

Zeitschrift: Mémoires de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Band: 11 (1989)

Artikel: Révision de l'étage hauterivien (région-type et environs, Jura franco-suisse)
Autor: Remane, Jürgen
Kapitel: 4: Paléontologie et biostratigraphie
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-100766>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 28.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Mémoires de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles	Tome XI	p. 101-147, 12 fig., 3 pl.	Neuchâtel, 1989
--	---------	----------------------------	-----------------

IV. PALÉONTOLOGIE ET BIOSTRATIGRAPHIE

LES AMMONITES DE L'HAUTERIVIEN JURASSIEN: RÉVISION DES FAUNES DE LA RÉGION DU STRATOTYPE HISTORIQUE DE L'ÉTAGE HAUTERIVIEN

par

Robert BUSNARDO et Jean-Pierre THIEULOUY

Recherche subventionnée

par le Fonds national suisse de la recherche scientifique (crédit N° 2.434.075)

ABSTRACT.— Type sections of the Hauterivian stratotype have been revisited in addition to some complementary sections from nearby areas. Ammonites stored in different museums (Genève, Lausanne, Neuchâtel, Bale) have been revised in light of new specimens found in the studied sections.

At **Landeron** and **Cressier** the «Marne bleue» (lit. «blue Marl») corresponds to the Radiatus Zone. The Loryi Zone, which may be in part characterized by the appearance of the genus *Saynella*, begins within the top of this formation and continues within the overlying alternating limestones and marls. The «Pierre jaune» (lit. «yellow Stone»), which ends both basic sections, belongs to the Nodosoplicatum Zone.

At **Valangin** only the basis of marls belongs to the Valanginian. The remainder is Hauterivian.

At **Chamblon** the Nodosoplicatum Zone is evidenced within the «Pierre jaune». At **Sainte-Croix** (ravine of Colas) the first seven metres of the marls are Valanginian in age. Besides, the pyritic ammonite fauna reported to have been found in the «Marnes à bryozoaires» (lit. «bryozoan-bearing Marls») contains *Eodesmoceras celestini* and is probably Albian in age.

The revision of the genus *Acanthodiscus* shows the predominance of the species *A. radiatus* and supports it as zonal index. Among the *Leopoldia* three new taxa are defined: *L. levigata*, *L. remanei* and *L. (Renevierites n. subg.)*. Partial revision of *Saynella clypeiformis* permits to precise its stratigraphical extension. *Lyticoceras claveli* is a new species from the top of the Nodosoplicatum Zone.

In short, the «Marne bleue» and the «Pierre jaune» which build up the stratotypic Hauterivian only represent the Radiatus, Loryi and Nodosoplicatum Zones of the lower Hauterivian.

RÉSUMÉ. — Relevé des coupes stratigraphiques de l'Hauterivien et de quelques coupes complémentaires dans les régions voisines. Révision de leur contenu ammonitique récolté in situ ainsi que des ammonites conservées dans les collections des Musées de Genève, Lausanne, Neuchâtel et Bâle.

Au **Landeron** et à **Cressier** la «Marne bleue» correspond à la zone Radiatus. La zone à Loryi, caractérisée en partie par l'apparition des *Saynella*, existe au sommet de cette formation et dans les marno-calcaires sus-jacents. La «Pierre jaune», qui termine ces deux coupes fondamentales, appartient à la zone à Nodosoplicatum. A **Valangin**, seule la base (0,20 m) des marnes appartient au Valanginien, le reste à l'Hauterivien. Au **Chamblon**, mise en évidence de la zone à Nodosoplicatum dans la Pierre jaune. A **Sainte-Croix** (ravin du Colas), la base des marnes (sur 7 m) appartient au Valanginien supérieur. Par ailleurs, les ammonites pyriteuses, comprenant en particulier *Eodesmoceras celestini*, et rapportées, selon la littérature, aux «Marnes à bryozoaires» du Valanginien, sont très probablement albiennes.

La révision paléontologique du genre *Acanthodiscus* met en évidence l'importance de l'espèce *radiatus* (deux tiers des individus) et confirme la légitimité de son choix en tant qu'index zonal. Parmi les *Leopoldia*, trois nouveaux taxons sont présentés: *L. levigata*, *L. remanei* et *L. (Renevierites n. subgen.)*. La révision partielle de *Saynella clypeiformis* précise son extension stratigraphique. *Lyticoceras claveli* est une nouvelle espèce du sommet de la zone à Nodosoplicatum.

En conclusion, la «Marne bleue» et la «Pierre jaune» de la région stratotypique correspondent uniquement aux zones à Radiatus, Loryi et Nodosoplicatum de l'Hauterivien inférieur.

SOMMAIRE

	Pages
1. INTRODUCTION	103
2. LA RÉGION STRATOTYPIQUE	103
2.1. Le Landeron	103
2.2. Cressier	109
2.3. Hauterive	113
2.4. Neuchâtel	114
2.5. Valangin	115
3. LA RÉGION DE BIENNE	116
3.1. Bienne, Ligerz, Gaicht, Alfermée et Vigneules	116
3.2. Twann (Douanne)	116
4. LES ENVIRONS D'YVERDON	117
4.1. Le Chamblon	117
4.2. Sainte-Croix	118
5. PALÉONTOLOGIE: COMMENTAIRES SYSTÉMATIQUES	122
5.1. Genre <i>Acanthodiscus</i> UHLIG, 1905	122
5.1.1. <i>Acanthodiscus radiatus</i> (BRUG.)	122
5.1.2. <i>Acanthodiscus pseudoradiatus</i> BAUMBERGER	124
5.1.3. <i>Acanthodiscus vaceki</i> (NEUM. & UHL.)	125
5.1.4. <i>Acanthodiscus rebouli</i> KILIAN	126
5.1.5. Remarques phylogéniques	126
5.1.6. Statistiques	126
5.2. Genre <i>Breistrofferella</i> THIEULOY, 1971	127
5.3. Genre <i>Leopoldia</i> MAYER-EYMAR, 1887	127
5.3.1. Sous-genre <i>Leopoldia</i> MAYER-EYMAR, 1887	127
5.3.2. Sous-genre <i>Renewierites</i> n. subgen.	132
5.4. Genre <i>Saynella</i> KILIAN, 1910	132
5.4.1. <i>Saynella neocomiensis</i> (BAUMBERGER)	132
5.4.2. <i>Saynella clypeiformis</i> (D'ORB.)	133
5.5. Genre <i>Lyticoceras</i> HYATT, 1900	136
5.5.1. <i>Lyticoceras</i> sp. inc.	136
5.5.2. <i>Lyticoceras</i> aff. <i>salevense</i> (KILIAN)	136
5.5.3. <i>Lyticoceras</i> sp. inc.	137
5.5.4. <i>Lyticoceras</i> sp. juv. gr. <i>cryptoceras</i> (D'ORB.)	137
5.5.5. <i>Lyticoceras claveli</i> n. sp.	137
5.6. Genre <i>Teschenites</i> THIEULOY, 1971	140
5.6.1. <i>Teschenites</i> cf. <i>pachydicanus</i> (THIEULOY)	140
5.6.2. <i>Teschenites</i> sp. inc.	140
6. CONCLUSIONS	140
6.1. Conclusions paléontologiques	140
6.2. Interprétations stratigraphiques	142
7. BIBLIOGRAPHIE	143

1. INTRODUCTION

La révision du stratotype historique de l'Hauterivien se devait d'être complétée par une meilleure connaissance des ammonites hauteriviennes de la région neuchâteloise. En même temps que le lever détaillé des coupes fondamentales ayant servi directement ou indirectement à la définition de l'étage, une exploitation suffisante des différents niveaux a été effectuée afin d'en extraire les fossiles caractéristiques (essentiellement les ammonites et les oursins). Ce sont ces faunes que nous présentons sur les coupes relevées, car elles nous ont permis de mieux en apprécier la signification biostratigraphique.

Cet apport nouveau quant à la valeur chronologique des coupes n'aurait pas été possible sans des références constantes à la succession des espèces d'ammonites rencontrées tant dans le domaine pélagique vocontien que sur les marges hémipélagiques cévenoles, c'est-à-dire là où les phénomènes sédimentaires n'ont que peu d'influence sur la répartition des espèces. C'est à la suite de cette comparaison que l'Hauterivien historique de la région neuchâteloise acquiert une signification biostratigraphique assez différente de celle que les auteurs anciens lui attribuaient.

Dans un deuxième temps, nous avons revu toutes les ammonites (soit près de 500 exemplaires), d'âge Valanginien ou Hauterivien, provenant du Jura franco-suisse et déposées dans les Musées suivants¹:

- Muséum d'Histoire naturelle de Genève;
- Collections de l'Université de Lausanne;
- Collections de l'Université de Neuchâtel;
- Muséum d'Histoire naturelle de Bâle.

Cette recherche a été faite dans le but de connaître l'importance statistique des espèces, de mieux apprécier la valeur des taxons et de mieux connaître la composition des gisements. En même temps nous avons procédé à l'examen critique des données bibliographiques antérieures, essentiellement les travaux de BAUMBERGER. Enfin, l'âge des formations étant ainsi précisé, il devenait désormais possible d'en déduire les variations paléogéographiques dans presque tout le Jura franco-suisse.

¹Nous remercions tout particulièrement Messieurs E. LANTERNO (Genève), M. WEIDMANN (Lausanne), O. RENZ (Bâle) et J. REMANE (Neuchâtel) pour avoir grandement facilité nos recherches.

2. LA RÉGION STRATOTYPIQUE

Les gisements classiques du Landeron, de Cressier, de Neuchâtel, d'Hauterive et de Valangin, représentent la région centrale où furent définis les étages Valanginien et Hauterivien. Seules les coupes du Landeron, de Cressier et de Valangin ont pu être revisées et exploitées.

2.1. Le Landeron

2.1.1. Les faunes d'ammonites récoltées in situ

Au Landeron, quatre coupes détaillées ont été levées et exploitées successivement. Ce sont:

- la coupe du Ruisseau (CR), épaisseur: 3,50 m environ, cf. fig. 5a et texte correspondant de REMANE et al. (ce vol.);
- la tranchée artificielle (FL), épaisseur: 2,50 m environ, cf. fig. 5b dans REMANE et al. (ce vol.).

Dans ces deux coupes, on voit les Calcaires roux, les marnes jaunes et grises et la base des marnes à nodules (= base de la Marne bleue).

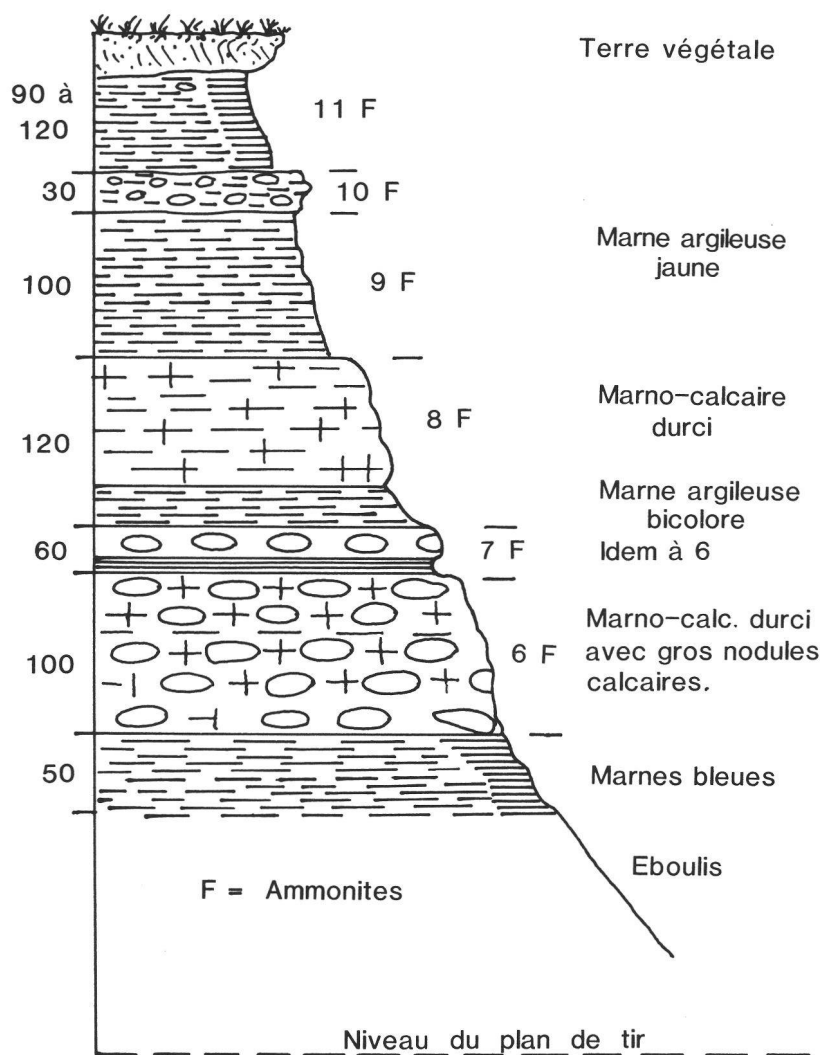


FIG. 1. — Coupe de la butte de tir au pistolet (LP) au Landeron, telle qu'elle apparaît dans l'angle NW du plateau de tir. Légende dans le texte.

- la butte de tir au pistolet, dite à 50 m, (LP), épaisseur visible: 6 m environ, cf. fig. 1. Dans cette coupe on ne voit que la partie moyenne des marnes à nodules (= partie moyenne de la Marne bleue);
- la butte de tir au fusil, dite à 300 m, (LA), épaisseur visible: 10 m environ, cf. fig. 2. On voit ici la partie supérieure des marnes à nodules (= sommet de la Marne bleue) et la partie inférieure de la Pierre jaune, cf. aussi REMANE et al., fig. 3.

Les récoltes d'ammonites correspondant à ces coupes sont portées sur la figure 3 laquelle représente une colonne stratigraphique simplifiée et synthétique de la série hauterivienne du Landeron. La base de la coupe du Ruisseau (CR) et celle de la tranchée artificielle (FL) étant, à peu de choses près, superposables, ont été confondues sur ce litholog.

2.1.1.1. Le Calcaire roux

Le Calcaire roux lui-même n'a livré aucune ammonite. Sa surface reste très inorganisée, dissociée en plaques irrégulières intercalées de filets argileux inorientés, de teinte verte, jaune ou lie de vin. Le calcaire est une calcarénite grossière, détritique, à bryozoaires, huîtres, trichites et polypiers isolés.

2.1.1.2. Les marnes jaunes et grises

Une mince couche (0,15m environ) de marnes plastiques, de teinte jaune ocré, repose directement sur le Calcaire roux, tant dans la coupe du ruisseau (niveau CR1) qu'au bas de la tranchée (niveau FL6). Des marnes grises lui succèdent (niveaux CR2 et FL5). Ces deux couches marneuses ont livré:

* <i>Acanthodiscus vaceki</i> (N. & U.) 2 exemplaires	UN. Tr2 ¹ (pl. 1, fig. 3)
<i>Olcostephanus</i> cf. <i>latiflexus</i> (BBGER)	UN. Tr4
<i>Olcostephanus</i> sp. ind.	UN. Tr6
* <i>Teschenites</i> sp. ind.	UN. Tr3
<i>Cymatoceras pseudoelegans</i> (D'ORB.)	UN. Tr1
* <i>Cymatoceras</i> cf. <i>pseudoelegans</i>	UN. Tr5

Selon les collecteurs, les échantillons marqués d'un astérisque* pourraient provenir des niveaux FL6, FL5 ou FL4. Cependant, l'espèce la plus importante, *A. vaceki*, par sa patine jaune, ne laisse aucun doute sur sa provenance au sein des marnes jaunes (FL6) et non des marnes grises sus-jacentes.

Ce niveau de marnes jaunes peut être assimilé à la formation des *Marnes à Astiera*, tant par sa couleur, que par la présence des *Olcostephanus* (= *Astieria*).

2.1.1.3. Les marnes inférieures à nodules (= Marne bleue inférieure)

On les retrouve dans les trois coupes suivantes: la tranchée (FL), le ruisseau (CR) et le stand de tir au pistolet (LP). Cependant, les très mauvaises conditions d'affleurement (FL: couches superficielles glissées et embrouillées, CR: couches en falaise très difficilement exploitables) n'ont permis d'exploiter correctement que la coupe du stand de tir au pistolet (LP), qui se révèle d'ailleurs assez riche en fossiles. On remarquera en outre que les couches à nodules changent rapidement d'aspect d'une coupe à l'autre. Elles ne peuvent être utilisées comme des repères lithologiques permettant les corrélations latérales.

On peut admettre approximativement que la base des marnes à nodules de la coupe du Ruisseau (CR5 et CR9) et celle de la tranchée (FL4 à FL1) sont à peu près équivalentes. Leur faune reste d'ailleurs très pauvre:

CR4: <i>Leopoldia</i> gr. <i>leopoldina</i> (D'ORB.) (3 fragments)	UN.
CR7: <i>Leopoldia</i> sp. ind.	UN.

La base des marnes à nodules de la coupe du tir au pistolet (LP) reste enfouie sous des éboulis marneux. Il est très vraisemblable que les premiers niveaux exploités (LP5, LP6...) sont situés au-dessus des derniers niveaux repérés dans les coupes du Ruisseau (CR) et de la tranchée (FL), ainsi que l'indique la figure 3.

Coupe du tir au pistolet, de bas en haut (fig. 1):

- LP5 — marnes gris-bleu sans macrofaune (0,50m visible mais > 3m au total).
- LP6 — marno-calcaires durcis englobant de gros nodules jaunâtres tachetés de rouille (1 m). Faune riche en pholadomyes, limes et gastéropodes.

Ammonites:

- Acanthodiscus pseudoradiatus* BBGER FSL 109641.
- Acanthodiscus radiatus* (BRUG.) FSL 109639, 109647, 109648
- Acanthodiscus* sp. ind. FSL 109643 à 109646
- Leopoldia leopoldina* (D'ORB.) FSL 109640, 109649 et UN. BT 13
- Leopoldia* sp. ind. FSL 109641 et 109650

- LP7 — marne bleue argileuse avec quelques nodules au sommet (0,60m).
Lamellibranches et gastéropodes.
Acanthodiscus radiatus FSL 109653
Acanthodiscus pseudoradiatus juv. UN. BT 12
Leopoldia leopoldina FSL 109654

¹UN. = récoltes déposées à l'Université de Neuchâtel.

FSL = récoltes déposées à l'Université de Lyon.

- LP8 — marne argileuse suivie de marno-calcaires durcis, presque dépourvus de nodules (1,20 m).
Acanthodiscus radiatus FSL 109651 et UN. BT5
Acanthodiscus pseudoradiatus UN. BT2
Leopoldia gr. *leopoldina* FSL 109652 et FSL 109656 à 109658
- LP9 — marne argileuse brune (1,00 m)
Acanthodiscus radiatus FSL 109661 et UN. BT6
Acanthodiscus pseudoradiatus UN. BT1 et BT4
Leopoldia leopoldina UN. BT3
Cymatoceras pseudoelegans UN. BT6
- LP10 — marne riche en petits nodules (0,30 m)
Acanthodiscus radiatus UN. BT11
Acanthodiscus sp. ind. UN. BT7, BT8 et BT9
Leopoldia gr. *leopoldina* FSL 109660
- LP11 — marne argileuse jaunâtre à petits nodules épars (1,20 m)
Acanthodiscus radiatus FSL 109659
Cymatoceras pseudoelegans FSL 109665

2.1.1.4. Les marnes supérieures à nodules (Marne bleue supérieure)

Elles affleurent au bas de la coupe du tir au fusil (LA), fig. 2, (cf. aussi Remane et al., fig. 3, ce vol.)

Il existe un hiatus, entre le sommet de la coupe du tir au pistolet et la base de la coupe du tir au fusil, dont l'importance n'est pas mesurable sur le terrain en raison de la structure faillée du secteur.

On peut cependant être certain que les coupes telles qu'elles sont présentées sur la figure 3 se succèdent et ne sont pas chevauchantes.

Succession de bas en haut (fig. 2):

- LA1 — marnes grises à nodules dispersés, sans ammonites (> 3 m).
 LA2 — marnes grises plus compactes, riches en pholadomyes et rhynchonelles (1,50 m).
Acanthodiscus pseudoradiatus FSL 109667
Leopoldia leopoldina FSL 109672
Leopoldia sp. ind. FSL 109663
- LA3
 à 5 — marno-calcaires gris à nombreux nodules (2,00 m) toujours riches en mollusques: pholadomyes, trigonies, exogyres, etc.
Breistrofferella varappensis (BBGER) FSL 109677 (au sommet de LA5)
- LA6 — petit niveau marneux suivi de marno-calcaires jaunâtres à nodules riches en bivalves, avec:
Leopoldia leopoldina FSL 109665
Leopoldia buxtorfi (BBGER) FSL (pl. 2, fig. 2)

2.1.1.5. La Zone marno-calcaire

Ce faciès, apparenté à la «Pierre jaune» par sa couleur, mais correspondant à la Zone marno-calcaire, affleure en falaise, au sommet de la coupe du tir au fusil (LA, fig. 2).

LE LANDERON

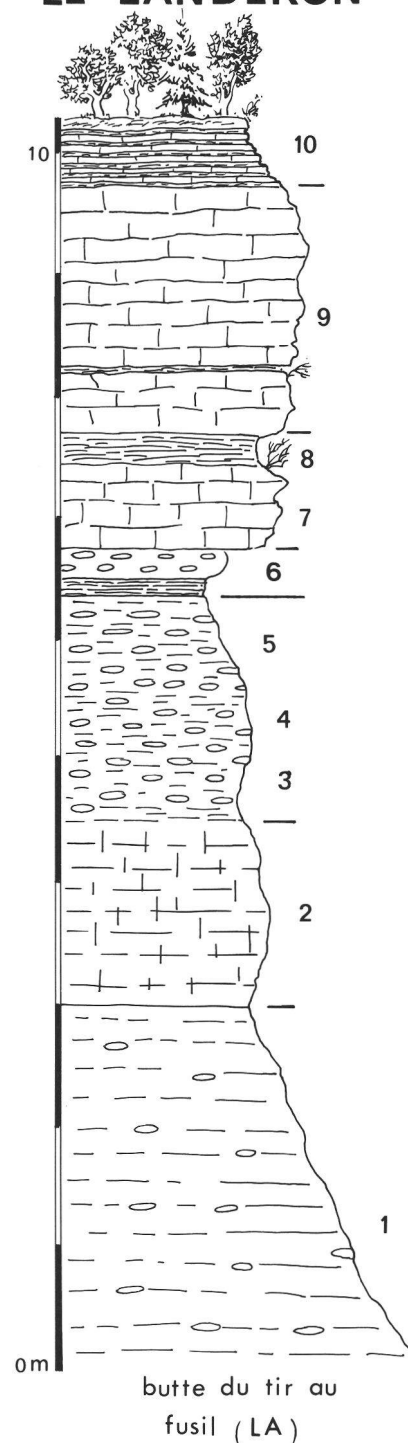


FIG. 2. — Coupe de la butte de tir au fusil (LA) au Landeron. Niveaux 1 à 6 = Marnes supérieures à nodules. Niveaux 7 à 10 = Zone marno-calcaire. Légende dans le texte.

LA7 — calcaires jaunes à bancs onduleux (0,70m). Nombreux terriers remplis de glauconie, à la base : *Saynella neocomiensis* (BBGER) FSL 109678 à 109681

Il faut y ajouter deux autres exemplaires (FSL 109683 et 109684) provenant des mêmes niveaux, mais situés immédiatement derrière une carrosserie*.

LA8 — marnes jaunâtres à nodules calcaires (0,25m).

LA9 — calcaires jaunes à bancs onduleux et minces joints schistoïdes (2,00m).

LA10 — marno-calcaires jaunâtres (0,50m).

C'est vraisemblablement de ce dernier niveau que provient le *Lyticoceras* sp. ind., déposé au Muséum de Genève (pl. 3, fig. 3).

2.1.2. La répartition des ammonites

La figure 3 donne la répartition en nombre des espèces d'ammonites sur l'ensemble de la série du Landeron. Le niveau basal (LA6) de marnes jaunes situées immédiatement au-dessus du Calcaire roux semble représenter une condensation de formes dont la fréquence est prépondérante dans le Valanginien terminal (*Olcostephanus* et *Teschenites*) et d'espèces hauteriviennes caractéristiques (*Acanthodiscus vaceki*).

Il est bon de noter aussi que les *Olcostephanus* et les *Teschenites* sont des ammonites habituellement pélagiques, ce qui suggère une franche transgression marine à la fin du Valanginien, ou du moins une large ouverture de la mer à ce moment-là.

Dans les marnes inférieures à nodules (butte du tir au pistolet) abondent les représentants des genres *Acanthodiscus* (22 exemplaires) et *Leopoldia* (12 exemplaires). Aucun autre genre d'ammonite ne coexiste avec eux. Par contre, la faune benthique de lamellibranches, gastéropodes... reste presque partout abondante. L'espèce dominante *A. radiatus*, apparue brutalement en LP6, persiste jusqu'en LP11 mais n'a pas été retrouvée dans la coupe du tir au fusil (LA). Par contre, *Leopoldia leopoldina*, apparue en même temps que la précédente, persiste dans les marnes du tir au fusil.

C'est au début du faciès jaune de la Zone marno-calcaire que la faune ammonitique se renouvelle par l'apparition brutale des *Saynella neocomiensis*.

Cette évolution globale de la faune ammonitique dans la série du Landeron reflète assez bien ce que l'on connaît dans toutes les autres coupes de l'Hauterivien inférieur, les différences étant surtout d'ordre paléoécologique.

2.1.3. Les faunes conservées dans les collections

Dans les Musées de Genève, Lausanne, Neuchâtel et Bâle, on retrouve d'assez nombreuses ammonites provenant du Landeron. Nous n'en donnons ici que la liste globale, après redétermination :

Espèces	Nombre d'exemplaires
<i>Acanthodiscus radiatus</i>	13
<i>A. pseudoradiatus</i> (+ « <i>ottmeri</i> »)	7
<i>A. vaceki</i>	1
<i>A. bernensis</i>	1
<i>Leopoldia leopoldina</i>	2
<i>L. buxtorfi</i>	1
<i>L. incerta</i>	1
<i>L. levigata</i>	1
<i>Saynella neocomiensis</i>	2
<i>Breistrofferella castellanensis</i>	3
<i>Lyticoceras</i>	1
<i>Teschenites</i>	1
<i>Olcostephanus rigidus</i>	1

* Nous remercions le propriétaire M. POZZO qui a bien voulu nous céder ces exemplaires.

LANDERON

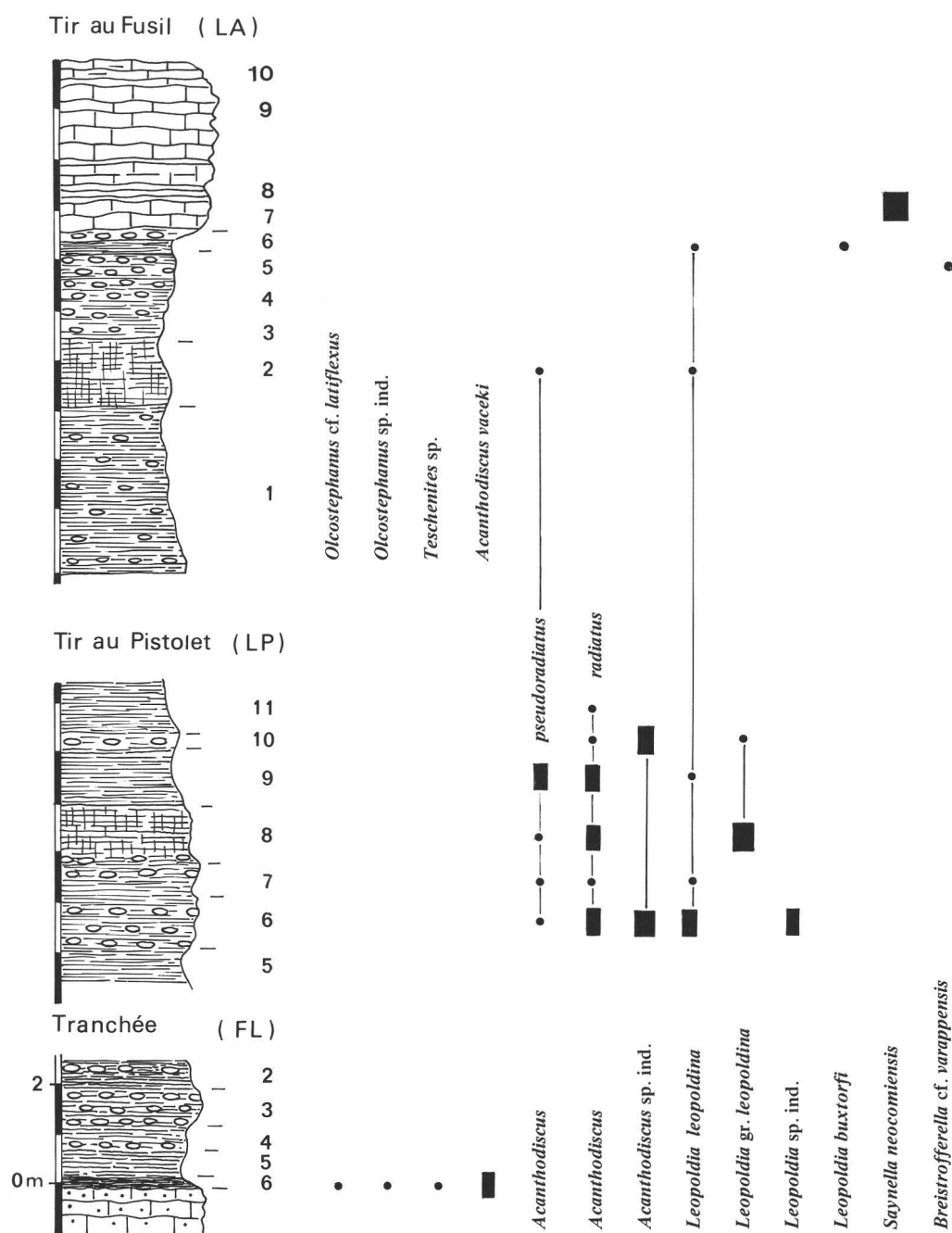


FIG. 3. — Série du Landeron et répartition des ammonites. Les points représentent un exemplaire; les rectangles représentent 2 à 4 exemplaires en fonction de leur taille.



FIG. 4. — Vue d'ensemble de la marnière de Cressier. Les numéros correspondent au texte. La carrière est envahie par la végétation. On voit encore les Calcaires roux (1), la partie inférieure des Marnes bleues (2 à 8), l'échelle tectonique, la partie supérieure des Marnes bleues (10 à 14) répétées deux fois par faille et les Marno-calcaires (15).

Du niveau basal doivent provenir le *Teschenites* sp. (coll. Pictet, Genève, MG 887) et *Olcostephanus rigidus* (UN. A45).

La faune à *Acanthodiscus* et à *Leopoldia* est abondante et plus variée que celle que nous avons recueillie. Il est vrai que nos récoltes effectuées en quelques heures ne peuvent refléter la composition statistique réelle de la faune (cf. p. 127 de ce texte).

Un échantillon est par contre particulièrement intéressant: *Lyticoceras* sp. (collection Pictet, Musée de Genève, MG 1 887). Le faciès calcaire jaunâtre signe sa provenance incontestable des marno-calcaires vraisemblablement du niveau LA10. Cette forme confirme, avec les *Saynella neocomiensis*, la présence de la zone à *Nodosoplicatum* dans la Zone marno-calcaire du Landeron.

Notons également qu'une ammonite de la collection Pictet (Muséum de Genève, MG 1 886) provenant du Landeron, antérieurement déterminée «*Neocomites neocomiensiformis*» (UHLIG) est en réalité un *Acanthodiscus pseudoradiatus* BBGER (pl. 2, fig. 1).

2.2. Cressier

Il n'est pas aisé de suivre la succession stratigraphique des couches de la marnière de Cressier. D'une part c'est une ancienne carrière abandonnée, envahie par la végétation, quoique l'essentiel de la falaise demeure

encore visible. D'autre part, la succession des couches est entrecoupée de failles, avec coins effondrés et répétition de niveaux (cf. REMANE et al., ce vol.) La figure 4 montre l'état actuel du front de la carrière, un peu simplifié, mais permettant de se repérer sur le terrain. On y voit de gauche à droite, la première partie de la coupe (niveau 1 à 8), la brèche d'effondrement, les niveaux 10 à 14, un système de failles et enfin la partie supérieure de la coupe, répétant les niveaux 10 à 14, mais se poursuivant au-delà des marno-calcaires 15.

La succession stratigraphique correcte est présentée dans la figure 5.

2.2.1. La série stratigraphique et le contenu ammonitique (fig. 5)

- 1 — La surface du Calcaire roux, altérée et disloquée, a été abondamment et plusieurs fois exploitée. Quelques bivalves et quelques oursins ont été récoltés, mais aucune ammonite. Rappelons cependant que BAUMBERGER a trouvé un *Acanthodiscus radiatus*, déposé au Musée de Bâle, N° 2418 et sur lequel est inscrit «direkt über dem limonit, Astieria zone?».
- 2 — Les marnes gris-bleu (3,50m) avec deux niveaux indurés sont pauvres en fossiles : quelques oursins et à la base un exemplaire de *Teschenites* sp. ind. UN. C19.
- 3 — Marnes grises à nodules marno-calcaires serrés (1,20m).
- 4 — Marnes grises comportant un horizon nodulifère (1,15m) avec :
Acanthodiscus pseudoradiatus FSL 109703
Acanthodiscus pseudoradiatus juv. FSL 109702
- 5 — Marnes gris-bleu avec deux bancs nodulifères (2,15m) avec :
Acanthodiscus radiatus FSL 109697
Leopoldia leopoldina FSL 109700 et 109701
L. levigata FSL 109699
L. gr. leopoldina FSL 109698
Leopoldia sp. ind. FSL 109704
- 6 — Marno-calcaires riches en nodules (1,20m).
- 7 — Marnes gris-bleu (2,90m) avec un niveau à nodules ayant donné :
Acanthodiscus radiatus FSL 109695
Leopoldia aff. *leopoldina* FSL 109696
- 8 — Marnes gris-bleu à petit nodules denses.
- 9 — Ecaille tectonique.
- 10 — Marnes à nodules identiques à 8 (1,00m)
Leopoldia sp. ind. UN. C6 et UN. C7.
- 11 — Marnes grises à rares petits nodules dispersés (> 2,00m)
Leopoldia leopoldina UN. C3.
- 12 — Marno-calcaires durcis à nodules serrés (1,00m) suivis d'un niveau marneux (0,30m). Riche en bivalves, rhynchonelles et serpules coloniales, gastéropodes.
Saynella neocomiensis FSL 109687, 109711, 109712
Saynella clypeiformis (D'ORB.) FSL 109686, (pl. 2, fig. 2)
Leopoldia leopoldina FSL 109685
- 13 — Banc dur de calcaire gris à surface corrodée et glauconieuse (0,40 m)
Cymatoceras pseudoelegans FSL 109688.

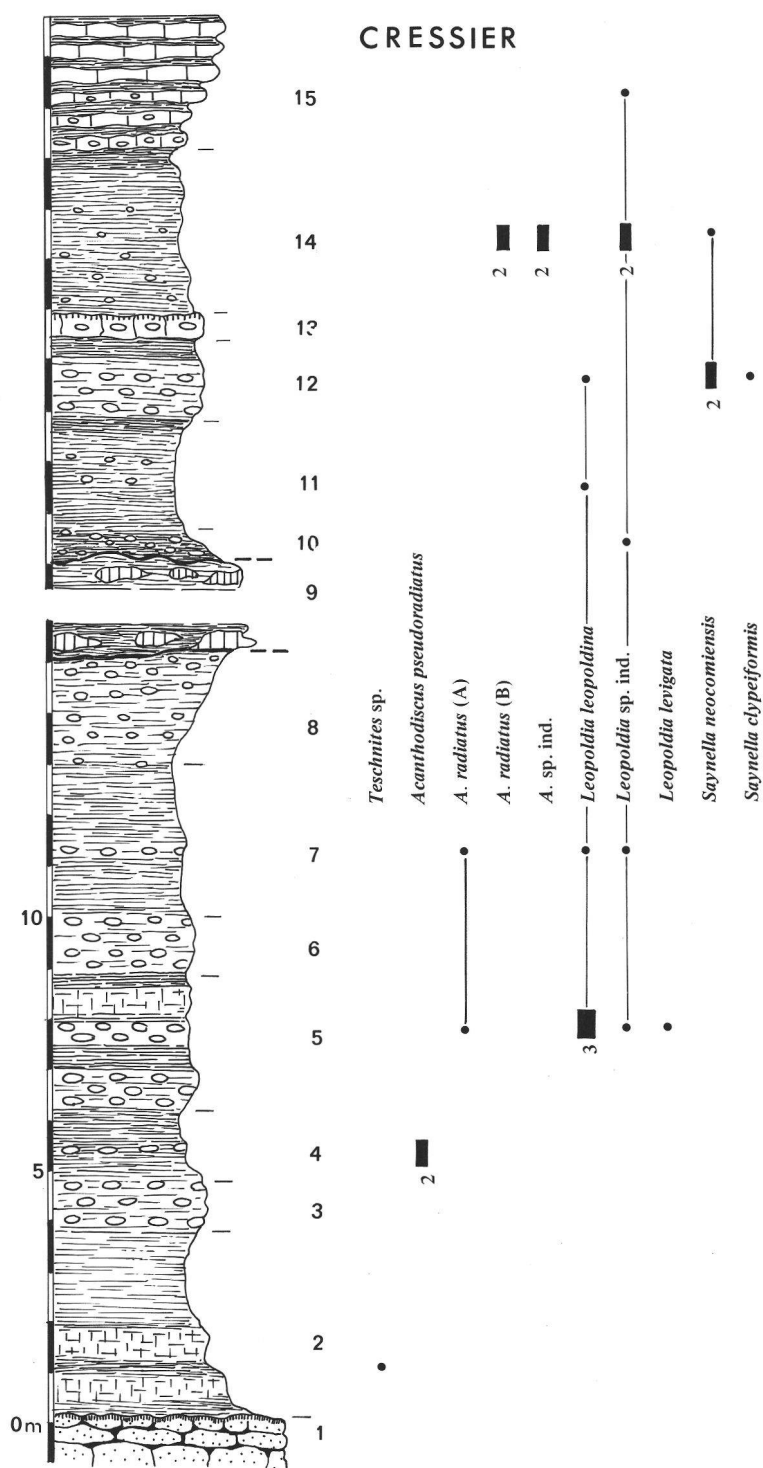


FIG. 5. — Série de Cressier et répartition des ammonites. Légende lithologique dans le texte.

- 14 — Marnes gris-bleu à rares petits nodules dispersés (4,30m).
Acanthodiscus radiatus (morphotype B), UN. C1 et C8 (pl. 1, fig. 1, 2)
Acanthodiscus sp. ind., UN. C9 et C18
Leopoldia sp. ind., UN. C14 et C2
Saynella neocomiensis, UN. C5.
- 15 — Début des alternances marnes grises et calcaires jaunâtres (> 9,00m)
Leopoldia sp. ind. FSL 109694
Un *Cymatoceras pseudoelegans* FSL 109899 provient de la base de la Zone marno-calcaire.

2.2.2. La répartition des ammonites in situ

La quantité des espèces récoltées reste trop faible pour obtenir une répartition statistique fiable. Le contenu ammonitique global (fig. 5) est bien moindre que celui de la coupe du Landeron malgré une exploitation tout aussi intense. La sédimentation de Cressier est sans doute moins condensée.

La base des marnes appartiendrait déjà à l'Hauterivien en raison de l'*A. radiatus* signalé par BAUMBERGER. L'influence du Valanginien terminal au sommet du Calcaire roux semble moins évidente ici qu'au Landeron. La répartition des *Acanthodiscus* suggère que les premières formes, dérivées des *Teschenites*, seraient des *A. pseudoradiatus*. Mais il faut signaler les deux *A. radiatus*, morphotype B, qui persistent très haut, après l'apparition des premières *Saynella*.

Le début des *Saynella*, ici comme au Landeron, paraît être un fait brutal. Ceci laisse supposer que les niveaux 12-13 pourraient être l'équivalent du niveau LA7 du Landeron. Mais cette hypothèse mériterait d'être confirmée par des récoltes en quantité plus significative.

2.2.3. Les faunes conservées dans les collections

Les riches collections d'ammonites des Musées de Genève, Lausanne, Neuchâtel et Bâle et provenant de Cressier, contiennent les espèces suivantes :

Espèces (déterminations revues)	Nombre d'exemplaires
<i>Acanthodiscus radiatus</i>	86
<i>A. pseudoradiatus</i> (+ « ottmeri »)	16
<i>A. vaceki</i> (et cf.)	3
<i>A. rebouli</i>	3
<i>Leopoldia leopoldina</i> (et cf.)	8
<i>L. buxtorfi</i>	2
<i>L. sp.</i>	1
<i>L. levigata</i> (et aff.)	4
<i>Saynella neocomiensis</i>	2
<i>Breistrofferella castellanensis</i> (et cf.)	10
<i>Olcostephanus atherstoni</i>	2
<i>O. rigidus</i> (et cf.)	2
<i>O. cf. filiosus</i>	1
<i>Teschenites cf. pachydicanus</i>	1

La prédominance des *Acanthodiscus* est tout aussi éclatante qu'au Landeron. Par contre, nous n'avons trouvé aucune *Breistrofferella*, alors qu'une dizaine d'exemplaires existent dans les collections. Si l'on se réfère à la coupe du Landeron, ces formes devraient se récolter dans les couches 8 à 11, lesquelles, difficiles d'accès, et perturbées tectoniquement, ont été peu exploitées.

Les cinq *Olcostephanus* et le *Teschenites pachydicanus* suggèrent que les Marnes à *Asteria* étaient peut-être visibles autrefois.

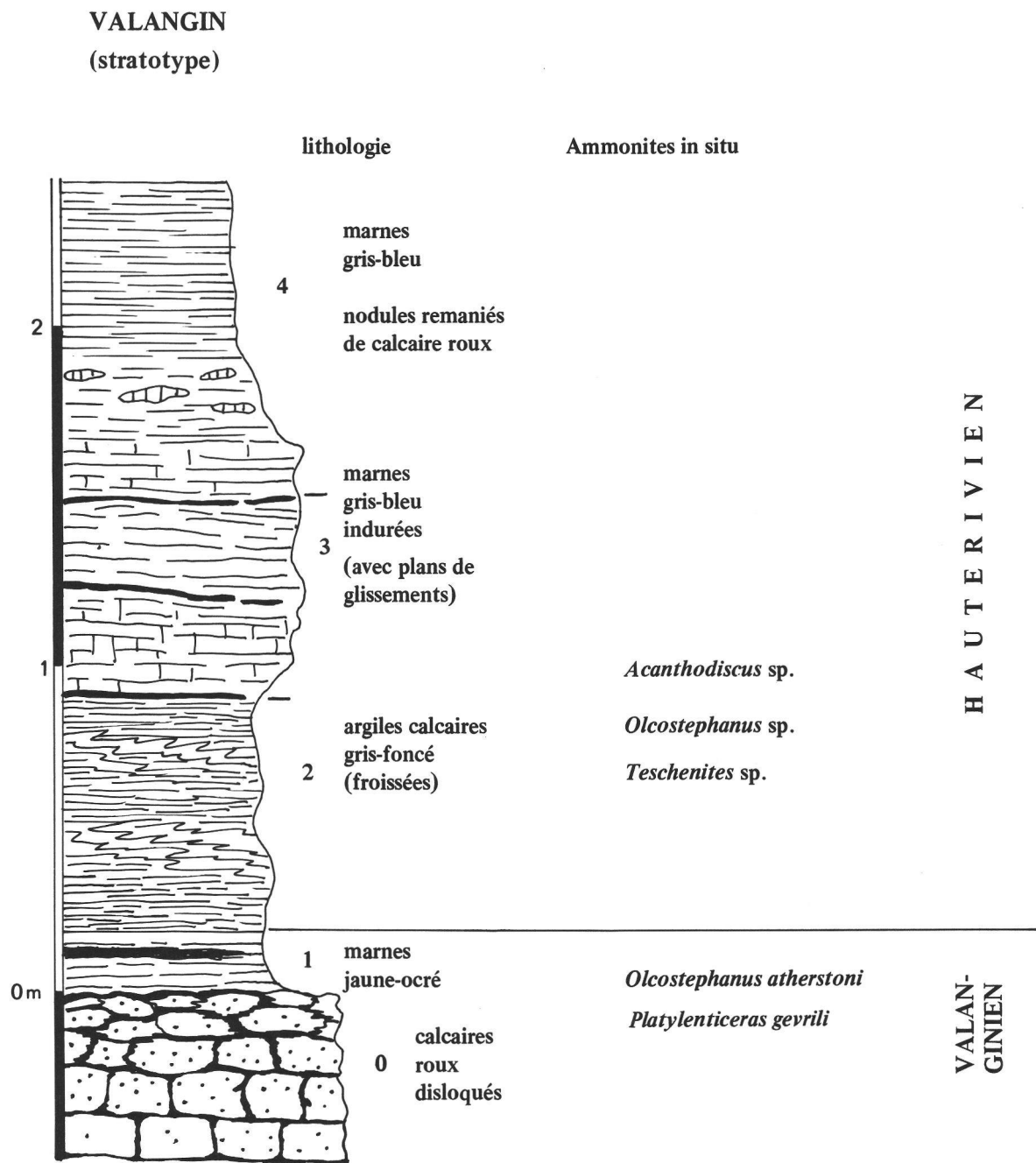


FIG. 6. — Base de la coupe stratotypique de Valangin et ammonites récoltées *in situ*. Légende dans le texte.

