? *strictum* peut être interprété comme un taxon dérivé à partir du groupe de *L. evrardii*.

Considéré dans le contexte plus général des faunes d'ammonites NW européennes et téthysiennes de l'Hettangien inférieur et moyen, *L.* ? *strictum* ne peut être comparé qu'avec les taxons classiquement regroupées au sein du genre *Pseudaetomoceras* et notamment avec l'espèce type du genre, *P. abnormilobatus* (WAHNER, 1886). Ces formes, strictement téthysiennes, possèdent des sections de tours franchement comprimées, présentent une costulation dense, mais bien marquée, formée de côtes cintrées et elles portent une carène bien individualisée. L'ensemble de ces caractères rappelle, au moins superficiellement, *L.* ? *strictum*, mais une observation plus critique montre que les *Pseudaetomoceras* se distinguent notamment de l'ammonite de Beauregard par des taux d'accroissement de la hauteur des tours sensiblement plus élevés, par des côtes au tracé en général plus cintré, par une aire ventrale ogivale pincée et non subtectiforme ainsi que par une carène nettement plus haute, d'aspect en général étonnamment tranchant. De plus, la ligne de suture de *L.* ? *strictum* paraît beaucoup moins intensément découpée que celles des *Pseudaetomoceras*. La res-

semblance entre les *Pseudaetomoceras* et *L.* ? *strictum* n'est donc probablement que l'expression d'une convergence.

Âge et répartition : *Lepteocaloceras* ? *strictum* nov. sp. est, comme d'ailleurs toutes les autres ammonites de Beauregard, une forme dont l'âge se situe probablement au cours d'un intervalle de temps couvrant la partie supérieure de l'Hettangien inférieur et la partie inférieure de l'Hettangien moyen. Toutefois, l'habitus très dérivé de la nouvelle espèce suggère plutôt l'Hettangien moyen. En termes paléobiogéographiques, *L.* ? *strictum* n'est pour l'instant connu qu'à Beauregard et comme *L. evrardii*, il s'agit peut-être d'une forme endémique et/ou éventuellement adaptée à un type d'environnement rare.

DISCUSSION

Stratigraphie

La faune d'ammonites associée aux minerais de fer hettangiens de la mine de Beauregard (Thoste, Côte-d'Or) reste un problème biostratigraphique encore largement ouvert. L'assemblage faunique de Beauregard est en effet uniquement constitué d'espèces et de formes affines sans équivalents, ou taxons proches, connus au sein des successions fossilifères NW européennes et téthysiennes (e.g., DEAN *et al.*, 1961 ; ELMI & MOUTERDE, 1965 ; MOUTERDE & CORNA, 1997 ; PAGE, 2003). De plus, les niveaux fossilifères ferrugineux de Beauregard ne sont pas encadrés par des assises clairement datées. Les ammonites manquent totalement dans les niveaux qui précèdent les assises ferrugineuses et elles sont aussi absentes dans les bancs sus-jacents qui, sur environ 80 cm d'épaisseur, séparent les derniers niveaux plus ou moins ferrugineux de la base des « Calcaires à gryphées » sinémuriens. D'après MOUTERDE (1953), les premiers bancs attribuables avec certitude au Sinémurien livrent des *Coroniceras* qui indiquent la chronozone à Bucklandi et plus précisément la sous-chronozone à Rotiforme (Fig. 5). Le Sinémurien basal (sous-chronozone à Conybeari) n'est donc pas documenté à Beauregard. L'âge des faunes hettangiennes de Beauregard ne peut être abordé qu'en faisant appel à des approches indirectes de type « grade-datation » ou faisant appel à des similitudes lithologiques. Dans un cas comme dans l'autre, les spécificités fauniques (absences de lignées évolutives clairement établies) et sédimentologiques (absence de séries intermédiaires à l'échelle régionale) sont trop importantes pour que les approches de ce type soient vraiment pertinentes. Seules des hypothèses peu précises et difficiles à tester peuvent être émises. DONOVAN (1955) propose la chronozone à Laqueus et donc la partie supérieure de l'hettangien moyen pour les formes attribuées ici à *Caloceras* ? *tortilis* et *Lepteocaloceras evrardii*. En tenant compte des synonymies, GUÉRIN-FRANIATTE (1990) reprend cette hypothèse pour cette dernière espèce, mais admet, ou tout au moins n'exclue pas, des âges plus anciens (e.g., sous-chronozone à Jonhstoni) pour les groupes de *C.* ? *tortilis* et *C.* ? *beuregardiense*. D'après les propositions de ces auteurs la faune associée aux faciès ferrugineux de Beauregard pourrait donc s'inscrire dans une période couvrant la partie supérieure de l'Hettangien inférieur et l'Hettangien moyen. Pour MOUTERDE (1953, p. 225), cette fourchette serait encore plus large puisqu'elle débuterait dans la partie terminale de Hettangien inférieur et se poursuivrait — en se basant sur la possible présence d'une *Schlotheimia* du groupe d'*angulata* — jusque dans l'Hettangien supérieur. En fait et si l'on exclut ce spécimen malheureusement perdu, la fourchette la plus probable pour les faunes de Beauregard se situe à cheval sur l'Hettangien inférieur et moyen. Elle couvre les sous-chronozones à Jonhstoni et à Portlocki. C'est cet intervalle qui est retenu ici comme hypothèse de travail.