2.3. Hauterive

Nous avons trouvé peu d'ammonites dans les quatre collections précitées dont la provenance «Hauterive» est clairement indiquée. En voici la liste après d'éventuelles redéterminations :

Espèces	Nombre d'exemplaires
<i>Acanthodiscus radiatus</i>	7
<i>A. pseudoradiatus</i> (+ « <i>ottmeri</i> »)	4
<i>A. sp. juv.</i>	2
<i>Leopoldia leopoldina</i>	4
<i>L. buxtorfi</i>	3
<i>L. levigata</i>	4
<i>L. sp. juv.</i>	1
<i>Saynella hoplitoides</i>	1
<i>S. neocomiensis</i>	2
<i>Breistrofferella castellanensis</i>	6
<i>B. sp. inf.</i>	1
<i>Teschenites sp.</i>	3

Malgré les trois exemplaires du genre *Teschenites*, dont on sait qu'il persiste jusque dans l'Hauterivien, il n'est pas certain que le Valanginien terminal soit représenté à Hauterive, du moins par ses faunes. Comme à Cressier, l'Hauterivien inférieur est bien caractérisé ; il s'agit des zones à *Radiatus* et à *Loryi*, celle-ci étant signalée par les *Saynella*.

2.4. Neuchâtel

Il n'existe plus de coupe continue et complète de l'Hauterivien à Neuchâtel, c'est pourquoi les données historiques et l'étude du sondage 208 sont particulièrement précieuses (REMANE et al., ce vol.).

Le sommet des Marnes bleues est encore visible à l'Est de la gare, où quelques fragments de *Leopoldia* ont été trouvés, et à l'entrée SW du tunnel de la nouvelle route nationale, où B. CLAVEL a découvert : *Acanthodiscus sp.* FSL 109 705 et 109 709, *Leopoldia sp.* FSL 109 706 et *Crioceratites?* FSL 109 714 (cf. aussi fig. 9 de REMANE et al., ce vol.).

L'essentiel des faunes que nous avons revues dans les collections de Neuchâtel, Bâle, Lausanne et Genève, provient de l'affleurement de la gare. Cependant sur quelques ammonites sont indiquées d'autres provenances : « environs de Neuchâtel, Le Château, rue des Terreaux, Pont de l'Ecluse, Saint-Imier », etc. En voici la liste globale :

Espèces	Nombre d'exemplaires
<i>Acanthodiscus radiatus</i>	26
<i>A. pseudoradiatus</i> (+ « <i>ottmeri</i> »)	6
<i>A. vaceki</i>	2
<i>A. wallrathi</i>	1
<i>A. juv. var. stenonotus</i>	1
<i>A. bernensis</i>	1
<i>A. sp. ind.</i>	2
<i>Leopoldia leopoldina</i>	4
<i>L. levigata</i>	2
<i>L. remanei</i> (= <i>frantzi</i> KIL.)	1
<i>Renevierites renevieri</i>	1
<i>Saynella neocomiensis</i>	1
<i>Breistrofferella castellanensis</i>	7
<i>Olcostephanus atherstoni</i> (et cf.)	6
<i>O. filiosus</i>	3
<i>O. leptoplanus</i>	3
<i>O. rigidus</i>	1
<i>O. sp. juv.</i>	2

Espèces	Nombre d'exemplaires
<i>Neolissoceras grasianum</i>	1
<i>Neocraspedites</i> sp.	2
<i>Neohoploceras</i> sp.	1
<i>Parastieria</i> sp.	1

La majeure partie de cette faune appartient à l'Hauterivien inférieur, zone à *Radiatus*. La zone à Loryi existe également ainsi qu'en témoignent *Saynella neocomiensis* et probablement *Renevierites renevieri*. Le Valanginien supérieur existe aussi en raison de la présence des *Neohoploceras*, *Neocraspedites* et vraisemblablement tous les *Olcostephanus*. On notera, ici également, l'approfondissement de la mer au Valanginien supérieur, laissant arriver les *Olcostephanus* et les *Neolissoceras*, mais aussi des formes boréales comme les *Neocraspedites*.

2.5. Valangin

La description lithologique détaillée de ce gisement stratotypique célèbre est précisée par ailleurs (ce vol., REMANE et al. fig. 7). Nous n'insisterons ici que sur la composition ammonitique (fig. 6).

2.5.1. Les ammonites *in situ*

La figure 6 rappelle la succession lithologique de la base de la coupe.

- VA0 — calcaires roux disloqués, à nodules encroûtés et infiltrés de marnes jaunes. Nombreux bivalves et gastéropodes FSL 109607 à 109611 et *Platylenticeras gevrili* (D'ORB). FSL 109606.
- VA1 — marne jaune ocrée (0,20m), avec lentille d'argile noirâtre.
Olcostephanus atherstoni (Sharpe) FSL 109617
- VA2 — argiles calcaires gris sombre, souvent froissées (0,70m).
Olcostephanus sp. ind. FSL 109618
Teschenites sp. ind. FSL 109605
Acanthodiscus sp. ind. Coll. UN.
Bivalves FSL 109605
- VA3 — marne grise, indurée, avec plans de glissements (0,80m).
De la base de ces marnes provient un fragment de:
Acanthodiscus sp. ind. FSL 109613

2.5.2. Les ammonites des collections

Sur les étiquettes originelles, est habituellement indiquée la provenance: «trouée du Seyon» ou «percée du Seyon».

Espèces	Nombre d'exemplaires
<i>Olcostephanus atherstoni</i> (J)	2
<i>O. filiosus</i>	1
<i>O. singularis</i>	1
<i>Acanthodiscus pseudoradiatus</i>	1
<i>Karakaschiceras biassalense</i>	1
<i>Neohoploceras schardti</i> (J)	1
<i>N. dubisiense</i> (J)	1
<i>Hollwediceras juillerati</i> (J)	1
<i>Saynoceras verrucosum</i> (J)	1

2.5.3. Age des différents niveaux

- Aucune ammonite ne provient avec certitude du Calcaire roux.
- Les exemplaires (indiqués par la lettre J sur la liste précédente) ont un faciès de calcaire jaunâtre et sont issus des marnes jaunes ou du sommet du Calcaire roux.

Toutes ces ammonites sont d'âge Valanginien. On peut y reconnaître :

- La zone à Pertransiens (*Platylenticeras*)
- la zone à Verrucosum (*Saynoceras* et *Neohoploceras*)
- La zone à Callidiscus (*O. atherstoni*)

Les marnes jaunes VA1 représentent bien un niveau fortement condensé. Mais certaines ammonites peuvent provenir du Calcaire roux par remaniement. En particulier la patine verdâtre et l'aspect corrodé du *Platylenticeras* suggèrent un long séjour au fond de la mer. Quoi qu'il en soit, le Valanginien du stratotype historique est réduit au Calcaire roux et aux 0,20m de marnes jaunes (= Marnes à Astieria).

- Les marnes grises VA2 appartiennent déjà à l'Hauterivien avec quelques *Olcostephanus* et les premiers *Acanthodiscus*. Les oursins (cf. B. CLAVEL, ce vol.) indiquent clairement que la limite Valanginien-Hauterivien doit être placée à la base des marnes grises.

3. LA RÉGION DE BIENNE

3.1. Bienne, Ligerz, Gaicht, Alfermée et Vigneules

Dans les quatre collections précitées, un certain nombre d'ammonites proviennent des affleurements de Ligerz, Gaicht, Alfermée, Vigneules et Bienne. Il s'agit uniquement des formes courantes de l'Hauterivien inférieur, zones à *Radiatus* et Loryi.

Espèces	Nombre d'exemplaires
<i>Acanthodiscus radiatus</i>	10
<i>A. pseudoradiatus</i> (+ «ottmeri»)	10
<i>A. rebouli</i>	1
<i>A. vaceki</i>	3
<i>A. sp.</i>	2
<i>Leopoldia</i> cf. <i>levigata</i>	2
<i>Leopoldia</i> sp.	3
<i>Saynella neocomiensis</i>	1
<i>Breistrofferella castellanensis</i>	2
<i>Teschenites</i> sp.	1

Il est intéressant de noter que presque tous ces exemplaires sont en calcaire jaunâtre, ce qui suggère un milieu plus oxygéné que le faciès marne bleu de la région de Neuchâtel.

3.2. Twann (Douanne)

La coupe du Néocomien de Twann mérite une attention particulière par sa richesse fossilifère et les enseignements qu'elle apporte. Elle a été détaillée par BAUMBERGER (1903, p. 12).

Le Calcaire roux, sous son faciès de calcaires limonitiques à oolites ferrugineuses, a livré une faune valangienne particulière :

Espèces	Nombre d'exemplaires
* <i>Thurmanniceras thurmanni</i> (P. & C.)	1
* <i>T. albinii</i> (KIL.)	1
<i>Delphinites ritteri</i> SAYN	1
<i>D. helveticus</i> (BBGER)	1
<i>Busnardoites desori</i> (P. & C.)	1

Ces formes représentent le Valanginien inférieur, zones à Pertransiens et à Campylotoxum.

C'est probablement du Valanginien supérieur (niveau des «Marnes à Asteria») que proviennent les espèces suivantes :

Espèces	Nombre d'exemplaires
<i>Teschenites</i> cf. <i>pachydicanus</i> (THIEULOY)	1
<i>Olcostephanus</i> aff. <i>latiflexus</i> (BBGER)	1
<i>O.</i> aff. <i>filosus</i> (BBGER)	1
<i>O.</i> sp. juv.	2
* <i>O.</i> cf. <i>psilostomus</i> (N. & UHL.)	1
* <i>O. sayni</i> (KIL.)	1

Les ammonites hauteriviennes sont plus abondantes :

Espèces	Nombre d'exemplaires
<i>Acanthodiscus radiatus</i>	9
<i>A. pseudoradiatus</i> (+ « <i>ottmeri</i> »)	4
<i>A. vaceki</i>	3
<i>A. rebouli</i>	1
* <i>A. bernensis</i>	1
* <i>A. obliquecostatus</i>	1
<i>Leopoldia levigata</i>	2
<i>L.</i> sp. ind.	2
<i>Breistrofferella castellanensis</i>	2
<i>Oosterella cultrata</i> (D'ORB.)	1
<i>O. cultrataeformis</i> (UHLIG)	1

Ces espèces caractérisent la zone à Radiatus. Rien n'indique avec certitude la présence de zones plus récentes. Tous ces échantillons présentent un faciès de calcaire jaune, ce qui correspond à un milieu de sédimentation plus oxydé que celui de la vasière de Cressier ou du Landeron.

4. LES ENVIRONS D'YVERDON

Quelques rares ammonites, trouvées dans les collections précitées, proviennent des gisements de : Fontaines-sur-Grandson, Bonvillard, La Côte-aux-Fées. Elles révèlent la zone à Radiatus de l'Hauterivien inférieur. Bien plus intéressantes sont les coupes du Chamblon et de Sainte-Croix.

4.1. Le Chamblon

La coupe détaillée a été revue (REMANE et al., ce vol.). Au sommet des Marnes bleues, nous avons trouvé :

Acanthodiscus aff. *radiatus* FSL 109596
Saynella neocomiensis FSL 109904, 109905

Il s'agit probablement de la zone à Loryi.

*Echantillons de la Collection BAUMBERGER non retrouvés au Muséum de Bâle, mais cités par cet auteur.

Dans les marnes des Uttins situées au-dessus du front de la carrière, nous avons récolté :

Lyticoceras sp. juv. FSL 109893
Lyticoceras? (empreinte) FSL 109597
Cymatoceras pseudoelegans FSL 109600

Dans ces mêmes marnes, KERN avait trouvé :

Saynella neocomiensis FSL 109894 et 109895
Leopoldia sp. ind. FSL 109896

Ces marnes appartiennent donc à la base de la zone à *Nodosoplicatum*.

Dans les collections de Lausanne et de Bâle sont répertoriées les espèces suivantes :

Espèces	Nombre d'exemplaires
<i>Saynella neocomiensis</i>	5
<i>Leopoldia leopoldina</i>	1
<i>Lyticoceras</i> aff. <i>salevense</i>	1

Deux *S. neocomiensis* et *L.* aff. *salevense* proviennent des marnes des Uttins, ce qui confirme leur appartenance à la zone à *Nodosoplicatum*.

4.2. Sainte-Croix

L'histoire compliquée de l'étude géologique du Ravin du Colas ainsi que la stratigraphie de l'ensemble des couches hauteriviennes sont précisées par J. REMANE et al. (ce vol.).

Nous ne donnons ici que le détail des couches au passage Valanginien-Hauterivien, là où se trouve l'essentiel de la faune d'ammonites et d'oursins.

4.2.1. Les ammonites *in situ*

La coupe (fig. 7) montre, de bas en haut :

- 1 — zone faillée, montrant quelques bancs de calcaires glauconieux appartenant à la formation du Calcaire roux.
- 2 — marnes grises riches en bryozoaires à la base (1,50m) (B. WALTER, 1972, 1985 et 1986).
Un petit niveau noduleux basal a livré :
Teschenites sp. ind. FSL 109627
Dichotomites sp. ind. FSL 109624
Karakaschiceras biassalense (KARAK.) FSL 109626
Le niveau sommital à gros nodules a donné :
Teschenites sp. ind.
Dichotomites cf. *bidichotomoides* KEMPER FSL 109623
Dichotomites sp. ind. FSL 109620 et 109625
Karakaschiceras biassalense FSL 109621
K. cf. *biassalense* FSL 109619
Olcostephanus cf. *filosus* (BBGER) FSL 109628
- 3 — marnes grises, homogènes. Rares nodules marneux (1,80m) avec une faune d'ammonites presque identique à la précédente :
Teschenites sp. ind.
Dichotomites bidichotomoides FSL 109622
Dichotomites sp. ind.
Karakaschiceras sp. ind.

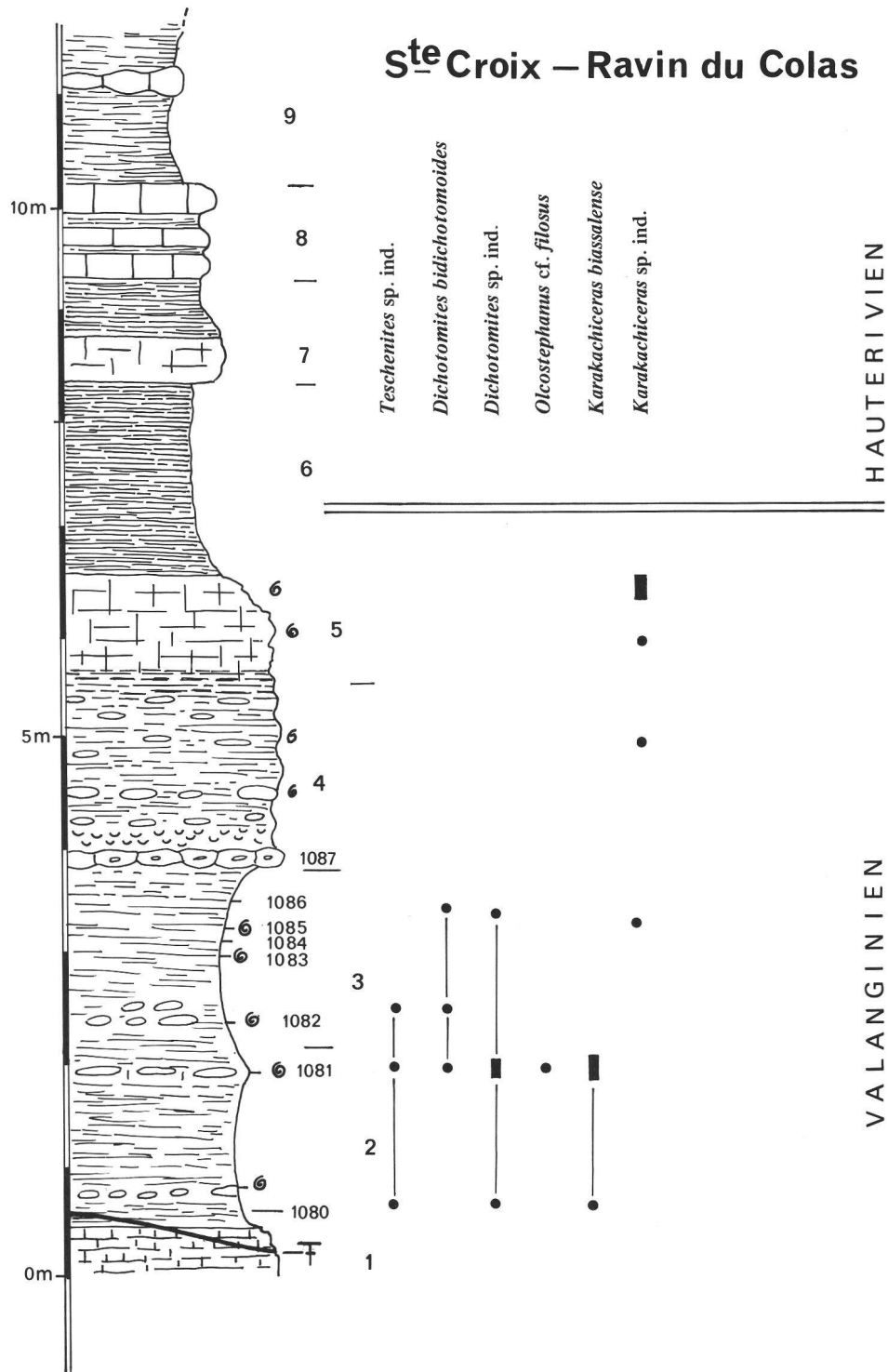


FIG. 7. — Coupe du ravin du Colas de Sainte-Croix (partie basale) et répartition des ammonites. Légende dans le texte. Les points correspondent à un exemplaire, les rectangles à deux exemplaires.

- 4 — banc de calcaire noduleux, suivi de marnes lumachelliques (huîtres, brachiopodes, serpules...). Puis marnes à nodules dispersés (1,90 m). Les céphalopodes trouvés dans la partie supérieure sont fort mal conservés et friables.
Karakaschiceras biassalense FSL 109631
Karakaschiceras sp. ind. FSL 109638
Cymatoceras pseudoelegans FSL 109635
- 5 — marnes grises indurées (0,80 m).
Karakaschiceras sp. ind. FSL 109632 et FSL 109636 (2 fragments)
- 6 — marnes grises (1,80 m).
- 7 — un banc de marnes indurées suivi de marnes grises (1,00 m) avec huîtres.
- 8 — alternances de bancs calcaires et de marnes grises (0,90 m).

Dans l'ensemble la faune reste pauvre et surtout mal conservée. C'est l'exploitation intensive et répétée, effectuée surtout par B. CLAVEL, qui a permis de recueillir la faune répertoriée dans la figure 7.

Le Valanginien supérieur (zone à *Callidiscus*) est bien caractérisé. Il s'agit là d'une faune à cachet boréal par l'abondance des *Dichotomites*.

L'Hauterivien inférieur reste mal défini par une faune pauvre et de piètre conservation. Toutefois, son âge hauterivien est incontestable. La limite Valanginien-Hauterivien peut être fixée vers le milieu du niveau 6, grâce aux échinides (B. CLAVEL, ce vol.). Des *Leopoldia* sp. et un *Acanthodiscus* sp. ont été récoltés en éboulis.

4.2.2. Les faunes conservées dans les collections

Les espèces d'ammonites sont aussi nombreuses que variées. Elles proviennent de divers gisements (L'Auberson, le Colas) mais pour certaines d'entre elles, la localisation exacte n'est pas précisée. C'est pourquoi, nous en présentons la liste par étages.

Valanginien	
Espèces	Nombre d'exemplaires
<i>Platylenticeras gevrili</i>	7
<i>P. marcousianum</i>	2
<i>P. heteropleurum</i>	1
<i>Thurmanniceras thurmanni</i>	2
<i>T.</i> sp.	1
<i>Karakaschiceras leenhardti</i>	1
<i>K.</i> sp.	1
<i>Busnardoites desori</i>	1
<i>Neohoploceras</i> sp. ind.	1
<i>Neocomites</i> sp. ind.	1
<i>Dichotomites bidichotomoides</i>	1

Cette faune provient essentiellement de L'Auberson dont la coupe a été révisée (REMANE et al., ce vol.). Elle traduit l'existence des zones à Pertransiens, Campylotoxum, Verrucosum et *Callidiscus*, c'est-à-dire presque la totalité du Valanginien. C'est incontestablement une faune boréale.

Hauterivien	
Espèces	Nombre d'exemplaires
<i>Acanthodiscus pseudoradiatus</i>	1
<i>A.</i> sp. juv.	1
<i>Breistrofferella castellanensis</i>	10

Espèces	Nombre d'exemplaires
<i>B. sp.</i>	5
<i>Leopoldia buxtorfi</i>	2
<i>L. sp.</i>	1
<i>Saynella neocomiensis</i>	2

Il s'agit là d'Hauterivien inférieur, zones à *Radiatus* et à *Loryi*. La rareté des *Acanthodiscus* suggère un milieu bien différent de celui des vasières de Cressier ou du Landeron, certainement de mer ouverte et plus profonde.

4.2.3. Le problème des marnes à bryozoaires et des ammonites pyriteuses

Il existe autour de Sainte-Croix au moins trois gisements de marnes à bryozoaires : le Chalet du Marais près de L'Auberson, le col des Etroits et le ravin du Colas (= ravin de l'Arnayon). Leur examen critique et leur contenu en bryozoaires ont été analysés par B. WALTER (1972). Leur âge soit hauterivien, soit valanginien a souvent varié. On admet actuellement qu'il s'agit de Valanginien. Pour le ravin du Colas, nous l'avons prouvé grâce aux ammonites et aux échinides (niveau 2).

Un certain nombre d'ammonites pyriteuses, appartenant à la collection Campiche, proviendraient des marnes à bryozoaires de L'Auberson; cette indication est portée sur les étiquettes originelles. PICTET (P. & C. 1858, p. 276) précise « marnes à bryozoaires qui recouvrent le calcaire valanginien ». Il s'agit vraisemblablement du gisement du Chalet du Marais et des « marnes à spongiaires », ainsi que l'a confirmé JACCARD (1893, p. 45). Nous avons retrouvé et examiné ces ammonites conservées au Muséum de Lausanne. L'importance exceptionnelle que plusieurs auteurs (PICTET & CAMPICHE 1858, SPATH 1924, WRIGHT 1955, WIEDMANN 1966) ont attribué à ces ammonites pyriteuses nous incite à présenter les observations suivantes.

4.2.3.1. Les documents paléontologiques

- Une première boîte contient quatre fragments pyriteux (taille 7 à 15 mm) collés sur une plaquette portant le N° 17121. Ce sont les types de *Eodesmoceras celestini* (P. & C.), réétudiés par WIEDMANN (1966). Ce sont en fait quatre fragments de sections et de cloisons différentes appartenant certainement à plusieurs espèces. Raisonnablement, on ne peut déterminer ces nuclei trop juvéniles, sans connaître par avance leur âge exact et la faune associée.
- Une seconde boîte portant la même origine et la même détermination « *Ammonites celestini* » contient trois pyriteux qui peuvent être attribués à un fragment de *Lytoceras* (?), un *Phylloceras* et un fragment d'*Oxytropidoceras*, oxycone avec fines costules falciformes.
- Dans une troisième boîte subsiste une petite ammonite calciteuse, sans cloison visible, déterminée cependant « *Desmoceras* », Valanginien de Sainte-Croix.

4.2.3.2. Origine des ammonites

Il est certes bien précisé que ces ammonites proviennent des marnes à bryozoaires de L'Auberson. On n'a cependant jamais retrouvé d'ammonites pyriteuses dans les différents gisements de marnes à bryozoaires de Sainte-Croix. En outre, le biotope peu profond de ces bryozoaires, « fonds rocheux, entre —50 et —100 mètres, dans une eau calcaire où circulent des courants modérés » (WALTER, 1972), reste incompatible avec la pyritisation des coquilles d'ammonites. Il contient également de nombreux brachiopodes, spongiaires et échinides (JACCARD, 1893).

Quand on sait le peu de soin avec lequel le Dr Campiche récoltait ou faisait récolter ses collections de fossiles (cf. B. CLAVEL, ce vol.), on peut suspecter l'origine indiquée des ammonites pyriteuses. Or, CAMPICHE et DE TRIBOLET (1858), JACCARD (1871 et 1893) nous signalent l'existence d'un Albien moyen riche en ammonites pyriteuses, sur la route de la Vraconnaz, c'est-à-dire tout proche du Chalet du Marais. Dans ce secteur, c'est même l'unique niveau stratigraphique qui ait jamais livré une faune pyriteuse. Il est donc hautement probable que les ammonites pyriteuses précitées en proviennent. Dans ce contexte, *Eodesmoceras celestini*

serait un fragment usé de *Puzosia parandieri* (D'ORB.) (cf. PICTET & CAMPICHE, pl. XXXIX, fig. 2 et fig. 3 à 8); les autres fragments sont des *Latidorsella* juv., accompagnés par un petit nucleus d'*Oxytropidoceras* de l'Albien moyen.

4.2.3.3.

En conclusion, il nous semble raisonnable de ne plus utiliser l'espèce *Eodesmoceras celestini*, et surtout d'abandonner toutes les hypothèses bâties sur ces exemplaires douteux, concernant le genre *Eodesmoceras* et l'origine des Desmocératidés.

5. PALÉONTOLOGIE: COMMENTAIRES SYSTÉMATIQUES

L'ammonitofaune de l'Hauterivien neuchâtelois a fait l'objet d'une monographie exhaustive (BAUMBERGER, 1906-1910), certes déjà ancienne, mais qui par la valeur de ses analyses spécifiques et la richesse de son illustration demeure l'outil indispensable de toute révision paléontologique de cet Hauterivien. Toutefois ces ammonites n'ont été récoltées que dans la Marne d'Hauterive et BAUMBERGER ne décrit ou ne cite aucune espèce de la Pierre jaune de Neuchâtel.

La présente étude n'est pas une révision de cette faune; elle se borne seulement à l'examen des espèces biostratigraphiquement significatives recueillies dans les coupes échantillonnées et à quelques autres spécimens des collections anciennes, dont l'intérêt est essentiel pour la datation des formations.

La présentation brève des caractères majeurs d'identification n'est faite que pour clarifier la conception que nous avons des espèces et faciliter leur détermination; l'appréciation critique de leurs intérêts paléocéologique et biostratigraphique est également offerte. Enfin, la création, accompagnée de diagnose, de quelques nouveaux taxons est justifiée par l'importance de leurs supports pour l'établissement des corrélations.

5.1. Genre *Acanthodiscus* UHLIG, 1905

Espèce-type: *Ammonites radiatus* BRUGUIERE, 1789, p. 42.

Les représentants de ce genre sont très largement dominants, tant dans les récoltes effectuées au banc par banc dans les coupes de la région stratotypique que dans les populations conservées dans les collections des Musées de Genève, Lausanne, Neuchâtel et Bâle.

5.1.1 *Acanthodiscus radiatus* (BRUG., 1789)

- 1840 — *Ammonites radiatus* D'ORBIGNY, p. 110-113, pl. 26.
- 1881 — *Hoplites radiatus* NEUMAYR et UHLIG, p. 165, pl. XXXIV, fig. 2-3.
- v 1906 — *Acanthodiscus radiatus* BAUMBERGER, p. 13-18, pl. XVI, fig. 1-3, 5-7, pl. XVII, fig. 1-3, pl. XVIII, fig. 4-5.
- v 1906 — *Acanthodiscus radiatus* var. *stenonotus* BAUMBERGER, p. 19-20, pl. XVI, fig. 4, pl. XVIII, fig. 1.
- v 1940 — *Acanthodiscus radiatus* GOGUEL, p. 48-57, pl. I, pl. III, fig. 3-4.
- 1960 — *Acanthodiscus radiatus* DRUSHCHITS, p. 284-285, pl. XXVIII, fig. 1.

En dépit de l'importance des variations ontogéniques de son ornementation, cette espèce est toujours aisément déterminable et se révèle donc particulièrement fiable.

Diagnose. — Comme l'avait bien analysé GOGUEL, trois stades ontogéniques peuvent être distingués. L'ornementation typique est celle des tours moyens; des côtes internes au nombre d'une douzaine en moyenne, de fort relief et faiblement proverses réunissent des tubercules mamelonnés périombilicaux et latéraux, ces derniers étant situés sur le milieu des flancs. Les côtes externes, de tracé plus nettement proverse, naissent de bifurcations ou plus communément de trifurcations du bord externe du tubercule

latéral; quelques côtes intercalaires s'ajoutent à ce dispositif. Toutes les côtes externes se terminent par une crête margino-ventrale inclinée obliquement à 45° vers l'avant. Une bande ventrale lisse et faiblement convexe sépare les deux rangées de clavi marginaux.

Ce stade qualifié par GOGUEL d'adulte est précédé par un stade nettement «néocomitidien». L'alternance de côtes principales, tout d'abord simples, puis assez rapidement bifurquées et de côtes secondaires de longueurs inégales caractérise les tours juvéniles; les marges du ventre, dont la largeur est variable (particulièrement étroit pour la variété *stenonotus*), sont soulignées hâtivement d'une rangée de clavi d'orientation spirale comparable à ceux de *Leopoldia leopoldina*.

Les nodosités ombilicales et latérales peuvent apparaître très tôt ($H = 10$ à 20 mm).

Enfin, un stade sénile lisse, sans rapport avec la dernière cloison, succède ($D = 13$ à 15 cm) au stade tuberculé adulte; les côtes et les tubercules s'atténuent rapidement et disparaissent. La section subit également une modification caractéristique; la hauteur excède alors sensiblement l'épaisseur et le ventre s'arrondit. Cette section subpolygonale à subtrigone-ovoïde est significative de ce stade et permet de distinguer les spécimens d'*Acanthodiscus* et de *Leopoldia* de développements ontogéniques comparables.

Caractères propres aux individus boréaux. — Des trois caractères admis par GOGUEL comme représentatifs des échantillons d'Allemagne du Nord (position très externe des tubercules latéraux, ventre particulièrement large, relief et galbe arrondi des nodosités marginales), seuls les deux derniers, communs au spécimen d'Osterwald (Basse-Saxe) et à celui de Stadthagen (collection de l'Institut Dolomieu, Grenoble) paraissent dignes d'être retenus. En effet, la position du tubercule latéral est normale sur l'échantillon figuré par NEUMAYR & UHLIG et la section dessinée par GOGUEL exagère notablement ce trait. En outre, la présence d'individus de section particulièrement large est reconnue dans le Jura, notamment à Cressier (BAUMBERGER, fig. 80), où nous avons également repéré ce morphotype B dans le niveau 14, affleurant au sommet de la marnière.

Répartition géographique. — Cette espèce est diversement représentée selon la situation paléogéographique de ses gisements.

- Sur les plate-formes néritiques (milieu circalittoral), les conditions paléoécologiques lui étaient particulièrement favorables et sa fréquence est maximale; ainsi, elle abonde dans la formation 13 (COTILLON, 1971) de l'Arc de Castellane (plateforme provençale) et dans la «Marne calcaire bleue» de la bordure orientale du Bassin de Paris.
- Sur les talus externes hémipélagiques des plate-formes provençale, cévenole et subalpine, on rencontre cette espèce, soit fréquente dans des niveaux glauconieux, condensés et d'épaisseur décimétrique (Le Muret, Isère; Chabrières, Alpes de Haute-Provence), soit dispersée et rare sur une épaisseur plus ou moins grande de sédiments (Ardèche, Gard), répartition sous le contrôle évident du taux de sédimentation.
- Enfin, dans les bassins pélagiques (bathyal), le nombre des individus est toujours faible et de répartition verticale très limitée; le bassin vocontien (THIEULOY, 1977) et celui de Basse-Saxe en sont de bons exemples, l'espèce étant même absente en Angleterre. Mais, cette rareté n'est pas un obstacle insurmontable, puisque une recherche patiente débouche toujours sur la collecte de quelques individus, comme l'ont vérifié THIEULOY dans ses coupes vocontiennes et les géologues allemands avec une dizaine de spécimens bien repérés stratigraphiquement.

La région neuchâteloise avec ses gisements du Landeron, de Cressier et d'Hauterive, appartiennent typiquement au domaine de la plate-forme jurassienne: nos récoltes y sont instructives quant à la répartition d'*Acanthodiscus radiatus* dans la Marne bleue. L'espèce est abondante dès la base des marnes bleues homogènes; ainsi, le spécimen N° 2418 (Muséum de Bâle, coll. Baumberger) de la marnière de Cressier est accompagné d'une étiquette manuscrite de BAUMBERGER, portant la mention très explicite: «direkt über dem Limonit». Elle est ensuite fréquente tout le long de la séquence marneuse jusqu'au contact des marnocalcaires qui annoncent le faciès Pierre jaune de Neuchâtel. La présence d'un morphotype épais dans un niveau élevé (14 à Cressier) est d'interprétation évolutive hasardeuse en raison du nombre insuffisant des représentants de ce transient.

Attribution stratigraphique. — Depuis longtemps déjà (KILIAN, 1895; PAQUIER 1900), *A. radiatus* est utilisé comme marqueur de la première zone de l'Hauterivien mésogéen et l'historique de la conception de cette unité stratigraphique a été récemment dressé (THIEULOY, 1977); mais de multiples critiques ont été formulées sur le choix de ce taxon et reposent:

- sur la faible représentation de l'espèce dans le bassin vocontien et celui de Basse-Saxe;
- sur son absence totale en Angleterre;
- sur son utilisation délicate en Allemagne, puisque l'apparition d'*A. radiatus* se situe dans la zone à Noricum (QUENSEL, 1988), qui ne correspond pas à la base de l'étage Hauterivien en Allemagne du Nord;
- sur une possibilité de décalage entre l'apparition de l'espèce sur les plate-formes (milieu naturel d'évolution) et dans les bassins, où son existence s'expliquerait par une immigration passagère à un moment quelconque de la range-zone de *radiatus*.

Cet ultime argument ne nous paraît pas convainquant, car les phénomènes de spéciation et de migration paraissent contemporains et liés à des événements paléogéographiques et sédimentologiques de grande ampleur; les retards dus aux migrations ou aux adaptations à des conditions écologiques particulières sont négligeables au regard de la signification temporelle d'une zone, qui est de l'ordre du million d'années. Enfin, l'adoption d'*Endemoceras amblygonium*, espèce boréale la plus apte à se substituer à *A. radiatus*, présente à notre sens deux graves inconvénients:

- son absence totale non seulement en domaine mésogéen, mais également dans la région stratotypique,
- et son évidente situation à un niveau homologue de la zone à *Callidiscus* du Valanginien sommital.

Ainsi s'explique la présence des *A. radiatus* boréaux en un point moyen de la représentation dans le temps du genre *Endemoceras*. Il en est de même dans le domaine mésogéen par rapport à la répartition du genre *Teschenites*, homologue téthysien du genre *Endemoceras*.

En tout état de cause, *Acanthodiscus radiatus* se révèle être le meilleur marqueur pour une définition aussi pratique que possible de la base de l'Hauterivien.

Toutefois, subsiste le problème de l'ampleur de la zone à *Radiatus* dans la région stratotypique; à Cressier, où Calcaire roux valanginien et Marne bleue d'Hauterive sont en contact stratigraphique sans intercalation apparente de Marnes à *Astieria*, *A. radiatus* est présent sur toute l'épaisseur des marnes bleues homogènes ou noduleuses (Cressier, niveaux 2 à 14). Son extension paraît donc plus importante que partout ailleurs. Ce phénomène traduit soit un taux de sédimentation particulièrement élevé sur la plate-forme jurassienne durant ce chron, soit un surdéveloppement de la range-zone de l'espèce dans un contexte paléocéologique favorable, en débordant ainsi sur les strates caractérisées en domaine vocontien par *Crioceratites loryi*.

Or, nous avons retrouvé dans les collections du Muséum de Neuchâtel le *Criocère* cité en 1907 par SCHARDT et provenant d'un sondage effectué à Vauseyon près de Neuchâtel. Nous pouvons l'attribuer au groupe *loryi* et son lithofaciès indique nettement son appartenance à la Marne bleue; malheureusement, ce spécimen est jusqu'alors unique pour l'Hauterivien jurassien et son niveau stratigraphique reste imprécis.

Il est donc possible que les range-zones de *radiatus* et de *loryi* se recouvrent partiellement dans la région stratotypique, sans incidence d'ailleurs sur la réalité et la définition de la zone à *Loryi* en domaine mésogéen.

5.1.2. *Acanthodiscus pseudoradiatus* BAUMBERGER, 1906

Pl. 2 fig. 1

- v 1906 — *Acanthodiscus pseudoradiatus* BAUMBERGER p. 20-22, pl. XVIII, fig. 3 (lectotype), pl. XIV, fig. 4.
- v 1907 — *Acanthodiscus* cf. *ottmeri* BAUMBERGER, pl. XXII, fig. lab.
- v 1910 — *Acanthodiscus* cf. *ottmeri* BAUMBERGER, pl. XXXIII, fig. 2ab.
- v 1940 — *Acanthodiscus ottmeri* GOGUEL, pp. 18-20, pl. II.

Diagnose. — L'espèce est caractérisée par l'apparition tardive de l'ornementation trituberculée; en effet, jusqu'au diamètre moyen de 65 mm, la costulation néocomitidienne ne porte que des tubercules ombilicaux

à la base des côtes principales et des clavi margino-ventraux à l'extrémité des côtes externes. Puis apparaît l'ornementation de type *radiatus*, dont le relief est toutefois un peu plus faible; l'amorce du stade sénile lisse se fait de la même façon et au même diamètre que chez *A. radiatus*. Enfin, les clavi présentent une orientation sensiblement plus longitudinale, d'un style léopoldien.

Relation avec *A. ottmeri* (NEUMAYR & UHLIG, 1881)

BAUMBERGER, créateur de l'espèce jurassienne, a dû penser que celle-ci était bien différente de l'espèce germanique, puisqu'il n'a pas estimé nécessaire de préciser leurs rapports; par contre, KILIAN & REBOUL (1915) puis GOGUEL (1940) ont admis leur synonymie.

L'appréciation des caractères d'*ottmeri* ne peut désormais se faire que sur les figures de NEUMAYR & UHLIG, puisque le matériel a été détruit durant la dernière guerre.

Au stade trituberculé, *A. pseudoradiatus* se distingue d'*ottmeri* par son ornementation moins vigoureuse et son ombilic un peu plus étroit, bien que des variations importantes puissent être notées à ce niveau de développement, lorsqu'on possède une population suffisante.

Mais les différences sont plus significatives pour le stade juvénile; le tour interne d'*ottmeri*, visible sur le spécimen de la planche XXXIV de NEUMAYR & UHLIG, présente une trifurcation exceptionnellement basse (péri-ombilicale) de la côte interne et si l'on admet la fidélité de cette reproduction, ce caractère est particulier à l'espèce germanique. C'est vraisemblablement pour cette fasciculation que NEUMAYR & UHLIG, rapportèrent l'échantillon de Kirchwehren (Basse-Saxe) de la planche XXXV aux tours internes d'*ottmeri*.

Nous pensons toutefois que ce spécimen, choisi par KILIAN (1895) pour type du nouveau taxon *frantzi*, pourrait être un représentant du genre boréal *Endemoceras*, particulièrement fréquent dans les mêmes niveaux.

Répartition géographique et stratigraphique. — La fréquence de cette espèce est voisine de celle d'*A. radiatus*. Elle est rare dans le bassin vocontien, mais bien connue sur la plate-forme provençale et dans le Jura (Cressier, Le Landeron).

Acanthodiscus pseudoradiatus débute dès la base de la Marne bleue, paraît particulièrement fréquente dans des niveaux peu élevés de la zone à *Radiatus* (niveau 6 à 9 de la coupe LP du Landeron) et sa disparition précède celle d'*A. radiatus*. Un exemplaire de cette espèce provenant du Landeron, existe dans la collection Pictet du Muséum de Genève; nous l'avons figuré Pl. 2, fig. 1. Il avait été antérieurement attribué à *Neocomites neocomiensiformis* (UHLIG).

5.1.3. *Acanthodiscus vaceki* (NEUMAYR et UHLIG, 1881)

Pl.1, fig. 3

- 1881 — *Hoplites vaceki* NEUMAYR & UHLIG, p. 37-38, pl. LVI, fig. 2.
v 1906 — *Acanthodiscus vaceki* BAUMBERGER, p. 24-28, texte-fig. 91-93, pl. XIV, fig. 5 (= *A. baumbergeri* KILIAN, 1915, p. 259).
v 1907 — *Acanthodiscus vaceki* BAUMBERGER, p.1-10, texte-fig. 96, 99, pl. XX, fig. 1-2, pl. XIX, fig. 1-2, pl. XXIV, fig. 1.
v 1940 — *Acanthodiscus vaceki* GOGUEL, p. 20-23, texte-fig. 12-13.

Diagnose. — Le mode évolutif spécial de la costulation distingue parfaitement cette espèce; à chaque tubercule du bord ombilical correspond une côte principale possédant également un tubercule latéral placé haut sur le flanc et un tubercule marginal externe. Les côtes principales sont denses, flexueuses, proverses du côté externe et leur tuberculation est tardive.

Des variations intraspécifiques se manifestent toutefois:

- dans la précocité du stade trituberculé; ainsi le morphotype «*baumbergeri*» KILIAN, 1915, peut être interprété comme une forme à stade tuberculé tardif;
- dans la largeur de la bande siphonale; l'échantillon décrit par BAUMBERGER sous le nom d'*A. «hystrix»* (pl. XXII, fig. 2) serait un morphotype à bande siphonale étroite et à tubercules siphonaux volumineux rappelant le mode ornemental du genre boréal *Distoloceras*.

Répartition géographique et stratigraphique. — Cette espèce dont le type est de Basse-Saxe, est commune dans l'Arc de Castellanne et dans le Jura (Le Landeron, Neuchâtel). Deux spécimens ont été récoltés dans la coupe FL du Landeron et leur patine faiblement ocrée, qui traduit l'influence de l'imprégnation ferrugineuse due à l'altération du Calcaire roux, permet de les situer dans un niveau basal de la Marne bleue (niveau FL 6).

5.1.4. *Acanthodiscus rebouli* KILIAN, 1915

- v 1908 — *Hoplites euthymi* BAUMBERGER, p. 10-16, pl. XXI, fig. 1.
- 1915 — *Acanthodiscus rebouli* KILIAN, p. 259.
- v 1965 — *Acanthodiscus twannensis* BUSNARDO & GUILLAUME, p. 130-134, texte-fig. 1, pl. I, fig. 2.

Diagnose. — Les caractères distinctifs de cette espèce sont les suivants:

- trituberculation précoce;
- bifurcation régulière des côtes externes au niveau du tubercule latéral, si bien qu'elle possède jusqu'au diamètre de 120 mm exactement deux fois plus de clavi margino-ventraux que de tubercules latéraux;
- relief moindre d'au moins une des deux côtes secondaires;
- bande siphonale exceptionnellement large rappelant celle des *A. radiatus* allemands.

Répartition géographique et stratigraphique. — Deux individus récoltés dans la Combe de Cressier (J 14591, Bâle, BAUMBERGER, pl. XXI, fig. 2 et collection de Neuchâtel), indiquent nettement par leur composition marneuse bleuâtre leur appartenance à la Marne bleue de l'Hauterivien basal. Cette position stratigraphique est d'ailleurs confirmée par deux spécimens grenoblois, l'un découvert par THIEULOY (1977, pl. 7, fig. 10) dans un gisement drômois, l'autre de la Martre (Var), tous deux de la zone à *Radiatus*.

5.1.5. Remarques phylogéniques

L'examen de l'abondante population d'*Acanthodiscus* jurassiens nous permet d'affiner le schéma évolutif proposé par THIEULOY (1977, p. 120) pour les constituants habituels de la zone à *Radiatus*. Il est confirmé que les genres *Leopoldia* et *Acanthodiscus* sont deux groupes frères liés par la possession en commun d'un caractère apomorphe: la double rangée de clavi margino-ventraux. La souche pourrait être un Néocomitide à clavi peu étirés longitudinalement, à côtes principales peu différenciées et à côtes intercalaires assez longues et de relief comparable, issu du genre *Teschenites*. Un individu récolté au Landeron (LP 7) serait encore proche de ce type ancestral, qui dériverait aisément soit vers le groupe *leopoldina* par étirement spiralé des clavi et renforcement des côtes principales de plus en plus distantes (BAUMBERGER, pl. IV, fig. 2), soit vers le groupe *pseudoradiatus* comme l'illustre l'individu de Champ du Moulin (pl. XIV, fig. 4). *Acanthodiscus radiatus* résulte naturellement d'une trituberculation des côtes principales, gagnant peu à peu les tours internes selon un processus palingénétique. L'élargissement de la bande siphonale pourrait constituer une acquisition ultérieure, se manifestant d'ailleurs dans une autre lignée (*A. rebouli*).

5.1.6. Statistiques

Le nombre suffisamment élevé d'*Acanthodiscus* examiné (281) dont 261 formes déterminables spécifiquement autorise un examen statistique des espèces répertoriées. Le tableau ci-dessous est particulièrement instructif.

A. radiatus est largement dominante puisqu'elle représente les deux tiers de l'ensemble. Cette constatation conforte encore, s'il était nécessaire, le fait que cette espèce ait été choisie en tant qu'index zonal de la base de l'Hauterivien.

A. pseudoradiatus atteint presque le quart de la population.

A. vaceki et *A. rebouli* sont déjà rares.

Quant aux quatre dernières, leur originalité et leur unicité en font des formes exceptionnelles, voire des monstruosités de l'évolution.

Espèces	Collections antérieures	Nos récoltes	Total par espèces	% relatif des espèces
<i>A. radiatus</i>	160	14	174	66,66%
<i>A. pseudoradiatus</i> (+ «ottmeri»)	54	8	62	23,75%
<i>A. vaceki</i>	13	2	15	5,74%
<i>A. rebouli</i>	5	—	5	1,91%
<i>A. stenonotus</i>	2	—	5	1,91%
<i>A. wallrathi</i>	1	—		
<i>A. rollieri</i>	1	—		
<i>A. bernensis</i>	1	—		
Total	237	24	261	
<i>A. sp. ind. ou juv.</i>	8	12	20	

5.2. Genre *Breistrofferella* THIEULOUY, 1971

Espèce-type: *Ammonites castellanensis* d'Orbigny, 1840, p. 109-110, pl. 25, fig. 3-4.

Cette espèce n'est pas fréquente dans les collections suisses (Genève, Lausanne, Neuchâtel et Bâle) et la dizaine d'individus déterminables provenaient d'Hauterive, de la Combe de Cressier et du Landeron; BAUMBERGER n'a d'ailleurs pas figuré d'échantillons jurassiens de cette forme, qu'il ne devait pas considérer comme communément représentative de l'Hauterivien neuchâtelois. Nos propres récoltes reflètent cette situation, puisqu'elles ne font état que d'un unique spécimen, appartenant d'ailleurs au type à costulation vigoureuse: *B. varappensis* (BAUMB., 1906) et recueilli dans le niveau 6 de la coupe LA (butte de tir au fusil du Landeron) quelques décimètres seulement sous la barre de calcaires jaunâtres (Zone marno-calcaire) qui annoncent la mise en place du faciès Pierre jaune.

Position stratigraphique. — En domaine vocontien (THIEULOUY, 1977), où le genre est relativement bien représenté, tous les individus de *B. castellanensis* et *B. varappensis* ont été recueillis dans la zone à *Radiatus* et leur acrozone paraît débiter postérieurement à celles des *Acanthodiscus*. On pourrait donc en déduire que la partie sommitale des calcaires noduleux de la coupe du Landeron appartient encore à la zone à *Radiatus*, mais plus probablement à la zone à Loryi.

5.3. Genre *Leopoldia* MAYER-EYMAR, 1887

Espèce-type: *Ammonites leopoldinus* D'ORBIGNY, 1840, p. 104-105, pl. 22, fig. 1-3.

Ce genre est communément représenté aussi bien dans les collections anciennes, où 22 spécimens peuvent lui être attribués, que dans nos propres récoltes. Le domaine de la plate-forme jurassienne est l'une des régions, dont l'environnement paléoécologique et paléogéographique lui fut favorable. En 1906, BAUMBERGER débute son mémoire par l'étude de diverses formes du genre *Leopoldia* qu'il pense pouvoir distinguer essentiellement sur le degré de fragmentation de la ligne cloisonnaire et la dissymétrie du lobe latéral. D'autres sont séparées sur de faibles variations du galbe ou l'effacement plus ou moins précoce et total de la costulation. Mais en 1910, des compléments intéressants furent apportés, traduisant l'embarras de cet éminent paléontologiste sur la définition des formes oxycones les plus évoluées et la distinction des genres *Leopoldia* et *Saynella*. Il est donc nécessaire de préciser l'acception que nous avons de la définition de ces deux genres. En outre, *Leopoldia renevieri* BAUMBERGER, 1905, par ses traits morphologiques et ornementaux, occupe une place si particulière dans cet ensemble qu'un statut subgénérique lui sera réservé.

5.3.1. Sous-genre *Leopoldia* MAYER-EYMAR, 1887

Diagnose subgénérique. — Coquille planulée à discoïde, taille moyenne à grande; O/D = 0,20 à 0,30; région ventrale subrectangulaire à arrondie.

Tours juvéniles ornés de côtes principales issues de tubercules ombilicaux et de côtes intercalaires courtes, se terminant toutes sur des clavi marginaux étirés longitudinalement.

Tours adultes lisses, perdant plus ou moins tôt leurs clavi marginaux et acquérant de ce fait une section ventrale arrondie.

Lobe latéral dissymétrique, très largement ouvert.

5.3.1.1. *Leopoldia leopoldina* D'ORBIGNY, 1840

- 1840 — *Ammonites leopoldinus* D'ORBIGNY, p. 104-105, pl. 22, fig. 1-3.
v 1906 — *Leopoldia leopoldi* BAUMBERGER, p. 28-32, pl. IV, fig. 1-2.
? 1907 — *Hoplites leopoldi* KARAKASCH, p. 76-80, pl. X, fig. 8, 21, pl. XII, fig. 7.
v 1910 — *Hoplites leopoldi* BAUMBERGER, p. 20-24, pl. XXXI, texte-fig. 157-159.
1960 — *Leopoldia leopoldi* DRUSHCHITS, p. 285, pl. XXVIII, fig. 3.
v 1977 — *Leopoldia leopoldina* THIEULOY, p. 114-115, pl. 7, fig. 2-3.

Diagnose. — Coquille discoïde à ombilic étroit ($O/D = 0,19$ à $0,25$), à section ovoïde élancée, à flancs faiblement mais régulièrement convexes.

Tours juvéniles de section subrectangulaire, ornés de côtes principales issues de nodules ombilicaux, tout d'abord denses, puis plus espacées et séparées par des côtes intercalaires (1 à 4) courtes, toutes s'achevant sur le bord ventral par des clavi marginaux étirés. Une bande ventrale peu bombée est ainsi nettement délimitée. Les figures 1 et 2 de la planche IV de BAUMBERGER (1906) sont de bonnes illustrations de ce stade ontogénique.

Tours externes de section ventrale régulièrement arrondie, lisses; seuls subsistent les clavi marginaux (jusqu'à $H = 55$ mm) et les nodules ombilicaux (jusqu'à $H = 75$ mm).

Lobe latéral dissymétrique plus large que haut, à incisions simples et peu profondes.

Position stratigraphique. — L'espèce est commune, sans toutefois atteindre la fréquence des *Acanthodiscus*, dans les coupes inventoriées au banc par banc de la marnière de Cressier et des environs du Landeron. La répartition des spécimens ne paraît pas très différente de celle des *A. radiatus*; on les rencontre en effet toujours associés dans la Marne bleue et les calcaires noduleux; on peut cependant noter que les niveaux les plus inférieurs de la Marne bleue (Cressier 2 à 4) n'en ont pas livré et cette absence rappelle celle constatée par THIEULOY (1977) dans la partie basale de la zone à *Radiatus* du domaine vocontien, où l'apparition et l'acmé de *L. leopoldina* se situent toujours une dizaine de mètres au-dessus de ceux des *Acanthodiscus*.

Toutefois, cette espèce doit être considérée comme un élément majeur des peuplements de plate-forme, caractéristique de la zone à *Radiatus*.

5.3.1.2. *Leopoldia levigata* n. sp.

- v 1906 — *Hoplites* aff. *desmoceroides* BAUMBERGER, p. 2-4, pl. XIV, fig. 1-2.
v 1910 — *Hoplites* cf. *desmoceroides* BAUMBERGER, p. 17-20, pl. XXXII, fig. 4, pl. XXXIII, fig. 1.

Holotypus. — Le spécimen figuré par BAUMBERGER (1910) planche XXXII, fig. 4 ab, texte-fig. 154 (sous la dénomination aff. *desmoceroides*) et conservé à l'Institut de Géologie de l'Université de Neuchâtel (Suisse) sous le numéro M 18.

Locus typicus. — Hauterive, près de Neuchâtel.

Stratum typicum. — Marne bleue d'Hauterive: Hauterivien inférieur, zone à *Radiatus*.

Derivatio nominis. — Du latin *levigatus* (p. p. de *levigo*) = rendu lisse par effacement précoce de l'ornementation.

Diagnose. — *Leopoldia* caractérisée par une section épaisse ($E/H = 0,67$ à $0,74$), primitivement subrectangulaire, puis plus ovoïde et massive à flancs et ventre régulièrement arrondis, par le mur ombilical élevé et subvertical, par l'effacement précoce de la costulation latérale et par l'affaissement assez rapide des clavi marginaux ($D = 100$ à 120 mm), toujours de faible relief.

Ligne de suture à lobe latéral néocomitidien, faiblement asymétrique et finement découpé (BAUMBERGER, 1906, p. 3, texte-fig. 51-52 et 1910, pl. XXXII, fig. 4a).

Mensurations de quelques spécimens représentatifs

	Dmax	Dmes	H	E	E/H	O	O/D
Le Landeron (Suisse), coll. Biel, pl. XIV, fig. 1 in BAUMBERGER	108	—	50	37	0,74	24	0,22
Cressier (Suisse), coll. Wallrath, pl. XIV, fig. 2 in BAUMBERGER	112	—	47	34	0,72	22	0,20
Hauterive (Suisse), coll. de Montmollin, pl. XXXII, fig. 4 in BAUMBERGER = Holotype	124	—	57	41	0,71	26	0,21
Twann (Suisse), coll. Baumberger	164	—	70	49	0,70	41	0,25
Neuchâtel (Suisse), coll. Gressly, pl. XXXIII, fig. 1 in BAUMBERGER	175	—	73	51	0,69	50	0,29
Peyroules (Alpes-de-Haute-Provence), coll. Thieuloy	210	—	89	66	0,74	57	0,27
		158	70	49	0,69	36	0,22
Peyroules (Alpes-de-Haute-Provence), coll. Thieuloy	220	160	68	47	0,69	44	0,27

Affinités. — *Leopoldia leopoldina*, qui possède un rapport E/H compris entre 0,65 et 0,60 pour une taille n'excédant pas 150 mm, une section encore plus élancée au stade adulte (0,55), une ornementation bien développée et un lobe latéral très dissymétrique et largement béant vers l'avant, se distingue nettement de notre nouvelle espèce.

L. remanei n. sp., de section assez voisine, en est également différente par la vigueur et la longévité de sa tuberculation.

Enfin, une mention toute particulière doit être accordée à *L. desmoceroïdes*, taxon créé par KARAKASCH (1905) pour trois spécimens de Biassala (Crimée) et auquel on rapporta généralement les représentants de cette nouvelle forme.

Les mesures fournies par l'auteur indiquent que l'espèce russe possède une section élevée à flancs peu convexes ($E/H = 0,51$ à $0,55$) et une ornementation dont l'effacement est important et précoce. La présence de constriction flexueuses sur les flancs, apparemment peu compatibles avec la définition du genre *Leopoldia*, lui confère en outre un aspect desmocératidien, d'ailleurs souligné par son créateur; mais la réalité des clavi margino-ventraux présents sur les tours juvéniles et le nombre (2) des lobes latéraux visibles sur les flancs (L et U2) confirment bien l'appartenance de cette espèce si particulière au plexus *leopoldina*. Un échantillon grenoblois (ID 57) de Louiqui près de Castellane (Alpes-de-Haute-Provence), adulte de 280 mm de diamètre, peut être attribué à *L. desmoceroïdes*; la section élancée, le rebord ombilical oblique et la présence de quelques sillons sigmoïdes, annonciateurs du péristome, y sont significatifs.

Notons enfin que l'espèce russe provient d'une couche de grès jaunâtres sus-jacente au calcaire brun conglomératique de Biassala, qui a livré *L. leopoldina* et *Karakaschiceras biassalense*.

Répartition géographique et stratigraphique. — La nouvelle espèce est commune dans les formations plus ou moins condensées de l'Hauterivien basal de l'Arc de Castellane (Peyroules, La Martre), mais toujours dans des gisements peu propices pour l'enregistrement d'un éventuel décalage temporel par rapport au groupe *leopoldina* — *remani*.

Nous avons également reconnu cette forme au cours de l'inventaire des collections suisses; elle est présente à Neuchâtel, Hauterive, Cressier et Le Landeron. Ce sont toujours des échantillons constitués d'un calcaire marneux bleuâtre, qui témoigne nettement de leur origine stratigraphique: la Marne bleue d'Hauterive (Hauterivien inférieur: zone à *Radiatus*).

5.3.1.3. *Leopoldia remanei* n. sp.

- 1860 — *Ammonites leopoldinus* PICTET & CAMPICHE, p. 243, pl. XXXII, fig. 3.
v 1910 — Formenkreis des *Acanthodiscus ottmeri* BAUMBERGER, p. 11-15, pl. XXIX, fig. 1-2 (sol).
v 1915 — *Neocomites (Acanthodiscus?) frantzi* KILIAN & REBOUL, p. 267.

Remarques préliminaires sur le statut du taxon *frantzi*. — En 1895, le plus petit des syntypes (pl. XXXV, fig. 1) d'*Hoplites ottmeri* NEUMAYR & UHLIG (1881) est choisi par KILIAN (1895) pour support du nouveau taxon *frantzi*, que cet auteur voulait attribuer à de nombreux échantillons de Provence et notamment du gisement varois de La Martre.

Après examen de ce matériel, auquel peuvent être identifiés les deux spécimens figurés par BAUMBERGER, nous pouvons affirmer n'y avoir jamais observé la fasciculation si particulière des côtes internes du spécimen germanique. Une costulation de type *leopoldina*, d'ailleurs très atténuée latéralement, caractérise au contraire cette forme commune en Provence et dans le Jura, pour laquelle s'impose l'attribution d'une nouvelle dénomination.

Deux possibilités peuvent alors être envisagées pour le taxon *frantzi*.

- le spécimen de Kirchwehren (Basse-Saxe) représente bien, comme en étaient convaincus NEUMAYR & UHLIG, les tours internes d'*Acanthodiscus ottmeri* et le taxon disparaît alors par synonymie;
- le type germanique appartient, comme nous le pensons, au groupe boréal d'*amblygonium* et le taxon doit être traité au sein du genre *Endemoceras*. Toutefois, en raison de l'impossibilité matérielle de réexaminer ce spécimen détruit pendant la guerre, il nous paraît plus prudent d'abandonner le taxon *frantzi*.

Holotypus. — Le type désigné par BAUMBERGER (1910) planche XXIX, fig. lab et conservé à l'Institut de Géologie de l'Université de Neuchâtel (Suisse) sous le numéro M 15.

Locus typicus. — Neuchâtel (Suisse).

Stratum typicum. — Marne bleue d'Hauterive: Hauterivien inférieur, zone à *Radiatus*.

Derivatio nominis. — Espèce dédiée à M. J. REMANE, Professeur de Géologie à l'Université de Neuchâtel, animateur du groupe de révision de l'Hauterivien stratotypique.

Diagnose. — *Leopoldia* caractérisée par sa section subrectangulaire épaisse (E/H moyen = 0,68 à 0,73) à ventre plat tardivement arrondi (au-delà de D = 140 mm), par son ombilic relativement ouvert (O/D moyen = 0,25 à 0,28), par l'effacement précoce de la costulation latérale et par la vigueur exceptionnelle et la persistance des tubercules ombilicaux et des clavi marginaux, encore bien développés jusqu'à D = 150 mm. Ligne de suture à lobe latéral faiblement asymétrique (BAUMBERGER, 1910, p. 13, texte-fig. 152-153).

Affinités. — Ainsi définie, *L. remanei* se distingue de *L. leopoldina*, dont l'ombilic est plus étroit (O/D = 0,20 à 0,25), la section moins épaisse (E/H = 0,58 à 0,66) et plus précocement arrondie et dont l'ornementation est moins vigoureuse. En outre, les tours juvéniles de cette espèce et ceux d'*A. pseudoradiatus* sont assez comparables, mais celui-ci acquiert toujours une ornementation trituberculée au diamètre moyen de 65 mm.

Répartition géographique et stratigraphique. — Cette espèce paraît caractériser les faciès de plate-forme, puisqu'elle n'est jusqu'alors connue qu'en Provence et dans le Jura; dans ce dernier domaine, elle fut récoltée à Neuchâtel (coll. de Montmollin), à Cernier (coll. Schardt) et à Sainte-Croix (coll. Campiche), toujours en provenance de la formation de la Marne bleue d'Hauterive. *L. remanei* peut donc être considérée comme un nouvel élément faunique de la zone à *Radiatus*.

Mensurations

	Dmax	Dmes	H	E	E/H	O	O/D	Nombre de tuberc. ombilic.
Cernier (Suisse), coll. Schardt, pl. XXIX, fig. 2 in BAUMBERGER	80	—	32	24	0,66	19	0,23	—
Neuchâtel (Suisse), coll. de Montmollin, pl. XXIX, fig. 1 in BAUMBERGER = Holotype	90	—	41	28	0,68	20	0,22	13
La Martre (Var), coll. Thieuloy	109	91	40	32	0,80	24	0,26	13
La Martre (Var), coll. Thieuloy	117	92	42	32	0,76	23	0,25	16
La Martre (Var), coll. Guebhard, ID 46, Grenoble	125	100	48	35	0,73	28	0,28	16
La Martre (Var), coll. Thieuloy	113	—	57	42	0,73	38	0,28	—
La Martre (Var), coll. Thieuloy	160	—	65	—	—	48	0,30	20

5.3.1.4. *Leopoldia buxtorfi* BAUMBERGER, 1905. Pl. 2, fig. 3

1840 — *Ammonites leopoldinus* D'ORBIGNY, pl. 23, fig. 1-3.

v 1905 — *Leopoldia buxtorfi* BAUMBERGER, p. 33-36, pl. V, fig. 1, pl. VI, fig. 2-3, pl. VII, fig. 1, texte-fig. 8-12.

Lectotype. — Nous désignons comme lectotype de l'espèce, l'échantillon de l'Auberson, près Sainte-Croix (Suisse), figuré pl. V, fig. 1ab et conservé au Musée de Lausanne. Les syntypes des planches VI et VII sont cependant indispensables pour la définition de l'espèce, dont ils représentent les stades juvéniles.

Diagnose. — Coquille lenticulaire à ombilic étroit ($O/D = 0,13$ à $0,16$) et à mur ombilical subvertical. Section ovoïde, élancée ($E/H = 0,47$ à $0,50$) dont l'épaisseur maximale se situe au tiers interne des flancs. Région ventrale étroite, arrondie et sans méplat juvénile.

Ornementation très atténuée, constituée de nodules ombilicaux, visibles seulement sur les tours internes, et de côtes externes courtes, plates et proverses, terminées par de petits clavi marginaux. Côtes et clavi ne subsistent plus au-delà de 60 mm de diamètre.

Ligne de suture caractéristique: incisions profondes et grêles de la selle externe et du lobe latéral; grand développement de la branche externe de L provoquant un affaissement oblique du rameau interne de la selle externe et le rétrécissement de son implantation.

Remarques phylogéniques. — L'étroitesse et la convexité marquée du bord ventral ainsi que l'effacement précoce de l'ornementation, reconnus chez cette espèce, peuvent être interprétés comme des caractères évolués au sein du genre *Leopoldia*. Une accentuation de ces tendances pourrait conduire à un type plus oxycone à ornementation absente ou très fugitive qu'illustre de façon très satisfaisante *Saynella neocomiensis* (BAUMBERGER).

L'analyse de la ligne cloisonnaire de cette forme confirme cette affinité phylogénique; s'y retrouvent en effet la compression de la selle externe, le développement d'une sellette médiane à l'intérieur du lobe latéral et la divergence des racines du lobe externe.

Répartition géographique et stratigraphique. — Cette espèce n'est pas particulièrement fréquente dans le domaine jurassien, puisqu'une dizaine de spécimens des collections anciennes ont pu lui être attribués; ils proviennent de Neuchâtel, Hauterive, Cressier, Le Landeron et Sainte-Croix (L'Auberson).

Les collections grenobloises témoignent également de sa présence sur la plate-forme provençale.

Enfin, un unique mais bien caractéristique individu a été récolté en place par nous-mêmes dans le niveau 6 de la butte de tir au fusil au Landeron, soit immédiatement sous les premières couches carbonatées annonçant le faciès Pierre jaune. On peut donc penser que cette espèce possède une position élevée dans la zone à *Radiatus*; mais elle se situe plus probablement dans la zone à Loryi.

5.3.2. Sous-genre *Renevierites* n. subgen.

Espèce-type: *Leopoldia renevieri* BAUMBERGER, 1905, p. 38-39, pl. VI, fig. 1a-b

Diagnose subgénérique. — *Leopoldia* caractérisée par le galbe sublosangique de la section, dont l'épaisseur maximale se situe au milieu des flancs à double pente ($E/H = 0,53$), par la longévité exceptionnelle d'une ornementation latérale très particulière, constituée de côtes internes rigides, faiblement proverses et renflées à leur extrémité supérieure en une ébauche de tubercules, évoquant ainsi la costulation interne des *Acanthodiscus*.

L. (Renevierites) cf. renevieri BAUMBERGER, 1905. Pl. 2, fig. 5a-b

Un spécimen, représenté par un demi-tour de 118 mm de diamètre et récolté par B. WALTER à Montlebon près de Morteau (Doubs), peut être aisément rapporté à cette espèce.

La section et le rapport E/H (0,55) y sont comparables; on y reconnaît également les clavi marginaux et les côtes internes renflées sur le milieu des flancs en un tubercule modéré; tout au plus, peut-on y noter la densité plus forte de cette costulation.

L'échantillon a été recueilli en éboulis au-dessus des marnes à Serpules et Bryozoaires représentant l'Hauterivien inférieur à *A. radiatus*, mais le lithofaciès (biocalcarénite rousse) indique clairement qu'il provient de la Pierre jaune susjacente et visible en affleurement.

On peut donc penser que ce type caractérise un niveau assez élevé de l'Hauterivien inférieur (zone à Loryi), comme paraît le confirmer la notation de BAUMBERGER accompagnant l'holotype (N° A46 de Neuchâtel) et le spécimen complémentaire de Villers-le-lac (N° A19 de Neuchâtel). La «Mergelkalkzone» de cet auteur représente en effet le faciès lithologique annonciateur de la Pierre jaune.

5.4. Genre *Saynella* KILIAN, 1910

Espèce-type: *Ammonites clypeiformis* D'ORBIGNY, 1841, p. 137-138, pl. 42, fig. 1-2

Diagnose générique. — Coquille discoïde à lenticulaire; section élancée (E/H moyen = 0,45) à flancs faiblement convexes et à région ventrale étroite arrondie à oxycone sans méplat juvénile. Omphalic étroit ($O/D = 0,14$ à $0,10$), infundibuliforme à rebord anguleux.

Ornementation juvénile constituée de côtes falciformes sans tubercules omphalicaux ni clavi siphonaux; tours moyens et adultes lisses.

Ligne cloisonnaire bien caractérisée par un lobe externe peu profond, une selle externe haute à ramifications grêles et par un lobe latéral large, très dissymétrique et à sellette médiane développée.

5.4.1. *Saynella neocomiensis* (BAUMBERGER, 1905)

v 1905 — *Leopoldia neocomiensis*, BAUMBERGER, p. 44-47, pl. IX, fig. 1-2.

v 1910 — *Leopoldia neocomiensis*, BAUMBERGER, p. 24-31, texte-fig. 162.

Lectotypus designatus. — Le spécimen figuré par BAUMBERGER (1905) planche IX, fig. 2 et conservé à l'Institut de Géologie de l'Université de Neuchâtel sous le numéro A 48.

Diagnose. — Coquille discoïde caractérisée par ses flancs faiblement bombés, mais régulièrement convexes ($E/H = 0,48$ à $0,42$), par sa région ventrale étroite et arrondie, par l'absence d'ornementation et par un lobe latéral à répartition subbifide de ses lobules subdivisés en ramifications grêles et profondes.

Mensurations

	Dmax	Dmes	H	E	E/H	O	O/D
Bargème (Alpes-Maritimes), coll. Guébbard, Grenoble, ID 9	93	74	38,5	18,5	0,48	—	—
Bargème (Alpes-Maritimes), coll. Guébbard, Grenoble, ID 10	132	127	71	32	0,45	12,5	0,10
Hauterive (Suisse), coll. Coulon, pl. IX, fig. 1 in BAUMBERGER	151	144	80	37	0,46	17	0,11
Mont-Dé, Morteau (Doubs), coll. Baumberger	159	155	83	35	0,42	18	0,12
Hauterive (Suisse), coll. Neuchâtel, pl. IX, fig. 2 in BAUMBERGER = Lectotype	163	157	83	37	0,45	20	0,12
Mont-Chamblon (Suisse), coll. Schardt	219	190	101	45	0,45	22	0,11

Affinités. — *S. mucronata*, que BAUMBERGER (1910) considérait comme synonyme de *S. clypeiformis* et qui peut être attribuée au genre *Saynella*, pour l'absence de clavi siphonaux et le tracé du lobe latéral, possède comme *S. neocomiensis* une région ventrale arrondie, mais sa section est plus massive (E/H souvent > à 0,50) et ses flancs sont plus convexes.

Elle présente en outre une costulation juvénile, qui s'étale sur toute la largeur des flancs.

Répartition géographique et stratigraphique. — Cette espèce est commune tant dans l'Arc de Castellane (Bargème, Castellane, Aiglun) que dans le Jura (Cressier, Hauterive, Neuchâtel, Le Landeron, Sainte-Croix, Mont-Chamblon et Mont-Dé près Morteau), mais c'est dans ces gisements septentrionaux que sa position stratigraphique peut être repérée avec le plus de précision.

Un premier lot d'échantillons, formés de calcaires marneux grisâtres, provient d'un niveau plutôt élevé de la Marne bleue d'Hauterive, comme l'indiquent les notations portées sur les étiquettes («Hauterivien II» ou «Knollenschichten»; c'est notamment le cas du lectotype A 48 d'Hauterive (coll. Neuchâtel), de l'individu N° 40938 de Mont-Chamblon (coll. Lausanne) ou de l'individu N° 21868 de Cressier (coll. Bâle). Les spécimens récoltés à Cressier dans les niveaux 12 et 14 et au Mont de Musiège sous le banc 48 appartiennent à cette catégorie et confirment la position de *S. neocomiensis* dans la partie sommitale de la Marne bleue d'Hauterive.

Un second lot, constitué d'individus formés de calcaires jaunâtres, provient des niveaux basaux de la Pierre jaune; c'est le cas du spécimen de Mont-Dé près Morteau et de l'individu N° 14508 du Landeron (texte-fig. N° 163), tous deux de la collection Baumberger (Bâle).

Les cinq exemplaires de cette espèce récoltés au Landeron (butte de tir au fusil, niveau LA 7) sont précisément dans cette situation stratigraphique (Zone marno-calcaire).

Cette espèce débute au sommet de la Marne bleue, personnalise vraisemblablement la zone à Loryi et se poursuit peut-être jusqu'à la base de la zone à *Nodosoplicatum*.

5.4.2. *Saynella clypeiformis* (D'ORBIGNY, 1841). Pl. 2, fig. 2 et texte-fig. 8abc et 9ab.

v 1841 — *Ammonites clypeiformis* D'ORBIGNY, p. 137-138, pl. 42, fig. 1-2.

v 1910 — *Saynella clypeiformis* BAUMBERGER, p. 24-31, pl. XXIX, fig. 5, pl. XXX, fig. 1.

v 1970 — *Saynella clypeiformis* BUSNARDO, p. 90-91, fig. 1.

Diagnose. — Coquille lenticulaire à bord siphonal tranchant, à flancs très faiblement convexes, présentant parfois jusqu'à un stade avancé (D = 150 mm) un pincement externe déterminant le galbe d'une carène; cependant les tours adultes de grande taille ont un bord siphonal émoussé (texte-fig. 8a à D = 320 mm).

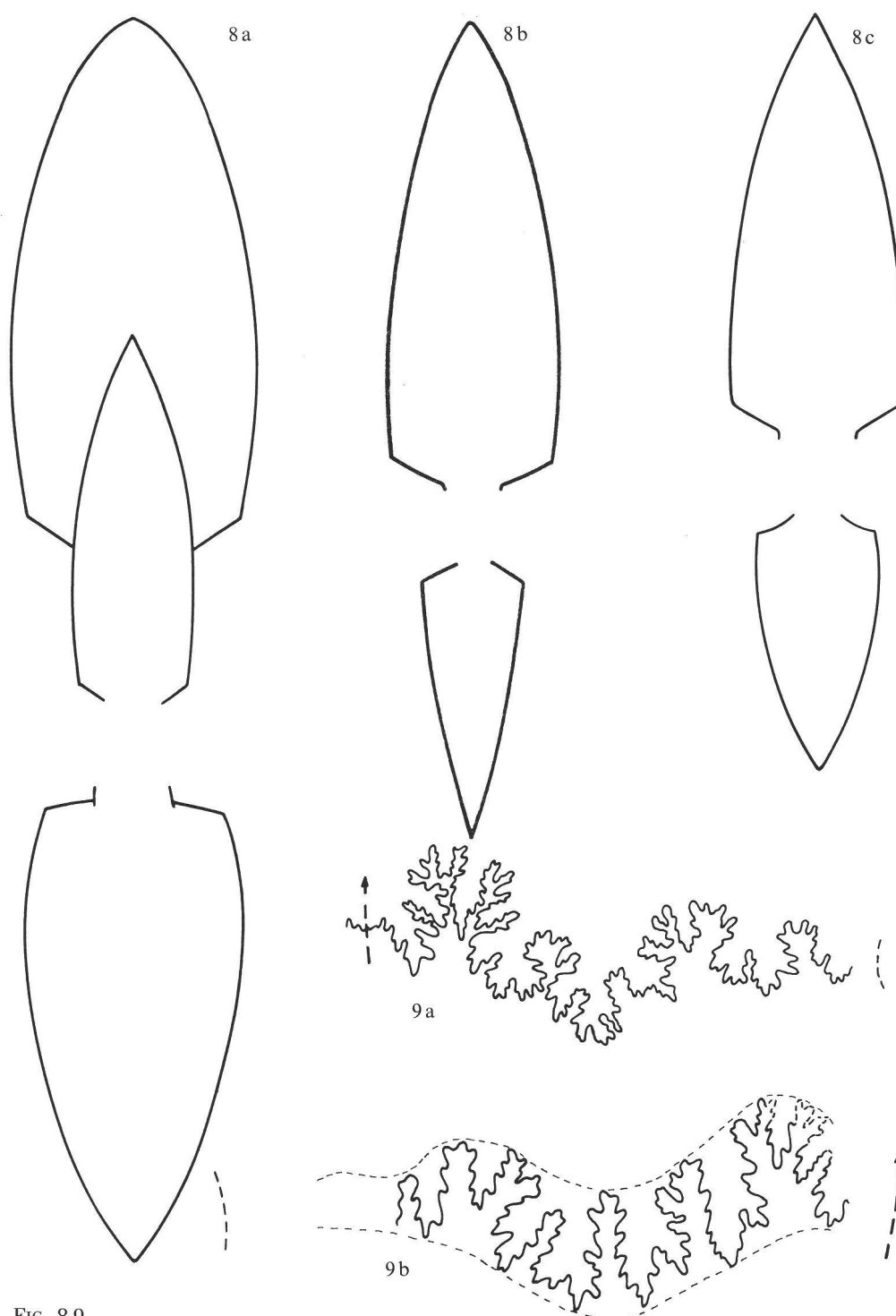


FIG. 8-9

Section particulièrement étroite ($E/H = 0,46$ à $0,30$). Costulation juvénile falciforme comportant des côtes principales et intercalaires pouvant être les unes et les autres bifurquées. Tours adultes lisses. Loge d'habitation longue d'un demi tour avec parfois des constriction. Ligne cloisonnaire caractérisée par la largeur exceptionnelle du lobe latéral à 3 lobules, dont l'externe et le médian très étalés sont séparés par une sellette de galbe primitivement quercifolié, puis spatulé à contour arrondi, et par l'espacement important des cloisons.

Mensurations

	Dmax	Dmes	H	E	E/H	O	O/D
La Martre (Var), coll. Thieuloy	70	68	35	16	0,46	—	—
Aiglun (Alpes-Maritimes), coll. Breistroffer, Grenoble, ID 1	73	—	41	18	0,44	7	0,10
Châteauneuf-de-Moustiers, les Allaves (Alpes-de-Haute-Provence), coll. Thieuloy	92	—	52	23	0,44	9,5	0,10
Châteauneuf-de-Moustiers, Issarpayes (Alpes-de-Haute-Provence), coll. Grenoble, ID 2	95	78	44	19	0,43	9	0,12
Cressier (Suisse), coll., Busnardo	96	—	51,5	22,5	0,44	—	—
Montbrun-les-Bains (Drôme), coll. Thieuloy	129	110	60	22	0,37	11	0,10
Cressier (Suisse), coll. Schardt pl. XXX, fig. 2 in BAUMBERGER	142	123	66	30	0,45	16	0,13
La Loubière (Ardèche), coll. Busnardo	160	—	90	33	0,36	16	0,10
Rougon (Alpes-de-Haute-Provence), coll. Jaubert, Grenoble, ID 4, pl. XXX, fig. 1 in BAUMBERGER	171	170	88	39	0,44	23	0,14
Salève (Haute-Savoie), coll. Favre Genève, texte-fig. 161 in BAUMBERGER	191	—	105	32	0,30	22	0,11
Escragnolles (Alpes-Maritimes), coll. d'Orbigny, pl. 42, fig. 1-2 in D'ORBIGNY = Holotype	330	—	180	50	0,28	—	—
Sampzon (Ardèche), coll. Clavel	320	—	138	60	0,43	66	0,20

Affinités. — BAUMBERGER a souvent comparé *S. hoplitoides* (BAUMBERGER, 1905, p. 47, texte-fig. 29, pl. IX, fig. 3) et *S. clypeiformis*; l'étiquette manuscrite de l'holotype d'Hauterive (coll. Neuchâtel) témoigne même d'une subordination spécifique; toutefois, *S. hoplitoides* possède une région ventrale plus arrondie, une

◀ FIG. 8-9. — *Saynella clypeiformis* (D'ORB).

FIG. 8a. — Section ($\times 0,71$) d'un grand exemplaire adulte, à $D = 320$ mm. Hauterivien inférieur, zone à *Nodosoplicatum*, Sampzon (Ardèche). Coll. B. Clavel, Université de Lyon.

FIG. 8b. — Section ($\times 1$) de l'exemplaire de la Loubière (Ardèche). Coll. R. Busnardo, Université de Lyon.

FIG. 8c. — Section ($\times 1,43$) de l'exemplaire de Cressier, niveau 12. Hauterivien inférieur, zone à *Loryi*. Coll. R. Busnardo, FSL 109686.

FIG. 9a. — Suture cloisonnaire ($\times 1,8$) de l'exemplaire de Cressier, à $H = 50$ mm.

FIG. 9b. — Suture cloisonnaire usée ($\times 1,15$) de l'exemplaire de Sampzon, à $H = 105$ mm.

section plus épaisse ($E/H = 0,52$) et une ornementation faite de côtes devenant de plus en plus larges et aplaties. Pour ces traits bien particuliers, *S. hoplitoides* mérite d'être distinguée spécifiquement de *S. clypeiformis*.

Répartition géographique et stratigraphique. — La présence de *S. clypeiformis* est commune dans plusieurs régions du Sud-Est français (Baronnies, Ardèche, Gard, Arc-de-Castellane), y compris dans les gisements du domaine vocontien; on la rencontre au sein de séries normalement stratifiées, où sa position stratigraphique peut être connue avec exactitude; ainsi, à Montbrun-les-Bains (Drôme), aux Allaves et au Pont-de-Carajuan (Alpes-de-Haute-Provence), à Vernassal (Gard) et à Sampzon (Ardèche), elle est associée aux ammonites de la zone à *Nodosoplicatum*. En fait, là où les documents sont les plus nombreux (Ardèche), *S. clypeiformis* apparaît avant le début de la zone à *Nodosoplicatum* et disparaît avant la fin de celle-ci.

Cette espèce est également bien représentée dans le Jura; elle est citée de Cressier (J 21865, coll. Bâle), du Landeron (J 14603, coll. Bâle), du Mont-Salève (coll. Genève et Lausanne), de Villers-le-Lac (N° 866, coll. Genève) et du Mont-Chamblon (coll. Lausanne).

Certains de ces échantillons sont constitués d'un calcaire marneux grisâtre (J 21865) et proviennent d'un niveau élevé de la Marne bleue d'Hauterive, situation confirmée par l'individu récolté par nous-mêmes dans le niveau 12 de la marnière de Cressier; mais le lithofaciès jaunâtre des autres (Salève, Villers-le-Lac) indique que leur gisement devrait se situer dans la Pierre jaune.

Enfin, les indications accompagnant trois fragments carénés du Mont-Chamblon (coll. Paris, Lausanne) suggèrent qu'ils proviennent de l'horizon des Marnes d'Uttins.

Ainsi, *S. clypeiformis* est présente dans la partie supérieure de la zone à Loryi et à la base de la zone à *Nodosoplicatum*.

5.5. Genre *Lyticoceras* HYATT, 1900

Espèce-type: *Ammonites cryptoceras* D'ORBIGNY, 1840, p. 106-108, pl. 24.

Cinq échantillons ont pu être rapportés à ce genre évolué de Néocomitide, dont la position stratigraphique est parfaitement repérée dans les séries vocontiennes, cévenoles et provençales du Sud-Est de la France; trois ont été trouvés en collections anciennes et deux autres ont été récoltés en place au cours de l'année 1980.

5.5.1 *Lyticoceras* sp. inc.

Pl. 3, fig. 3

Ce spécimen N° 1887 de la collection PICTET (Genève) est une coquille presque complète ($D = 198$, $H = 45$, $E/H = 0,70$, $O = 77$, $O/D = 0,38$) possédant un large ombilic, une section massive à ventre arrondi et présentant sur l'ultime quart du dernier tour conservé, correspondant d'ailleurs au début de la loge d'habitation, quelques nodosités margino-ventrales, significatives de sa position systématique.

L'étiquette manuscrite, qui l'accompagne, porte la détermination « *Ammonites (Hoplitès) cryptoceras* D'ORB. »; elle est en partie justifiée, mais on peut toutefois émettre une réserve sur l'attribution spécifique, compte tenu de la médiocre conservation.

Il provient du Landeron et il est constitué d'un calcaire jaunâtre, indiquant que son point de récolte doit se situer au sein de la Pierre jaune.

5.5.2. *Lyticoceras* aff. *salevense* (KILIAN, 1895)

Le spécimen N° 62 (musée de Lausanne) appartient à un lot de fossiles récoltés « au Nord-Est du Mont-Chamblon dans une couche de marnes », ainsi que le précise la lettre du collecteur M. A. COURVOISIER adressée à M. RENEVIER et datée du 11 mai 1903. Il provient donc, selon toute vraisemblance de l'horizon des Marnes d'Uttins et le lithofaciès de marnes jaunes, dont il est formé, ne contredit pas cette hypothèse.

5.5.3. *Lyticoceras* sp. inc.
Texte-fig. 10

Il s'agit d'un fragment d'ammonite cassée obliquement. Il est donc difficile d'en restituer correctement la section. La hauteur du fragment atteint 42 mm, mais la hauteur réelle est un peu supérieure à cette valeur. Le bord ventral n'est pas aigu, ainsi qu'on peut le percevoir faiblement dans le tour interne; la section semble assez épaisse avec un rapport E/H de l'ordre de 0,48. On ne distingue pas de costulation. Par contre, la suture cloisonnaire bien visible (fig. 10) montre un lobe latéral large et dissymétrique rappelant celui des *Lyticoceras*.

Cette ammonite a été trouvée par A. MOUTY au sommet de la Pierre jaune à Confort (Ain).

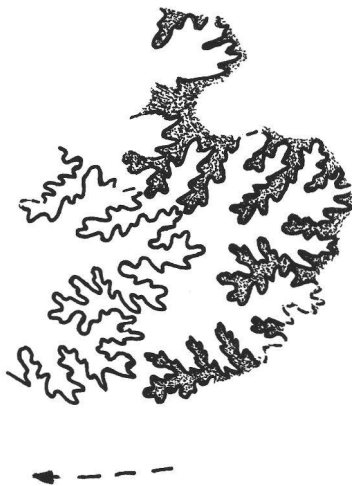


FIG. 10. — Suture de *Lyticoceras* sp. ($\times 3$); Confort, sommet de la Pierre Jaune. Coll. Mouty.

5.5.4. *Lyticoceras* sp. juv. gr. *cryptoceras* (D'ORBIGNY)
Pl. 2, fig. 4

Un demi-tour d'un individu juvénile (Université de Lyon, FSL 109893) de 25 mm de diamètre a été récolté en juin 1980 dans un niveau de marnes jaunes (= horizon 4 de JORDI, 1955), situé presque au milieu de la séquence des Marnes d'Uttins (= «Marnes à *Eudesia*» des anciens auteurs suisses), visibles en affleurement dans la carrière ouverte à l'extrémité orientale du Mont-Chamblon. Sa costulation est bien celle d'un Néocomitide évolué présentant dès ce stade les chevrons ventraux et les petites nodosités margino-ventrales, si caractéristiques du genre *Lyticoceras*.

Attribution stratigraphique. — Le genre *Lyticoceras* est l'élément significatif majeur de la faune d'une unité biostratigraphique élevée de l'Hauterivien inférieur: la zone à *Nodosoplicatum*; ce matériel permet ainsi d'attribuer à l'Hauterivien inférieur et plus précisément à la zone à *Nodosoplicatum* toute la partie inférieure de la formation de la Pierre jaune de Neuchâtel, y compris l'horizon marneux des Marnes d'Uttins de la région d'Yverdon.

5.5.5. *Lyticoceras claveli* n. sp.
Pl. 3, fig. 1-2 et texte-fig. 11ab.

v 1915 — *Leopoldia dubisiensis* var. *bargemensis* KIL., 1910. KILIAN & REBOUL (*pro parte*), pp. 244-246.

Holotypus. — Le spécimen représenté planche 3, fig. 1-2, récolté en 1980 par B. CLAVEL (Genève) et conservé dans les collections du laboratoire de Géologie de l'Université de Lyon.

Locus typicus. — Mont de Musièges, canton de Frangy (Haute-Savoie, France).

Stratum typicum. — Niveau 38 de la formation Pierre jaune de Neuchâtel, situé au-dessus d'un horizon marneux, qui est l'homologue des Marnes d'Uttins. Hauterivien inférieur, zone à *Nodosoplicatum* (CHAROLLAIS et al., 1983, p. 238).

Diagnose. — *Lyticoceras* caractérisé par le renflement exceptionnel des côtes internes en cordons rétroverses et par la quasi continuité des convexités ventrales, étroitement interrompues sur la ligne siphonale.

Mensurations de l'holotype

Dmax	Dmes	H	E	E/H	O	O/D	Nombre côtes internes	Nombre côtes externes
226	—	72,5	48?	0,66	102	0,45	30	58
	170	56	44	0,78	79	0,46	—	—

Description. — C'est un spécimen, constitué d'un calcaire oobioclastique de teinte ocrée, entièrement cloisonné, partiellement déformé en quelques points et dont les tours internes ne sont pas visibles; l'ornementation n'est ainsi observable que sur le dernier tour conservé.

Coquille discoïde et largement ombiliquée ($O/D = 0,45$); section du tour ovoïde, à flancs faiblement convexes et convergents sur une région ventrale présentant des épaulements modérés au début du dernier tour, puis régulièrement arrondie; épaisseur maximale atteinte au tiers interne des flancs; paroi ombilicale peu élevée, presque verticale et raccordée aux flancs par un rebord arrondi (fig. 11b).

Ornementation constituée de côtes internes épaissies en cordons boursoufflés, régulièrement bifurquées sur le milieu des flancs et de côtes externes de relief plus modéré et plus irrégulier. Quelques côtes intercalaires simples complètent la costulation principale; elles prennent naissance soit sur le rebord ombilical, soit sur le milieu des flancs (fig. 11a).

Les côtes internes présentent une nette tendance à la rétroversion, tandis que le tracé des côtes externes s'infléchit vers l'ouverture, de telle sorte que celles-ci dessinent sur la région ventrale des convexités de relief notable, étroitement interrompues sur la ligne siphonale.

Enfin, une nodosité est apparente sur quelques côtes externes, au stade où l'épaulement margino-ventral, probablement mieux marqué sur les tours internes, est encore perceptible, c'est-à-dire au début du dernier tour conservé.

La ligne cloisonnaire n'est pas analysable en raison de la texture grossière de la roche.