Paléobiogéographie et paléoécologie

La faune d'ammonites associée au facies ferrugineux de la mine de Beauregard présente plusieurs particularités qui, considérées dans leur ensemble, conduisent à suspecter un contexte paléoécologique original :

1) les ammonites — neuf spécimens pour six catégories taxonomiques distinctes, quatre espèces et deux formes affines — sont, par comparaison à l'abondance des taxons benthiques, des fossiles rares (voire très rares) à Beauregard (Fig. 3). Seul *Lepteocaloceras evrardii* nov. sp., avec quatre spécimens, est relativement bien représenté dans les collections.

2) les espèces et formes affines provenant de Beauregard sont toutes dépourvues d'affinités claires avec les ammonites hettangiennes d'âges comparables (Sous-chronozone à Johnstoni et/ou sous-chronozone à Portocki) connues tant en Europe du NW que dans la Téthys méditerranéenne.

3) Les caractéristiques sédimentologiques des faciès ferrugineux de Beauregard, riches en oolithes et bioclastes, suggèrent la proximité d'environnements de forte énergie hydrodynamique en principe peu favorable aux ammonites. Les rares dépôts ferrugineux encore visibles sur le terrain montrent des figures de tempêtes souvent très nettes.

Au premier abord, ces caractéristiques font penser à un assemblage faunique constitué de quelques formes rares adaptées à un type d'environnement marginal, localisé et/ou rarement préservé dans les séries sédimentaires. Bien que séduisante, cette hypothèse d'isolement écologique reste spéculative, car les contraintes stratigraphiques sont insuffisantes. Rien n'indique en effet que les différentes formes de Beauregard aient exactement le même âge, qu'elles constituent un véritable assemblage faunique et surtout qu'elles soient rigoureusement contemporaines de faunes plus classiques connues ailleurs. Il faut notamment souligner que dans les mines de la bordure orientale du Morvan (e.g., Nolay, Mazenay), les facies à oolithes ferrugineuses proches de ceux de Beauregard n'ont livré, pour la période considérée, que des faunes d'ammonites relativement classiques pour le NW de

l'Europe, avec notamment des espèces plutôt communes affiliées aux genres *Caloceras* et des *Kammerkarites*.
Une autre possibilité serait d'envisager que des conditions particulières de dépôts aient permis l'enregistrement à Beauregard d'une période habituellement manquante dans les séries sédimentaires régionales.
Ces deux hypothèses, l'une plutôt écologique et l'autre surtout stratigraphique, ne sont d'ailleurs pas incompatibles entre elles. En effet, rien n'exclut que la faune originale de Beauregard corresponde à la fois à un environnement particulier et à un épisode exceptionnellement conservés.