Affinités. — C'est avec «*Acanthodiscus (Neocomites) paludensis*» KILIAN & REBOUL, 1915 qu'il faut tout d'abord comparer ce type nouveau; le spécimen de la Bégude (synclinal de Châteauneuf-de-Moustiers, Alpes-de-Haute-Provence), bien que présentant des côtes trituberculées sur les tours internes, n'est pas un *Acanthodiscus*, mais appartient au plexus *Lyticoceras*. Sur l'ultime quart du dernier tour conservé, correspondant au début de l'observation sur le type de *claveli*, l'agencement des côtes, leur bifurcation et leur rétroversion sont assez comparables; toutefois le renforcement du relief de la côte interne ne s'y fait pas sentir, alors que sur le tour interne, ce phénomène est plus notable; on peut même admettre que l'évolution ultérieure de la costulation ne se traduira pas par un gonflement des côtes internes. En outre, la section à flancs subparallèles de *paludensis* est plus caractéristique des *Lyticoceras* classiques du groupe *cryptoceras*. Comment peut-on dans l'attente de la découverte d'un spécimen plus complet de *L. claveli*, se représenter les tours internes de cette espèce? Nous pensons qu'ils pourraient être ceux d'une forme non figurée par KILIAN & REBOUL, mais contenue dans la population hétérogène, qu'ils avaient dénommée «*Leopoldia dubisiensis* var. *bargemensis*», et provenant du gisement de La Bégude (zone à *Nodosoplicatum*); on y observe en effet le gonflement des côtes internes, la rétroversion générale de la costulation, la bifurcation élevée des côtes principales et le développement de forts tubercules margino-ventraux.

L'évolution d'un tel motif ornemental nous paraît tout à fait compatible avec celui de *claveli*.

Cette nouvelle espèce doit être considérée comme représentative d'un stade élevé de l'évolution du plexus *Lyticoceras*, où se manifestent déjà quelques traits du genre *Cruasicerias*: le galbe de la section, le faible

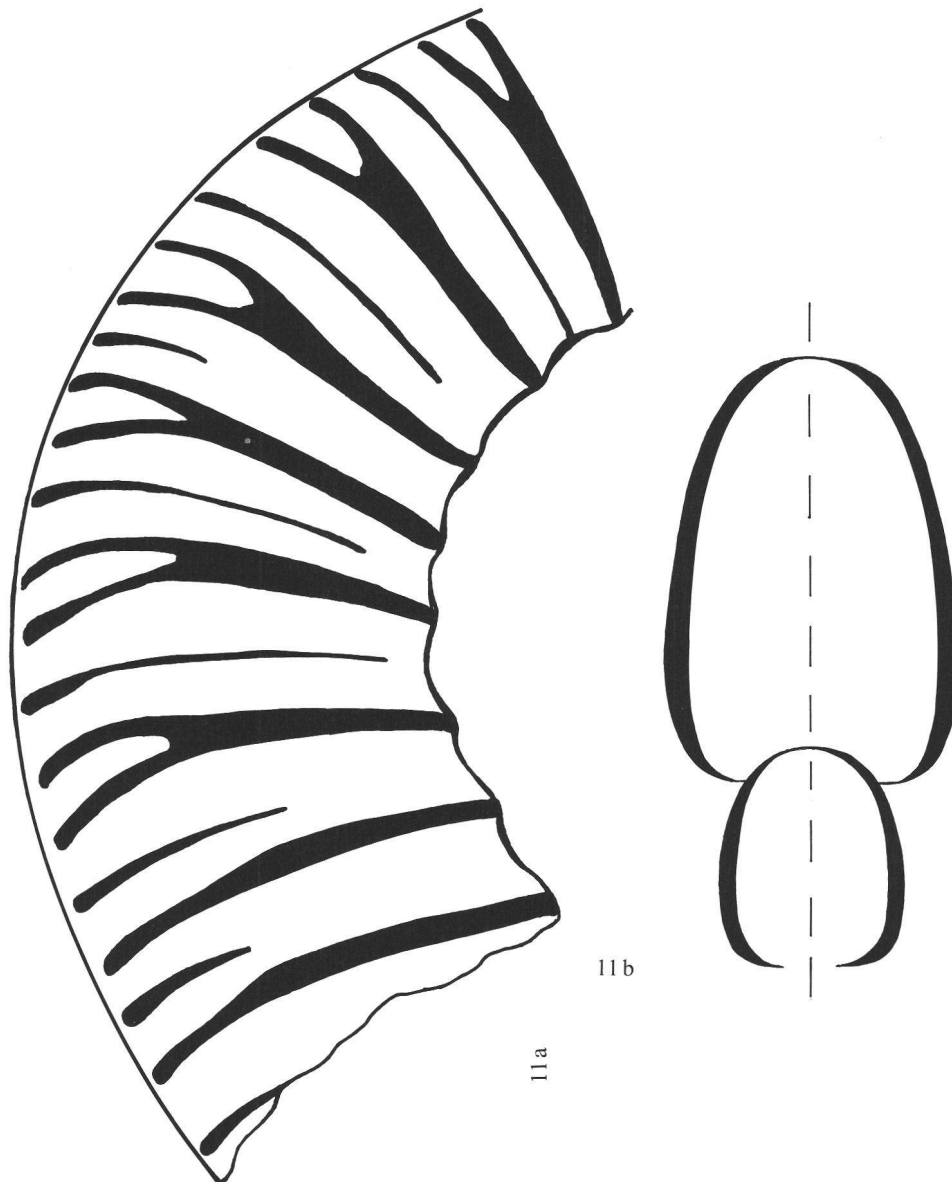


FIG. 11. — *Lyticoceras claveli* n. sp.

FIG. 11a. — Aspect de la costulation sur la partie terminale du dernier tour ($\times 1$). Université de Lyon. Holotype (pl. III, fig. 1-2).

FIG. 11b. — Section de l'exemplaire précédent ($\times 1$).

recouvrement des tours et la costulation ventrale tendant à la continuité de son tracé. Cette interprétation évolutive paraît confirmée par le gisement du spécimen holotypique dans le membre supérieur de la Pierre jaune de Neuchâtel, situation donc susjacent au niveau des Marnes d'Uttins où fut découvert un individu juvénile de *Lyticoceras* classique. Enfin, un spécimen pratiquement conspécifique a été récolté dans le massif de la Grande Chartreuse (THIEULOY et al., 1983) quelques mètres sous le niveau particulièrement riche en *Cruasiceras cruasense*, en confirmant ainsi la position de cette nouvelle forme au tout sommet de la zone *Nodosoplicatum*.

5.6. Genre *Teschenites* THIEULOY, 1971

Espèce-type: *Hoplites neocomiensiformis* UHLIG, 1901, p. 54, pl. 3, fig. 2.

Ce taxon fut créé pour un ensemble de Néocomitides évolués, particulièrement abondants en province vocontienne et dont les différentes espèces sont réparties du Valanginien sommital (zone à *Callidiscus*) à l'Hauterivien basal (zone à *Radiatus*).

Nous avons également rencontré ces formes en domaine jurassien, mais leur fréquence s'y révèle très inférieur à celle constatée en faciès pélagique.

5.6.1. *Teschenites* cf. *pachydicranus* (THIEULOY, 1977)

Deux spécimens peuvent être rapportés à cette espèce typiquement variocostulée.

L'un a été récolté dans le niveau 2 de la marnière de Cressier, soit 1 m au-dessus du toit du Calcaire roux. La costulation fine et dense sur le début du dernier tour devient rapidement plus grossière vers la fin de ce même tour, en dessinant des chevrons ventraux très profonds.

L'autre a été trouvé dans les collections de Bâle et provient aussi de Cressier.

Ainsi, l'espèce vocontienne, dont l'épibole se situe dans l'Hauterivien basal, est donc également représentée à ce niveau dans la Marne bleue d'Hauterive jurassienne.

5.6.2. *Teschenites* sp. inc.

Quelques autres individus sont aussi des *Teschenites*, sans qu'il soit possible de les attribuer à une espèce précise.

Les uns sont valanginiens; ce sont ceux récoltés à Sainte-Croix (ravin du Colas) dans les niveaux 1 (1080) = «marnes à Bryozoaires» et dans les niveaux 2 (1081) et 3 (1082) associés alors à des *Dichotomites* du Valanginien supérieur.

Les autres (Hauterive: N° 870, coll. de Genève; Le Landeron: N° 887, coll. de Genève et Tr 3, coupe FL) présentent une costulation homogène fine et dense et proviennent des premiers niveaux de la Marne bleue d'Hauterive.

Enfin, il faut souligner un fait fondamental pour les corrélations biostratigraphiques entre les domaines boréal et jurassien; alors que durant le Valanginien supérieur les conditions paléogéographiques étaient favorables au transfert des formes boréales (*Dichotomites*) vers la plate-forme jurassienne et même jusqu'au domaine vocontien, à l'Hauterivien inférieur les migrations cessent et la plate-forme jurassienne n'accueille plus d'Ammonites boréales, bien que le transit des *Acanthodiscus* se réalise dans le sens opposé et que les Foraminifères et les Dinoflagellés de l'Hauterivien inférieur jurassien soient en majorité ceux du bassin boréal.

En effet, nos recherches sur le terrain et l'inventaire des collections de Genève, Lausanne, Neuchâtel et Bâle sont restés négatifs et nous pouvons affirmer que le genre *Endemoceras*, dont les représentants constituent les indices de la zonéographie hauterivienne boréale, est totalement absent dans le domaine jurassien, interdisant ainsi la comparaison directe des biozonations.

6. CONCLUSIONS

6.1. Conclusions paléontologiques

Parmi les résultats obtenus, nous retiendrons:

- la répartition assez homogène des ammonites dans la Marne bleue et leur représentation encore notable dans la partie basale de la Zone marno-calcaire;
- la suprématie constante de deux phylons *Acanthodiscus* et *Leopoldia*, prolifiques quantitativement et diversifiés spécifiquement, suggérant un endémisme relatif de la plate-forme jurassienne à l'Hauterivien et contrastant avec l'absence quasi totale de familles entières (*Holcodiscides*: aucun représentant et *Crioceratides*: un unique spécimen) ou la rareté relative du stock des *Olcostéphanides*;

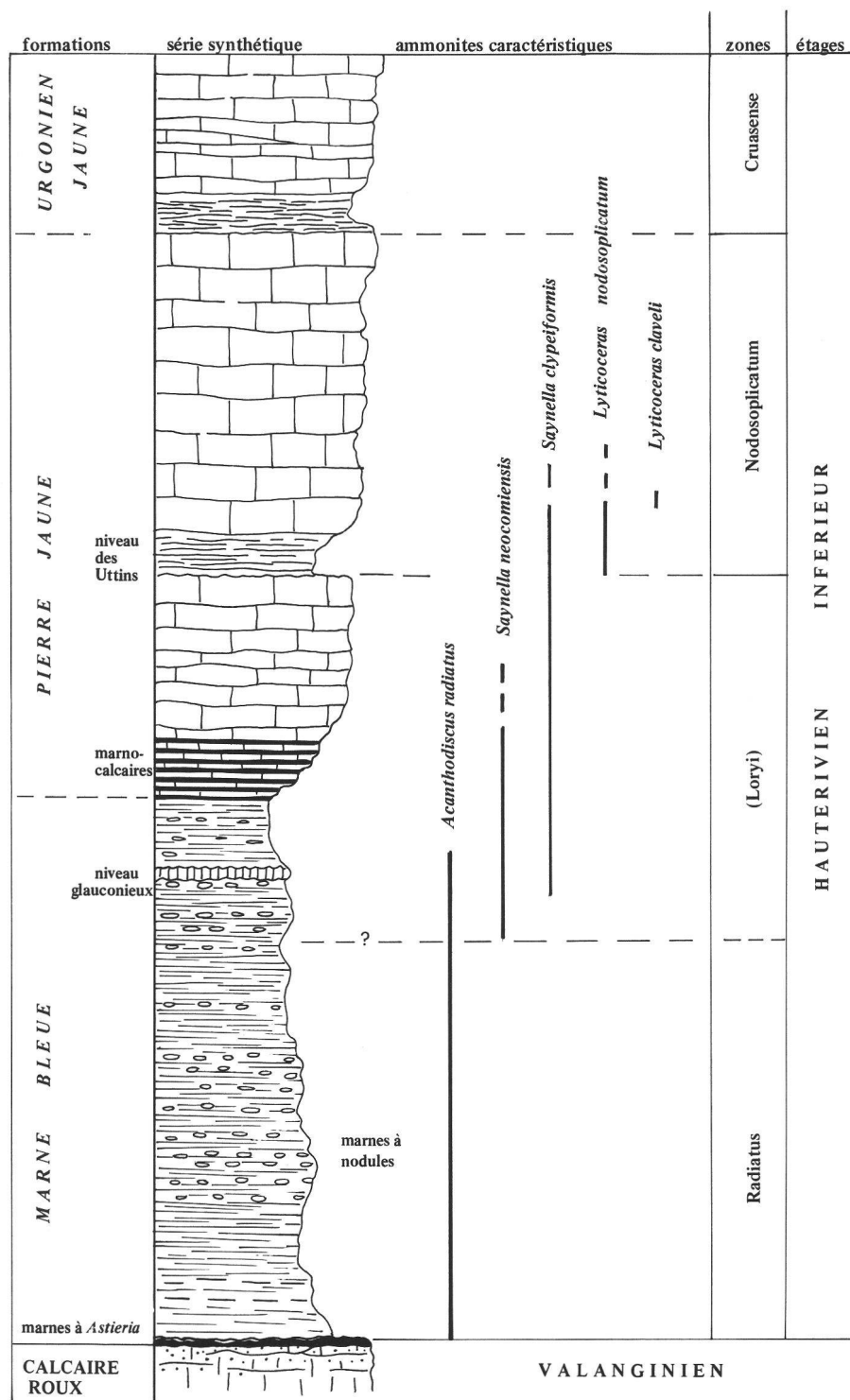


FIG. 12. — Série synthétique de l'Hauterivien de la région de Neuchâtel. Répartition des ammonites significatives dans les formations lithologiques principales et leur correspondance biostratigraphique.

- l'épanouissement quasi simultané des différentes espèces du genre *Acanthodiscus* dont la phylogénie est de ce fait difficile à préciser, phénomène habituel constaté dès lors que l'on dispose de populations abondantes;
- l'évolution confirmée du phylon *Leopoldia* produisant des formes à région ventrale de plus en plus mince et arrondie et produisant le rameau latéral *Saynella*;
- la présence vérifiée d'éléments boréaux dans les formations valanginiennes sous-jacentes : *Platylenticeras gevrili* (D'ORB.) à Valangin (toit du Calcaire roux) et *Dichotomites* gr. *bidichotomoides* KEMPER, à Sainte-Croix («*Astieria*» zone = Bryozoën- und Spongienfacies» in BAUMBERGER, 1903, p. 45), démontrant l'existence de larges communications entre le domaine jurassien et le bassin d'Allemagne du Nord tout au cours du Valanginien;
- enfin, l'absence totale de migrants boréaux (*Endemoceras*, *Distoloceras*) dans l'Hauterivien jurassien, témoignant de modifications paléogéographiques profondes (variations de l'épaisseur de la tranche d'eau ou du régime des courants, relief plus marqué de seuils, ...).

6.2. Interprétation stratigraphique

L'examen des données ammonitologiques, arguments de base pour une interprétation biostratigraphique de l'Hauterivien stratotypique (fig. 12), conduit à formuler les remarques suivantes :

- il n'existe pas d'indices paléontologiques pour étayer un retour à la définition historique de RENEVIER (1874) de l'étape Hauterivien. La Marne jaune de Morteau à *Ammonites astierianus* ou son homologue lithologique (*Astieriamergel*) lorsqu'elle a pu être reconnue et échantillonnée (Valangin, Sainte-Croix), ne fournit pas de fossiles hauteriviens au sens de KILIAN (1895), qui adopta pour la première fois *A. radiatus* comme indice de la base de l'étage Hauterivien. Les seules ammonites que nous y avons récoltées (*Olcostephanus atherstoni* à Valangin, *Dichotomites* gr. *bidichotomoides*, *Karakaschiceras* cf. *biassalense*, *Teschenites* sp. inc. à Sainte-Croix appartiennent au Valanginien supérieur.
- La Marne bleue paraît entièrement comprise dans la Zone à *Radiatus*, puisque les deux espèces significatives *A. radiatus* et *L. leopoldina* sont présentes de la base au sommet de cette formation; toutefois, la range-zone de l'espèce-indice pourrait être surdéveloppée dans ce contexte paléogéographique particulièrement favorable, en s'étendant sur des strates, qui seraient déjà caractérisées par *Crioceratites loryi* en province vocontienne. La présence toute vraisemblable du Criocère de Vauseyon (SCHARDT, 1907) du groupe *loryi* dans la Marne bleue et celle de *S. clypeiformis* à Cressier dans la partie sommitale de cette formation sont deux arguments en faveur de cette hypothèse.
- La Zone marno-calcaire pourrait donc représenter la zone à *Loryi* qui s'étendrait jusqu'à l'horizon des Marnes d'Uttins, en recouvrant ainsi une partie importante de la formation de la Pierre jaune de Neuchâtel.
- Les Marnes d'Uttins et le reste de la Pierre jaune appartiennent à la zone à *Nodosoplicatum*.
- Aucune ammonite d'âge Hauterivien supérieur n'a été récoltée en un point quelconque de l'Hauterivien neuchâtelois, si bien que sa subdivision de valeur chronostratigraphique en Hauterivien inférieur (Marne bleue et Zone marno-calcaire) et Hauterivien supérieur (Pierre jaune de Neuchâtel) ne repose sur aucune argumentation paléontologique et doit donc être abandonnée.

7. BIBLIOGRAPHIE

- ATROPS, F. — (1967). Etude de quelques genres de la sous-famille des *Neocomitinae*. Dipl. Etudes sup. Univ. Grenoble (inédit).
- BAUMBERGER, E. — (1903-1910). Fauna der Unterkreide im Westschweizerischen Jura. part I-IV. *Mém. Soc. paléont. suisse*, 30-36: pl. 1-33 Zürich.
- BREISTROFFER, M. — (1936). Révision de la faune hauterivienne du Néron en Chartreuse. *Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. (Univ.) Grenoble* 18: 131-155.
- BUSNARDO, R. — (1970). *Torcapella*, nouveau genre d'Ammonites du Barrémien inférieur. *Docum. Lab. Géol. Fac. sci. (Univ.) Lyon* 37: 85-131, 2 pl.
- BUSNARDO, R. & GUILLAUME, S. — (1965). Sur quelques Ammonites néocomiennes du Jura suisse. *Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. (Univ.) Lyon* [n. s.] 12: 129-136, pl. 1.

- BUSNARDO, R., THIEULOY, J.-P., MOULLADE, M., et al. — (1979). Hypostratotype mésogéen de l'étage Valanginien (Sud-Est de la France). *Les Stratotypes français* 6: 143 p., 11 pl., Ed. C.N.R.S., Paris.
- CLAVEL, B. — (1989). Les échinides du Crétacé inférieur jurassien: stratigraphie, paléoécologie, paléontologie. *Mém. Soc. neuchât. Hist. nat.* 11: 149-182.
- COTILLON, P. — (1971). Le Crétacé inférieur de l'Arc subalpin de Castellane entre l'Asse et le Var. Stratigraphie et Sédimentologie. *Mém. Bur. Rech. géol. min.* 68: 313 p., 8 pl.
- DRUSCHCHITS, V. V. — (1960). Atlas de la faune du Crétacé inférieur du Caucase septentrional et de la Crimée (en russe). *Trudy vsesoj. nauch.- issled. geol. Inst.*, Moscou: 249-309, 47 pl.
- GOGUEL, J. — (1940). Contribution à l'étude du groupe de l'*Acanthodiscus radiatus*. *Ann. Paléont.* 28: 1-27, 3 pl., Paris.
- KARAKASCH, N. — (1905). Sur quelques Ammonites remarquables de la Crimée (en russe). *Trav. Soc. imp. Natur. St-Petersbourg* 36: 12 p.
- KARAKASCH, N. — (1907). Le Crétacé inférieur de la Crimée et sa faune. *Trav. soc. imp. natur. St-Petersbourg* 32: 482 pp., 28 pl.
- KEMPER, E., RAWSON, P. F. & THIEULOY, J.-P. — (1981). Ammonites of Tethyan Ancestry in the Early Lower Cretaceous of North-West Europe. *Palaeontology*, 24: 251-311, pl. 34-47, London.
- KILIAN, W. — (1895). Réunion extraordinaire de la Société géologique de France dans la Montagne de Lure et les environs de Sisteron. *Bull. Soc. géol. France* [3]: 659-803, Paris.
- KILIAN, W. — (1907-1910). Lethaea geognostica, Teil II, Bd 3, Kreide. *Stuttgart*.
- KILIAN, W. — (1910). Un nouvel exemple de phénomènes de convergence chez les Ammonitidés. Sur les origines du groupe de l'*Ammonites bicurvatus* MICH. (s. g. *Saynella* Kil.). *C. R. Acad. Sci.* (Paris) 150: 150-153.
- KILIAN, W. & LEENHARDT, F. — (1895). Sur le Néocomien des environs de Moustiers-Ste-Marie (Basses-Alpes). *Bull. Soc. géol. France* [3] 23: 970-981, Paris.
- KILIAN, W. & REBOUL, P. — (1915). Contribution à l'étude des faunes paléocrétacées du Sud-Est de la France: Sur quelques Ammonites de l'Hauterivien de la Bégude (Basses-Alpes). *Mém. Explic. Carte géol. France*, 14: 225-288, pl. 10-15, Paris.
- LORIOU, P. DE — (1861). Description des animaux invertébrés fossiles contenus dans l'étage Néocomien moyen du Mont-Salève. *Genève*.
- NEUMAYR, M. & UHLIG, V. — (1881) Über Ammonitiden aus den Hilsbildungen Norddeutschlands. *Palaeontographica*, 27: 79 p., pl. 15-56, Kassel.
- ORBIGNY, A. D' — (1840-1842). Paléontologie française, Terrains crétacés, 1-662, pl. 1-148.
- PAQUIER, V. — (1900). Recherches géologiques dans le Diois et les Baronnies orientales. *Grenoble*.
- PICTET, F. J. & CAMPICHE, G. — (1858-1860). Description des fossiles des terrains crétacés de Sainte-Croix (Suisse). *Matér. Paléontologie Suisse* [2° s.]: 1-380, pl. 1-43.
- QUENSEL, P. — (1988). Die Ammonitenfauna im Valangin-Hauterive Grenzbereich vom Mittellandkanal bei Pollhagen. *Berliner geowiss. Abh.* (A): 94, 15-71, 6 pl., Berlin.
- REMANE, J., BUSNARDO, R., CHAROLLAIS, J., CLAVEL, B. & THIEULOY, J.-P. — (1989). Description de profils dans l'Hauterivien de la région neuchâteloise, du Mont du Chamblon et des environs de Sainte-Croix (Cantons de Neuchâtel et de Vaud, Suisse). *Mém. Soc. neuchât. Hist. nat.* Neuchâtel 11: 19-48.
- ROMAN, F. — (1933). Sur quelques formes de Céphalopodes de l'Hauterivien de l'Yonne et des régions voisines. *Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. (Univ.) Lyon* 22: 22 p., 4 pl.
- THIEULOY, J.-P. — (1977). La zone à *Callidiscus* du Valanginien supérieur vocontien (Sud-Est de la France). *Géol. alpine* 53: 83-143, 7 pl., Grenoble.
- THIEULOY, J.-P., BOISSEAU, T., FABRE, P. & GIDON, M. — (1983). Sur la position stratigraphique de *Lyticoceras clavelli* BUSNARDO & THIEULOY, 1983 dans le massif de la Grande-Chartreuse (Dauphiné, France). *Géol. alpine* 59: 61-64, 1 pl., Grenoble.
- WALTER, B. — (1972). Les Bryozoaires néocomiens du Jura suisse et français. *Geobios* 5/4: 277-354, 10 fig., pl. 20-26, Lyon.
- WALTER, B. — (1985). Les «Mésentéripores» (Bryozoaires cyclostomes). *Geobios* 18/1: 5-27, 4 fig., 9 pl., Lyon.
- WALTER, B. — (1986). Les *Diastopora* (Bryozoaires cyclostomes) néocomiens du Jura suisse et français. *Geobios* 19/2: 143-162, 8 fig., 7 pl., Lyon.

PLANCHE I

FIG. 1 et 2 — *Acanthodiscus radiatus* (BRUGUIÈRE)

Morphotype B — Cressier, niveau 14, Collections Université de Neuchâtel, C1 — Grandeur naturelle.

FIG. 3 — *Acanthodiscus vaceki* (NEUMAYR & UHLIG)

Le Landeron, niveau FL6, Collections Université de Neuchâtel Tr2 — Grandeur naturelle.

PLANCHE II

FIG. 1. — *Acanthodiscus pseudoradiatus*, BAUMBERGER

Le Landeron, Coll. Pictet, Muséum de Genève (déterminée antérieurement sous le nom de *Neocomites neocomiensiformis* UHLIG) — Grandeur naturelle.

FIG. 2. — *Saynella clypeiformis* (D'ORBIGNY)

Cressier, niveau 12, Coll. Université de Lyon FSL 109686. Grandeur naturelle.

FIG. 3. — *Leopoldia buxtorfi* BAUMBERGER

Le Landeron, niveau LA6, Coll. Université de Lyon. Grandeur naturelle.

FIG. 4. — *Lyticoceras* sp. juv. gr. *cryptoceras* D'ORB.

Le Chamblon, marnes des Uttins $\times 2$. Université de Lyon, FSL 109893.

FIG. 5a-b — *Leopoldia (Renevierites)* cf. *renevieri* BAUMBERGER

Hauterivien inférieur, zone à Loryi. Montlebon près de Morteau (Doubs). Collection Walter, $\times 1$.

PLANCHE III

FIG. 1 et 2 — *Lyticoceras claveli* n. sp.

Hauterivien inférieur, zone à *Nodosoplicatum* — Musièges niveau 38 — Coll. B. CLAVEL, Université de Lyon, — $\times 0,68$

FIG. 3 — *Lyticoceras* sp. ind.

Le Landeron, Coll. Pictet, Muséum de Genève (antérieurement déterminée sous le nom de *Ammonites (Hoplites) cryptoceras* D'ORB.). Vue oblique.

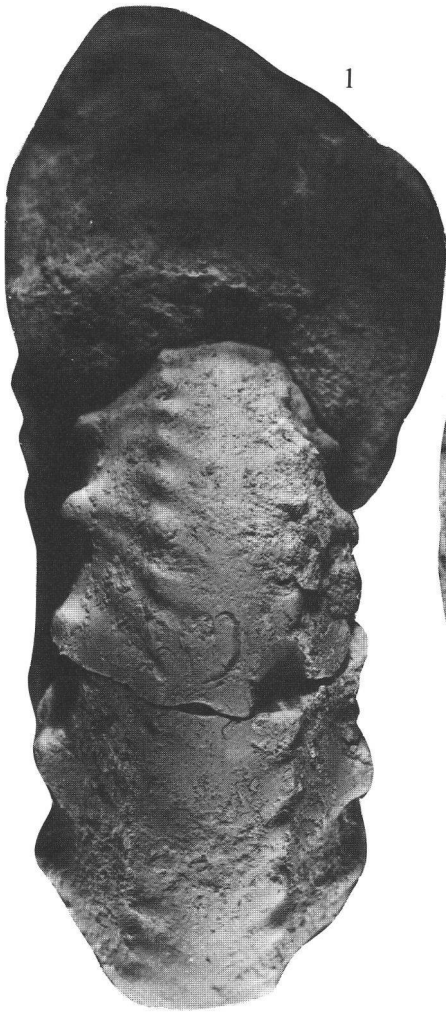


PLANCHE I



PLANCHE II



PLANCHE III

<i>Mémoires de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles</i>	Tome XI	p. 149-182, 12 fig., 3 tabl., 1 pl.	Neuchâtel, 1989
---	---------	-------------------------------------	-----------------

ÉCHINIDES DU CRÉTACÉ INFÉRIEUR JURASSIEN: STRATIGRAPHIE, PALÉOÉCOLOGIE, PALÉONTOLOGIE

par

Bernard CLAVEL

Recherche subventionnée
par le Fonds national suisse de la recherche scientifique (crédit N° 2.434.075)

ABSTRACT. — The echinids collected in the French and Swiss Jura, in particular during the revision of the historical stratotypes of Valangin and Hauterive, have been studied from a stratigraphical, paleoecological and paleontological point of view. Some of them — *Tetraromania*, *Holaster*, *Toxaster* — show in anatomical structures such as interambulacrum 5 or apical system, (which cannot lead to a subjective interpretation), an evolutive trend of real biostratigraphical value. In the same time, a precise biostratigraphical attribution has been established for all the echinids historically described or quoted from the lower Cretaceous of Jura.

ZUSAMMENFASSUNG. — Die v. a. im Rahmen der Revision der historischen Stratotypen des Valanginien und Hauterivien im Französischen und im Schweizer Jura aufgesammelten Echiniden wurden paläontologisch, stratigraphisch und palökologisch untersucht. Bei einigen Formen — *Tetraromania*, *Holaster*, *Toxaster* — lassen sich anhand der Evolution des Interambulacrums 5 und des Apikalapparats Arten objektiv definieren, die einen realen biostratigraphischen Wert haben. Daneben konnten alle früher aus der Unterkreide des Jura beschriebenen Echiniden biostratigraphisch präzise eingeordnet werden.

RÉSUMÉ. — Les échinides collectés dans le Jura franco-suisse, notamment lors de la révision des stratotypes historiques du Valanginien et de l'Hauterivien, ont fait l'objet d'une étude stratigraphique, paléoécologique et paléontologique. Chez certains d'entre eux — *Tetraromania*, *Holaster*, *Toxaster* —, l'évolution de structures anatomiques telles que l'interambulacre 5 et l'appareil apical, non susceptibles d'une interprétation subjective, permet de définir des espèces qui témoignent d'une réelle valeur biostratigraphique. Parallèlement, une attribution biostratigraphique précise a pu être établie pour l'ensemble des échinides historiquement décrits ou cités dans le Crétacé inférieur du Jura.

SOMMAIRE

	Pages
1. INTRODUCTION	151
2. COLLECTES NOUVELLES	151
2.1. Valangin	151
2.2. Sainte-Croix	152
2.3. Cressier	155
2.4. Le Landeron	155
2.5. Mont-de-Chamblon	155
2.6. Carrière de la Brunette	155
2.7. Gorges de l'Orbe	157
2.8. Vaulion	158
3. STRATIGRAPHIE	158
3.1. Séries hémipélagiques	158
3.2. Séries bioclastiques	158
4. ÉVOLUTION DES MILIEUX	159
4.1. Valanginien supérieur — Hauterivien inférieur	159
4.2. Hauterivien inférieur — Barrémien	161
5. EXTENSION STRATIGRAPHIQUE DES ESPÈCES CONNUES DANS LE JURA	161
5.1. Taxonomie	162
5.2. Stratigraphie	162
6. PALÉONTOLOGIE	167
6.1. Généralités	167
6.2. Cidaridae	168
6.3. Holoctypidae	168
6.4. Collyritidae	169
6.5. Holasteridae	171
6.6. Toxasteridae	172
7. BIBLIOGRAPHIE	179

1. INTRODUCTION

Un grand nombre des échinides du Crétacé inférieur européen a été décrit dans la seconde moitié du siècle dernier par L. AGASSIZ, G. COTTEAU, E. DESOR, P. DE LORIOU, A. D'ORBIGNY, à partir d'exemplaires collectés dans le Jura suisse (Valangin, Cressier, Sainte-Croix...) et la région française voisine (Villers-le-Lac, Censeau...). Capital sur le plan paléontologique, le travail de ces auteurs n'est plus d'actualité sur le plan stratigraphique: les exemplaires décrits, généralement collectés peu rigoureusement, et rarement par les auteurs des diagnoses, y ont des localisations et des attributions stratigraphiques vagues, reflets des conceptions de l'époque. Dans les descriptions, les indications stratigraphiques correspondent le plus souvent à des formations et ne donnent pas d'extension plus précise que celle de l'étage. Cette imprécision explique le peu de valeur stratigraphique accordée jusqu'à présent aux échinides du Crétacé inférieur.

La révision des stratotypes historiques du Jura neuchâtelois a permis de placer dans le cadre biostratigraphique moderne les différents niveaux ou formations distingués par les anciens auteurs (BUSNARDO & THIEULOY, ce vol.). A cette occasion, de nombreux échinides, rigoureusement repérés, ont été collectés, tant dans le nord du Jura que dans le sud où de nouvelles datations ont également été obtenues (CLAVEL & CHAROLLAIS, ce vol.). Les coupes levées ont par ailleurs permis de tester la valeur biostratigraphique qui pouvait déjà être allouée aux échinides dans d'autres régions.

Bien entendu, pour les échinides comme pour les ammonites, toutes les formes ne présentent pas le même intérêt. Mais certaines d'entre elles, membres de groupes évoluant rapidement durant le Crétacé inférieur, marquent des coupures qui se concilient remarquablement avec certaines des limites définies par les ammonites.

2. COLLECTES NOUVELLES

L'abondance des échinides collectés dans la région stratotypique est très inégale selon les coupes étudiées, certaines d'entre elles (Cressier, Le Landeron, Mont-de-Chamblon) étant régulièrement visitées par les collectionneurs. Toutes les espèces historiquement connues n'ont donc pas été retrouvées.

La répartition précise des exemplaires nouvellement récoltés est notamment illustrée dans les fig. 1 à 4. Ceux-ci sont déposés dans les collections du Département des Sciences de la Terre de l'Université de Lyon, sous les numéros FSL 196100 à 196542.

Par coupe et par niveaux, cette répartition se résume ainsi:

2.1. Valangin (fig. 1)

— Calcaires noduleux (Zones à Pertransiens — Campylotoxum — Verrucosum condensées): *Hemicidaris acinum*, *Pygurus buchii*.

[En raison de l'affleurement extrêmement réduit qui a pu être échantillonné, nous rappellerons la faune citée de ce niveau par BAUMBERGER & MOULIN (1898: 168): *Cidaris muricata*, *Rhabdocidaris tuberosa*, *Spaniocyphus tenuis*, *Pygopyrina incisa*, *Pygurus rostratus*, *Pygurus buchii*, *Phyllobrissus* cf. *gresslyi*, *Tetraromania jaccardi*, *Toxaster granosus* [= *kiliani*].

— Marnes jaunes (Zones à Trinodosum — Callidiscus): *Rhabdocidaris tuberosa* (radiole), *Tetraromania jaccardi*, *Toxaster kiliani*.

— Marnes bleues (Zone à Radiatus): *Toxaster lorioli*, *Toxaster remanei* (extrême base), *Rhabdocidaris tuberosa* (rad.), *Toxaster crassisulcatus*.

Collectés 3 m plus haut, sous les calcaires bioclastiques représentant le sommet de la séquence 1*, *Trochotiara rotularis*, *Phyllobrissus neocomiensis*, *Toxaster retusus* ne sont pas mentionnés dans la fig. 1.

* Les séquences et les discontinuités sédimentaires observées dans les formations comprises entre le Valanginien supérieur et le Barrémien sont décrites par CLAVEL & CHAROLLAIS (ce vol.).

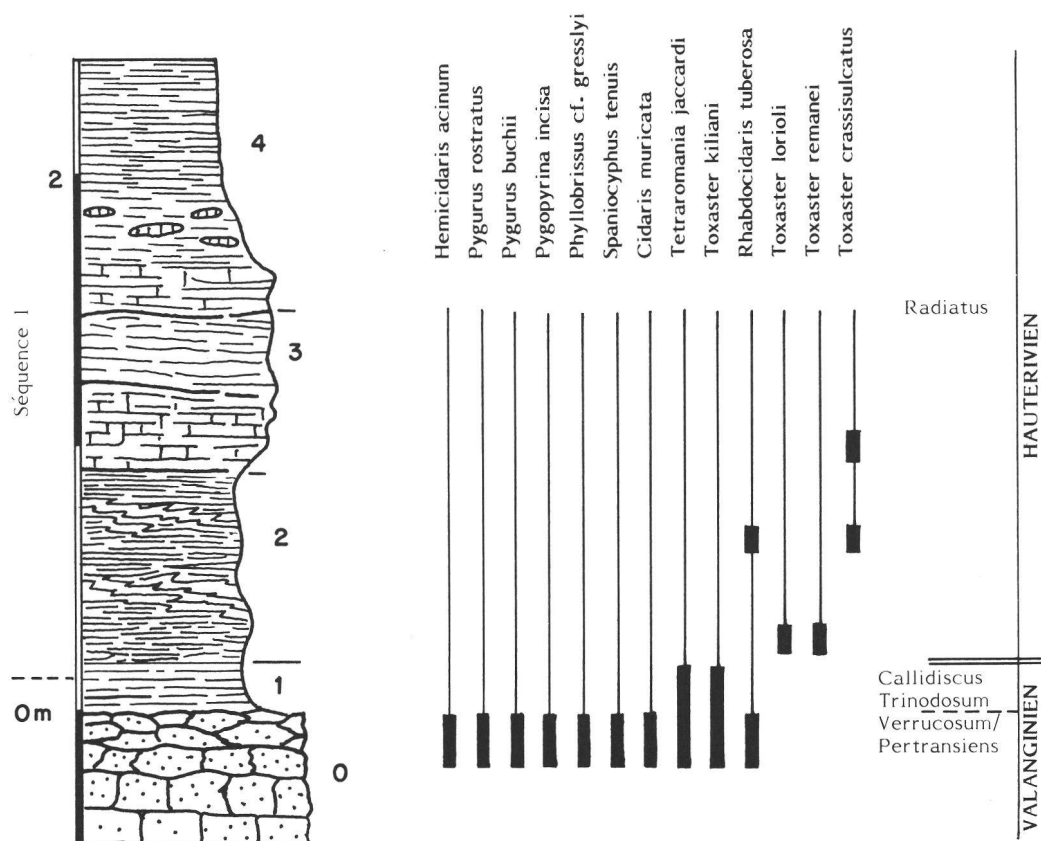


FIG. 1. — Répartition stratigraphique des échinides au passage Valanginien-Hauterivien dans la coupe de Valangin (NE).

Il convient de remarquer que les calcaires noduleux, très altérés, qui ont fourni des ammonites caractéristiques des Zones à Pertransiens et Verrucosum, contiennent un mélange d'échinides respectivement typiques des milieux infralittoral et circalittoral.

2.2. Sainte-Croix: Ravin du Colas (fig. 2)

Les marnes du Valanginien supérieur sont très riches en échinides, généralement de petite taille et la plupart du temps mal conservés.

- Marnes à bryozoaires (niveau 2 base = Zone à Trinodosum): *Cidaris muricata*, *Phyllacanthus sanctae-crucis*, *Hyposalenia stellulata*, *Trochotiara* sp., *Pygopyrina incisa*, *Tetraromania jaccardi*, *Holaster valanginiensis*, *Toxaster kiliani*. Les calcaires roux sous-jacents, en contact par faille, avaient fourni à PICTET (1858) une ammonite caractéristique de la Zone à Campylotoxum (*Busnardoites desori*).
- Marne bleue:
- niveau 2 sommet — 3 (Zone à Trinodosum): *Cidaris muricata*, *Phyllacanthus sanctae-crucis*, *Hyposalenia stellulata*, *Trochotiara rotularis*, *Pygopyrina incisa*, *Tetraromania jaccardi*, *Holaster valanginiensis*, *Toxaster kiliani*;
- niveau 4 (Zone à Trinodosum): *Holactypus macropygus*, *Phyllobrissus neocomiensis*, *Tetraromania jaccardi*, *Holaster valanginiensis*, *Toxaster kiliani*;
- niveau 5 (Zone à Callidiscus): *Holaster valanginiensis*, *Toxaster* cf. *kiliani*, *Toxaster lorioli*;

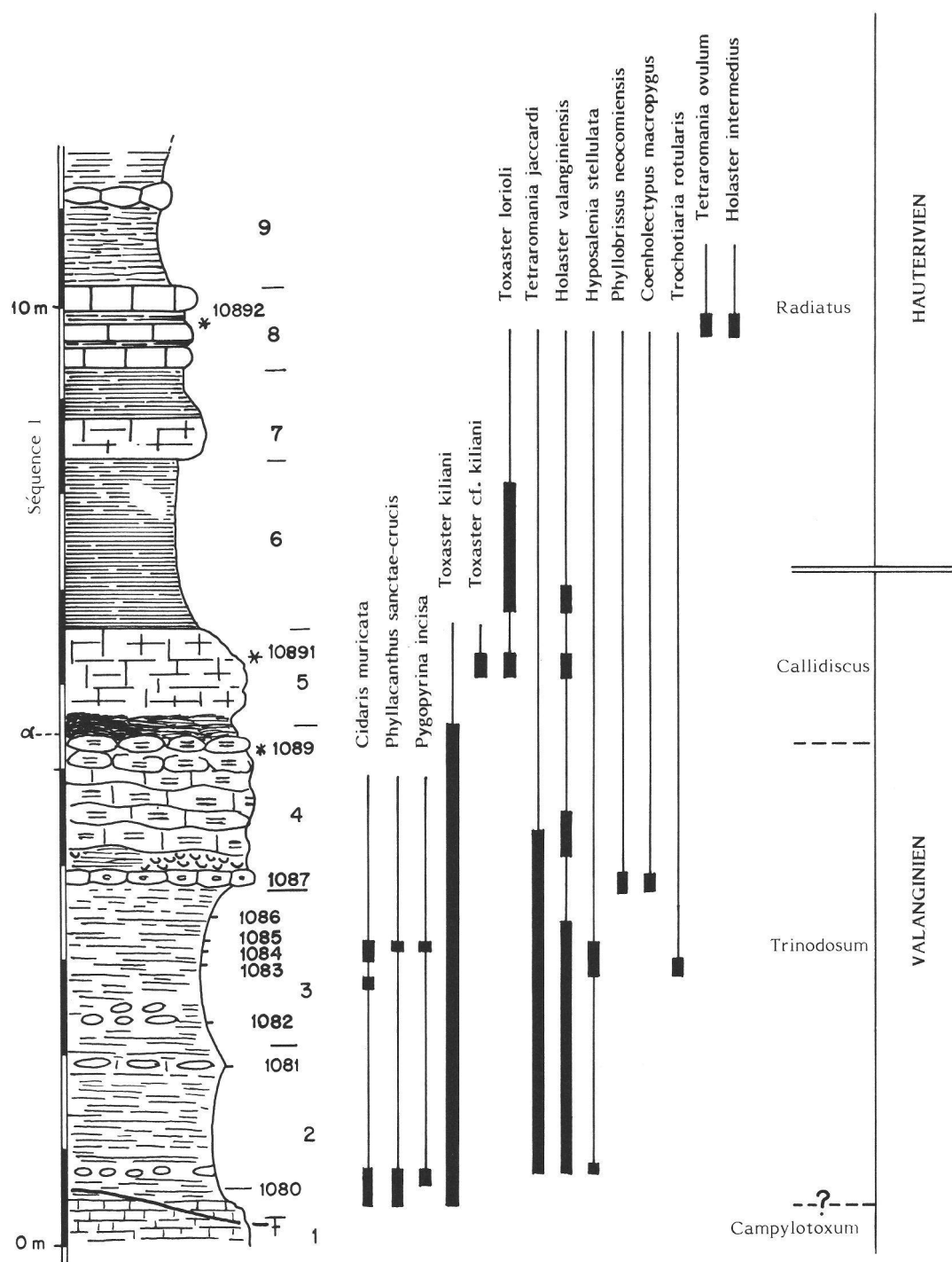


FIG. 2. — Répartition stratigraphique des échinides dans la coupe du Ravin du Colas, près de Sainte-Croix (VD).