Évolution et phylogénie

Au niveau spécifique et en tenant compte des propositions taxonomiques de la présente révision, la faune de Beauregard (en tout neuf spécimens) comprend quatre espèces (*Caloceras* ? *tortilis*, *C.* ? *beauregardiense*, *Lepteocaloceras evrardii*, *L.* ? *strictum*). Les deux dernières sont nouvelles et *L. evrardii* est désignée comme espèce type du nouveau genre *Lepteocaloceras*. À ces taxons s'ajoutent deux formes originales laissées en nomenclature ouverte, mais rapprochées avec réserves l'une de *C.* ? *tortilis* et l'autre de *L. evrardii*. Aux ammonites provenant des facies ferrugineux de Beauregard et actuellement conservés en collection correspondent quatre holotypes et trois paratypes. Ce constat témoigne de façon éloquente de l'« exception taxonomique » que représentent les faunes d'ammonites de Beauregard.
Donovan (1952, 1955) et Guérin-Franiatte (1990) ont, au moins indirectement, souligné la difficulté d'interprétation des relations de parenté de ces ammonites. Ils ont attribué ces formes originales à des genres classiques de l'Hettangien, *Caloceras* et *Alsatites*, mais ils ont chaque fois précisé qu'il s'agit de représentants marginaux et/ou de formes intermédiaires. Donovan (1952) puis Guérin-Franiatte (1990) insistent sur le fait que *Caloceras* ? *tortilis* possède une mosaïque complexe de caractères avec a) des traits de *Caloceras* (e.g., coquilles franchement serpenticônes, costulation latérale simple, assez grossière), b) des caractères proches de ceux d'*Alsatites* ou de *Kammerkarites* (e.g., ligne de suture complexe, intensément découpée avec notamment un lobe suspensif longuement rétracté) et c) des caractéristiques difficiles à rapprocher d'autres taxons (e.g., aire ventrale anguleuse d'aspect confusément tectiforme). Pour les formes attribuées ici à *L. evrardii*, Guérin-Franiatte (1990, p. 71) insiste sur le mode d'enroulement assez involute de la coquille et sur l'absence de carène qui rendent problématique leur attribution au genre *Alsatites*.
Ainsi, Donovan (1952, 1955) puis Guérin-Franiatte (1990) ont cherché à faire entrer, grâce à des biais taxonomiques, les formes originales de Beauregard dans le cadre systématique classiquement admis dans la littérature. Cette position ne résiste pas à la révision de l'ensemble de la faune qui suggère plutôt l'existence de lignées évolutives mineures (e.g., *Lepteocaloceras*), mais indépendantes des principaux genres (e.g., *Caloceras*, *Alsatites*). Ces clades mineurs sont impossibles à intégrer, sans remettre en cause leur cohérence et leur originalité évolutive, au sein de genres majeurs. Ces derniers ne devraient désigner que les principales lignées évolutives de l'Hettangien.
Dans la présente révision, aucune des ammonites de Beauregard n'est attribuée sans réserves (formellement exprimées), à un genre classique de la littérature (e.g., Arkell *et al*., 1957 ; Donovan *et al*., 1981). Un nouveau genre (i.e., *Lepteocaloceras*) est créé. Il permet de désigner les deux formes, à section comprimée et aire ventrale plus ou moins anguleuse, qui possèdent les caractères les plus dérivés de la faune : *L. evrardii* nov. sp. et *L.* ? *strictum* nov. sp. De plus, il est possible d'envisager que *Caloceras* ? *tortilis*, forme à aire ventrale assez nettement anguleuse, appartienne au même clade que ces deux espèces nouvelles. En cas de confirmation de cette hypothèse, il conviendrait alors de rattacher l'espèce de d'Orbigny (1844) au genre *Lepteocaloceras*.
Les cas de *Caloceras* ? *beauregardiense* doit être traité à part. Cette ammonite à tour massif et costulation grossière exprime une tendance évolutive originale qui la distingue clairement tant de *Caloceras* s.s. que du groupe constitué par les formes à aires ventrales pincées et sections du tour relativement comprimées (i.e., *C.* ? *tortilis, L. evrardii* et *L.* ? *strictum*).
Bien qu'il présente certains traits (e.g., lignes de sutures complexe avec lobe suspensif très rétracté) que l'on retrouve aussi plus ou moins clairement exprimé chez les Alsatinae (e.g., *Alsatites*) ou chez les Schlotheimiidae (e.g., *Kammerkarites*) de l'Hettangien moyen, le genre *Lepteocaloceras* est placé ici (au niveau familial) au sein des Psiloceratidae Hyatt, 1867. Cette position taxonomique n'est pas véritablement satisfaisante, car elle ne tient pas compte du caractère nettement « dérivé » des *Lepteocaloceras*, mais elle est acceptable, car elle est relativement neutre en termes de relation de parenté. Elle ne présage en tout cas pas d'affinités non démontrées avec les Alsatinae (et donc implicitement avec les Arietitidae) ou avec les Schlotheimiidae. L'hypothèse privilégiée ici pour le genre *Leptecaloceras* est celle d'une lignée (ou plutôt d'un clade) mal connue et sans doute d'importance mineure, mais engagée indépendamment des Alsatinae et des Schlotheimiidae dans une voie évolutive singulière à partir d'une souche restant à définir au sein de Psiloceratidae.

CONCLUSION

La révision de l'ensemble des ammonites provenant des faciès ferrugineux de la mine de Beauregard, conduit à reconsidérer globalement la signification de cette faune étonnement diversifiée (compte tenu du faible nombre de spécimens connus) et à souligner son originalité dans les domaines de la stratigraphie, de la paléoécologie, de

la paléobiogéographie et de la taxonomie. Cette faune, sans équivalent connu dans les séries fossilifères d'âge comparable (Hettangien inférieur à moyen) du NW de l'Europe et de la Téhtys méditerranéenne, reste en partie énigmatique. Son étude soulève probablement autant de questions qu'elle n'en résout. Dans tous les cas, elle pose indirectement le problème de l'incomplétude du registre fossile et offre une excellente illustration de l'importance des anciennes collections paléontologiques pour la connaissance de la paléobiodiversité.

REMERCIEMENTS

Ce travail est une contribution de l'équipe BioME « Biodiversité, Macroécologie, Evolution » de l'UMR 6282, « Biogéosciences » (CNRS/uB). Je tiens particulièrement à remercier Alexandra BOUILLOT et toute l'équipe du Musée municipal de Semur-en-Auxois pour leur accueil chaleureux, Abel PRIEUR qui m'a amicalement guidé au sein des collections de l'École Nationale Supérieure des Mines conservées à l'Université Claude Bernard (Lyon 1) ainsi que Didier MERLE et Daniel RAYNAUD qui m'ont ouvert les portes de la collection d'ORBIGNY au Muséum national d'Histoire naturelle.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARKELL, W. J., B. KUMMEL & C.W. WRIGHT (1957) - Mesozoic Ammonoidea. *In* : MOORE, R.C. (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, (L) Mollusca 4 ; Cephalopoda, Ammonoidea*. Geological Society of America & The University of Kansas Press, Boulder : 80-465.

BUCKMAN, S.S. (1909-1930) - *Yorkshire Type Ammonites* (2 volumes), Welsey and Son, London : 185 p., 163 pl. ; followed by *Type Ammonites* (5 volumes), Wheldon and Welsey, London : 358 p., 883 pl.

CAILLERE, S., F. KRAUT, O. HORON, A. LEFAVRAIS-RAYMOND & J. ROUIRE (1968) - *Carte géologique France (1/50 000), feuille Quarré-les-Tombes (467)* - Bureau de recherches géologiques et minières, Orléans. Notice explicative par CAILLERE, S., F. KRAUT, O. HORON, A. LEFAVRAIS-RAYMOND, J. ROUIRE : 8 p.

CALLOMON, J.H. & E. GĂRDINARU (2005) - From the thesaurus of the museum collections. I. Liassic ammonites from Munteanea (Sviniţa zone, southern Carpathian, Romania). *Acta Palaeontologica Romaniae*, 5 : 49-65.