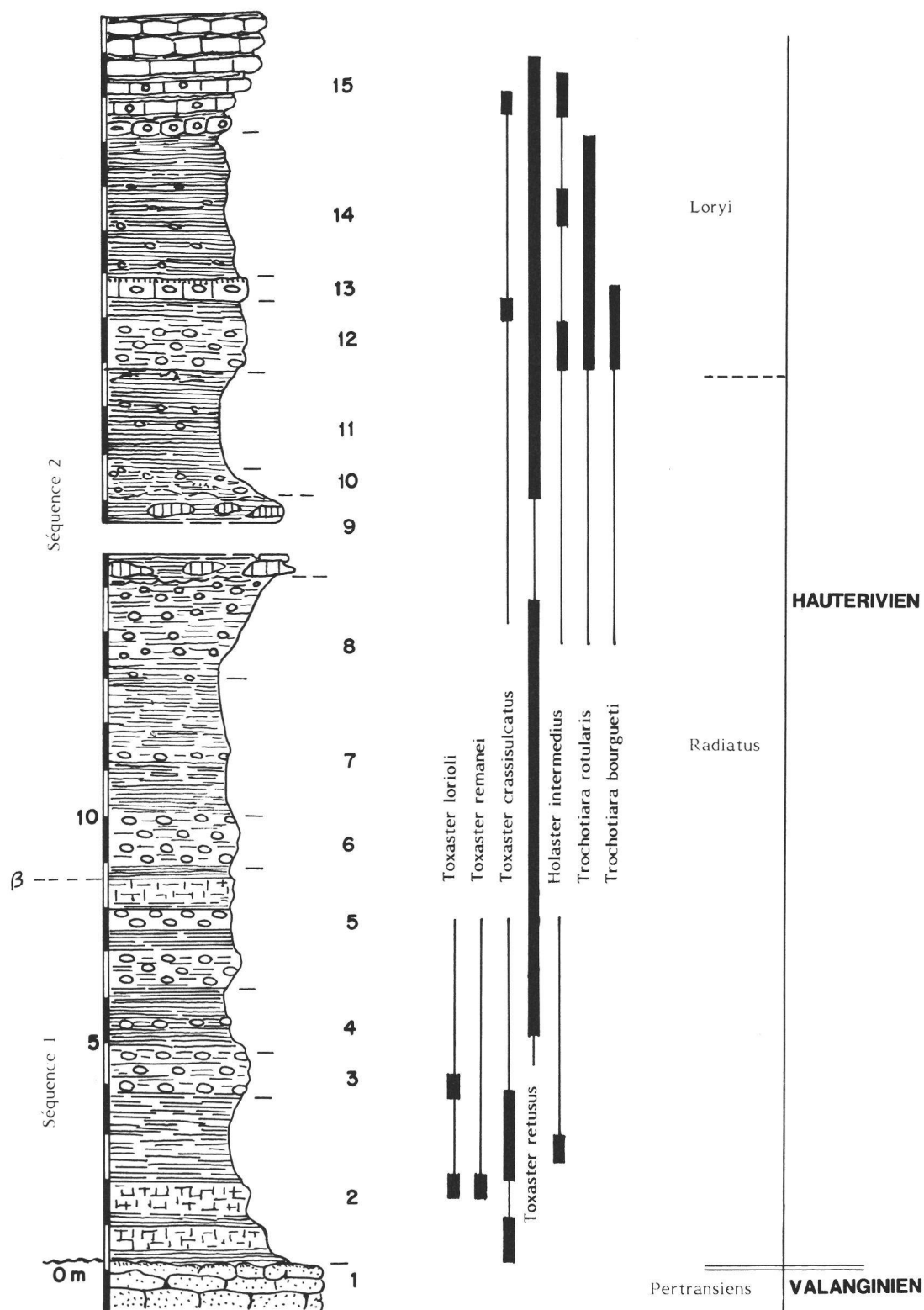


FIG. 3. — Répartition stratigraphique des échinides dans la marnière de Cressier (NE).

- niveau 6 (Zones à Callidiscus — Radiatus): *Holaster valanginiensis*, *Toxaster lorioli*. La limite Valanginien — Hauterivien peut être fixée à la partie moyenne de ce niveau, au-dessus de *H. valanginiensis*, en conformité avec le schéma séquentiel défini par ailleurs (CLAVEL & CHAROLLAIS, ce vol.);
- niveau 8 (Zone à Radiatus): *Tetraromania ovulum*, *Holaster intermedius*.

Au-dessus, les échinides sont très rares (*Plagiochiasma olfersii*, *Holaster intermedius*, *Toxaster retusus*). La dilatation inhabituelle de la série peut en rendre compte.

Deux autres gisements de la même localité ont fourni des échinides:

- au Col des Etroits, les «Marnes blanches à Bryozoaires» contiennent *Cidaris muricata* (représentant la quasi-totalité de la faune), en compagnie de *Phyllacanthus sanctae-crucis* et *Hyposalenia stellulata* (Coll. B. WALTER). Ces niveaux ont été datés de la Zone à Trinodosum par P. DONZE (communication orale 1984), grâce aux associations d'ostracodes;
- le talus de la route de L'Auberson (Zone à Loryi) a également fourni *Clypeopygus subquadratus* et *Holaster intermedius*.

2.3. Cressier (fig. 3)

L'ensemble de la marnière se situe dans les Zones à Radiatus et Loryi.

10 cm au-dessus du Calcaire roux [attribué à la Zone à Pertransiens par comparaison avec les coupes voisines de Valangin (à l'ouest) et du Landeron (à l'est)], la présence de *Toxaster crassisulcatus* indique que l'ensemble des marnes du Valanginien supérieur a été abrasé.

Dans les 5 m suivants (niveaux 1 à 3 = base de la Zone à Radiatus), *Toxaster lorioli*, *Toxaster remanei*, *Toxaster crassisulcatus* se rencontrent en compagnie d'*Holaster intermedius*.

Dès le niveau 5, *Toxaster retusus* constitue la grande majorité de la faune, accompagné, à partir du niveau 12 (Zone à Loryi), de *Trochotiara bourgueti*, *Trochotiara rotularis*, *Holaster intermedius* et *Toxaster crassisulcatus* (2 ex.).

2.4. Le Landeron (fig. 4)

Les quelques centimètres de marnes jaunes qui représentent les Zones à Trinodosum — Callidiscus, au-dessus des calcaires noduleux altérés, ont fourni *Toxaster kiliani*. Dans ces mêmes marnes jaunes, la présence de *Toxaster lorioli*, *Toxaster remanei* et *Toxaster crassisulcatus* marque la base de la Zone à Radiatus.

Toxaster lorioli et *Toxaster crassisulcatus* sont les seuls échinides qui aient été collectés dans les marnes du «Tir au pistolet» (Zone à Radiatus).

La coupe du «Tir au fusil», sous les faciès bioclastiques de la partie supérieure de la Zone à Loryi, a par contre fourni: *Trochotiara rotularis*, *Plagiochiasma olfersii*, *Toxaster retusus*.

2.5. Mont-de-Chamblon (voir fig. 12 dans REMANE et al., ce vol.)

- Marnes et marno-calcaires du plancher de la carrière (Zones à Radiatus — Loryi): *Phymosoma peroni*, *Trochotiara bourgueti*, *Plagiochiasma olfersii*, *Holaster intermedius* et *Toxaster retusus*.
- Marnes d'Uttins (Zone à Nodosoplicatum): *Hyposalenia stellulata*, *Trochotiara rotularis*, *Trochotiara bourgueti*, *Phymosoma peroni*, *Pyrina pygaea*, *Holaster intermedius*, *Toxaster retusus*.

2.6. Carrière de la Brunette à Serrières (voir fig. 13 dans REMANE et al. ce vol.)

- Vire marneuse basale: *Pseudocidaris clunifera* (radioles).
- Vire marneuse située à la partie moyenne: *Pseudocidaris clunifera* (radioles), *Pseudodiadema jaccardi*.

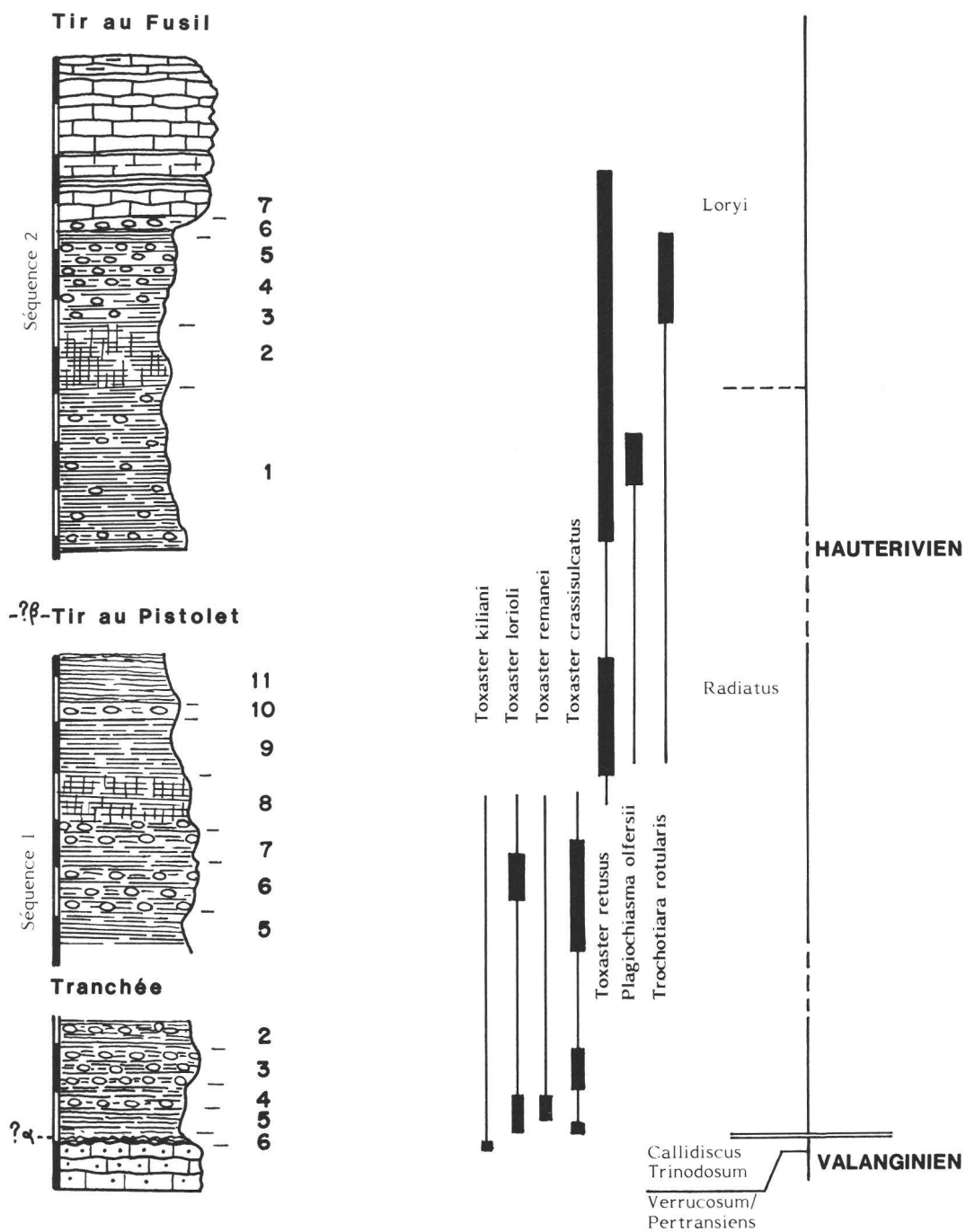


FIG. 4. — Répartition stratigraphique des échinides dans les différents affleurements de la Marne bleue au nord du Landeron (NE).

2.7. Gorges de l'Orbe

- Base de «l'Urgonien jaune» (Zone à Cruasense): *Cidaris lardyi*, *Pseudocidaris clunifera*, *Goniopygus peltatus*.
- Calcaires marneux de la partie supérieure de «l'Urgonien jaune» (Zones à Cruasense — Sayni): *Heteraster couloni*, *Goniopygus peltatus*.

2.8. Vaulion

- Marnes grises sises à la base de la séquence 5 (Zone à Sayni): *Cidaris lardyi*, *Pseudocidaris clunifera*, *Hyposalenia stellulata*, *Codiopsis jaccardi*, *Goniopygus peltatus*, *Astrolampas productus*.
- Calcaires à coraux sus-jacents: *Pseudocidaris clunifera*, *Astrolampas productus*.

D'autres collectes ont été effectuées, dans l'ensemble du Jura, en diverses coupes non détaillées ici: elles ont fourni des faunes identiques à celles du Jura neuchâtelois. Seule diffère leur position stratigraphique dans la série, en raison des variations de faciès. Cet aspect particulier, et les conclusions qu'il suggère, seront abordés au paragraphe suivant.

Les collections des Musées de Lyon, Genève et Lausanne, des Universités de Neuchâtel et Lyon (France), ainsi que celles de l'Ecole des Mines (France), ont été également visitées*. De très rares types ou figurés ont pu y être retrouvés, principalement dans la collection DE LORIOLE (Genève). Les types de la collection CAMPICHE (Lausanne) semblent par contre avoir disparu. Ils avaient été décrits par D'ORBIGNY, mais n'ont pu être non plus retrouvés dans les collections de ce dernier, au Museum National d'Histoire Naturelle de Paris*. Il n'a pas été rencontré, dans ces collections anciennes, d'éléments en contradiction avec les faits observés lors de nos collectes personnelles.

La position stratigraphique actuellement admise de l'ensemble des espèces connues dans le Jura (formellement décrites, citées ou déterminées dans les collections examinées) est illustrée dans les tableaux 1 et 2 du paragraphe 5.

3. STRATIGRAPHIE

Dans l'ensemble des coupes étudiées (voir carte de situation CLAVEL & CHAROLLAIS, ce vol.), les échinides sont beaucoup plus nombreux que les ammonites, rares ou généralement limitées à quelques niveaux précis dans les faciès marneux, rarissimes dans les faciès bioclastiques. De ce fait, à l'intérieur du cadre général défini par les ammonites, ils ont pu apporter d'intéressantes précisions, sur la limite Valanginien-Hauterivien notamment. Celles-ci reposent, entre autres, sur l'identification des stades évolutifs de trois genres évoluant rapidement entre le Valanginien et l'Hauterivien: *Tetraromania*, *Holaster*, *Toxaster*. Ces divers stades sont précisés au paragraphe 6 (Paléontologie).

3.1. Séries hémipélagiques

3.1.1. Valanginien supérieur

La succession des *Toxaster* indique que la limite Valanginien-Hauterivien se situe au passage marnes jaunes-marnes bleues à Valangin, à l'intérieur des marnes jaunes au Landeron, à l'intérieur des marnes bleues à Nozeroy: il est ainsi démontré que le faciès de marnes jaunes caractérisant les Marnes à *Astieria* n'a pas de valeur chronologique. Sa couleur est sans doute due à la limonite provenant de l'altération des calcaires roux sous-jacents. Son épaisseur est très variable localement (de 15 à 50 cm), selon le rythme de la sédimentation et l'importance de l'imprégnation limonitique.

* Nous tenons à remercier de leur amicale collaboration E. LANTERNO (Genève), M. WEIDMANN (Lausanne), J. REMANE (Neuchâtel), M. PHILIPPE (Lyon), A. PRIEUR (Lyon) et J. ROMAN (Paris).

A Sainte-Croix comme dans la série identique de Censeau, *Toxaster*, *Tetraromania* et *Holaster* définissent la limite Valanginien-Hauterivien avec précision, à l'intérieur de l'intervalle déterminé par les ammonites collectées. Par contre, aucun des échinides ne permet l'identification des biozones du Valanginien supérieur. Celles-ci ont donc été placées (fig. 2) en fonction du schéma général établi pour le Valanginien supérieur du Jura (CLAVEL, DONZE & WALTER, étude en cours).

Il en est de même dans le sud du Jura, où la succession des *Toxaster* et *Holaster* a permis de placer la limite Valanginien-Hauterivien dans la partie inférieure des Marnes bleues, généralement considérées comme hauteriviennes. En certaines coupes (Salève, Vuache, Cluse de Chailles, Hauteville), des ammonites ont confirmé cette interprétation.

3.1.2. Hauterivien

Tous les épisodes hémipélagiques attribuables à l'Hauterivien dans le Jura abritent une faune identique, essentiellement composée de *Toxaster*. La base de la Zone à *Radiatus* recèle partout *T. remanei* et *T. crassisulcatus*. Apparaissant légèrement plus tard, *T. retusus* ne disparaît qu'avec l'installation des faciès de plate-forme. L'ensemble des échinides collectés ne permet pas pour l'instant une identification des biozones basées sur les échinides.

Par contre, le sommet de l'Hauterivien inférieur est marqué dans le Jura méridional par l'apparition d'une forme primitive d'*Heteraster couloni*, accompagnée de *T. retusus* dans les derniers niveaux hémipélagiques, à la base de la falaise urgonienne. Il est d'autre part à noter qu'en dehors du Landeron, les faciès Pierre jaune de Neuchâtel n'ont fourni que quelques fragments de radioles indéterminables.

3.2. Séries bioclastiques

Nous regroupons sous cette appellation les ensembles bioclastiques infralittoraux caractérisant le Valanginien supérieur du Jura sud (Calcaires à Alectryonia) et l'Hauterivien supérieur de l'ensemble du Jura («Urgonien»). Les échinides n'y présentent pas un grand intérêt biostratigraphique. Ceux d'entre eux qui paraissent avoir une extension limitée sont trop rares pour prétendre à une signification réelle. Les plus abondants, qui constituent la majorité de toute collecte, forment des associations essentiellement liées aux faciès, ne donnant d'indications biostratigraphiques précises que très localement.

3.2.1. Valanginien supérieur

Cidaris muricata et *Pygopyrina incisa*, qui existent dans les Marnes à bryozoaires de Sainte-Croix et Censeau, forment l'essentiel de la faune des Calcaires à Alectryonia du Jura sud. Dans la région de Saint-Claude, ils persistent jusqu'au sommet des calcaires marneux bioclastiques qui remplacent ici les classiques Marnes d'Hauterive.

3.2.2. Hauterivien

Il en est de même pour les échinides des faciès urgoniens : ils apparaissent aussitôt que s'installent les faciès de plate-forme, et demeurent dès lors identiques. Les plus communs sont *Cidaris lardyi*, *Pseudocidaris clunifera* et *Goniopygus peltatus*. On peut, à leur propos, parler d'association caractéristique de l'Urgonien, car l'assemblage de ses principales espèces est classiquement reconnu, dans l'Urgonien du domaine mésogéen, jusqu'au sommet du Barrémien supérieur.

3.3. Conclusions

Nous résumerons en remarquant que les échinides se sont révélés extrêmement utiles pour cerner la limite Valanginien-Hauterivien, mais que par contre, ils ne semblent pas pouvoir être actuellement d'une utilité réelle dans la définition des biozones entourant cette limite. A part *T. remanei* et *T. crassisulcatus*, excellents

marqueurs de la base de la Zone à *Radiatus* dans le Jura, toutes les autres espèces sont constituées en associations liées à des milieux particuliers, et leur apparition/disparition suit fidèlement l'évolution de ces milieux.

Ainsi l'association *C. muricata*/*P. incisa* disparaît dans le Jura neuchâtelois avec l'arrivée du milieu circalittoral, dans la partie inférieure de la Zone à *Trinodosum*, mais elle persiste dans le Jura central («haut-fond de Saint-Claude») jusque dans les Zones à *Radiatus*-Loryi.

L'association *T. retusus*/*H. intermedius*, caractéristique du milieu circalittoral, est connue dans le Jura genevois et méridional jusqu'à l'Hauterivien supérieur, alors qu'elle est remplacée dans le Jura neuchâtelois, dans la partie supérieure de l'Hauterivien inférieur, par l'association infralittorale à *Ps. clunifera*/*G. peltatus*.

La recherche de faits d'évolution à signification biostratigraphique ne pouvant se faire qu'à l'intérieur de milieux comparables, elle est limitée dans le Jura à l'intervalle Valanginien supérieur-Hauterivien inférieur. Durant cette période, le fait le plus remarquable est le remplacement de *T. kiliani* (Valanginien), par *T. remanei* et *T. crassisulcatus*, puis *T. retusus* (Hauterivien); d'*H. valanginiensis* (Valanginien) par *H. intermedius* (Hauterivien); de *Te. jaccardi* (Valanginien) par *Te. ovulum* (Hauterivien).

4. ÉVOLUTION DES MILIEUX

L'apport des échinides à la connaissance du Néocomien jurassien ne se limite pas au domaine purement biostratigraphique. Présentant des associations différentes, et très typées, selon leurs diverses contraintes écologiques, ces formes benthiques, fossilisées sur leurs lieux de vie dans la grande majorité des cas, autorisent également des conclusions sur l'évolution des milieux qui les abritent.

Du toit du Calcaire roux (Valanginien inférieur) à «l'Urgonien» (Hauterivien supérieur), elles mettent en évidence, à l'intérieur de la plate-forme jurassienne, la diversité géographique et chronologique des conditions de sédimentation. Cette diversité est synthétisée dans la fig. 5, qui illustre la répartition biostratigraphique des faunes circalittorales à *Toxaster* et des associations infralittorales (*C. muricata* / *P. incisa* d'une part, *Ps. clunifera* / *G. peltatus* d'autre part. Elle repose sur l'échantillonnage de nombreuses coupes où les biozones d'ammonites ont été clairement reconnues, réparties dans les cinq régions suivantes, du nord au sud (voir fig. 1, CLAVEL & CHAROLLAIS, ce vol.):

- Jura neuchâtelois (Neuchâtel, Morteau, Villers-le-Lac, Nozeroy...)
- Jura vaudois (Sainte-Croix, La Sarraz, Vaulion, Censeau...)
- Jura central (Lamoura, La Senède, Crozet...)
- Jura genevois (Salève, Vuache, Farges...)
- Jura méridional (Hauteville, Cessens, Col du Chat, Cluse de Chailles...).

4.1. Valanginien supérieur - Hauterivien inférieur (Nodosoplicatum)

Au-dessus du Calcaire roux commun à l'ensemble du domaine jurassien, le Valanginien supérieur présente une première différenciation des milieux.

Au nord (Jura neuchâtelois et vaudois), jusqu'à la partie inférieure de la Zone à *Trinodosum*, les marnes abritent des faunes circalittorales aussi bien qu'infralittorales. L'extrême condensation de ces niveaux ne permet pas d'affirmer que les divers échinides collectés aient été rigoureusement contemporains. Peut-être témoignent-ils seulement de l'alternance répétée de petits phénomènes transgressifs et régressifs sur la plate-forme héritée du Valanginien inférieur. Il demeure néanmoins que la présence simultanée de *Toxaster*, *Tetraromania*, *Holaster* et de *C. muricata*, *P. incisa*, *Pygurus rostratus* indique nettement un milieu oscillant entre la partie inférieure du domaine infralittoral et la partie supérieure du domaine circalittoral. Les niveaux sus-jacents ne contiennent plus qu'une faune circalittorale, qui se maintiendra à l'Hauterivien inférieur. On observe donc un approfondissement du milieu, événement que l'étude des ammonites de Sainte-Croix a d'ailleurs également suggéré à BUSNARDO & THIEULOY (ce vol.).

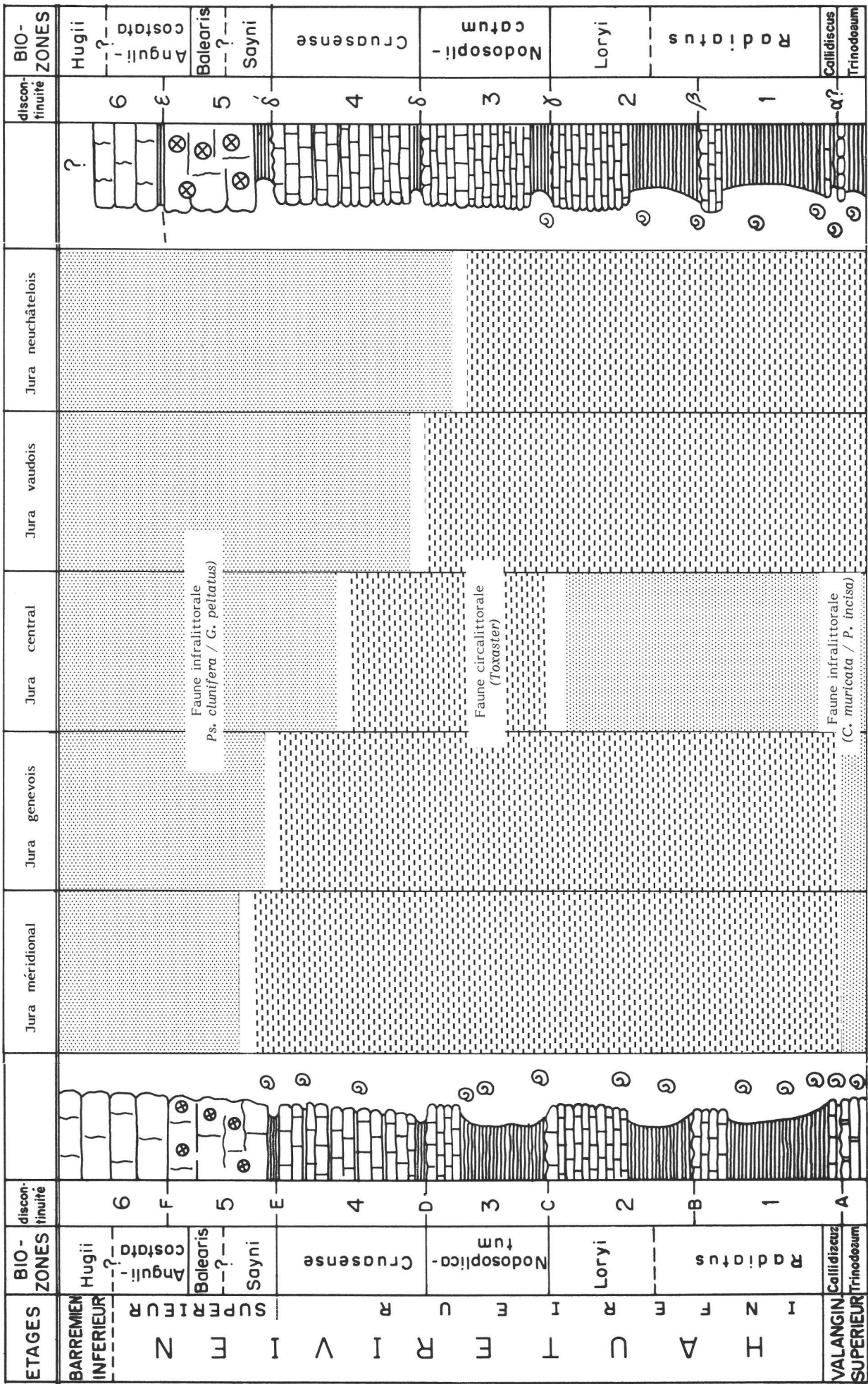


FIG. 5. — Progradation des faciès de plate-forme, du nord au sud du Jura.

Dans les régions plus méridionales par contre, les Calcaires à Alectryonia (Zone à Trinodosum) ne contiennent que des faunes infralittorales. Les *Toxaster* apparaissent dans les Marnes bleues, autrefois réputées hauteriviennes, de la Zone à Callidiscus, et deviennent extrêmement abondants dans l'Hauterivien inférieur du Jura genevois et méridional.

L'évolution du milieu est alors différente dans le Jura central : les faciès bioclastiques se poursuivent jusque dans la Zone à Loryi, et recèlent toujours l'association *C. muricata*/*P. incisa*, témoin de la persistance d'un haut-fond dans cette région. De très rares *T. lorioli* ont été collectés au sommet du Valanginien et à l'extrême base de l'Hauterivien, dans de minces intercalations marneuses qui ne présentent jamais le développement des classiques Marnes bleues.

Après la lacune documentaire représentée par le faciès Pierre jaune de Neuchâtel (partie supérieure de la Zone à Loryi), on retrouve la faune à *Toxaster*, dans le Jura central, dès les marnes basales de la Zone à Nodosoplicatum.

A ce moment, l'ensemble du domaine jurassien est constitué de milieux circalittoraux.

4.2. Hauterivien inférieur (Nodosoplicatum) - Barrémien

L'événement majeur que constitue l'installation de la plate-forme urgonienne amène le remplacement définitif des faunes circalittorales par les faunes infralittorales. Cette installation n'est pas synchrone, du nord au sud du Jura. La position stratigraphique des échinides de l'association *P. clunifera*/*G. peltatus* permet de la dater avec précision dans les différentes régions.

- Jura neuchâtelois et vaudois : les plus anciens *P. clunifera* cités dans le Jura l'ont été par DE LORIOLE et GILLIÉRON (1869 : 100) au Landeron, dans la partie supérieure de la Pierre jaune de Neuchâtel, quelques mètres au-dessus des derniers *T. retusus*, mais toujours dans la Zone à Nodosoplicatum. Nous n'avons pu rééchantillonner ce niveau, sis dans une partie de la coupe maintenant recouverte par des constructions. Par contre nous avons pu constater, à l'instar des anciens auteurs, que les radioles de cette espèce, extrêmement caractéristiques, abondent dans tous les niveaux marneux, dès la base de « l'Urgonien jaune » (base de la séquence 4). Ils y sont généralement accompagnés de *C. lardyi* et *G. peltatus*, la faune s'enrichissant localement d'autres espèces (La Russille, Vaulion...).
- Jura central : *T. retusus* disparaît dans la partie moyenne de la Zone à Cruasense. La mauvaise qualité des affleurements ne nous a pas permis de collecter des échinides dans les faciès urgoniens immédiatement sus-jacents, sinon en des niveaux non repérés dans la série.
- Jura genevois : La faune circalittorale à *Toxaster* existe encore dans les niveaux marneux immédiatement au contact de la falaise urgonienne (base de la Zone à Sayni). Les premiers radioles de *P. clunifera* s'observent, en section dans les calcaires, quelques mètres au-dessus.
- Jura méridional : *T. retusus* persiste légèrement plus haut, en compagnie de nombreux Nautilés (*Eucymatoceras plicatum* primitif — détermination H. TINTANT), dans les premiers mètres de calcaires à petits bioclastes de la barre urgonienne (partie moyenne de la Zone à Sayni).

On voit donc que les faciès bioclastiques de plate-forme, installés dès l'Hauterivien inférieur (partie supérieure de la Zone à Nodosoplicatum) dans le nord du Jura, c'est-à-dire dans son domaine le plus interne, progradent en direction du bassin subalpin dont ils atteignent la bordure (Jura genevois et méridional) au début de l'Hauterivien supérieur (Zone à Sayni). Nous avons démontré (CLAVEL et al. 1986a) que cette progradation, d'axe général NE-SW, se poursuivait logiquement dans ce bassin de l'Hauterivien supérieur à la base du Barrémien.

5. EXTENSION STRATIGRAPHIQUE DES ESPÈCES CONNUES DANS LE JURA

En raison des importants résultats stratigraphiques nouveaux obtenus tant lors de la présente révision qu'à l'occasion de travaux récents dans le Crétacé inférieur du domaine jurassien (CLAVEL et al. 1986b), il est maintenant possible de placer dans le cadre biostratigraphique actuel la plupart des gisements cités dans les descriptions originales.

5.1. Taxonomie

Une révision des très nombreuses espèces décrites en provenance du Jura neuchâtelais et vaudois n'entrait pas dans le cadre de ce travail. La synonymie de bon nombre d'entre elles était déjà reconnue du vivant de leur auteur. D'autre part, les premières descriptions d'AGASSIZ & DESOR, généralement sans figuration, avaient paru dans des publications à faible diffusion. C'est pourquoi nous avons choisi comme références les monographies où ces auteurs ont repris leurs descriptions antérieures. Les mises en synonymie retenues ont été celles de l'Echinologie helvétique (DE LORIOLO 1873), dernier ouvrage monographique complet sur les échinides du Crétacé helvétique. Contemporain des auteurs qui l'avaient précédé, DE LORIOLO avait de ce fait accès direct à leurs collections et pouvait donc débattre avec eux des mises en synonymie proposées. Les espèces du Jura genevois décrites dans l'Echinologie helvétique ont été également incluses dans le tableau, ainsi que celles créées par SAVIN & LAMBERT pour le Valanginien du Jura méridional.

Le tableau 1 ne présente donc que les espèces actuellement reconnues valables, en l'absence des révisions paléontologiques qui restent à faire, notamment pour les *Cassiduloida* dont les différentes formes décrites sont extrêmement difficiles à appréhender, même sur le plan purement typologique.

Le tableau 2 rassemble les autres espèces citées ou collectées dans le Jura.

Les noms de genres retenus sont ceux publiés dans le Treatise on Invertebrate Paleontology — Part U — (MOORE 1966) à l'exception de *Pyrina* (= *Globator* in Treatise) pour lequel les incertitudes du départ ne doivent pas, à notre sens, modifier un usage reconnu de plus d'un siècle.

5.2. Stratigraphie

Il n'a été tenu compte que des types provenant de niveaux actuellement attribuables au Berriasien, au Valanginien et à l'Hauterivien.

L'essentiel des premières collectes provenait des marnières ou des niveaux marneux des carrières alors exploitées. Parfaitement identifiables encore actuellement, ces gisements ont pu être biostratigraphiquement datés, à une zone près. L'attribution stratigraphique des types en provenant peut donc être considérée comme correcte.

Le problème est tout autre avec la multitude de fossiles (échinides, gastéropodes, lamellibranches, bryozoaires...) fournis à D'ORBIGNY, DESOR, DE LORIOLO par le D^r CAMPICHE. En effet, lors de la publication d'une partie des fossiles crétacés de Sainte-Croix, CAMPICHE & DE TRIBOLET (1858), auteurs de la description géologique très succincte précédant la partie paléontologique, s'étaient abstenus de donner une liste des faunes des divers niveaux, se réservant de la publier dans un résumé qui ne vit jamais le jour. Les seules indications fournies pour les échinides étaient «néocomien», «néocomien inférieur», «néocomien moyen», etc. Il ne s'agissait en fait que des estimations du D^r CAMPICHE quant à la situation stratigraphique des divers gisements qu'il faisait exploiter, dont un grand nombre ne se situait pas dans des coupes continues, ou quant à l'origine des fossiles que lui fournissaient, contre solide rétribution, les habitants de la région.

JACCARD (1893), qui avait connu et parfois accompagné sur le terrain le D^r CAMPICHE, notait que ce dernier «n'indiquait pas volontiers la provenance des échantillons de sa collection» et que ceux-ci portaient tous, indistinctement, l'indication «Sainte-Croix» alors même qu'ils provenaient de nombreuses localités. Quelques années plus tard, RITTENER (1902) écrivait dans son introduction: «D'autre part, il s'est avéré que le D^r CAMPICHE fut plus collectionneur que géologue; il accumula les récoltes faites par des chercheurs ignorants ou peu soucieux de distinguer les niveaux fossilifères, et confondit même sous le nom collectif de Sainte-Croix divers gisements dont certains sont certainement étrangers à cette localité. De sorte qu'au point de vue stratigraphique, sa collection présente quelques tares irréductibles.»

La totale incertitude des indications stratigraphiques du D^r CAMPICHE permet sans doute d'expliquer que certaines espèces soient citées à Sainte-Croix dans des niveaux beaucoup plus élevés que ceux où elles sont connues partout ailleurs dans le Jura (in DE LORIOLO 1873 notamment).

Pour tous les types originaires de la collection CAMPICHE — principalement les espèces créées par DESOR & D'ORBIGNY —, on a donc essentiellement tenu compte des niveaux dans lesquels ces espèces ont été retrouvées par les géologues modernes, dans le cadre de coupes précises. Pour celles qui n'ont jamais été

		BERRIASIEN			VALANGINIFÈN						HAUTERIVIEN						BARREM.	
		inf.	moy.	sup.	inf.			sup.			inf.			sup.				
		Jacobi / Grandis	Occeanica	Boissieri	Otopeta	Perransiens	Campylotoxum	Verrucosum	Trinodosum	Callidiscus	Radiatus	Loryi	Nodosoplicatum	Cruasense	Sayni	Balearis	Angulicostata	Hugii
■ : position stratigraphique du type. — : extension stratigraphique connue dans le domaine mésogéen. () : dénomination générique originale.																		
<u>L. AGASSIZ 1838</u>																		
Hyposalenia stellulata	(Salenia)																	
<u>L. AGASSIZ 1839 - 1840</u>																		
Acrosalenia patella	(Hemicidaris)																	
Pseudocidaris clunifera	(Cidaris)	—	—															
Acrocidaris minor																		
Trochotiara bourgueti	(Diadema)																	
Trochotiara rotularis	(Diadema)																	
Goniopygus peltatus																		
Magnosia pilos	(Arbacia)																	
Pygopyrina incisa	(Nucleopygus)																	
Pyrina pygaea	(Galerites)																	
Coenholectypus macropygus	(Discoidea)																	
Pygurus montmollini																		
Pygurus rostratus																		
Astrolampas productus	(Pygurus)																	
Pygorhynchus obovatus																		
Phyllobrissus alpina	(Catopygus)																	
Phyllobrissus gresslyi	(Catopygus)																	
Phyllobrissus neocomiensis	(Catopygus)																	
Phyllobrissus renaudi	(Catopygus)																	
Plagiochiasma olfersii	(Nucleolites)																	
Clypeopygus subquadratus	(Nucleolites)																	
Heteraster couloni	(Holaster)																	
<u>E. DESOR 1842</u>																		
Tetraromania ovulum	(Dysaster)																	
<u>L. AGASSIZ 1847</u>																		
Phyllobrissus nicoleti	(Nucleolites)																	
<u>A. d'ORBIGNY 1853 - 1856</u>																		
Pygorhynchus campicheanus	(Botriopygus)																	
Nucleolites bourguignati	(Echinobrissus)																	
Collyrites oblonga																		
Taphraster campicheanus	(Holaster)																	
Toxaster granosus	(Echinospatagus)																	

= Cardiopelta capistrata GOLDFUSS - Oxfordien supérieur

= Crétacé supérieur ?

TABEAU 1. — Extension stratigraphique des espèces dont les types proviennent du Jura.

		BERRIASIEN			VALANGINIEN					HAUTERIVIEN					BARREM.		
		inf.	moy.	sup.	inf.		sup.			inf.			sup.				
		Jacobi / Grandis	Occitanica	Boissieri	Otopeta	Perransiens	Campylotoxum	Verrucosum	Trinodosum	Callidiscus	Radiatus	Loryi	Nodosoplicatum	Crusense	Sayni	Balearis	Angulicostata
<div><div></div> : position stratigraphique du type.</div> <div><div></div> : extension stratigraphique connue dans le domaine mésogéen.</div> <div>() : dénomination générique originale.</div>																	
<u>E. DESOR 1854 - 1858</u>																	
Cidaris pretiosa																	
Cidaris lardyi																	
Salenia folium-querci																	
Hemipedinia lenticula																	
Hemicidaris acinum	(Hypodiadema)																
Hypodiadema saleniforme																	
Tetragramma picteti	(Diadema)																
Phymosoma nobile	(Diplopodia)																
Goniopygus decoratus																	
Magnosia lens																	
Psammechinus hiselyi																	
Spaniocyphus tenuis	(Psammechinus)																
Glyptechinus montmollini	(Psammechinus)																
Psephechinus gillieronii	(Codechinus)																
Phyllobrissus duboisii	(Echinobrissus)																
Phyllobrissus subinferus	(Pygaulus)																
Pygorhynchus morloti	(Pygaulus)																
Pygorhynchus nucula	(Botriopygus)																
Pygorhynchus testudo	(Botriopygus)																
Nucleolites chavannesi	(Clypeopygus)																
<u>in de LORIOL 1863</u>																	
Astrolampas gillieronii	(Pygurus)																
<u>in JACCARD 1869</u>																	
Phyllobrissus jaccardi																	
Nucleolites renevieri	(Phyllobrissus)																
Pygurus buchii																	
Tetraromania jaccardi	(Collyrites)																
<u>in de LORIOL 1873</u>																	
Pygorhynchus escheri	(Botriopygus)																
Nucleolites scheuchzeri	(Echinobrissus)																

TABLEAU 1. — (Suite).

	BERRIASIEN			VALANGINIEN						HAUTERIVIEN						BARREM.	
	inf.	moy.	sup.	inf.			sup.			inf.			sup.				
	Jacobi / Grandis	Occitanica	Boissieri	Oropeta	Pertansiens	Campylotoxum	Verrucosum	Trinodosum	Callidiscus	Radiatus	Loryi	Nodosoplicatum	Crusense	Seyni	Balearis	Angulicostata	Hugii
<p><u>G. COTTEAU 1861 - 1867</u></p> <p>Cidaris problematica</p> <p>Phyllacanthus sanctae-crucis (Rhabdocidaris)</p> <p>Pseudodiadema guirandi</p> <p>Pseudodiadema jaccardi</p> <p>Codiopsis jaccardi</p> <p><u>P. de LORIOLE 1873</u></p> <p>Cidaris campichei</p> <p>Rhabdocidaris pavimentatus</p> <p>Pseudodiadema gemmeum</p> <p>Trochotiara caroli (Pseudodiadema)</p> <p>Pseudodiadema (?) verruculatum</p> <p>Psammechinus salevensis</p> <p>Glyptechinus rochati</p> <p>Pygorhynchus valdensis (Botriopygus)</p> <p>Phyllobrissus gillieronii</p> <p>Phyllobrissus parviporus</p> <p>Pygurus salevensis</p> <p>Hyposalenia cottaldina (Peltastes)</p> <p>Nucleolites salevensis (Echinobrissus)</p> <p><u>J. LAMBERT et L. SAVIN 1907</u></p> <p>Acrosalenia sabaudiensis</p> <p>Pseudodiadema revili</p> <p><u>J. LAMBERT 1916a</u></p> <p>Trochotiara pusilla</p> <p><u>J. LAMBERT 1916b</u></p> <p>Holaster valanginiensis</p> <p><u>ESPECES DECRITES DANS CE VOLUME</u></p> <p>Toxaster remanei</p> <p>Toxaster crassissulcatus</p>																	

TABLEAU 1. — (Suite).

		BERRIASIEN			VALANGINIEN						HAUTERIVIEN					BAREM.		
		inf.	moy.	sup.	inf.			sup.			inf.			sup.				
		Jacobi / Grandis	Occitanica	Boissieri	Otopeta	Pertransiens	Campylotoxum	Verrucosum	Trinodosum	Callidiscus	Radiatus	Loryi	Nodosoplicatum	Cruasense	Sayni	Balearis	Angulicostata	Hugii
<div></div> : extension stratigraphique dans le Jura. <div></div> : extension stratigraphique connue dans le domaine mésogéen. () : dénomination générique originale.																		
Plegiocidaris punctata ROEMER	(Cidaris)																	
Plegiocidaris pustulosa A.GRAS	(Cidaris)																	
Typocidaris malum A. GRAS	(Cidaris)																	
Cidaris muricata ROEMER																		
Cidaris punctatissima AGASSIZ																		
Rhabdocidaris tuberosa A. GRAS	(Cidaris)																	
Phyllacanthus salviensis COTTEAU	(Cidaris)																	
Polydiadema grasi DESOR																		
Tetragramma autissiodorensis COTTEAU (Diadema)	(Diadema)																	
Tetragramma raulini COTTEAU	(Diadema)																	
Phymosoma peroni COTTEAU	(Cyphosoma)																	
Phymosoma revili SAVIN																		
Codiopsis lorini COTTEAU																		
Holactypus minutus GAUTHIER																		
Phyllobrissus ebrayi COTTEAU																		
Nucleolites grasanus d'ORBIGNY	(Trematopygus)																	
Holaster cordatus DUBOIS																		
Holaster intermedius MUNSTER																		
Toxaster kiliani LAMBERT																		
Toxaster lorioli LAMBERT																		
Toxaster retusus LAMARCK																		

TABLEAU 2. — Extension stratigraphique des autres espèces connues dans le Jura.

retrouvées, on a porté attention au lithofaciès des terrains de Sainte-Croix pour déterminer quelle était l'origine la plus vraisemblable du type en question : les travaux de JACCARD, SCHARDT, RITTENER ont été précieux. Le problème se pose d'ailleurs essentiellement pour le Valanginien, dans lequel était compris l'actuel Berriasien.

La combinaison des différentes approches a permis une attribution stratigraphique crédible des types de la collection CAMPICHE : seule demeure une totale énigme le cas de *Taphraster campicheanus* D'ORBIGNY, évoqué au paragraphe 6.

6. PALÉONTOLOGIE

Il n'entrait dans le propos des travaux présentés ici ni une révision des formes connues, ni une étude systématique approfondie des espèces nouvellement récoltées. Les commentaires qui suivent sont donc à considérer comme une brève approche des échinides du Crétacé inférieur jurassien. Ils sont limités à quelques formes posant un problème paléontologique important (*Cid. muricata*, *Ph. sanctaecrucis*, *Coll. oblonga*, *Taphraster*) ou présentant un réel intérêt biostratigraphique (*Tetraromania*, *Holaster*, *Toxaster*, *Heteraster*).

6.1. Généralités

L'étude des échinides collectés confirme ce que nous avons déjà observé en d'autres régions : les critères purement morphologiques et typologiques qui ont servi de base aux diverses diagnoses définissent avec une certaine fidélité les caractères généraux des populations, lors des périodes de stabilité, mais ne permettent pas une détermination sûre des exemplaires collectés à l'occasion de travaux de stratigraphie. La plupart du temps peu nombreux, ceux-ci sont rarement en parfait état de conservation. De plus, lors des périodes de crise évolutive marquées par le renouvellement des espèces, ces caractères, par ailleurs susceptibles d'une grande variabilité, revêtent souvent l'aspect de « formes de passage », intermédiaires entre les morphologies anciennes et nouvelles.

En de telles circonstances (le passage Valanginien-Hauterivien en est une), la détermination d'un exemplaire particulier collecté en un niveau précis ne saurait être qu'affaire d'intime conviction. On ne peut cependant pas proposer des arguments stratigraphiques crédibles à partir de déterminations subjectives reposant sur des concepts flous.

Les différentes espèces doivent donc être redéfinies, en fonction des critères les plus objectifs possible, comme représentant divers stades évolutifs du schéma de base formant le genre. Cette approche passe par l'identification prioritaire de ces stades dans les structures anatomiques du test, beaucoup plus significatives d'une modification physiologique que la courbure des ambulacres ou la disposition des tubercules.

L'étude en est en cours pour les échinides irréguliers du Jurassique et du Crétacé : ses premiers résultats ne sauraient être détaillés en quelques pages.

L'attention sera portée ici sur l'évolution de deux structures particulières :

- L'interambulacre 5, qui est la structure la plus importante pour la compréhension des échinides irréguliers. De sa croissance différentielle dépend en effet l'acquisition de la symétrie bilatérale par l'imago à symétrie pentaradiée. Le nombre de préanales, qui se réduit lors de l'évolution, témoigne d'une sortie de plus en plus précoce du périprocte hors de l'appareil apical. D'abord indifférenciées de leurs homologues des autres interambulacres, chez les formes du Jurassique moyen, ses premières plaques corales acquièrent peu à peu une individualité très marquée : labrum résultant de la soudure des trois premières ; sternaes qui s'allongent de plus en plus et dont la suture avec le labrum se modifie, selon le même processus, pour réaliser les types méridosterne (sternaes superposées) et « amphisterne » (sternaes côte à côte) ; épisternaes qui diminuent de taille jusqu'à ne pas se différencier des préanales.
- L'appareil apical, qui demeure intercalaire et allongé chez les *Holasteridae*, mais passe progressivement, dès le Berriasien, à un état de plus en plus compact chez *Tetraromania* (soudure ocellaires-génitales) et chez les *Spatangoida* (exertion des ocellaires II et IV, développement de la génitale 2 jusqu'au stade ethmolytique).

Il est important de noter que, chez les échinides, l'ontogénie rappelle remarquablement la phylogénie. Une forme jeune d'une espèce quelconque est difficilement distinguable des espèces qui l'ont précédée. La méconnaissance de ce fait peut conduire à des erreurs, tant en paléontologie qu'en stratigraphie. Les caractères utilisés ou décrits ici seront donc ceux de formes adultes pleinement développées, au test non usé.

6.2. *Cidaridae* GRAY

Cidaris muricata ROEMER - *Phyllacanthus sanctae-crucis* COTTEAU

- 1836 *Cidaris muricata* ROEMER, p. 26, pl. 1, fig. 22.
- 1862 *Rhabdocidaris sanctae-crucis* COTTEAU, p. 340, pl. 1080, fig. 1-4.

Les radioles de *C. muricata* sont très abondants dans les faciès infralittoraux du Valanginien supérieur. On rencontre en leur compagnie, beaucoup plus rarement, des plaques isolées de *Ph. sanctae-crucis*.

Nous avons collecté à Sainte-Croix (niv. 2), un fragment composé d'un ambulacre et d'un interambulacre complets, le plus important connu à ce jour. Il correspond en tous points à la description de COTTEAU. A la suite de HUPE (1862), cet auteur avait signalé, sans toutefois l'affirmer formellement, que les radioles nommés *C. muricata* dans le Bassin parisien pourraient appartenir au test de *Phyllacanthus salviensis* (très proche de *Ph. sanctae-crucis*).

Bien que n'ayant pas rencontré de radiole adhérent à un test, nous pensons que l'hypothèse de COTTEAU doit être acceptée et les radioles de *C. muricata* du Jura attribuées au *Ph. sanctae-crucis*. En effet, ces deux formes ont une répartition stratigraphique rigoureusement identique et coexistent dans les mêmes milieux. De plus, la morphologie de ces radioles est typiquement celle des *Rhabdocidarinae*, mais n'a pas grands rapports avec celle des *Cidarinae*.

LAMBERT (1927: 372), au terme d'une argumentation peu convaincante, avait conclu que ces deux formes du Jura devaient en fait être dénommés *C. hirsuta* MARCOU (espèce décrite en quelques lignes, mais non figurée par son auteur et sans type connu).

Sans préjuger des résultats d'une étude approfondie de la question, nous avons conservé ici la dénomination *C. muricata*, utilisée par tous les auteurs l'ayant citée dans le Jura depuis plus de cent ans.

6.3. *Holactypidae* LAMBERT

Holactypus macropygus AGASSIZ

- 1836 *Discoidea macropyga* AGASSIZ, p. 137, pl. XIV, fig. 7-9.
- 1920 *Holactypus minutus* GAUTHIER in LAMBERT, p. 4-5.
- 1966 *Holactypus almeidae* REY, p. 296, pl. 2, fig. 1-9.

Cette espèce à très grande longévité (Berriasien moyen-Bédoulien), a été communément attribuée, depuis POMEL, au genre *Coenholactypus*, censé de différencier d'*Holactypus* par l'existence d'une plaque génitale 5 (= «impaire») perforée, alors qu'elle est imperforée chez *Holactypus*. Des auteurs récents — WAGNER et DURHAM in MOORE 1966, REY 1966, ZAGHBIB-TURKI 1987 — continuent d'attribuer le nom de génitale à la plaque 5 de l'appareil apical des *Holactypoida*, tout comme le faisaient POMEL et ses contemporains. L'étude de l'ontogénie des échinides irréguliers montre qu'il s'agit en fait d'une plaque complémentaire remplaçant la génitale 5 qui est emmenée par le périprocte lors de sa migration hors de l'appareil apical. Cette génitale 5, devenue de ce fait non fonctionnelle, est incorporée aux plaques périproctales, comme chez les *Spatangoida*. La plupart du temps caduque, elle est responsable de la forme traditionnellement «acuminée» de la base du périprocte. Du fait de la symétrie apparemment pentaradiée d'*Holactypus*, cette plaque complémentaire prend la plupart du temps une forme identique à celle des véritables génitales. Mais elle ne peut en aucun cas avoir la fonction d'une véritable génitale, ce qui équivaldrait à un cas de réversibilité de l'évolution. D'autre part, l'ouverture de pores supplémentaires dans une quelconque plaque génitale ou coronale est connue chez des représentants de diverses espèces, dès la base du Crétacé.

Le caractère invoqué par POMEL pour différencier *Coenholectypus* d'*Holectypus* ne peut être retenu comme d'importance générique: les deux genres sont synonymes.

Cette conclusion est confirmée par l'examen des exemplaires collectés dans l'Hauterivien inférieur du Jura (région et niveau stratotypiques). La quasi totalité des «*Coenholectypus*» récoltés à l'occasion du présent travail présentent tous les caractères morphologiques de l'espèce *macropygus*, mais ne possèdent que quatre pores génitaux. Quelques autres, de taille généralement plus grande, en ont cinq. AGASSIZ et DESOR ne mentionnent pas ce caractère, et les figurations de DESOR ne montrent également que quatre pores. DE LORIOLO indique expressément l'existence d'un cinquième pore génital, mais l'examen des collections qu'il eut à sa disposition au Musée de Genève (la sienne et celle de PICTET) montre que sur vingt-six exemplaires provenant du Crétacé inférieur du Jura, douze ont un appareil apical inobservable, dix ont quatre pores, quatre ont cinq pores (cette répartition étant indépendante de la taille des exemplaires). Par contre, les *H. macropygus* de l'Hauterivien du Bassin parisien, communiqués par Cotteau et Saemann, présentent cinq pores, comme les exemplaires décrits par Cotteau.

Il est donc quasi certain qu'il s'agit là d'un caractère individuel, localement généralisé ou non. Des collectes effectuées dans le Crétacé inférieur du Maroc occidental ont fourni des individus parfaitement caractérisés mais ne possédant que quatre pores. Dans le Berriasien moyen de Tunisie centrale, nous avons récolté un *H. macropygus* typique, dont la complémentaire est marquée d'une excavation identique à un pore, mais qui ne traverse pas le test.

6.4. *Collyritidae* D'ORBIGNY

6.4.1. *Collyrites oblonga* D'ORBIGNY

— 1853 *Collyrites oblonga* D'ORBIGNY, p. 57, pl. 834.

Le type de cette espèce, communiqué par MARCOU et censé provenir du Valanginien supérieur de Censeau, a été retrouvé parmi les *Disaster subelongatus* de la collection D'ORBIGNY, dans la même boîte et sous le même numéro (B. 14778) que des échinides du Néocomien de La Martre (Var), reçus par le présent auteur à l'occasion de la réédition critique de la Paléontologie Française entreprise par le Muséum d'Histoire Naturelle de Paris.

Il n'était pas mentionné dans le catalogue de la collection, rédigé en 1873, et les recherches effectuées par J. ROMAN s'étaient avérées vaines.

L'identification du type, dont le faciès — test et sédiment de couleur brun foncé —, n'a jamais été rencontré parmi la multitude d'échinides collectés dans le Crétacé inférieur jurassien, n'est pas sujette à caution: Il s'agit d'un exemplaire comprimé latéralement et déformé, mais sa longueur, son appareil apical, les ambulacres visibles du péristome à l'apex (alors que la majorité des échinides de la collection D'ORBIGNY ne sont pas nettoyés), la place du péristome déporté vers le centre par l'écrasement, correspondent parfaitement à la description et à la figuration, (reconstituée comme il était d'usage à l'époque), de la Paléontologie française.

L'examen du type montre, aussi clairement que sa figuration et sa description le laissent deviner, qu'il s'agit d'un exemplaire de *Cardiopelta capistrata* GOLDFUSS, espèce caractéristique de l'Oxfordien supérieur, abondante dans le Jura. Cette appartenance au genre *Cardiopelta* avait déjà été reconnue par BEURLIN (1934: 97) et MINTZ (1966: 117), sans toutefois que soit mise en doute son attribution au Crétacé inférieur. Le représentant le plus récent du genre — *C. trigonalis* DESOR — n'est connu que du Kimméridgien inférieur. Il possède des caractères plus évolués, notamment un bivium beaucoup plus près du trivium et un sillon antérieur fortement marqué.

DE LORIOLO (1873: 296) cite deux exemplaires de *C. oblonga* provenant également du Jura. Un seul (fig. 11 de l'Echinologie Helvétique) a pu être retrouvé au Musée de Genève. Dans l'état où DE LORIOLO l'avait décrit, il s'agissait d'un exemplaire de très petite taille (10 mm), complètement empâté: quelques millimètres carrés

N. B. Dans la fig. 2, *Coenholectypus macropygus* AGASSIZ et *Holectypus minutus* GAUTHIER doivent être réunis sous le nom d'*Holectypus macropygus* AGASSIZ.

de test visibles permettaient seulement de savoir qu'il s'agissait d'un échinide. Une fois correctement dégagé, il s'est révélé être un individu juvénile d'*Holaster*, attribuable à l'espèce *valanginiensis* en raison de sa provenance (Valanginien supérieur).

La figuration du second exemplaire (fig. 12) ne permet pas plus que son moulage en plâtre de conclusions précises, sinon qu'il s'agit également d'un *Holaster* juvénile, et qu'il n'a certainement rien de commun avec le type de D'ORBIGNY.

Il faut donc admettre que la création de *C. oblonga* est manifestement le résultat d'une confusion d'origine entre le Valanginien de Censeau et l'Oxfordien supérieur qui affleure sur de grandes étendues dans tout l'ouest du Jura.

Cette conclusion est confortée par le fait de l'épisode laguno-saumâtre du Purbeckien qui a éliminé pour un temps tous les échinides de la mer jurassienne: le repeuplement du Berriasien moyen n'a pu se faire qu'à partir d'espèces déjà présentes dans les bassins environnants.

6.4.2. *Tetraromania jaccardi* DESOR — *Tetraromania ovulum* DESOR

— 1842 *Dysaster ovulum* DESOR, p. 22, pl. 3, fig. 5-8.

— 1869 *Collyrites jaccardi* DESOR in JACCARD, p. 158.

Récemment créé par SOLOVIEV (1972: 64), le genre *Tetraromania* comprend tous les anciens *Collyropsis* autres que *C. carinata* et *C. trigonalis*, dont il se distingue par un appareil apical où les génitales 1 et 4, et les ocellaires II et IV sont respectivement soudées l'une à l'autre pour ne former plus qu'une seule plaque. Dans les définitions classiques, *Te. jaccardi* était censé se différencier de *Te. ovulum* par une forme plus basse, plus acuminée, et par un sillon plus prononcé. Ces caractères morphologiques n'ont pas grande valeur: si la majorité des formes valanginiennes est effectivement plus acuminée et plus basse que la majorité des formes hauteriviennes, il se rencontre également dans les populations de *Te. jaccardi* des exemplaires qui présentent la morphologie de *Te. ovulum*, et vice-versa. Ceci explique les citations de l'une et l'autre espèce dans les deux étages.

Par contre, l'examen de l'interambulacre 5 montre que les *Tetraromania* du Berriasien et du Valanginien possèdent un plastron de type haplosterne à protoméridosterne (fig. 6), tandis que les formes hauteriviennes ont un plastron méridosterne (fig. 7). Le changement se fait au passage Valanginien-Hauterivien. Il marque une évolution clairement identifiable, utilisable en stratigraphie.

Les autres caractères — hauteur plus grande, sillon plus accusé... chez *Te. ovulum* — sont d'un intérêt bien moindre et susceptibles d'autant de variations individuelles que d'interprétations personnelles.

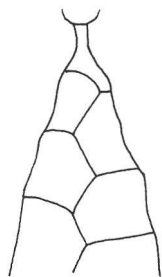


Fig. 6

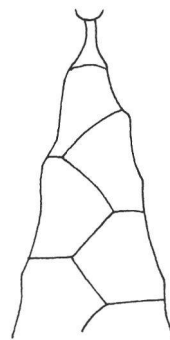


Fig. 7

FIG. 6. — Plastron haplosterne de *Te. jaccardi* FSL 196126. Valanginien sup. Morteau. (25,0 mm). ($\times 1,8$).

FIG. 7. — Plastron méridosterne de *Te. ovulum*. Coll. D'ORBIGNY, N° B15219. Hauterivien inf. Censeau (22,2 mm). ($\times 1,9$).

6.5. *Holasteridae* PICTET

6.5.1. *Holaster valanginiensis* LAMBERT — *Holaster intermedius* MUNSTER

— 1829 *Spatangus intermedius* MUNSTER, p. 149, pl. 46, fig. 1.

— 1916 *Holaster valanginiensis* LAMBERT, p. 9, fig. in DE LORIOLE 1873, pl. 26, fig. 1-2.

La principale différence objective entre *H. valanginiensis* (Valanginien) et *H. intermedius* (Hauterivien) réside dans l'état d'évolution du plastron, protoméridosterne chez le premier (fig. 8), méridosterne chez le second (fig. 9).

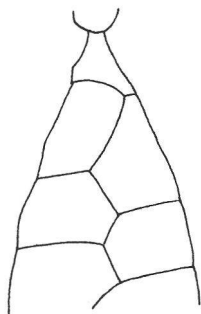


Fig. 8

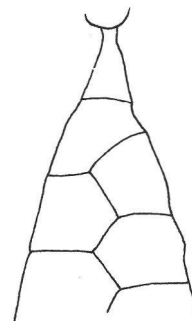


Fig. 9

FIG. 8. — Plastron protoméridosterne de *H. valanginiensis*. Valanginien sup. FSL 196127. Morteau. (28,5 mm). ($\times 2,3$).

FIG. 9. — Plastron méridosterne de *H. intermedius*. FSL 196128 Hauterivien inf. Sainte-Croix. (35,0 mm). ($\times 1,7$).

Les caractères morphologiques tels que forme basse, pourtour peu renflé, sillon antérieur profond et caréné, troncature postérieure abrupte chez *H. intermedius*, correspondent bien, là encore, à la définition de l'espèce, mais ne sont pas significatifs de tous les individus. (Nous avons par exemple collecté dans la Zone à Trinodosum du Ravin du Colas un *Holaster* protoméridosterne à sillon profond et nettement caréné). Ils ne peuvent donc pas être utilisés en stratigraphie si on ne dispose pas d'importantes populations provenant du même niveau, ce qui est rarissime.

6.5.2. *Taphraster campicheanus* D'ORBIGNY

— 1853 *Holaster campicheanus* D'ORBIGNY, p. 79, pl. 811, fig. 5-11.

On est là en présence d'un genre représenté par une seule espèce, elle-même représentée par un unique individu qui a été perdu, dont on ne connaît pas la provenance précise, et dont aucun semblable n'a jamais été retrouvé. La description et la figuration de la Paléontologie française en dessinent enfin une morphologie qui rappelle certaines formes du Crétacé supérieur ou du Tertiaire mais ne présente pas la moindre analogie avec les *Holasteridae* du Crétacé inférieur.

Nettement réniforme, le péristome témoigne d'un stade évolutif qui n'apparaît qu'au Crétacé moyen, chez quelques *Holasteridae* et chez les *Hemiasteridae*. Sa situation, en position presque centrale, n'est connue que chez des *Holasteridae* actuels ou tertiaires.

Ni D'ORBIGNY ni DE LORIOLE ne décrivent la structure de l'appareil apical, inobservable selon eux. Et la figuration, (pour autant qu'elle soit fidèle), avec les origines des ambulacres écartées latéralement mais rapprochés longitudinalement, suggère beaucoup plus un appareil apical de *Spatangoida* (génitales jointives) que celui, intercalaire, des *Holasteridae*.

Les pores ambulacraires punctiformes ne sont pas caractéristiques des *Holasteridae*; la longueur et la flexuosité des ambulacres postérieurs rappellent certains *Micrasterinae* et *Asterostomatinae*. Il serait vain de poursuivre ainsi l'exégèse du texte et des figures de la Paléontologie française. Il suffira de noter que le D^r CAMPICHE, qui envoya des fossiles à tous les paléontologistes de son époque, en reçut également d'eux.

Enorme, sa collection ne fut diminuée d'une façon apparente ni par l'envoi à AGASSIZ de 6000 échantillons du Néocomien moyen ni par la vente au Museum de Cambridge (USA), de 25 000 fossiles (JACCARD 1871). Il est plus que vraisemblable que le médecin de Sainte-Croix, confronté à une telle masse de documents, commit des erreurs d'étiquetage.

Nous tenons donc pour quasi certain, en fonction des éléments connus, que *Taphraster campicheanus* n'appartient pas au Crétacé inférieur jurassien.

6.6. *Toxasteridae* AGASSIZ

Par leur abondance, leur vaste extension géographique et la succession rapide de formes la plupart du temps aisément identifiables, les *Toxaster* constituent, parmi les échinides du Crétacé inférieur, le groupe le plus apte à une utilisation biostratigraphique. La distribution des diverses espèces, dans le cadre défini par les biozones d'ammonites, a été étudiée aussi bien dans le domaine subalpin que dans le Jura : elle est identique dans les deux régions.

Le tableau 3 présente, sous une forme condensée, les principaux éléments qui permettent de distinguer les espèces jurassiennes les unes des autres. Nous accordons plus d'importance à l'évolution des structures anatomiques qu'à celle des caractères morphologiques, mais ces derniers ne sauraient évidemment être totalement négligés.

6.6.1. *Toxaster granosus* D'ORBIGNY

— 1853 *Echinopatus granosus* D'ORBIGNY, p. 153, pl. 839.

Les récents résultats biostratigraphiques obtenus dans le Crétacé basal du Jura (CLAVEL et al. 1986b) ont mis en lumière l'équivoque dont s'entoure cette espèce, depuis sa création. Sous des morphologies diverses — *granosus*, *kiliani*, *holasteroides* —, érigées en espèces ou sous-espèces selon les auteurs, elle était considérée jusqu'à présent comme caractéristique du Valanginien (incluant le Berriasien de la plate-forme jurassienne). Le type provient du Berriasien moyen de Sainte-Croix. Il n'a pu être pour l'instant retrouvé dans la collection D'ORBIGNY. Mais nous avons collecté de nombreux *Toxaster* correspondant à sa diagnose dans le Berriasien moyen (Zone à Occitanica) et supérieur (Zone à Boissieri) du Jura. Par leurs caractères très primitifs — quatre préanales, plastron haplosterne à protoamphisterne, épisternales beaucoup plus hautes que les préanales, appareil apical très allongé à contact le plus souvent minime ou absent entre génitales 2 et 4, péristome subcirculaire, ambulacres à pétales droits atteignant l'ambitus, sillon échancrant à peine l'ambitus et se traduisant par un simple méplat à la face supérieure —, ils sont très voisins, sinon identiques, de *T. africanus* COQUAND du Berriasien moyen et supérieur de l'Afrique du Nord.

Ils sont par contre très différents des *T. « granosus »* traditionnellement cités dans le Valanginien supérieur du Jura et dans le Valanginien du S-E de la France (Arc de Castellane).


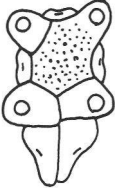

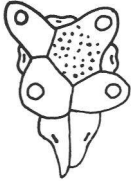

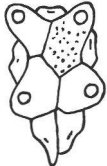
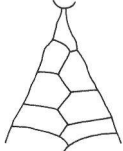
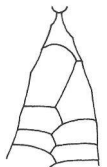
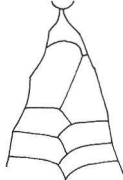
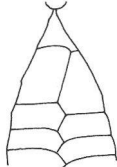
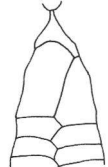
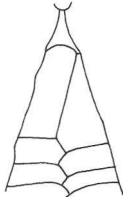


















6.6.2. *Toxaster kiliani* LAMBERT

— 1900 *Toxaster kiliani* LAMBERT in litt., fig. in SAVIN 1902, pl. 1, fig. 19-20, pl. 2, fig. 1-6.

Parmi les *T. « granosus »* du Valanginien, on rencontre des formes de gibbosité variable. Dans le Valanginien supérieur de l'Arc de Castellane, où les formes hautes dominent, LAMBERT avait distingué ces dernières sous les nom de *T. granosus kiliani*. DAVID (1979) utilisa la même dénomination, et son étude biométrique, basée sur des caractères morphologiques, conclut à une nette différenciation des deux sous-espèces.

La même région nous a fourni, de la Zone à Pertransiens à la Zone à Trinodosum, un très grand nombre de ces *Toxaster* : la forme à forte gibbosité est la plus commune, mais la forme plus basse est également présente à tous les niveaux. Leurs structures anatomiques sont identiques, et témoignent du même stade évolutif : appareil apical aussi large que long à ocellaire IV le plus souvent inséré ; plastron protoamphisterne à épisternales nettement différenciées des sternales, toujours plus hautes que les préanales, elles-mêmes au nombre de trois ; péristome subcirculaire à subpentagonal.

TABLEAU 3. — TOXASTER: caractères distinctifs des espèces jurassiennes.

	<i>granosus</i> d'ORBIGNY	<i>kiliani</i> LAMBERT	<i>lorioli</i> LAMBERT	<i>remanei</i> n. sp.	<i>crassisulcatus</i> n. sp.	<i>retusus</i> LAMARCK
APPAREIL APICAL x 7 env.						
Numéro FSL	196100	196104	196117	196106	196109	196121
Longueur (mm)	30.8	36.6	29.0	35.9	36.1	40.7
Ocellaire IV (en grisé)	toujours inserte	le plus souvent inserte	le plus souvent exerte	exerte	inserte	exerte
INTERAMBULACRE 5 Plastron x 0.8 env.						
Numéro FSL	196103	id.	196118	id.	id.	id.
Longueur (mm)	38.1		29.1			
Préanales (nombre)	4	3	3	3	2	3
SYSTÈME AMBULACRAIRE Structure porifère	homogène	homogène	homogène	différenciée	homogène	homogène
Aire pétaloïde (en blanc)						
AMBULACRE IMPAIR (III) Pores	allongés, internes plus courts	allongés, égaux, alignés ou en légers chevrons	allongés, égaux, alignés ou en légers chevrons	punctiformes en chevrons	allongés, égaux en chevrons	allongés, égaux, alignés
Profil du sillon:						
- ambitus						
- milieu de la face supérieure						
AMBULACRES PAIRS ANTÉRIEURS (II et IV)	droits	droits	légèrement flexueux	légèrement flexueux	légèrement flexueux	flexueux
PERISTOME	subcirculaire	subcirculaire/ subpentagonal	subcirculaire/ subpentagonal	subcirculaire/ subpentagonal	subpentagonal/ pentagonal	pentagonal
RÉPARTITION STRATIGRAPHIQUE	Berrias. moy. (<i>Occitanica</i>) Valangin. inf. (<i>Otopeta</i>)	Valanginien (<i>Pertransiens</i> - <i>Callidiscus</i>)	Valangin. sup. (<i>Callidiscus</i>) - Hauteriv. inf. (<i>nodosoplicatum</i>)	Hauteriv. inf. (<i>Radiatus base</i>)	Hauteriv. inf. (<i>Radiatus</i> - <i>Loryi</i>)	Hauterivien (<i>Radiatus</i> - <i>Angulicostata</i>)

Les *Toxaster* du Valanginien supérieur du Jura correspondent en tous points à cette définition. Mais les formes basses à représentent la quasi totalité de la faune. Seuls quatre exemplaires (Sainte-Croix, Valangin, Morteau), en diffèrent par leur forte gibbosité: ils ne sauraient être considérés comme appartenant à une espèce différente. La coexistence de deux morphologies, en rapport variable selon la région et le niveau stratigraphique, n'est que l'expression d'une variabilité sans doute induite par les conditions écologiques locales. Nous estimons donc que les *Toxaster* présents dans le Valanginien franco-suisse dès la Zone à Pertransiens appartiennent tous à l'espèce *kiliani* LAMBERT.

6.6.3. *Toxaster lorioli* LAMBERT

— 1895 *Toxaster lorioli* LAMBERT p. 974, fig. de l'auteur 1920, pl. 3, fig. 3.

Le type provient d'un niveau non précisé des couches de passage Valanginien-Hauterivien de Moustiers (Arc de Castellane). Dans cette région, *T. lorioli* est aisément identifiable: ses caractères morphologiques l'opposent clairement aux *T. kiliani* qui le précèdent.

Il en va tout autrement dans le Jura: les différences morphologiques qui le séparent de *T. kiliani* (forme basse) semblent extrêmement ténues et sont d'autant plus difficiles à interpréter que les échinides collectés sont très rarement bien conservés.

Après examen du type de LAMBERT, nous avons retenu les caractères spécifiques suivants, qui indiquent une certaine évolution par rapport à *T. kiliani*:

- appareil apical à ocellaire IV le plus souvent exerte;
- plastron mésamphisterne (les sutures entre labrum et sternaes tendent à être à la même hauteur au contact des ambulacres I et V), épisternales sensiblement de même hauteur que les préanales;
- sillon échancrant faiblement l'ambitus, mais nettement marqué à la face supérieure;
- ambulacres antérieurs pairs légèrement flexueux.

La répartition stratigraphique dans le Jura de *T. lorioli* ainsi compris est identique à celle observée dans le domaine subalpin septentrional: partie supérieure de la Zone à Callidiscus — partie basale de la Zone à Radiatus, mais est moins étendue que celle connue dans l'Arc de Castellane: partie supérieure de la Zone à Callidiscus — Zone à Nodosoplicatum. C'est vraisemblablement l'absence de *T. retusus* dans l'Hauterivien inférieur de cette dernière région qui a permis un plus large développement de *T. lorioli*.

Etant donné l'extrême condensation des faciès circalittoraux du Valanginien supérieur dans le Jura, il ne nous a pas été possible de déterminer si *T. lorioli* et *T. kiliani* cohabitaient dans la Zone à Callidiscus. Celle-ci est identifiable sur plus d'un mètre dans de rares coupes, dont deux seulement nous ont fourni des échinides:

- à Sainte-Croix, le sommet du niveau 5 recèle, à côté d'indiscutables *T. lorioli*, des échinides très mal conservés déterminés comme *cf. kiliani* uniquement en raison d'un sillon apparemment moins accusé. Ils n'ont évidemment aucune valeur stratigraphique;
- à Hauteville (Jura méridional), les niveaux sommitaux du Valanginien, seuls visibles, ne contiennent que *T. lorioli*.

Dans l'Arc de Castellane, *T. kiliani* ne semble pas exister dans les marnes du Valanginien sommital qui fournissent *T. lorioli* (DAVID 1979). Mais la barre de calcaires bioclastiques sous-jacente interdit dans cette région tout échantillonnage continu de la Zone à Callidiscus.

Nous constaterons donc ici que la coexistence de ces deux espèces, bien que vraisemblable pour le court laps de temps pendant lequel se fixent les structures nouvelles, n'est pas formellement établie.

6.6.4. *Toxaster remanei* n. sp. (fig. 10a-l, pl. I, fig. 1a, b, c)

Gisement du type: Montlebon (Doubs).

Niveau du type: base de la Zone à Radiatus.

Origine du nom: espèce dédiée à J. REMANE, professeur de géologie à l'Université de Neuchâtel, animateur du groupe de révision de l'Hauterivien stratotypique.

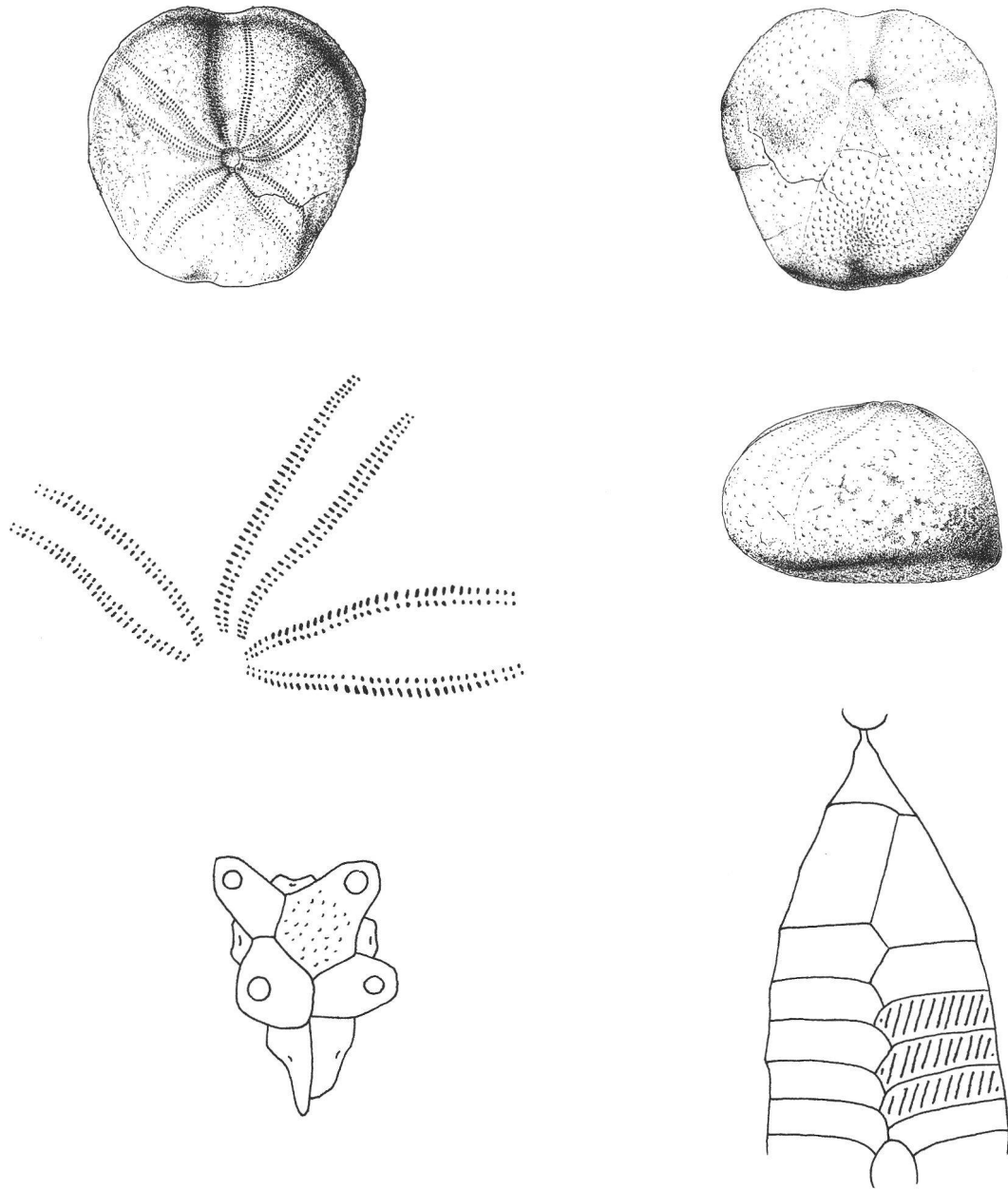


FIG. 10. — *Toxaster remanei* n. sp., holotype (FSL 196106). a: face supérieure ($\times 1$); b: face inférieure ($\times 1$); c: vue de profil ($\times 1$); d: partie pétaloïde du système ambulacraire ($\times 2$); e: appareil apical ($\times 9$); f: interambulacre 5 ($\times 1.7$), en grisé, plaques préanales. — Dessin Pascal Rerat.

Holotype: déposé dans les collections de la Faculté des sciences de Lyon N° FSL 196106.

Paratypes: N° FSL 196107 (Le Landeron-Neuchâtel); FSL 196108 (Montlebon-Doubs); FSL 196122 (Cressier-Neuchâtel); FSL 196123 (Valangin-Neuchâtel).

Mensurations (en millimètres):

N° FSL	L	I	H	$\frac{2H}{L+1}$
196106	35.5	(35.5)	22.8	0.64
196107	34.0	32.0	21.4	0.65
196108	27.8	26.6	18.0	0.66

Déformés, les exemplaires 196122 et 196123 ne sont pas mesurables.

Cette espèce est essentiellement caractérisée par la différenciation du système ambulacraire: les pores de l'ambulacre impair sont punctiformes (les externes très légèrement allongés chez les adultes de grande taille), disposés en chevrons. Cette morphologie traduit la spécialisation des podia en une fonction principalement sensorielle. Connue également chez *T. casterasi* (REY 1972: 439) du Valanginien terminal portugais, une telle spécialisation ne réapparaîtra qu'au Bédoulien supérieur, avec les premiers *Epiaster*.

Les autres caractères sont les suivants:

- appareil apical central, aussi large que long, à ocellaire IV exerte;
- plastron très large, mésamphisterne à sternales peu allongées (H/L: 1,25), épisternales légèrement plus hautes que les préanales qui sont au nombre de trois;
- péristome subcirculaire à subpentagonal;
- sillon échancrant peu l'ambitus, profond à la face supérieure;
- ambulacres paires antérieurs légèrement flexueux.

Strictement limitée à l'extrême base de la Zone à Radiatus, cette forme a été collectée aussi bien dans le Nord du Jura (Montlebon, Villers-le-Lac, Valangin, Cressier, Le Landeron) que dans le Sud (Mont-de-Musièges, Mont-Clergeon).

6.6.5. *Toxaster crassisulcatus* n. sp. (fig. 11, pl. I.2)

— *Toxaster retusus* (pro parte) auct.

— 1979 *Toxaster neocomiensis* DAVID (non D'ORBIGNY) p. 121, fig. 107.

Gisement du type: Le Landeron (Neuchâtel).

Niveau du type: base de la Zone à Radiatus.

Origine du nom: espèce ainsi dénommée en raison de son sillon antérieur large et profond.

Holotype: déposé dans les collections de la Faculté des sciences de Lyon N° FSL 196109.

Paratypes: N° FSL 196114 (Le Landeron-Neuchâtel); FSL 196115 (Les Clées-Vaud); FSL 196116 (Valangin-Neuchâtel); FSL 196124 (Cressier-Neuchâtel); FSL 196125 (Mont de Musièges-Haute Savoie).

Mensurations en millimètres):

N° FSL	L	I	H	$\frac{2H}{L+1}$
196109	35.7	34.8	21.2	0.60
196114	30.9	29.1	20.4	0.68
196115	35.9	35.2	21.0	0.59
196116	29.1	28.7	16.8	0.58
196124	26.9	25.4	15.8	0.60

Déformé, l'exemplaire 196125 n'est pas mesurable.

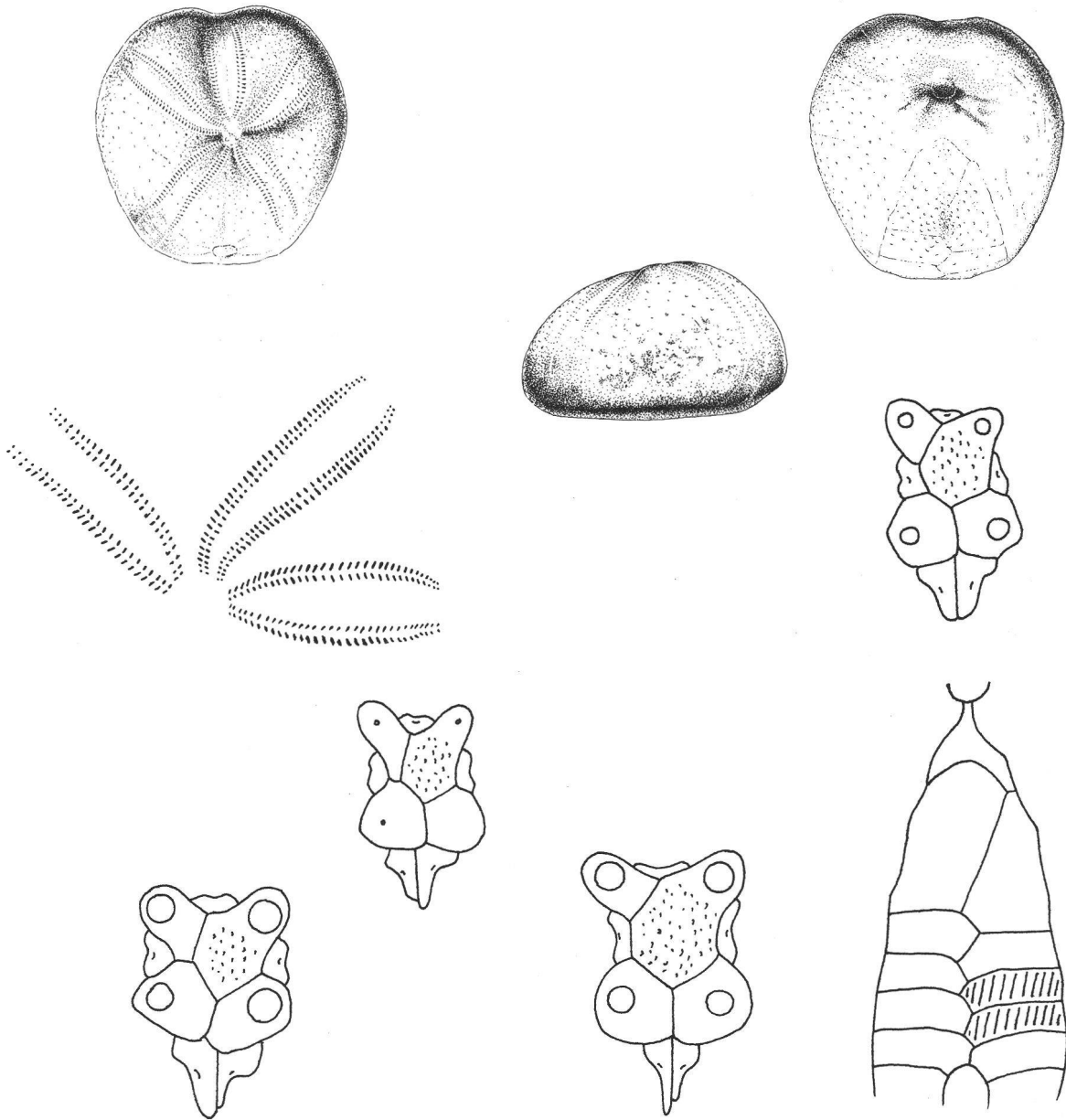


FIG. 11. — *Toxaster crassisulcatus* n. sp., a-f: holotype (FSL 196109); paratypes: (FSL 196116), h (FSL 196114), (FSL 196159). a: face supérieure ($\times 1$); b: face inférieure ($\times 1$); c: vue de profil ($\times 1$); d: partie pétaloïde du système ambulacraire ($\times 2$); e: appareil apical ($\times 9$); f: interambulacre 5 ($\times 1,7$), en grisé, plaques préanales; g, h: appareil apical à ocellaire IV exserte ($\times 9$). — Dessin Pascal Rerat.

Cette espèce se caractérise morphologiquement par un sillon antérieur généralement large et profond, mais surtout par l'état évolué de son interambulacre 5, qui ne possède que deux préanales. Il s'agit là de la première apparition, momentanée, d'un caractère évolutif qui se fixera à l'Hauterivien supérieur (avec *T. gibbus*, pour autant que cette espèce ne soit pas plus ancienne), et deviendra la règle chez les *Toxaster* barrémiens et bédouliens.

Les autres caractères sont les suivants :

- appareil apical central, aussi large que long, à ocellaire IV inserte;
- plastron mésamphisterne à sternales allongées (H/L: 1,70), épisternales sensiblement de même taille que les préanales;
- péristome subpentagonal à pentagonal;
- sillon échancrant peu l'ambitus, très large et profond, à bords souvent abrupts à la face supérieure. Ce caractère, très accusé chez les premiers exemplaires rencontrés (dans le Jura méridional), est atténué chez les individus du Jura neuchâtelois. Déjà publiée (CHAROLLAIS et al. 1983), cette dénomination ne pouvait cependant être modifiée.

T. crassisulcatus est abondant à la base de la Zone à Radiatus dans l'ensemble du Jura : Valangin, Cressier, Le Landeron (Neuchâtel), Censeau (Jura), Menthrières, Hauteville (Ain), Mont-de-Musièges, Salève (Haute-Savoie). Il existe également, de façon beaucoup plus discrète, jusqu'à la partie inférieure de la Zone à Loryi. Il est identique à la forme nommée *T. neocomiensis* dans les Zones à Radiatus et Loryi de l'Arc de Castellane (DAVID 1979). A son propos, cet auteur signale que tous les exemplaires examinés par lui possèdent une ocellaire IV exerte. Cette structure est manifestement due à la petite taille de la population (maximum : 25 mm), qui témoigne d'un certain nanisme. En effet, chez les exemplaires jurassiens, l'ocellaire IV ne devient inserte qu'au-dessus d'une taille de 32 mm.

6.6.6. *Toxaster retusus* LAMARCK

- 1816 *Spatangus retusus* LAMARCK, p. 33.
- 1847 *Toxaster complanatus* var. *ampla* AGASSIZ & DESOR, p. 131.

Il était jusqu'à présent commun de considérer que *T. retusus* caractérisait les régions nordiques (Jura, Bassin parisien), tandis que *T. amplus* était la forme méditerranéenne, de plus grande taille, plus basse. LAMBERT (1903) avait même précisé que ce dernier se reconnaissait aux pores de ses ambulacres pairs séparés par un intervalle de plusieurs granules au lieu d'un seul chez *T. retusus*.

L'étude des *Toxaster* collectés dans le Jura montre que cette distinction est sans valeur. S'il est vrai que deux exemplaires caractéristiques de l'une et l'autre forme semblent présenter de très nettes différences, ils possèdent des structures anatomiques rigoureusement identiques : plastron mésamphisterne à sternales très hautes (H/L : 2,00); épisternales de même taille que les préanales qui sont au nombre de trois; appareil apical légèrement postérieur à ocellaire IV exerte; péristome pentagonal; sillon échancrant fortement l'ambitus et la face supérieure...

Dans les faciès de bassin du domaine subalpin bordant la plate-forme jurassienne, où pullulent les *Toxaster*, il est rarissime de trouver des exemplaires de petite taille, à morphologie *retusus*. Par contre, sur la bordure externe du Jura (Clergeon, Vuache, Salève, gorges de l'Orbe), on rencontre indifféremment l'une et l'autre forme. Dans le Jura interne (Neuchâtel, Censeau), les *Toxaster* de grande taille sont exceptionnels, mais ils présentent toujours la morphologie *amplus*, qui apparaît au-dessus d'une taille d'environ 32 mm.

Il est clair que *T. amplus*, qui ne montre qu'une accentuation ontogénétique des caractères morphologiques de *T. retusus*, n'est que la forme adulte pleinement développée de ce dernier.

La prédominance des formes de petite taille (juvéniles et jeunes adultes) dans le Jura interne et leur disparition quasi totale dans le bassin subalpin est difficile à expliquer par le seul fait que les jeunes échinides ne vivent généralement pas sur les mêmes sites que leurs adultes, en raison de contraintes écologiques différentes (granulométrie du sédiment en particulier). On peut penser que le milieu était plus favorable à un plein développement dans les faciès plus externes.

Des lavages de marnes nous ont fourni une multitude d'échinides juvéniles, d'une taille de 0,7 à 10 mm, dans la région neuchâteloise, mais aucun dans le Jura externe: peut-être ce phénomène n'est-il dû qu'à l'importante condensation des sédiments dans la zone interne.

Cette espèce fait son apparition dans la partie non basale de la Zone à Radiatus. Dans le Jura, elle disparaît dans la partie inférieure de la Zone à Sayni, mais elle persiste dans le domaine subalpin jusqu'au quart supérieur de la Zone à Angulicostata, où elle est remplacée par *T. seynensis*. Elle n'est connue dans l'Arc de Castellane que dans la Zone à Angulicostata.

6.6.7. *Heteraster couloni* AGASSIZ

— 1839 *Holaster couloni* AGASSIZ, p. 22, pl. 9, fig. 9-10.

Le genre *Heteraster* est caractérisé par une forte différenciation intra-ambulacraire et interambulacraire du système porifère, à la face supérieure.