CAYEUX, L. (1922) - *Les minerais de Fer oolitique de France. Fascicule II, Minerais de Fer secondaires*. Imprimerie nationale, Paris : 1051 p.

CAYEUX, L. (1931) - *Introduction à l'étude pétrographique des roches sédimentaires*. 2 volumes, Paris : Imprimerie nationale. Paris : 524 p.

CHRISTOL, J. de (1841) - Note sur un nouveau genre de coquille fossile, *Sinemuria*. *Bulletin de la Société géologique de France* (première série), 12 : 91-93.

COLLENOT, J.-J. (1868) - Description géologique de l'Auxois. Orographie, pétrographie, stratigraphie, paléontologie, géogénie, constitution du sol au point de vue agricole et industriel, Nature des eaux. Deuxième partie (suite). *Bulletin de la Société des Sciences historiques et naturelles de Semur (Côte-d'Or)*, 5e année - 1868 : 57-204.

COLLENOT, J.-J. (1873) - *Description géologique de l'Auxois*. Verdot, Semur-en Auxois : 660 p.

COLLENOT, J.-J. (1879) - Description sommaire des terrains sédimentaires de l'Auxois. *Bulletin de la Société géologique de France* (Série 3) 7 : 781-804.

COLLENOT, J.-J. et coll. (1879) - Catalogue de la collection géologique du Musée de Semur (Côte d'Or). Première, deuxième et troisième partie (début). *Bulletin de la Société des Sciences historiques et naturelles de Semur (Côte-d'Or)*, 16e année - 1879, 65-128.

COLLENOT, J.-J. et coll. (1880) - *Catalogue de la collection géologique du Musée de Semur (Côte d'Or)*. Lenoir, Semur-en-Auxois : 309 p.

CORNA, M. & R. MOUTERDE (1989) - Données nouvelles sur l'Hettangien des environs de Liernais (Côte-d'Or). *Bulletin scientifique de Bourgogne*, 42 : 67-75.

DEAN, W.T., D.T. DONOVAN & M.K. HOWARTH (1961) - The Liassic ammonite zones and subzones of the northwest European province. *Bulletin of the British Museum (Natural History)*, Geology Series, 4 : 438-505.

DOMERGUE, C. & M. LEROY (2000) - L'état de la recherche sur les mines et les métallurgies en Gaule, de l'époque gauloise au haut Moyen Âge. *Gallia* 57 : 3-10.

DONOVAN, D.T. (1952) - The ammonites of the Blue Lias of the Bristol district. Part I. Psiloceratidae and Schlotheimidae. *The Annals and Magazine of Natural History*, 12 : 629-655.

DONOVAN, D.T. (1955) - Révision des espèces décrites dans la « monographie des ammonites » (Lias inférieur) de P. REYNÈS. *Mémoires de la Société géologique de France (Nouvelle série)*, 73 : 45 p.

DONOVAN, D.T., J.H. CALLOMON & M.K. HOWARTH (1981) - Classification of the Jurassic Ammonitina. *In* : HOUSE, M.R. & J.R. SENIOR (eds), *The Ammonoidea. The evolution, classification, mode of life and geological usefulness of a major fossil group*. Academic Press, London : 101-155.

ELMI, S. & R. MOUTERDE (1965) - Le Lias inférieur et moyen entre Aubenas et Privas (Ardèche). *Travaux des Laboratoires de Géologie de la Faculté des Sciences de Lyon*, Nouvelle Série, 12 : 143-246.

EVRARD, A. (1867) - Le plateau de Thostes et ses mines de fer. *Revue universelle des Mines, de la Métallurgie, des Travaux publics, des Sciences et des Arts appliqués à l'industrie*, 22 : 1-49.

FISCHER, J.-C. (2002) - La Paléontologie française d'Alcide d'Orbigny. *In* : FISCHER, J.-C. (ed.), *Alcide d'Orbigny du nouveau monde au passé du monde*. Nathan et Muséum national d'Histoire naturelle, Paris : 101-105.