H. couloni en représente un stade primitif à ambulacres larges et homogènes, où la différenciation ne se fait qu'à l'intérieur des pores d'une même série: l'interne est légèrement étiré (ou punctiforme en cas d'usure du test), l'externe est très allongé. Une telle structure indique la présence de podia à fonction respiratoire très développée.

Cette espèce, la plus ancienne du genre, n'était connue jusqu'à présent que dans les épisodes marneux (vires à orbitolines) des faciès de plate-forme urgoniens, dans le Jura comme dans le sud-est de la France, de l'Hauterivien supérieur (Zone à Sayni) au Barrémien supérieur (Zone à Astieri). Au Mont-Clergeon (Jura méridional), nous l'avons collectée en compagnie de *T. retusus*, dans des faciès circalittoraux des Zones à Cruasense (Hauterivien inférieur) et Sayni. Elle y est caractérisée par une gibbosité moyenne beaucoup plus faible ($2H/L+1$: 0,55) que celle des populations du Barrémien supérieur subalpin ($2H/L+1$: 0,68). Cette découverte confirme que le genre n'est pas né dans le domaine infralittoral, mais l'a seulement colonisé: l'augmentation de la capacité respiratoire, par rapport à ses ascendants *Toxaster*, représentait une préadaptation nécessaire à la conquête de milieux aux eaux plus chaudes et donc à plus faible teneur en oxygène.

Déjà pressentie par REY (1972) pour les *Heteraster* particuliers à l'Hauterivien terminal portugais, l'évolution d'*Heteraster* à partir de *Toxaster* est ici doublement argumentée:

- elle s'observe dans le milieu spécifique de l'ascendant supposé;
- elle est marquée par un net changement anatomique et physiologique intéressant le système ambulacraire où les podia se multiplient, (formation de plaques occluses dans les ambulacres II, III et IV), en même temps qu'ils augmentent leur surface de collecte de l'oxygène. La comparaison entre un *H. couloni* (FSL 196129) et un *T. retusus* (FSL 196121) de même taille (40,8 mm), montre que le premier possède 390 podia dans la partie pétaloïde de ses ambulacres, soit 37 % de plus que le second, qui n'en a que 284. Définie par la longueur totale de chaque paire de pores, la largeur de ces podia est d'autre part environ 25 % plus grande chez *H. couloni* (fig. 12). En supposant que leur longueur et leur physiologie demeurent identiques, on constate une très forte augmentation de la capacité respiratoire chez ce dernier.



FIG. 12. — Pores de l'ambulacre impair chez deux exemplaires de même taille (40,8 mm). a: *Heteraster couloni*; b: *Toxaster retusus*.

Le processus de la filiation ne nous est cependant pas connu: les autres structures anatomiques de *H. couloni* sont identiques aux structures de *Toxaster*, mais la présence de quatre préanales et d'un appareil apical souvent allongé à ocellaire IV insérée, interdit pour l'instant de lui attribuer un ancêtre parmi les *Toxaster* connus à l'Hauterivien.

7. BIBLIOGRAPHIE

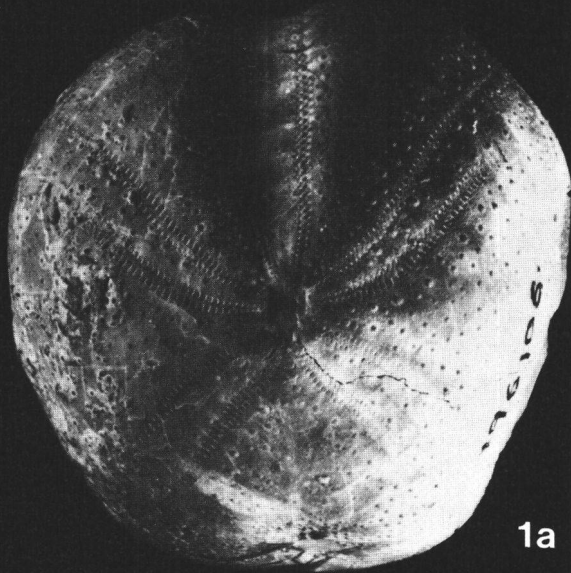
- AGASSIZ, L. — (1838). Monographies d'Echinodermes vivants et fossiles: Salénies. 40 p., 5 pl. Neuchâtel.
- (1839-1840). Description des Echinodermes fossiles de la Suisse.
 - (1839): 1^{re} partie. Spatangoides et Clypeastroides. *Mem. Soc. helv. Sci. nat.* 3: 101 p., 14 pl.
 - (1840): 2^e partie. Cidaridés. *Ibid.* 4: 107 p., 10 pl.

- AGASSIZ, L. & DESOR, E. — (1846-1847). Catalogue raisonné des Echinides. *Ann. Sci. nat. zool.* Paris 3/6, 7, 8: 167 p.
- BAUMBERGER, E. & MOULIN, H. — (1898). La série néocomienne à Valangin. *Bull. Soc. neuchât. Sci. nat.* 26: 150-210.
- BEURLIN, K. — (1934). Monographie der Echinoiden-Familie Collyritidae d'ORB. *Palaeontographica*. 80. pt A (3-4): 41-194, fig. 1-46.
- BUSNARDO, R. & THIEULOY, J.-P. — (1989). Les ammonites de l'Hauterivien jurassien: révision des faunes de la région du stratotype historique de l'étage hauterivien. *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 11: 101-147, Neuchâtel.
- CAMPICHE, G. & TRIBOLET, G. DE — (1858). Description géologique des environs de Sainte-Croix in PICTET & CAMPICHE: Description des fossiles des terrains crétacés des environs de Sainte-Croix. *Matér. Paléont. Suisse*. 2: 5-28.
- CHAROLLAIS, J., CLAVEL, B., BUSNARDO, R. & MAURICE, B. — (1989). L'Hauterivien du Jura du Bassin genevois. *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 11: 49-72, Neuchâtel.
- CHAROLLAIS, J., CLAVEL, B., AMATO, E., ESCHER, A., BUSNARDO, R., STEINHAUSER, N., MACSOTAY, O., & DONZE, — (1983). Etude préliminaire de la faille du Vuache (Jura méridional). *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* 76/3: 217-256.
- CLAVEL, B. & CHAROLLAIS, J. — (1989). Corrélation des formations hauteriviennes du Jura méridional au Jura neuchâtelois. *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 11: 299-305, Neuchâtel.
- CLAVEL, B., BUSNARDO, R. & CHAROLLAIS, J. — (1986a). Chronologie de la mise en place de la plate-forme urgonienne du Jura au Vercors (France). *C.R. Acad. Sci.* (Paris). 302 (II): 583-586, 6 fig.
- CLAVEL, B., CHAROLLAIS, J., BUSNARDO, R. & LE HEGARAT, G. — (1986b). Précisions stratigraphiques sur le Crétacé inférieur basel du Jura méridional. *Eclogae geol. Helv.* 79/2: 319-341.
- CLAVEL, B., DONZE, P. & WALTER, B. — (en cours). Le passage Valanginien-Hauterivien dans le Jura franco-suisse: biostratigraphie, paléogéographie.
- COQUAND, H. — (1875). in COTTEAU, PERON & GAUTHIER: Echinides fossiles de l'Algérie. *Ann. Sci. géol.* 2: 70-71, fig. 59-62.
- COTTEAU, G. — (1857-1878). Etudes sur les échinides fossiles du département de l'Yonne. T. II: terrain crétacé. Paris. 518 p., 38 pl.
- (1861-1867). Paléontologie française. Terrains crétacés. T. VIII.: Echinides réguliers. Paris. 892 p., 197 pl.
- DAVID, B. — (1979). Les Toxaster de l'éocrétaçé subalpin de Castellane. *Thèse 3^e cycle Univ. Besançon*. 183 p., 138 fig., 3 pl. (inédit).
- DESOR, E. — (1842). Monographies d'échinodermes. Dysaster. Neuchâtel. 29 p., 4 pl.
- (1854-1858). Synopsis des échinides fossiles. Paris. 490 p., 44 pl.
- DUBOIS, MONTPEREUX, F. DE — (1843). Voyage autour du Caucase. Paris. T. VI, 461 p., Atlas vol. 5.
- GAUTHIER, V. — (1880). in LAMBERT: Notes provençales du D^r GUEBHARD. 11: 4-5.
- GOLDFUSS, G. A. — (1826-1833). Petrefacta Germaniae. I. Dusseldorf. 252 p. 71 pl.
- GRAS, A. — (1848). Description des Oursins fossiles du département de l'Isère. Paris. 96 p., 6 pl.
- HUPE, H. — (1862). in DUJARDIN & HUPE: Histoire naturelle des Zoophytes Echinodermes. Paris. 627 p., 10 pl.
- JACCARD, A. — (1869). Jura vaudois et neuchâtelois. *Matér. Carte géol. Suisse*. 6: 340 p., 8 pl.
- (1871). Le D^r CAMPICHE — Notice biographique. *Bull. soc. vaud. Sci. nat.* 66: 127-134.
- (1893). Note sur les niveaux et les gisements fossilifères des environs de Sainte-Croix. *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* 110: 39-50.
- LAMARCK J. B., DE — (1816). Histoire naturelle des animaux sans vertèbres. T. III. Radiaires, Vers, Insectes. Paris. 586 p. (Echinides p. 1-59).
- LAMBERT, J. — (1893). Etudes morphologiques sur le plastron des Spatangidés. *Bull. Soc. Sci. hist. et nat. Yonne*. 46: 55-98.
- (1895). in KILIAN & LEENHART: Sur le Néocomien des environs de Moustiers-Sainte-Marie. *Bull. Soc. géol. France*. (3) 28: 973.
- (1903). in PELLAT: Note sur le Toxaster amplius DESOR, d'après les observations de M. J. LAMBERT. *Ibid.* 4/3: 127, 2 fig.
- (1916a). Sur l'existence de l'étage valangien dans l'Aube et dans l'Yonne. *Mém. Soc. Acad. Agric. Sci. et Belles Lettres Aube*. 90: 78 p.
- (1916b). Note sur quelques Holasteridae. *Bull. Soc. Sci. Hist. nat. Yonne*. 70: 191-223.
- (1920a). Etudes sur quelques formes primitives de Spatangidés. *Ibid.* 73: 41 p.
- (1920b). Note sur quelques échinides du Crétacé inférieur de la Provence. Notes provençales du D^r GUEBHARD. 11: 24 p., 4 pl.
- (1927). Echinides du Tithonique des environs de Chambéry. *Bull. Soc. géol. France*. 4/27: 372-374.
- LAMBERT, J. & SAVIN, L. — (1907). in SAVIN: Supplément au Catalogue des échinides fossiles du département de la Savoie. *Bull. soc. Hist. nat. Savoie*. 2/12: p. 39, pl. 1, fig. 15-19.
- LORIOU, P., DE — (1861-1863). Description des animaux invertébrés fossiles contenus dans l'étage néocomien moyen du Salève. Genève. 214 p., 22 pl.
- (1866). Description des fossiles de l'oolite corallienne, de l'étage valangien et de l'étage urgonien du Mont-Salève, in FAVRE: Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc. Genève. 100 p., 6 pl.
- (1873). Echinologie helvétique. Description des échinides des terrains crétacés de la Suisse. *Matér. Paléont. Suisse*. 6: 144 p., 15 pl.

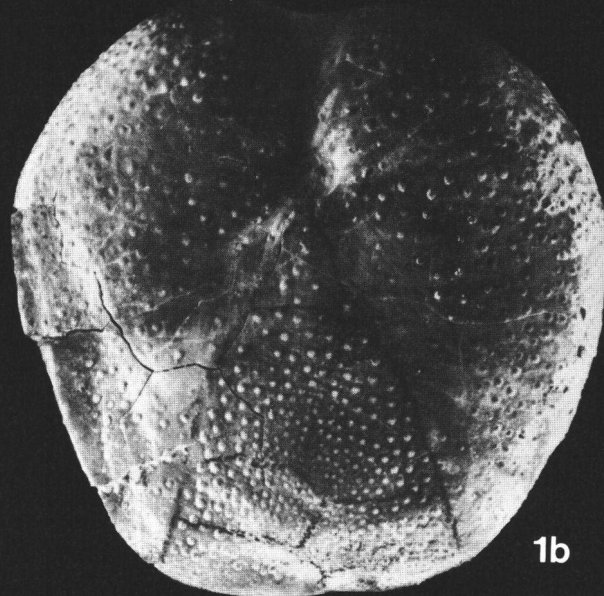
- LORIOI, P., DE & GILLIERON, V. — (1869). Monographie de l'étage urgonien du Landeron (Neuchâtel). *Mem. Soc. helv. Sci. nat.* 104 p., 7 pl.
- MARCOU, J. — (1846). in AGASSIZ & DESOR: Catalogue raisonné des Echinides. *Ann. Sci. nat. zool.* Paris. 6: p. 328.
- MINTZ, L. W. — (1966). The origins, phylogeny, descendants of the Echinoid Family Disasteridae A. GRAS 1848. Ph. D. Univ. California. 315 p., 30 pl.
- MOORE, R. C. — (1966). Treatise on invertebrate paleontology. *Geol. Soc. Amer.* and Univ. Kansas Press, edit. Part U, Echinodermata. 2 vol. 695 p., 534 fig.
- MUNSTER, G. — (1829). in GOLDFUSS: Petrefacta Germaniae. Dusseldorf. P. 149, pl. 46, fig. 1.
- ORBIGNY, A., D'. — (1853-1856). Paléontologie française. Terrains crétacés. 6. Echinides irréguliers. 597 p., 205 pl.
- PICTET, F. J. & CAMPICHE, G. — (1858-1860). Description des fossiles des terrains crétacés des environs de Sainte-Croix. *Matér. Paléont. Suisse.* 2: 380 p., 43 pl.
- REY, J. — (1972) Recherches géologiques sur le Crétacé inférieur de l'Estramadura (Portugal). *Thèse Univ. Toulouse.* 529 p., 80 fig., 26 tabl., 22 pl.
- RITTENER, Th. — (1902). Etude géologique de La Côte-aux-Fées et des environs de Sainte-Croix et Baulmes. *Matér. Carte géol. Suisse.* 13: 116 p., 23 fig., 1 carte.
- ROEMER, F. A. — (1836-1839). Die Versteinerungen des Norddeutschen Oolithengebirges, Hannover. 218 p., 16 pl.
- SAVIN, L. — (1902). Note sur quelques échinides du Dauphiné et autres régions. *Bull. Soc. Stat. Isère.* 4/6: 23 p., 4 pl.
- (1903). Catalogue raisonné des échinides fossiles du département de la Savoie. *Bull. Soc. Hist. nat. Savoie.* 2/8: 195 p., 3 pl.
- SCHARDT, H. — (1895). L'âge de la marne à bryozoaires et la coupe du néocomien du Collaz près Sainte-Croix. *Eclogae geol. Helv.* 25/5: 379-383.
- SOLOVJEV, A. N. — (1972). Echinides disastéridés du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur de l'URSS. *Trudy paleont. Inst. (Akad. Nauk SSSR).* 131: 124 p., 56 fig., 16 pl. (en russe).
- ZAGHBIB-TURKI, D. — (1987). Les échinides du Crétacé de Tunisie: paléontologie générale, systématique, paléoécologie, paléobiogéographie. Thèse Fac. Sc. Tunis. 620 p., 25 pl.

PLANCHE I

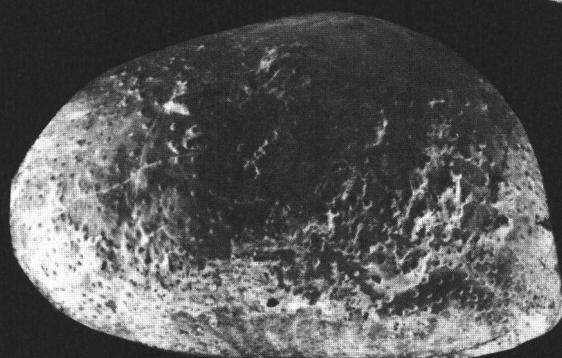
1. *Toxaster remanei* n. sp. (FSL 196106. × 2). a: face supérieure; b: vue de profil; c: face inférieure. — 2. *Toxaster crassisulcatus* n. sp. (FSL 196109. × 2). a: face supérieure; b: vue de profil; c: face inférieure.



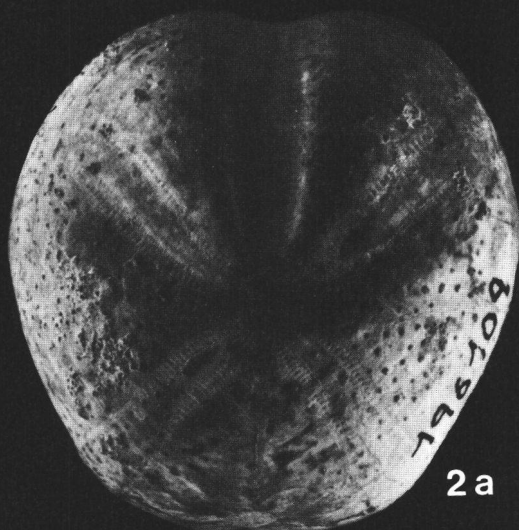
1a



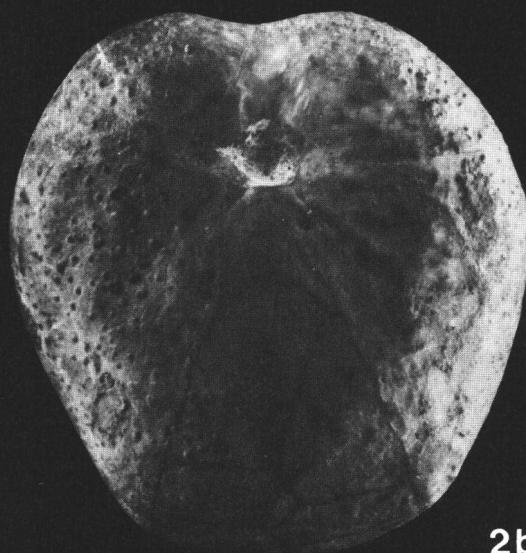
1b



1c



2a



2b



2c

<i>Mémoires de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles</i>	Tome XI	p. 183-186, 1 fig.	Neuchâtel, 1989
---	---------	--------------------	-----------------

THE DISTRIBUTION OF TEREBRATULIDAE IN THE HAUTERIVIAN OF THE JURA REGION

by

Frank A. MIDDLEMISS

Research supported
by the Swiss National Science Foundation (credit No. 2.434.075)

RÉSUMÉ. — L'auteur décrit la répartition stratigraphique des espèces de *Terebratulidae* dans l'Hauterivien du Jura, par rapport aux unités lithologiques principales.

Aucune des espèces observées n'est limitée à l'Hauterivien mais, *Musculina sanctaecrucis* et *Glosseudesia semistriata* sont néanmoins caractéristiques de cet étage, où elles atteignent leur fréquence maximale. Certaines espèces sont abondantes localement. La composition des faunes change profondément avec les modifications du lithofaciès.

ABSTRACT. — The distribution of terebratulid species in relation to the main lithological divisions of the Hauterivian is described. No species are confined to the Hauterivian but *Musculina sanctaecrucis* and *Glosseudesia semistriata* are characteristic of it. Some species are locally abundant in small parts of the area. The fauna changes markedly with the lithofacies.

1. THE STRATIGRAPHICAL SUCCESSION

Terebratulid brachiopods are abundant in some parts of the Hauterivian rocks of the Jura region. The great majority, numerically, are found in the marls and the transition zone into the Pierre jaune. In the Pierre jaune itself they are present but almost entirely associated with marly or marly limestone intercalations.

1.1. The Marnes à Astieria

This thin horizon, strictly of Upper Valanginian age but lying at the base of the Hauterivian Marls, usually separated from them by an erosion surface, is interesting as containing some of the first occurrences of the important Lower and middle Cretaceous genus *Sellithyris*. Otherwise most of the species at this horizon are either long-range species (*M. sanctaecrucis* and *L. russillensis*) or are relics of the Valanginian, i. e. species which were at their greatest abundance in that stage but continued afterwards in reduced numbers (*L. valdensis*, *S. carteroniana*, *S. montmollini*, *C. collinaria*, *C. sueuri*) and, among non-terebratulids, '*T.* *aubersonensis* and '*T.* *globus*.

1.2. The Marnes Bleues

The thoroughly argillaceous horizons above the Marnes à Astieria have a fauna consisting almost entirely of vast numbers of *M. sanctaecrucis*, accompanied by *Lamellaerhynchia* and very rare members of other groups such as *Symphithyris neocomiensis*, *Rugitela* sp. and *Tamarella* sp.

1.3. The transition strata between the Marnes Bleues and the Pierre Jaune (marnes à nodules calcaires and marno-calcaires)

These have a more varied fauna than the Marnes proper. Although *M. sanctaecrucis* remains very abundant it is joined by some nine other species of terebratulids as well as rhynchonellids and rare terebratellidines such as *Helvetella*, *Vectella* and *Belothyris*.

These transition beds also supply two striking examples of localisation of species. At Censeau and Nozeroy (Jura) the facies which PICTET (1872) called "corallien" is, as regards brachiopods, a *Sellithyris* facies, strongly dominated by *S. sella* which elsewhere is rare at this horizon. At Salève, along with *S. sella* and *M. sanctaecrucis*, there is *P. salevensis*, a species which seems to be almost confined to this locality, although known very rarely at the same horizon in the Sainte-Croix area and at Cressier, Le Landeron and Twann.

1.4. The Pierre Jaune

The massive, cross-bedded lithology of the Pierre jaune suggests deposition in an environment of high energy. This is confirmed by study of the microfacies. In thin section it appears as a glauconitic, bioclastic pseudo-oolite composed of rounded and current-sorted organic fragments in a finely sparitic matrix. In the main mass of the Pierre jaune organic fragments that have remained large enough to be identifiable to the generic level are extremely rare and this may be the reason for the apparent absence of brachiopods. On the other hand thin sections of Pierre jaune often contain great numbers of echinoderm fragments, while terebratulid fragments are almost absent, so it may well be that these animals found the high energy environment inimical and were absent from the area during the formation of these bioclastic 'sand'-banks. It was only during short periods of somewhat less high energy conditions, when consequently marl or marly limestone was being deposited, that brachiopods in general, and terebratulids in particular, were able to colonise. The main marly horizon is situated near the middle of the Pierre jaune; at Chamblon it bears the name of Marnes d'Uttins but an equivalent horizon is probably traceable throughout the Jura, at least from Salève to Le Landeron, characterised by the presence (abundance in places) of *G. semistriata* accompanied by *L. russillensis*. The specimens of *L. russillensis* and *S. carteroniana* collected from the Belley area (Geneva Museum) probably came from this horizon.

2. THE SPECIES

The species referred to here were described by PICTET & DE LORIO (1872) and all have recently been revised (MIDDLEMISS 1981, 1983, 1984).

2.1. *Musculina sanctaecrucis* (CATZIGRAS) (= '*Terebratula acuta*' of older authors)

Musculina sanctaecrucis is the most abundant species in the Hauterivian throughout the southern and central Jura and the south-east Paris Basin. However, it occurs both earlier and later elsewhere, being first known in the Lower Valanginian of Provence and continuing in the Jura and Paris Basin into the Barremian and locally (Jura, south-west France, eastern Spain) into the Lower Aptian. Its geographical distribution is from eastern Spain to east of the Caucasus and northwards into Lower Saxony.

2.2. *Glosseudesia semistriata* (DEFrance)

Glosseudesia semistriata although first known in the Valanginian, is abundant only in the Upper Hauterivian, continuing rarely into the "Urgonien jaune" of the central Jura only, and is entirely confined to the Jura region and the south-east Paris Basin.

2.3. *Glosseudesia marcousana* (D'ORBIGNY) and *Glosseudesia cruciana* (PICTET)

Glosseudesia marcousana and *Glosseudesia cruciana* are rather rare species which are characteristic of the Hauterivian in the sense of being most abundant in that stage. Both continued very rarely into the "Urgonien jaune". *G. marcousana* has been reported from south-east France and from the Bavarian Alps, *G. cruciana* only from the most central part of the Jura, to which in the Barremian they are both confined.

2.4. *Sellithyris sella* (J. DE C. SOWERBY)

Sellithyris sella first appearing in the topmost Valanginian (Marnes à Astieria) became widespread in the Hauterivian, from Morocco to beyond the Caucasus, but abundant only locally. It continued through the Barremian and expanded its range in the Lower Aptian northwards to northern Spain and southern England and southwards to the Bakony Forest.

2.5. *Sellithyris carteroniana* (D'ORBIGNY)

Sellithyris carteroniana is a characteristic species of the Valanginian and was much less numerous, although widespread, in the Hauterivian. Its common occurrence in the Calcaire roux in the Jura region and neritic sediments in Germany makes it clear that it was adapted to moderately high energy conditions. It is not surprising therefore that it is found in the lower part of the Pierre jaune.

2.6. *Sellithyris montmollini* (PICTET)

Sellithyris montmollini is also mainly Valanginian in its occurrence and, like *S. carteroniana*, it survived in reduced numbers into the Hauterivian. It is not known above the Marnes-Pierre jaune transition strata.

2.7. *Loriolithyris valdensis* (DE LORIOL)

Loriolithyris valdensis is mainly a species of the Berriasian and Valanginian and occurs only rarely in the Marnes à Astieria and the Marnes bleues. As it continued locally, both in the Jura and elsewhere, into both Barremian and Aptian it presumably found conditions uncongenial during the deposition of the Pierre jaune.

2.8. *Loriolithyris russillensis* (DE LORIOL)

Loriolithyris russillensis is a long-range species, known from the Valanginian to the Aptian. Its period of greatest abundance was the Barremian but it has a widespread occurrence in the Hauterivian, from Morocco to Romania. As it was one of the few brachiopods to flourish in the urgonian environment of the Barremian it is not surprising to find that its greatest numerical abundance in the Jura Hauterivian is in the Pierre jaune, large numbers of it accompanying *G. semistriata* at Chamblon, for example.

2.9. *Collinithyris collinaria* (D'ORBIGNY)

Collinithyris collinaria is another species associated mainly with the Valanginian but continuing sparsely into the Marnes à Astieria and Marnes bleues in the Jura, and possibly locally as high as the Aptian elsewhere.

2.10. *Collinithyris sueuri* (PICTET)

Collinithyris sueuri on the other hand, is a long-range but always rare species ranging from the Valanginian to the Aptian.

2.11. *Praelongithyris salevensis* (DE LORIOL)

Praelongithyris salevensis is a characteristic Hauterivian species but only locally, Mont-Salève being the only locality at which it is numerous.

3. CONCLUSIONS

No terebratulid species is confined to the Hauterivian. Two species reached their maximum abundance in the stage in the Jura region: *Musculina sanctaerucis* and *Glosseudesia semistriata*. Two more species are characteristic but rare: *Glosseudesia marcousana* and *G. cruciana*. Two species are locally characteristic of the stage: *Sellithyris sella* and *Praelongithyris salevensis*.

There are some species whose absence from the Hauterivian is of stratigraphical significance: *Sellithyris campichei* (PICTET), *Loriolithyris germaini* (PICTET) and *L. russillensis latifrons* (PICTET) are Valanginian species which did not survive into the Hauterivian, while *Glosseudesia ebrodunensis* (DE LORIOL) and *Sellithyris essertensis* (PICTET) are Barremian species absent from the Hauterivian, although the last continued into the Aptian.

The contrasting environments represented by the Marnes and the Pierre jaune give rise to markedly different terebratulid faunas, as fig. 1 demonstrates. *M. sanctaerucis* is almost the only terebratulid species to occur in the argillaceous dark-grey development of the Marnes.

4. REFERENCES

- MIDDLEMISS, F. A. — (1981). Lower Cretaceous Terebratulidae of the Jura region: 1. Revision of some species described by PICTET & DE LORIOL (1872). *Eclogae geol. Helv.* 74/3: 701-733.
- (1983). Brachiopod synonymy: *Glosseudesia* and *Costithyris*. *Eclogae geol. Helv.* 76/3: 689.
- (1984). Lower Cretaceous Terebratulidae of the Jura region: 3. *Terebratula salevensis* DE LORIOL and the genera *Praelongithyris* and *Tropeothyris*. *Eclogae geol. Helv.* 77/3: 583-617.
- PICTET, F. J. & LORIOL, L. DE (1872): Description des fossiles du terrain crétacé des environs de Sainte-Croix, pt. 5. *Matér. Paléont. suisse* 6: 1-158.

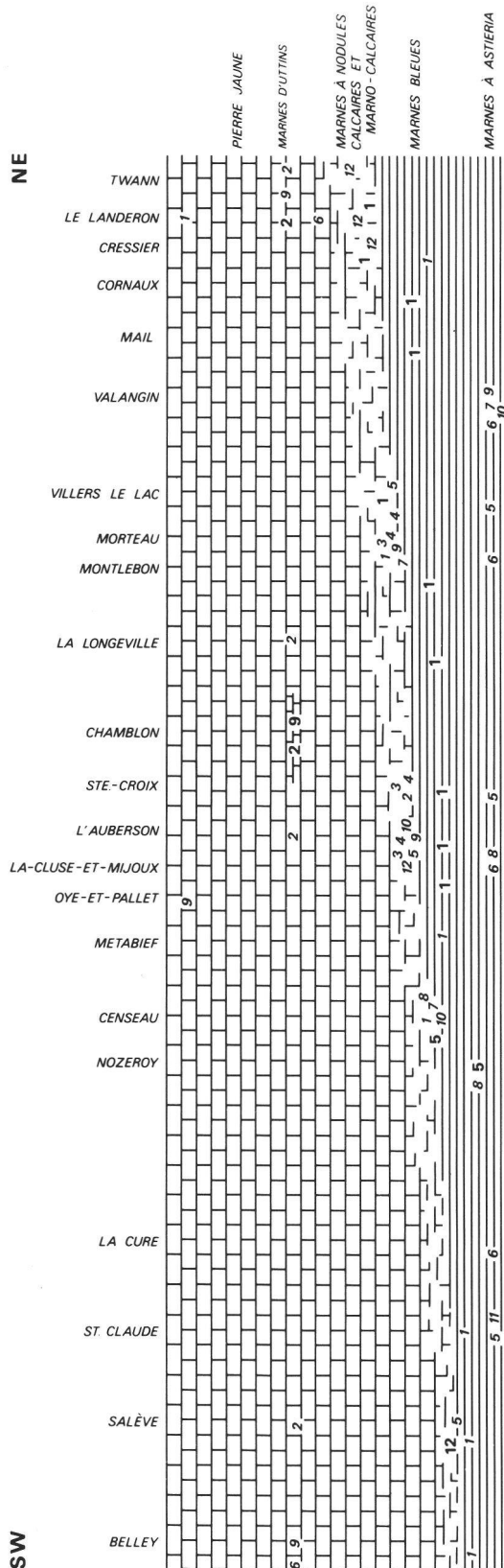


FIG. 1. — Stratigraphical distribution of terebratulid species in the Hauterivian of the Jura region (together with the Marnes à Asteria). Not to scale. The localities are shown as projected on to a SW-NE plane, no account being taken of lithological variations in a NW-SE direction.

1. *Musculina sanctaerucis*. 2. *Glosseudesia semistriata*. 3. *G. marcousana*. 4. *G. cruciana*. 5. *Sellithyris sella*. 6. *S. carteroniana*. 7. *S. montmollini*. 8. *Loriolithyris valdensis*. 9. *L. russillensis*. 10. *Collinithyris collinaria*. 11. *C. sueuri*. 12. *Praelongithyris salevensis*.

<i>Mémoires de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles</i>	Tome XI	p. 187-203, 1 fig., 2 pl.	Neuchâtel, 1989
---	---------	---------------------------	-----------------

**FORAMINIFERA FROM THE “SÉRIES MARNO-CALCAIRES”
(LOWER HAUTERIVIAN OF THE JURA MOUNTAINS
OF SWITZERLAND AND FRANCE).
INDEX FOSSILS AND SELECTED IMPORTANT SPECIES**

by

Helmut BARTENSTEIN

This research
was supported by the Swiss National Science Foundation (grant No. 2.434.075)

RÉSUMÉ. — Vingt-six espèces de foraminifères benthiques sont brièvement décrites. Il s'agit d'espèces caractéristiques importantes pour la stratigraphie de l'Hauterivien inférieur suisse; la plupart du matériel vient de la région de la localité-type historique de l'Hauterivien. Les caractères distinctifs de ces espèces sont démontrées à l'aide de planches photographiques, leur utilisation dans les corrélations à l'intérieur de l'Hauterivien jurassien est présentée dans un tableau stratigraphique. Le matériel provient des mêmes 136 échantillons utilisés par OERTLI (ce vol.) pour l'étude des faunes d'ostracodes. Les espèces de foraminifères observées s'avèrent parfaitement comparables à d'autres faunes de l'Hauterivien inférieur boréal en Europe, par exemple dans le Bassin de Paris, aux Pays-Bas, en Allemagne, en Pologne et en Angleterre. Des corrélations stratigraphiques sûres et détaillées peuvent être établies entre ces différentes régions à l'aide des foraminifères. Base et sommet de l'Hauterivien inférieur jurassien peuvent être déterminés grâce aux foraminifères, permettant ainsi de suivre les variations de faciès du NE au SW et fournissant des données supplémentaires pour l'interprétation du reste de la microfaune.

ABSTRACT. — 26 foraminiferal species are described, all benthonic forms, which are important as index Foraminifera for the Lower Hauterivian of Switzerland, mostly from around the Hauterive type locality. The paleontologic-systematic characteristics of these Foraminifera are explained with the help of photographic plates, their use in the correlation of the Lower Hauterivian of the Jura Mountains is shown in a stratigraphic chart. 136 samples are examined from the same material as the Ostracoda, described by OERTLI (this vol.). The investigated foraminiferal species confirm the possibility of an excellent comparison with other boreal Lower Hauterivian deposits in Europe, e.g. Paris Basin, The Netherlands, Germany, Poland and England. There is no doubt that a joint and detailed stratigraphic correlation of Lower Hauterivian strata is possible between these European occurrences. The base and top of the Swiss Lower Hauterivian within its facies regions (NE and SW), can be determined using foraminiferal species, presenting an additional key to the interpretation of the whole micropaleontological contents.

1. INTRODUCTION AND ACKNOWLEDGMENTS

Concerning the contents and preservation of material, we repeat the statement made by OERTLI (this vol.) in his Introduction: “Practically all washable samples from the studied sections yielded Ostracoda, and they were often in considerable quantity. This very positive aspect is alas altered by the often quite bad preservation, which in some cases made exact determinations impossible. But on the whole, the output is very satisfactory.”

The complete account of Lower Hauterivian Foraminifera from the Jura Mountains comprises more than 100 species, approximately 25 species with arenaceous agglutinated shell walls and 78 species with calcareous shell walls (state at May 1, 1982). For correlation purposes we refer to two previous publications with enumeration of Foraminifera from the same region in the Lower Cretaceous of Switzerland:

BARTENSTEIN & BURRI (1954) with 23 arenaceous and 26 calcareous forms, a total of 49 Foraminifera from the interval Berriasian to Hauterivian;

HAEFELI, MAYNC, OERTLI & RUTSCH (1965) with 13 arenaceous and 27 calcareous forms, a total of 40 Foraminifera from the Valanginian and Hauterivian (only distribution charts, no figured specimens).

The whole material from the Lower Hauterivian with all species, subspecies, and forms in nomenclatura aperta will be published later. In this paper we thus desist from a systematic description of individual species with regard to test, shape, growth, wall, aperture, ornamentation, etc. Most of them are unambiguous forms, well known from the Lower Cretaceous for many years and decades. Many of them have a worldwide distribution and are excellent index fossils. In this paper, only 15 index Foraminifera and 11 selected important species (as specified in chapter 2. List of Foraminifera) are dealt with in some detail. The synonymy list contains citations of Swiss publications and of recent publications from Europe or abroad. The scanning electron micrographs were taken in the Scanning Laboratory of the Société Nationale Elf Aquitaine Production, Research Center, at Pau, France.

The autor wishes to express his gratitude to J. REMANE (Neuchâtel) for the initiation and execution of this Hauterivian program in Switzerland, to H. J. OERTLI (Pau) for his kind supply of material, micrographs and thoughts, and to all the other coworkers of this important programm for help, discussion and additional material and, last but not least, to B. N. FLETCHER (Harrogate) for his untiring help.

2. LIST OF FORAMINIFERA AND THEIR STRATIGRAPHIC SIGNIFICATION

2.1. Index fossils (fig. 1)

Ammovertella cellensis BARTENST. & BRAND 1951

Acruliammina neocomiana BARTENST. 1962

Dorothia hechti DIENI & MASSARI 1966

Haplophragmiun aequale (ROEMER 1841)

Triplasia georgsdorfensis (BARTENST. & BRAND 1949)

T. pseudoroemeri BARTENST. & BRAND 1951

Citharina orthonota (REUSS 1863)

C. seitzi BARTENST. & BRAND 1951

C. sparsicostata (REUSS 1863)

Frondicularia bettenstaedti ZEDLER 1961

Lagena hauteriviana cylindracea BARTENST. & BRAND 1951

Lagena hauteriviana hauteriviana BARTENST. & BRAND 1951

Lenticulina (Astacolus) humilis humilis (REUSS 1863)

L. (A.) humilis praecursoria BARTENST. & BRAND 1951

Epistomina caracolla anterior BARTENST. & BRAND 1951

2.2. Selected important Species in the Lower Cretaceous:

Dorothia kummi ZEDLER 1961

Citharina striatula (ROEMER 1842)

Frondicularia simplicissima DAM 1946

Lenticulina (Astacolus) crepidularis (ROEMER 1842)

L. (A.) tricarina (REUSS 1863)

2.3. Species descendant from the Jurassic:

Buccicrenata italica DIENI & MASSARI 1966

Lenticulina (Lenticulina) quenstedti (GUEMBEL 1862)

L. (Saracenaria) triquetra (GUEMBEL 1862)

2.4. Species reworked from Upper Jurassic/Berriasian
and now incorporated in Upper Valanginian/Lower Hauterivian strata:

- Pseudocyclammina lituus* (YOKOYAMA 1890) *T. elongata* (LEUPOLD 1935)
Trocholina alpina (LEUPOLD 1935)

2.5. Other Species:

(List without illustration or description; arrangement only temporary as at May 1, 1982)

- Ammodiscus gaultinus* BERTH. 1880
Glomospira gordialis (JONES & PARKER 1860)
Hyperammina gaultina DAM 1950
Reophax ampullacea BRADY 1881
Ammobaculites subcretaceus CUSHMAN
& ALEXANDER 1930
Choffatella decipiens SCHLUMBERGER 1905
Flabellammina sp.
F. stadthageni BARTENST. & BRAND 1951
Haplophragmium inconstans BARTENST. & BRAND
1951
H. subaequale (MJATLIUK 1939)
Haplophragmoides concavus (CHAPMAN 1892)
H. cushmani LOEBL. & TAPPAN 1946
Spiroplectammina sp.
Tritaxia pyramidata REUSS 1863
Trochammina sp.
Valvulina fusca (WILLIAMSON 1858)
Verneuilinoides neocomiensis (MJATLIUK 1939)
Bolivina textilarioides REUSS 1863
Cornuspira orbicula (TERQUEM & BERTH. 1875)
Meandrospira washitensis LOEBL. & TAPPAN 1946
Ophthalmidium gaultinum (DAM 1950)
Trocholina infragranulata NOTH 1951
Citharina cristellarioides (REUSS 1863)
C. discors (KOCH 1851)
C. harpa (REUSS 1863)
Dentalina communis ORBIGNY 1826
D. debilis (BERTH. 1880)
D. linearis (ROEMER 1841)
D. nana REUSS 1863
Frondicularia hastata ROEMER 1842
Globulina prisca REUSS 1863
Lagenae laevis (MONTAGU 1803)
Lenticulina (Ast.) calliopsis (REUSS 1863)
L. (Ast.) grata (REUSS 1863)
L. (Lent.) crassa (ROEMER 1839)
L. (Lent.) cultrata (MONTFORT 1808)
L. (Lent.) eichenbergi BARTENST. & BRAND 1951
L. (Lent.) guttata guttata (DAM 1946)
L. (Lent.) guttata striata BARTENST. & BRAND
1951
L. (Lent.) muensteri (ROEMER 1839)
L. (Lent.) nodosa (REUSS 1863)
L. (Lent.) ouachensis (SIGAL 1952)
L. (Lent.) roemeri (REUSS 1863)
L. (Lent.) saxonica BARTENST. & BRAND 1951
L. (Lent.) subalata (REUSS 1854)
L. (Marg.) cephalotes (REUSS 1863)
L. (Marg.) lituola (REUSS 1846)
L. (Marg.) reticulosa (DAM 1946)
L. (Marg.) robusta (REUSS 1863)
L. (Sar.) bronni (ROEMER 1841)
L. (Sar.) frankei DAM 1946
L. (Vag.) excentrica (CORNUEL 1848)
L. (Vag.) harpa (REUSS 1860)
L. (Vag.) incurvata (REUSS 1863)
L. (Vag.) neopachynota BARTENST. & KAEVER
1973
Lingulina franconica (GUEMBEL 1862): descendant
from Jurassic
L. semiornata REUSS 1863
Marginulina pyramidalis (KOCH 1851)
Nodosaria obscura REUSS 1845
N. regularis TERQUEM 1862
Pseudonodosaria humilis (ROEMER 1841)
Quadratina maertensi (REUSS 1863)
Ramulina aculeata WRIGHT 1886
R. globulifera BRADY 1879
R. laevis JONES 1875
Tristix acutangula (REUSS 1863)
T. insignis (REUSS 1863)
Vaginulina arguta REUSS 1860
V. costulata ROEMER 1842
V. duetensis BARTENST. & BRAND 1951
V. kochi ROEMER 1841
V. riedeli BARTENST. & BRAND 1951
Conorboides sp.
Epistomina caracolla caracolla (ROEMER 1841)
E. ornata (ROEMER 1841)
Patellina subcretacea CUSHMAN & ALEXANDER
1930
Spirillina minima SCHACKO 1892

3. PALEONTOLOGIC-SYSTEMATIC DESCRIPTIONS (pl. 1-2)

The investigated Foraminifera were collected from the following type sections and samples in the (Lower) Hauterivian on the Jura Mountains, which correspond with Table I in the publication on Ostracoda by OERTLI (this vol.).

Le Landeron, 691-684A, 7 samples
Le Landeron, prof. LA3 of HAEFELI, 2 samples
Cressier, 0-44 m, 30 samples
Valangin, 678-663, 13 samples
Well Neuchâtel 208, 46.75-26.50 m, 20 samples
Uttins/Chamblon, 383-378, 4 samples
Ravin du Colas, 462-492, 25 samples
L'Auberson, 12151-12122, 13 samples
Gorges de l'Orbe, 655A-654, 3 samples
Tunnel du Vuache, 4869-4943, 18 samples

Frequency symbols are used rarely, because of the often quite bad preservation of material and therefore possibly the abnormal accumulation of any species. This deviation from any norm corresponds to particular local, random paleofacies events.

Symbols in the synonymy lists are used according to RUD. RICHTER 1948, Einführung in die Zoologische Nomenklatur, p. 53-55: * designation of a new species; v vidimus; • the specimen belongs to the cited species. The subdivision into superfamilies mostly follows that of POKORNY 1958.

3.1. Index fossils

3.1.1. Superfamily Astrorhizidea

3.1.1.1. Genus *Ammovertella* CUSHMAN 1928

Ammovertella cellensis BARTENSTEIN & BRAND 1951 (pl. 1, fig. 1-2)

- v • 1962 *Ammovertella cellensis* BARTENSTEIN & BRAND — BARTENSTEIN & BETTENSTAEDT, Leitfoss. Mikropaläont. B7: 254, Tab. 17, Taf. 35, Fig. 6-7.
• 1973 *Ammovertella cellensis* — FLETCHER Geol. J. [Liverpool] spec. Issue 5: fig. 1-2.

Occurrence: Calcaire roux and Marne bleue, very rare. — Cressier 2-23 m. Ravin du Colas 462, 469; Neuchâtel, forage 208, 46.75-35.5 m. — NW Europe and NW Germany Valanginian and Lower Hauterivian limited to a relatively small Lower Cretaceous period.

3.1.2. Superfamily Lituolidea

3.1.2.1. Genus *Acruliammina* LOEBLICH & TAPPAN 1946

Acruliammina neocomiana BARTENSTEIN 1962 (pl. 1, fig. 3-4)

- v • 1954 *Bdelloidina* sp. — BARTENSTEIN & BURRI, Eclogae geol. Helv. 47/2: plate 28.
v* 1962 *Acruliammina neocomiana* n. sp. — BARTENSTEIN, Senckenb. Lethaea 43/2: 140, Taf. 15, Fig. 6-7.
• 1976 *Acruliammina neocomiana* BARTENSTEIN — FRIEG & KAEVER, N. Jb. Geol. Paläont. [Mh.] 1976, H. 2: 121, Abb. 1-2.

Occurrence: Calcaire roux to Pierre jaune, mostly locally, but here frequent. — Le Landeron, profil LA3, 500; Cressier 0-27 m; Neuchâtel, forage 208, 46.75-27.5 m; Les Uttins 383; Ravin du Colas 462-489;

L'Auberson 12150. — This species, which appears in a restricted, mostly reef-like environment, has a sessile habit within an euryhaline shallow water biotope. In Switzerland the species seems to be a locally distributed facies form.