GUEX, J. (1987) - Sur la phylogenèse des ammonites du Lias inférieur. *Bulletin de Géologie Lausanne*, 292 : 455-469.

GUEX, J. (1995) - Ammonites hettangiennes de la Gabbs Valley Range (Nevada, USA). *Mémoires de Géologie Lausanne*, 27 : 131 p.

GUÉRIN-FRANIATTE, S. (1990) - Ammonites du Lias inférieur de France (II) : Psiloceratidae, Schlotheimiidae et premier Arietitidae. *Mémoire du Centre d'étude et de recherches géologiques et hydrologiques (C.E.R.G.A., Montpellier)*, 29 : 1-207.

GUÉRIN-FRANIATTE, S., R. MOUTERDE & H. GAUTHIER (1994) - *Caloceras tortile* (ORBIGNY, 1844). *In* : FISCHER, J.-C. et

collaborateurs (eds), *Révision critique de la Paléontologie française d'Alcide d'Orbigny*. Masson et Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris : 51.

GUEUX, J.-M. (1872) - Les anciennes forges de l'arrondissement de Semur. *Bulletin de la Société des Sciences historiques et naturelles de Semur* (Côte-d'Or). 9e année 1872 : 148-156.

HOFFMANN, R. (2010) - New insights on the phylogeny of the Lytoceratoidea (Ammonitina) from the septal lobe and its functional interpretation. *Revue de Paléobiologie*, 29 (1) : 1-156.

HORON, O., S. CAILLERE, F. KRAUT (1968) - *Carte géologique France (1/50 000), feuille Semur-en-Auxois (468)* - Bureau de recherches géologiques et minières, Orléans. Notice explicative par HORON, O., S. CAILLERE, F. KRAUT (1968), 11 p.

HYATT, A. (1889) - Genesis of the Arietitidae. *Memoirs of the Museum of Comparative zoology at Harvard College*, 16 : 238 p.

LANGE, W. (1924) - Über die Psilonotenstufe und die Ammonitenfauna des unteresten Lias Norddeutschlands. *Jahrbuch Preussischen Geologischen Landesanstalt*, 44 : 177-207.

LANGE, W. (1941) - Die Ammonitenfauna der Psiloceras-Stufe Norddeutschlands. *Palaeontographica*, A, 93 : 1-216.

MARTIN J. (1859) - Notice paléontologique et stratigraphique établissant une concordance inobservée jusqu'ici entre l'animalisation du Lias inférieur de la Côte d'Or et de l'Yonne et celle des grès d'Hettange et de Luxembourg. Congrès scientifique de France à Auxerre, 25e session, 1 : 343-392.

MARTIN, J. (1863) - Paléontologie stratigraphique de l'Infralias du département de la Côte-d'Or. *Mémoires de la Société géologique de France* - série 2, 7 (1) : 101 p.

MONIN, A. (1999) - *Les hauts fourneaux et forges de Maisonneuve, suivi de, Les mines de Fer de Thostes et Beauregard*. Éditions de l'Armançon, Précy-sous-Thil : 109 p.

MOUTERDE, R. (1953) - Études sur le Lias et le Bajocien des bordures Nord et Nord-Est du Massif central français. *Bulletin du Service de la Carte géologique de France*, 50 (=1952) (236) : 521 p.

MOUTERDE, R. & M. CORNA (1997) - Hettangien. *In* : CARIOU, E. & P. HANTZPERGUE (eds), Biostratigraphie du Jurassique ouest-européen et méditerranéen : zonations parallèles et distribution des invertébrés et microfossiles. *Bulletin des Centres de Recherche Elf Exploration et Production (Mémoire)*, 17 : 15-23.

MOUTERDE, R., R. LEFAVRAIS-RAYMOND, S. ELMI, M. RIOULT & H. TINTANT (1980) - Hettangien. *In* : ENAY, R., C. MANGOLD, E. CARIOU, D. CONTINI, S. DEBRAND-PASSARD, P. DONZE, J. GABILLY, A. LEFAVRAIS-RAYMOND, R. MOUTERDE & J. THIERRY (eds), Synthèse paléogéographique du Jurassique français. *Documents des Laboratoires de Géologie Lyon*, H.S. 5 : 12-15.

MOUTERDE, R. & H. TINTANT (1980a) - Hettangien (*in* 2. Stratigraphie). *In* : MÉGNIN, C. & F. MÉGNIN (eds), Synthèse géologique du Bassin de Paris. *Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)*, 101 : 79-80.

MOUTERDE, R. & H. TINTANT (1980b) - Bourgogne (*in* 3. Descriptions régionales). *In* : MÉGNIN, C. & F. MÉGNIN (eds), Synthèse géologique du Bassin de Paris. *Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)*, 101 : 95-99.

OLORIZ, F., P. PALMQVIST & J. A. PÉREZ-CLAROS (2002) - Morphostructural constraints and phylogeneitic overprint on sutural frilling in Late Jurassic ammonites. *Lethaia*, 35 : 158-168.

OPPEL, A. (1856) - Die Juraformation Englands, Frankreichs und südwestlichen Deutschlands, nach ihren einzelnen Gliedern eingetheilt und verglichen. *Württemberg Naturwissenschaft Jahreshefte*, 12-14 : 857 p.

ORBIGNY A. d' (1844) - *Paléontologie française. Description zoologique et géologique de tous les Animaux mollusques et rayonnés fossiles de France : Terrains jurassiques, I. Céphalopodes*. Livres 17-27. Masson, Paris : 193-312.

ORBIGNY, A. d' (1849) - *Cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphiques*. Tome 1. Masson, Paris : 299 p.

ORBIGNY, A. d' (1850) - *Prodrome de paléontologie stratigraphique universelle des mollusques et rayonnés faisant suite au cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphique*. Volume 1. Masson, Paris : 394 p.

ORBIGNY, A. d' (1851-1860) - *Paléontologie française. Description zoologique et géologique de tous les Animaux mollusques et rayonnés fossiles de France : Terrains jurassiques, II. Gastéropodes*. Masson, Paris : 621 p. (Publication inachevée).

ORBIGNY, A. d' (1852) - Cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphiques. Masson, Paris, tome 2, fascicule 2 : 383-847.

PAGE, K. (2003) - The Lower Jurassic of Europe : its subdivision and correlation. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin*, 1 : 23-59.

RAKÚS, M. (1975) - Hettangian ammonites from the Strážovská horatina Mts. (West Slovakia). *Západné Karpaty*, séria paleontológia, 1 : 7-24.

RAKÚS, M. (1993) - Lias ammonites of the West Carpathians. Part one : Hettangian. *Západné Karpaty*, séria paleontológia, 17 : 7-40.

RÉPELIN, J. (1900) - *Catalogue méthodique détaillé de la collection paléontologique de Philippe Matheron, correspondant de l'Institut (Académie des Sciences).* Imprimerie Saint-Léon, Marseille : 147 p.

REYNÈS, P. (1879) - *Monographie des Ammonites, Première partie, Lias*. Baillière & fils, Marseille et Paris : 72 p. (inachevé).

RICHARD, E. (1840) - Note sur les roches et fossiles des environs de Thoste, près de Semur en Auxois (Côte d'Or). *Bulletin de la Société géologique de France* (première série), 11 : 267-269.

ROZET, M. (1840) - Mémoire géologique sur la masse de montagnes qui séparent le cours de la Loire de ceux du Rhône et de la Saône. *Mémoires de la Société géologique de France* (première série), 6 : 53-152.

SCHLEGELMILCH, R. (1976) - *Die Ammoniten des süddeutschen Lias*. Gustav Fischer, Stuttgart : 212 p.

SCHLEGELMILCH, R. (1992) - *Die Ammoniten des süddeutschen Lias. 2- Auflage*. Gustav Fischer, Stuttgart : 241 p.

THÉVENIN, A. (1907) - Types du Prodrome de paléontologie stratigraphique universelle de d'Orbigny. Tome 1 : Silurien-Bathonien. *Annales de Paléontologie*, 2 : 17-36.

Accepté juillet 2012