3.1.2.2. Genus *Dorothia* PLUMMER 1931

Dorothia hechti DIENI & MASSARI 1966 (pl. 1, fig. 5)

- * 1966 *Dorothia hechti* n. sp. — DIENI & MASSARI, *Palaeontographia ital.* 61 [n. ser. 31]: 106, pl. 2, fig. 17-22; pl. 10, fig. 4-8.
- 1975 *Dorothia hechti* DIENI & MASSARI — NEAGU, *Mém. Inst. Géol. Géophys.* [Bucarest] 25: 39, pl. 13, fig. 14-26; pl. 19, fig. 1-6; pl. 21, fig. 1-24.

Occurrence: Marne bleue, upper part, to Zone des marno-calcaires, lower part; local occurrence in Le Landeron, butte de tir, 691-684. — Sardinia Upper Valanginian; Rumania Upper Valanginian to Upper Hauterivian. — The Swiss specimens seem to be migrants northwards from the Tethyan Upper Valanginian in Sardinia, to the transitional facies in the Boreal of Switzerland.

3.1.2.3. Genus *Haplophragmium* REUSS 1860

Haplophragmium aequale (ROEMER 1841) (pl. 1, fig. 6-7)

- 1973 *Haplophragmium aequale* — FLETCHER, *Geol. J.* [Liverpool] spec. Issue 5: Fig. 2-3.
- v • 1973 *Haplophragmium aequale* (ROEMER) — BARTENSTEIN & KAEVER, *Senckenb. Lethaea* 54/2-4: 234, Taf. 6, Fig. 93; Abb. 5.
- 1979 *Haplophragmium aequale* — KOVATCHEVA, *Géobios, Mém. spéc.* 3: 187, fig. 3.

Occurrence: Pierre jaune, lower part (Area of Sainte-Croix), only locally, but here frequent. — Ravin du Colas 491-492 A-E. — In NW Europe and NW Germany from Lower Hauterivian, particularly upper part, to Lower Barremian. — In Bulgaria, according to KOVATCHEVA, Upper Hauterivian to Upper Barremian.

3.1.2.4. Genus *Triplasia* REUSS 1854

Triplasia georgsdorfensis (BARTENSTEIN & BRAND 1949), (pl. 1, fig. 8-9)

- v • 1954 *Triplasia emslandensis* — BARTENSTEIN & BURRI, *Eclogae geol. Helv.* 47/2: plate 28.
- 1965 *Triplasia emslandensis* BARTENSTEIN & BRAND — HAEFELI et al., *Bull. Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing.* 31/81: 72, Fig. 10.
- v • 1982 *Triplasia georgsdorfensis* (BARTENSTEIN & BRAND) — BARTENSTEIN & KOVATCHEVA, *Eclogae geol. Helv.* 75/3: 632, A. 1, fig. 17.

Occurrence: Calcaire roux and Marne bleue, rare. — Cressier 2-13 m; Neuchâtel, forage 208, 46.75-36.9 m; Ravin du Colas 468-476. — Worldwide in the temperate and Tethyan facies realms from Upper Valanginian to Lower Aptian (= Bedoulian).

Triplasia pseudoroemeri BARTENSTEIN & BRAND 1951 (pl. 1, fig. 10)

- v • 1954 *Triplasia pseudoroemeri* — BARTENSTEIN & BURRI, *Eclogae geol. Helv.* 47/2: plate 28.
- v • 1962 *Triplasia pseudoroemeri* BARTENSTEIN & BRAND — BARTENSTEIN & BETTENSTAEDT, *Leitfoss. Mikropaläont.* B7: 262, Taf. 35, Fig. 14; Tab. 17.
- 1974 *Triplasia pseudoroemeri* BARTENSTEIN & BRAND — MICHAEL, *Geol. Jb. (Reihe A)* 19: 30, Taf. 1, Fig. 18.

Occurrence: Calcaire roux and Marne bleue, lower part, rare. — Cressier 4-7 m. — Distributed in NW Europe, NW Germany, and also in Switzerland, at the boundary from uppermost Valanginian to lowermost Hauterivian as a good index foraminifer. — Occurs also in Sardinia, DIENI & MASSARI in their publication 1966, *Palaeontographia ital.* 61, p. 95-96 (81-100) explain once more the generic problems between

Haplophragmium, *Flabellamina*, *Flabellaminopsis*, *Tetraplasia* and *Triplasia*, especially at the boundary Valanginian to Hauterivian with *Haplophragmium subaequale* (MJATLIUK), *Triplasia pseudoroemeri*, *Tetraplasia quadrata* BARTENSTEIN & BRAND and *Flabellamina stadthageni* BARTENSTEIN & BRAND.

3.1.3. Superfamily Nodosariidea

3.1.3.1. Genus *Citharina* ORBIGNY 1839

Citharina orthonota (REUSS 1863), (pl. 1, fig. 11-12)

- v • 1951 *Citharina orthonota* (REUSS) — BARTENSTEIN & BRAND, Abh. senckenb. natf. Ges. 485: 298, Taf. 7, Fig. 180-181.
v • 1954 *Citharina* sp. [pars] — BARTENSTEIN & BURRI, Eclogae geol. Helv. 47/2: Taf. 28.

Occurrence: Calcaire roux and Marne bleue, lower part. — Cressier 0-5 m; Neuchâtel, forage 208, 38.2 m; Ravin du Colas 467. — Distributed in NW Germany from (middle) Valanginian to basal Lower Hauterivian as a good index foraminifer, and now occurs in Switzerland at the Valanginian to Hauterivian boundary. — *Citharina orthonota* with narrower tests may belong in a close relationship with *Citharina striatula* (ROEMER 1842) which has broader tests.

Citharina seitzi BARTENSTEIN & BRAND 1951 (pl. 1, fig. 13-15)

- v • 1954 *Citharina seitzi* — BARTENSTEIN & BURRI, Eclogae geol. Helv. 47/2: Plate 28.
v • 1958 *Citharina seitzi* BARTENSTEIN & BRAND [non BARTENSTEIN] — BERTSCHY, Eclogae geol. Helv. 51/2: 227.
1965 *Citharina seitzi* BARTENSTEIN & BRAND — HAEFELI et al., Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 31/81: 72, Fig. 8.

Occurrence: Calcaire roux and Marne bleue rare, but locally common. — Cressier 1-23 m; Valangin 672; Neuchâtel, forage 208, 39.6-26.95 m; Ravin du Colas 468-483; L'Auberson 12150-12148. — In NW Germany distributed from Upper Valanginian, Diochotomites crassus Zone, to Lower Hauterivian, Endemoceras regale Zone, and only in one case (BARTENSTEIN & KAEVER 1973) is it reported from the Upper Hauterivian, Hildesiense Zone, as a persisting type (?).

The species represents an excellent index foraminifer, distributed worldwide in the temperate and Tethyan facies realms from Upper Valanginian to Lower Hauterivian within a relatively thin stratum. It seems to be a descendant from *Citharina striatula* (ROEMER 1842).

Citharina sparsicostata (REUSS 1863), (pl. 1, fig. 16-17)

- v • 1958 *Citharina sparsicostata* (REUSS) — BERTSCHY, Eclogae geol. Helv. 51/2: 227.
v • 1973 *Citharina sparsicostata* (REUSS) — BARTENSTEIN & KAEVER, Senckenb. Lethaea 54/2-4: 227, Taf. 3, Fig. 39.
v • 1979 *Citharina sparsicostata* (REUSS) — BARTENSTEIN, Newsl. Stratigr. 7/3: 144, table 1.

Occurrence: Calcaire roux and Marne bleue very rare. — Cressier 0-19 m: Valangin 669; Neuchâtel, forage 208, 40.7-28.7 m; Ravin du Colas 476-492; Gorges de l'Orbe 655. — The species has nearly the same distribution as *Citharina seitzi*, from Upper Valanginian to Lower Hauterivian, with a few remnants in the Upper Hauterivian, and is especially typical of the basal Hauterivian. The species is a good index foraminifer, distributed worldwide in the temperate and Tethyan facies realms.

3.1.3.2. Genus *Frondicularia* DEFRANCE 1826

Frondicularia bettenstaedti ZEDLER 1961 (pl. 1, fig. 18).

- * 1961 *Frondicularia bettenstaedti* n. sp. — ZEDLER, Paläont. Z. 35/1-2: 44, Taf. 8, Fig. 21-22; Abb. 5.

Occurrence: Pierre jaune (Area of Sainte-Croix). — Ravin du Colas 492 A, only one specimen. — According to ZEDLER distributed only in the Upper Hauterivian Hildesiense Zone of NW Germany. The Swiss specimen is the first discovery outside of the type locality and type horizon. Therefore, if this specimen does not belong to a local variety but is a descendant from *Fronicularia simplicissima* DAM 1946, its particular occurrence in Switzerland is of greater stratigraphic importance for the region.

3.1.3.3. Genus *Lagena* WALKER & JACOB 1798

Lagena hauteriviana cylindracea BARTENSTEIN & BRAND 1951 (pl. 1, fig. 19-20; pl. 2, fig. 10-11)

v • 1962 *Lagena hauteriviana cylindracea* BARTENSTEIN & BRAND — BARTENSTEIN & BETTENSTAEDT, Leitfoss. Mikropaläont. B7: 265, Taf. 35, Fig. 19; Tab. 17.

v • 1973 *Lagena hauteriviana cylindracea* BARTENSTEIN & BRAND — BARTENSTEIN & KAEVER, Senckenb. Lethaea 54/2-4: 226, Taf. 3, Fig. 48.

Occurrence: Marne bleue very rare. — Cressier 1-17 m; Valangin 676-671. — The first discovery outside of NW and E Europe. The species is distributed in the Boreal facies realm from Upper Valanginian to higher Upper Hauterivian as a relatively good index foraminifer.

Lagena hauteriviana hauteriviana BARTENSTEIN & BRAND 1951 (pl. 1, fig. 21-23; pl. 2, fig. 12-14)

1973 *Lagena hauteriviana hauteriviana* — FLETCHER, Geol. J. [Liverpool] spec. Issue 5: fig. 1-3.

v • 1973 *Lagena hauteriviana hauteriviana* BARTENSTEIN & BRAND — BARTENSTEIN & KAEVER, Senckenb. Lethaea 54/2-4: 223, Taf. 2, Fig. 24.

Occurrence: Marne bleue with the same distribution as *Lagena hauteriviana cylindracea*, rare to very rare. — Cressier 1-25 m; Valangin 676-671. — Both these *Lagena* subspecies with their extraordinary tiny tests can be overlooked in the samples very easily. Therefore only a few citations are available in the Lower Cretaceous literature, mostly in NW Germany. This good index foraminifer of the Boreal facies realm occurs in NW Germany in the Hauterivian with a few remnants in the (Middle) Barremian; in England from Berriasian (Lower Valanginian?) to Lower Barremian.

3.1.3.4. Subgenus *Lenticulina* (*Astacolus*) MONTFORT 1808

Lenticulina (*Astacolus*) *humilis humilis* (REUSS 1863), (pl. 1, fig. 24-26)

1965 *Vaginulinopsis humilis humilis* (REUSS) — HAEFELI et al., Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 31/81: 72.

v • 1974 *Lenticulina* (*Astacolus*) *humilis humilis* (REUSS) — BARTENSTEIN, Eclogae geol. Helv. 67/3: 554-556, pl. 2, fig. 21, fig. 7.

Occurrence: Marne bleue and Zone des marno-calcaires (NE), Marne bleue and lower Pierre jaune (SW). — Cressier 0-29 m; Valangin 672-670; Neuchâtel, forage 208, 46.75-33.2 m; Ravin du Colas 491-492; L'Auberson 12150-12135. — Its occurrence according to BARTENSTEIN 1974, p. 556: "In the Valanginian it still has not been found, in the Lower Hauterivian it is widely distributed, especially in the Bivirgatus Zone. An occurrence in the Upper Hauterivian is doubtful."

Lenticulina (*Astacolus*) *humilis praecursoria* BARTENSTEIN & BRAND 1951 (pl. 1, fig. 27-28; pl. 2, fig. 15-16)

v • 1954 *Lenticulina humilis praecursoria* — BARTENSTEIN & BURRI, Eclogae geol. Helv. 47/2: Plate 28.

v • 1974 *Lenticulina* (*Astacolus*) *humilis praecursoria* BARTENSTEIN & BRAND — BARTENSTEIN, Eclogae geol. Helv. 67/3: 556, pl. 2, fig. 18, fig. 7.

Occurrence: Calcaire roux and Marne bleue, very rare. — Cressier 0-15 m (?); Valangin 671-670; L'Auberson 12145. — The subspecies is a predecessor of *L. (A.) humilis humilis* and occurs from higher middle Valanginian to Lower Hauterivian.

3.1.4. Superfamily Rotaliidea

3.1.4.1. Genus *Epistomina* TERQUEM 1883

Epistomina caracolla anterior BARTENSTEIN & BRAND 1951 (pl. 1, fig. 29; pl. 2, fig. 17)

1976 *Epistomina caracolla anterior* BARTENSTEIN & BRAND — ASCOLI Maritime Sediments spec. Publ. 1: 684-685, fig. 27.

v • 1979 *Epistomina caracolla anterior* BARTENSTEIN & BRAND — BARTENSTEIN, Newsl. Stratigr. 7/3: 143, table 1.

Occurrence: Base of Marne bleue. — Valangin 677, only one specimen. — Distributed in the northern hemisphere from Berriasian to top Valanginian and until now only observed in NW Germany, E Canada, Scotian Shelf, and now in Switzerland at the Valanginian/Hauterivian boundary.

3.2. Selected important Species in the Lower Cretaceous

Dorothia kummi (ZEDLER 1961), (pl. 1, fig. 30-32)

v • 1954 *Marssonella* sp., *Marssonella oxycona* — BARTENSTEIN & BURRI, Eclogae geol. Helv. 47/2: plate 28.

v • 1958 *Marssonella oxycona* (KOCH) — BERTSCHY, Eclogae geol. Helv. 51/2: 227.

1965 *Marssonella oxycona-kummi* — HAEFELI et al., Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 31/81: 72, Fig. 6, 8, 10, 12, 14.

Occurrence: Calcaire roux to Pierre jaune, rare to frequent. — Le Landeron 691-684 A; Le Landeron LA3, 500; Cressier 0-39 m (= whole section); Neuchâtel, forage 208, 46.75-26.5 m (= whole section); Ravin du Colas 462-491 (= whole section); L'Auberson 12150-12134 (= whole section); Tunnel du Vuache 4871; Gorges de l'Orbe 655A-654. — The species is distributed worldwide in the temperate and Tethyan facies realms from Upper Jurassic-Tithonian to Barremian; and very questionably in the Lower Aptian.

Citharina striatula (ROEMER 1842, (pl. 1, fig. 33-34)

v • 1954 *Citharina* sp. (pars) — BARTENSTEIN & BURRI, Eclogae geol. Helv. 47/2: plate 28.

v • 1956 *Citharina striatula* (ROEMER) — BARTENSTEIN, Senckenb. Lethaea 37/5-6: 518, fig. 26, 28.

Occurrence: Calcaire roux to basal Zone des marno-calcaires, very rare. — Cressier 1-25 m; Valangin 672; Neuchâtel, forage 208, 38.2-34.2 m; Ravin du Colas 476-492. — The species is a good index fossil for the Boreal (Middle) Valanginian to Upper Hauterivian and closely related to *Citharina orthonota* (REUSS 1863): *Citharina striatula* with broader tests, *Citharina orthonota* with narrower tests.

Frondicularia simplicissima DAM 1946 (pl. 1, fig. 35-38; pl. 2, fig. 18-21)

v • 1954 *Frondicularia lamellata* — BARTENSTEIN & BURRI, Eclogae geol. Helvetiae 47/2: plate 28.

v • 1956 *Frondicularia lamellata* (TAPPAN) — BARTENSTEIN, Senckenb. Lethaea 37/5-6: 519, fig. 38.

v • 1956 *Frondicularia simplicissima* DAM — BARTENSTEIN, Senckenb. Lethaea 37/5-6: 519, fig. 39.

v • 1973 *Frondicularia simplicissima* DAM — BARTENSTEIN & KAEVER, Senckenb. Lethaea 54/2-4: 228, Taf. 3, Fig. 45.

Occurrence: Calcaire roux to Zone des marno-calcaires (NE), Calcaire roux to uppermost Marne bleue (SW). — Cressier 0-25 m; Neuchâtel, forage 208, 35.5-28.7 m; Ravin du Colas 466; L'Auberson 12149-12140. — Distributed in the northern hemisphere from Upper Valanginian to Upper Hauterivian, and persisting (?) to the Barremian.

Lenticulina (Astocolus) crepidularis (ROEMER 1842), pl. 1, fig. 39-41)

- v • 1954 *Lenticulina crepidularis* — BARTENSTEIN & BURRI, Eclogae Helv. 47/2: plate 28.
- v • 1958 *Lenticulina crepidularis* (ROEMER) — BERTSCHY Eclogae geol. Helv. 51/2: 227.
- 1965 *Planularia crepidularis* (ROEMER) — HAEFELI et al., Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 31/81: 72, fig. 6, 8.

Occurrence: Calcaire roux through Pierre jaune, common. — Le Landeron 684A; Le Landeron LA3, 500; Cressier 0-29 m; Valangin 676-670; Neuchâtel, forage 208, 45.3-27.5 m; Ravin du Colas 463-484; L'Auberson 12149-12135. — Tunnel du Vuache 4869-4932. — The species is distributed worldwide from (Middle) Jurassic to Middle Aptian (= Gargasian) in the temperate and Tethyan facies realms of both hemispheres. — Growth optima of comparatively smaller and narrower *Astacolus* resp. *Planularia* tests (*crepidularis* types) can be distinguished from the larger, stronger and compressed *Planularia* tests (*tricarinella* types) at various stratigraphic levels and in different regions.

Lenticulina (Astacolus) tricarinella (REUSS 1863), (pl. 1, fig. 42-43)

- 1965 *Planularia tricarinella* (REUSS) — HAEFELI et al., Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 31/81: 72, Fig. 8.
- v • 1973 *Lenticulina (Astacolus) tricarinella* (REUSS) — BARTENSTEIN & KAEVER Senckenb. Lethaea 54/2-4: 229, Taf. 4, Fig. 60-61.

Occurrence: Calcaire roux through Pierre jaune, very rare, only sporadically frequent, sometimes in company with *L. (A.) crepidularis*. — Cressier 0-17 m; Neuchâtel, forage 208, 39.6-31.75 m; Ravin du Colas 477-481. — It has the same worldwide distribution as *L. (A.) crepidularis*, but is more infrequent and only occurs sporadically. The Swiss material is smaller in growth than *L. (A.) tricarinella* specimens at other Boreal or Tethyan occurrences, e.g. BARTENSTEIN & KAEVER 1973; NEAGU 1975, Mém. Inst. Géol. Géoph. [Bucarest] 25: 74, pl. 62, fig. 24-31; pl. 63, fig. 2-17.

3.3. Species descendant from the Jurassic

Buccicrenata italica DIENI & MASSARI 1966 (pl. 1, fig. 44-45)

- 1966 *Buccicrenata italica* n. sp. — DIENI & MASSARI, Palaeontographia ital. 61 (n. ser. 31): 89, pl. 2, fig. 25-26; pl. 9, fig. 2.
- 1976 *Buccicrenata italica* — ASCOLI, Maritime Sediments spec. Publ. 1: Fig. 3, 5, 10, 27; pl. 6, fig. 13.
- 1978 *Buccicrenata italica* — GRADSTEIN, J. foram. Res. 8/2: fig. 3.
- 1980 *Buccicrenata italica* DIENI & MASSARI — JANSKA, REMANE & ASCOLI — Riv. ital. Paleont. 86/1: 107, 109, 110; pl. 8, fig. 1-2; fig. 5, 7, 8.

Occurrence: Calcaire roux and basal Marne bleue (Area of Sainte-Croix), only locally distributed, but here frequent. — Ravin du Colas 467-473. — First discovered in the Tethyan Upper Valanginian of Sardinia, secondly in the transition zone from Tethyan to Boreal in the Oxfordian to Berriasian-Valanginian of offshore Eastern Canada. Its distribution extends into the basal Hauterivian of Switzerland with its transitional facies from Tethyan to Boreal in the SW region of Sainte-Croix. — In Europe, the species represents a facies form of the S European geosynclinal sea during Late Jurassic-Early Cretaceous time and is therefore unknown in the Boreal of Central and North Europe, e.g. in Germany, The Netherlands and England. — Concerning generic and specific determination of this form, we believe that new examinations and revisions of similar foraminiferal species ("Rassenkreis, genetic plexus or spectrum") with arenaceous agglutinated tests, especially with labyrinthic shell walls, are very urgent.

Lenticulina (Lenticulina) quenstedti (GUEMBEL 1862), (pl. 1, fig. 46-47)

- v • 1937 *Cristellaria (Lenticulina) quenstedti* GUEMBEL — BARTENSTEIN & BRAND, Abh. senckenb. natf. Ges. 439: 177, Taf. 11 A, Fig. 16 u.a.

- 1976 *Lenticulina quenstedti* (GUEMBEL) — ASCOLI Maritime Sediments spec. Publ. 1: fig. 3, 7, 27; pl. 2, fig. 3.
 1978 *Lenticulina quenstedti* (GUEMBEL) — GRADSTEIN, J. foram. Res. 8/2: fig. 3; pl. 1, fig. 3.
 1980 *Lenticulina quenstedti* — JANSKA, REMANE & ASCOLI — Riv. ital. Paleont. 86/1: 108, 109, fig. 8.

Occurrence: Calcaire roux and basal Marne bleue (until now only NE-area), rare to locally frequent. — Cressier 1-11 m, only one section examined because we had no time for comparative examination of other sections. It is certain that the species has a larger distribution in the foreland of the Lower Cretaceous sedimentation. — This typical Middle Jurassic species is mainly distributed from Bajocian to Kimmeridgian in the Boreal and Tethyan facies realms of the northern hemisphere; but then persisting into the Upper Valanginian and basal Hauterivian in Switzerland. The species is entirely unknown in the boreal Lower Cretaceous of Germany, The Netherlands, and England: it means, in this particular case, that the Swiss forms are only isolated descendants from Upper Jurassic time. There is a definite chance of discovering similar forms of the same species in other parts of the S European Upper Jurassic/Lower Cretaceous geosyncline. There exists the possibility that many unrecognized specimens are put under the other species name such as *Lenticulina* (*L.*) *guttata* (DAM 1946): see the remarks by BARTENSTEIN & BRAND 1951, Abh. senckenb. natf. Ges. 485, p. 285.

Lenticulina (*Saracenaria*) *triquetra* (GUEMBEL 1862), pl. 1, fig. 48-50)

- 1953 *Saracenella triquetra* (GUEMBEL) — BARNARD Proc. Geologists' Assoc. 64/3: 190 fig. B, 4.
 1960 *Lenticulina* (*Saracenaria*) *triquetra* (GUEMBEL) — LUTZE, Geol. Jb. 77: 457, Taf. 29, Fig. 11, 17; Abb. 13.
 1962 *Saracenaria triquetra* (GUEMBEL) — CORDEY, Senckenb. Lethaea 43/5: 383, pl. 46, fig. 9; fig. 21-25.

Occurrence: Calcaire roux and basal Marne bleue (until now only NE-area), rare. — Cressier 3-11 m (only one section examined): Regarding the distribution in Switzerland see remarks on *L. (L.) quenstedti*. — This typical Upper Jurassic species is distributed in the Boreal of the northern hemisphere from Callovian to Tithonian and persists into the Valanginian and Hauterivian (see BARTENSTEIN & BRAND 1951, p. 291. LUTZE 1960, p. 458), and possibly also occurs in the Tethyan, under the species name *L. (S.) cf. italica* (DEFrance): DIENI & MASSARI 1966, p. 132, Upper Valanginian of Sardinia. — We expect additional new discoveries of this species within the S European Upper Jurassic/Lower Cretaceous geosyncline in the near future.

To summarize the remarks of the persistence of the three foraminiferal species *Buccicrenata italica*, *Lenticulina quenstedti* and *Lenticulina triquetra*, to the Lower Cretaceous: New systematic examinations of the existing material have to be made to check the validity or invalidity of various species names newly designated in the Lower Cretaceous. Many have the same arrangement and shape of their tests when compared with well known Middle and/or Upper Jurassic species which were designated earlier and therefore possess priority.

3.4. Species reworked from Upper Jurassic/Berriasian and now incorporated in Upper Valanginian/Lower Hauterivian strata

Pseudocyclammina lituus (YOKOYAMA 1890), (pl. 2, fig. 1-3)

- v • 1954 *Pseudocyclammina* sp. and *Ammobaculites* (?) sp. [pars] — BARTENSTEIN & BURRI, Eclogae geol. Helv. 47/2: plate 28.
 1965 *Pseudocyclammina lituus* (YOKOYAMA) — HAEFELI et al., Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 31/81: 71-72, Fig. 6, 10, 12, 14.
 1966 *Pseudocyclammina lituus* (YOKOYAMA) — HAEFELI, Eclogae geol. Helv. 59/2: Fig. 34.
 1976 *Pseudocyclammina lituus* — ASCOLI, Maritime Sediments spec. Publ. 1: 661, fig. 27; pl. 7, fig. 1.
 1980 *Pseudocyclammina lituus* (YOKOYAMA) — JANSKA, REMANE & ASCOLI — Riv. ital. Paleont. 86/1: 108, 109, 110, fig. 5.

Occurrence: Calcaire roux to Pierre jaune as reworked material distributed mostly locally and rare. — Le Landeron LA3, 500-498; Cressier 25-29 m; Neuchâtel, forage 208, 46.75 m; Les Uttins 383-381. — Original distribution worldwide in the Upper Jurassic, but reworked in the Berriasian to (Lower) Hauterivian, as reported by HAEFELI et al. 1965, p. 71, footnote 4: "Bei den vereinzelt, sichtbar angewitterten Exemplaren von *Pseudocyclammina lituus* in der basalen Mergelzone des Hauteriviens, d.h. oberhalb des Untergrenze von *Trocholina infragranulata* NOTH, handelt es sich offensichtlich um aufgearbeitete Individuen (anders gefärbt als die hier auftretende Mikrofauna)." We agree with this statement on many points, and we extend the findings of this species to the Pierre jaune. — Occurrence in E Canada, Scotian Shelf: Oxfordian to Hauterivian (ASCOLI 1976), Late Kimmeridgian to Valanginian (JANSA, REMANE & ASCOLI 1980). But we don't agree with *Pseudocyclammina lituus*, figured by ASCOLI 1976, pl. 7, fig. 1 from the Valanginian: this specimen belongs to another genus and/or species.

In all publications we regret any opinions concerning the extinction of the true *Pseudocyclammina lituus*: in the Tithonian, Berriasian or Valanginian; and also those concerning the beginning of true reworked specimens: in the Berriasian, Valanginian or Hauterivian?

In the following we describe and discuss the occurrences of *Trocholina alpina* (LEUPOLD 1935) and *Trocholina elongata* (LEUPOLD 1935) jointly because of the fact that both species mostly occur together, and furthermore that both species are very closely related, possibly belonging to the same species with two different generations and two morphologic variations, respectively.

Trocholina alpina (LEUPOLD 1935), (pl. 2, fig. 4-6)

- v · 1954 *Trocholina* sp. (= dicke "*Coscinocoelus*") [pars] — BARTENSTEIN & BURRI, Eclogae geol. Helv. 47/2: plate 28.
- 1965 *Trocholina alpina* (LEUPOLD) — HAEFELI et al., Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 31/81: 71, Fig. 6, 12, 14.
- 1966 *Trocholina alpina* (LEUPOLD) — HAEFELI, Eclogae geol. Helv. 59/2: fig. 34.
- 1980 *Trocholina alpina* (LEUPOLD) — JANSA, REMANE & ASCOLI, Riv. ital. Paleont. 86/1: 108, 109, fig. 5, 8.

Trocholina elongata (LEUPOLD 1935), (pl. 2, fig. 7-9)

- v · 1954 *Trocholina* sp. (= dicke "*Coscinocoelus*") [pars] — BARTENSTEIN & BURRI, Eclogae geol. Helv. 47/2: plate 28.
- 1965 *Trocholina elongata* (LEUPOLD) — HAEFELI et al., Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 31/81: 71, Fig. 6, 14.
- 1966 *Trocholina elongata* (LEUPOLD) — HAEFELI, Eclogae geol. Helv. 59/2: fig. 34.
- 1980 *Trocholina elongata* (LEUPOLD) — JANSA, REMANE & ASCOLI, Riv. ital. Paleont. 86/1: 108, 109, fig. 5.

Occurrence: Calcaire roux and Marne bleue (Area of Sainte-Croix) in reworked layers, only locally and very rare to frequent. — Ravin du Colas 462-467; L'Auberson 12150-12147. — Original distribution Tithonian/Berriasian (LEUPOLD & BIGLER 1935), according to HAEFELI et al. 1965 Upper Jurassic to Valanginian with the following statement, p. 71, footnote 5: "Eine Aufsplitterung der polymorphen Trocholinen auf Grund ihrer verschiedenen Kegelform und Grösse in zahlreiche 'Spezies' (z.B. GUILLAUME 1963) ist kaum annehmbar; auch die Berechtigung einer selbständigen Gattung *Neotrocholina* ist in Frage gestellt." — Occurrence in E Canada (JANSA, REMANE & ASCOLI 1980): Kimmeridgian to Valanginian (*T. alpina*), Kimmeridgian and Tithonian (*T. elongata*).

As stated for *Pseudocyclammina lituus*, we also repeat here our question concerning the extinction of both species: Tithonian, Berriasian or Valanginian; and concerning the beginning of true reworked specimens: Berriasian, Valanginian or Hauterivian?

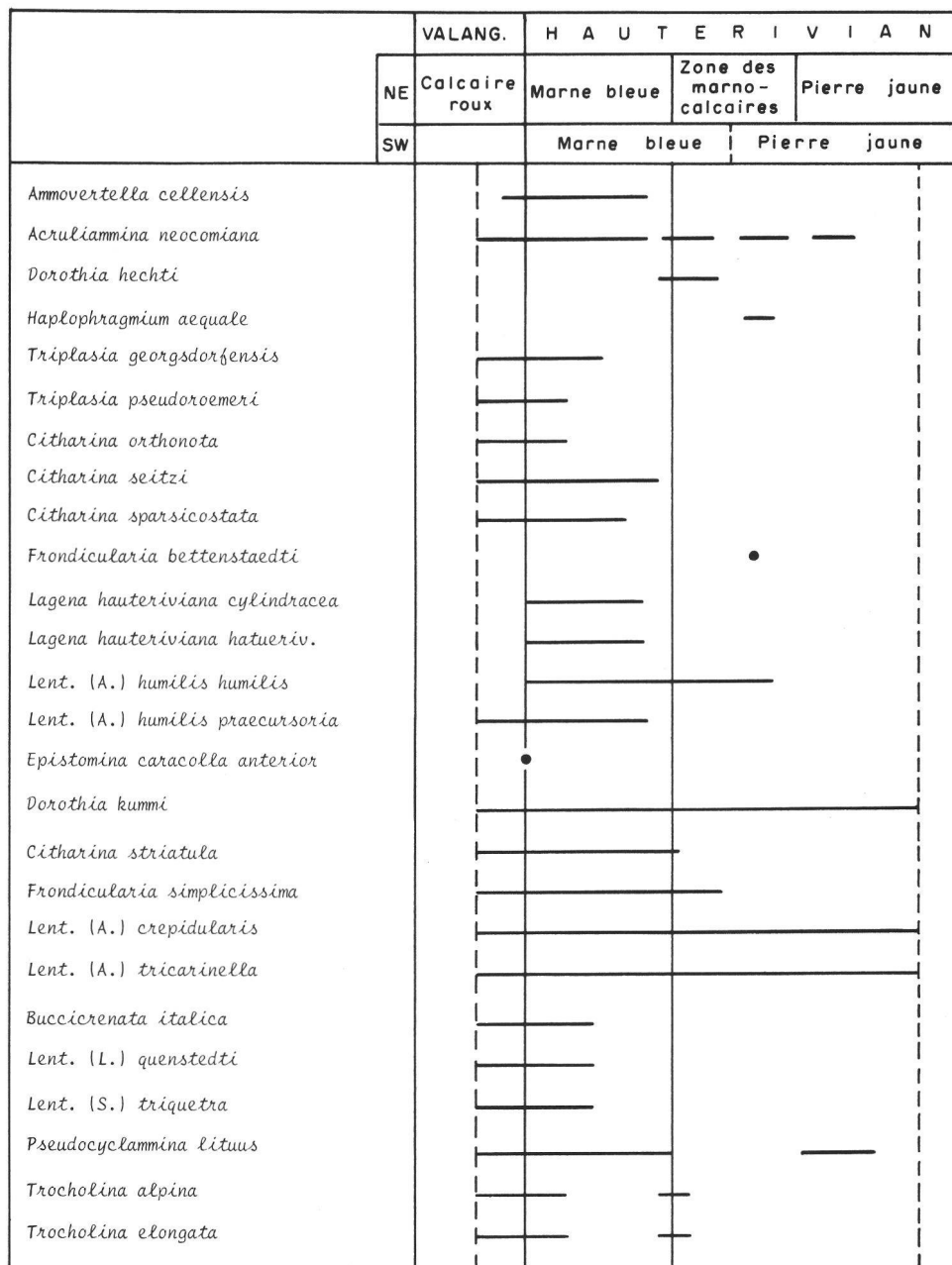


FIG. 1. — Distribution of selected benthonic index foraminifera in the (Lower) Hauterivian of Switzerland.

- — — — — Distribution of the respective species.
 • Individual occurrence.
 — — — — — Limit of stratigraphic interval of the investigated geological sections.

4. REMARKS ON THE STRATIGRAPHY AND PALEO GEOGRAPHY (fig. 1)

There exists a very close relationship, in fact we would say a nearly total conformity in the stratigraphic distribution and regional occurrence of benthonic foraminifera (as well as of ostracoda) in the Lower Hauterivian deposits in the sedimentary basins of Switzerland and of the Boreal Central and Northern Europe, e.g. in the Paris Basin, The Netherlands, Germany (e.g. BARTENSTEIN & BETTENSTAEDT 1962), Poland (e.g. publications by SZTEJN) and England (e.g. BARTENSTEIN 1956, FLETCHER 1973), as also stated, in the same sense, by H.J. OERTLI (this vol.), chapter 4 Palaeogeography: "Table I shows clearly that the majority of species are known from other parts of Europe, especially the Paris Basin, northern Germany and England, i.e. that no major barriers existed at that time between these basins. This is different with regard to SE France. — Hauterivian samples from SE France offer a completely different aspect as far as not only Ostracoda but also Foraminifera are concerned; a rich 'micro-world' that still needs intensive study."

Therefore a separation of 26 foraminiferal species from a total number of more than 100 species or subspecies enables no more than a very limited survey of all the stratigraphic implications. 15 index foraminifera yield a relatively narrow boundary-line within the Lower Hauterivian, on the other hand, 5 selected important species, *Dorothia kummi* to *Lenticulina (Astocolus) tricarinella*, cover greater stratigraphic intervals within the (Lower) Hauterivian. In particular, the two individual findings of *Fronicularia bettenstaedti* and *Epistomina caracolla anterior* point to two stratigraphically important horizons in the Lower Hauterivian and basal Lower Hauterivian, respectively, but this is based on their stratigraphic distribution in NW Germany. Different from the foraminiferal facies of NW Germany and England is the occurrence of 3 species descendent from the Jurassic, and also 3 species reworked from Upper Jurassic/Berriasian: here we perceive the narrow paleogeographic connection of the Swiss (Lower) Hauterivian to the (Upper) Jurassic of the Jura Mountains, and their tectonic movements. In the Hauterivian of NW Germany and England, because of their differing paleogeographic conditions, we do not find descendents from the Upper Jurassic or reworked species from the Upper Jurassic to Berriasian, as in Switzerland.

Dorothia hechti in the Lower Hauterivian of Le Landeron, firstly described from the mediterranean Upper Valanginian of Sardinia, and secondly from the Tethyan Upper Valanginian/Lower Hauterivian of Rumania, proves the migration path from South to North into the Boreal facies of Switzerland and into our area of investigation, which belongs, according to paleogeographic considerations, to the transition zone between the Tethyan and the temperate facies realm (BARTENSTEIN 1965: 52, fig. 1; BARTENSTEIN 1969: 88, Abb. 12). Summarizing the stratigraphic considerations of all the investigated foraminifera, including the 77 unpublished species, we are sure that the Swiss Lower Hauterivian is an excellent equivalent member in all Boreal Lower Cretaceous occurrences in Southern (in parts: Boreal predominating), Central and Northern Europe, with small participation of Tethyan (mediterranean) influences (because of the Swiss geographic position as a transition zone between Tethyan and Boreal), coming mainly from the South, but possibly also interposing between Eastern Europe and Southern Europe due to the paleogeographic position of Switzerland. We should like to confirm H.J. OERTLI's statement that, at least during Lower Hauterivian depositional time, no large barriers existed between e.g. NW Germany in the northern area and Switzerland in the southern area: indirect sea channels caused by emergent land masses at that time interval must have been of very short duration and both sedimentary basins were probably directly connected without longer migration routes via Eastern Europe and Poland.

5. IMPORTANT REFERENCES

- ASCOLI, P. — (1976). Foraminiferal and Ostracod biostratigraphy of the Mesozoic-Cenozoic, Scotian Shelf, Atlantic Canada. *Maritime Sediments* spec. Publ. 1: 653-771, 15 pl., 5 tabl., 31 fig.
- BARTENSTEIN, H. — (1956). Zur Mikrofauna des englischen Hauterive. *Senckenb. Lethaea* 37/5-6: 509-533, 3 Taf., 4 Abb.
- (1962). Neue Foraminiferen aus Unterkreide und Oberkeuper NW-Deutschlands und der Schweiz. *Senckenb. Lethaea* 43/2: 135-149, 1 Taf., 3 Abb.

- BARTENSTEIN, H. — (1965). Unter-Valanginien oder Berriasien. Eine Stellungnahme. *Rev. bulgar. Geol. Soc.* 26/1: 51-58, 3 Fig.
- (1969). Land und Meer in Europa vor 135 Millionen Jahren. *Natur u. Museum* 99/2: 79-91, 13 Abb.
- BARTENSTEIN, H. & BETTENSTAEDT, F. — (1962). Marine Unterkreide (Boreal und Tethys). *Leitfoss. Mikropaläont.* B7: 225-297, Taf. 33-41, Abb. 17-24, Tab. 17-18.
- BARTENSTEIN, H. & BURRI, F. — (1954). Die Jura-Kreide-Grenzschichten im schweizerischen Faltenjura und ihre Stellung im mitteleuropäischen Rahmen. Eine Untersuchung auf mikropaläontologischer Grundlage. *Eclogae geol. Helv.* 47/2: 426-443, 2 Taf., 4 Fig.
- BARTENSTEIN, H. & KAEVER, M. — (1973). Die Unterkreide von Helgoland und ihre mikropaläontologische Gliederung. *Senckenb. Lethaea* 54/2-4: 207-264, 6 Taf., 7 Abb., 1 Tab.
- BARTENSTEIN, H. & KOVATCHEVA, T. — (1982). A Comparison of Aptian Foraminifera in Bulgaria and North West Germany. *Eclogae geol. Helv.* 75/3: 621-667, 5 fig., 5 pl.
- BERTSCHY, R. — (1958). Geologie der Kreide und Molasse in der Umgebung von Grandson (Kt. Waadt). *Eclogae geol. Helv.* 51/2: 217-263, 3 Taf., 10 Fig., 2 Tab.
- DIENI, I. & MASSARI, F. — (1966). I Foraminiferi del Valanginiano superiore di Orosei (Sardegna). *Palaeontographia ital.* 61 [n. ser. 31]: 75-186, Taf. 61-70, 3 Fig.
- FLETCHER, B.N. — (1973). The distribution of lower Cretaceous (Berriasian-Barremian) foraminifera in the Speeton Clay of Yorkshire, England. *Geol. J. (Liverpool) spec. Issue* 5: 161-168, 3 fig.
- FRIEG, C. & KAEVER, M. — (1976). Morphologie, Wandungsbau und Verbreitung von *Acruliammina neocomiana* BARTENSTEIN 1962. *N. Jb. Geol. Paläont. [Mh.]* 2: 118-128, 2 Abb.
- HAEFELI, Ch. — (1966). Die Jura/Kreide-Grenzschichten im Bielerseegebiet (Kt. Bern). *Eclogae geol. Helv.* 59/2: 565-695, 40 Fig., 2 Taf., 17 Tab.
- HAEFELI, Ch., MAYNC, W., OERTLI, H.J. & RUTSCH, R.F. — (1965). Die Typus-Profil des Valanginien und Hauterivien. *Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing.* 31/81: 41-75, 14 Fig.
- JANSA, L.F., REMANE, J. & ASCOLI, P. — (1980). Calpionellid and foraminiferal-ostracod biostratigraphy at the Jurassic-Cretaceous boundary, offshore eastern Canada. *Riv. ital. Paleont.* 86/1: 67-126, pl. 5-9, fig. 1-11.
- LEUPOLD, W. & BIGLER, H. — (1935). *Coscinoconus*, eine neue Foraminiferenform aus Tithon-Unterkreide-Gesteinen des helvetischen Zone der Alpen. *Eclogae geol. Helv.* 28: 606-624, Taf. 18.
- LUTZE, G.F. — (1960). Zur Stratigraphie und Paläontologie des Callovien und Oxfordien in Nordwest-Deutschland. *Geol. Jb.* 77: 391-532, 21 Taf., 20 Abb.
- OERTLI, H.J. — (1989). Ostracoda from the historical type region in the Jura mountains *Mém. Soc. neuchât. Hist. nat.* 11: 205-222.
- POKORNY, V.L. — (1958). Grundzüge der zoologischen Mikropaläontologie, Band I. 6. Kapitel: Foraminifera: 88-429, Abb. 18-504.
- ZEDLER, B. — (1961). Stratigraphische Verbreitung und Phylogenie von Foraminiferen des nordwestdeutschen Oberhauterive. *Paläont. Z.* 35/1-2: 28-61, 3 Taf., 8 Abb.

PLATE I

Uniform enlargement of about $\times 30$. Scanning electron micrographs executed in the Scanning Laboratory of the Elf-Aquitaine Research Center at F-64018 Pau.

FIG. 1-2 *Ammovertella cellensis* BARTENSTEIN & BRAND 1951.

Cressier 2 m. — 1: 1.05 mm; 2: 1.43 mm, adherent to an ostracod carapace.

FIG. 3-4 *Acruliammina neocomiana* BARTENSTEIN 1962.

Ravin du Colas 465. — 3: 0.55 mm, aperture; 4: 1.45 mm, adherent to a rock fragment.

FIG. 5 *Dorothia hechti* DIENI & MASSARI 1966.

Le Landeron 688. — 5: 0.7 mm.

FIG. 6-7 *Haplophragmium aequale* (ROEMER 1841).

Ravin du Colas 492. — 6: 1.37 mm; 7: 2.12 mm.

FIG. 8-9 *Triplasia georgsdorfensis* BARTENSTEIN & BRAND 1949.

Cressier 13 m. — 8: 1.1 mm; 9: 0.67 mm.

FIG. 10 *Triplasia pseudoroemeri* BARTENSTEIN & BRAND 1951.

Cressier 4 m. — 1.17 mm.

FIG. 11-12 *Citharina orthonota* (REUSS 1863).

Cressier 2 m. — 11: 1.13 mm; 12: 1.32 mm, transitional form to *Citharina seitzii* BARTENSTEIN & BRAND 1951.

FIG. 13-15 *Citharina seitzii* BARTENSTEIN & BRAND 1951.

Cressier 2 m. — 13: 0.95 mm; 14: 0.85 mm; 15: 0.6 mm, fragment showing the meshwork more distinctly.

FIG. 16-17 *Citharina sparsicostata* (REUSS 1863).

Cressier 2 m. — 16: 2.25 mm, strongly encrusted; 17: 1.5 mm.

FIG. 18 *Fronicularia bettenstaedti* ZEDLER 1961.

Ravin du Colas 492 A. — 1.0 mm.

FIG. 19-20 *Lagena haueriviana cylindracea* BARTENSTEIN & BRAND 1951.

Valangin 671. — 19: 0.38 mm; 20: 0.33 mm, lower neck broken out. — See also plate 2, fig. 10-11.

FIG. 21-23 *Lagena haueriviana haueriviana* BARTENSTEIN & BRAND 1951.

Valangin 671. — 21: 0.32 mm; 22: 0.32 mm; 23: 0.27 mm. — See also plate 2, fig. 12-14.

FIG. 24-26 *Lenticulina (Astacolus) humilis humilis* (REUSS 1863).

Cressier 21 m. — 24, 26: lateral view, 25: front view. — 24: 0.83 mm; 25: 0.88 mm; 26: 0.85 mm. — Marked ribs and knots on the dorsal edges represent the common main characteristics of the species.

FIG. 27-28 *Lenticulina (Astacolus) humilis praecursoria* BARTENSTEIN & BRAND 1951.

Cressier 2 m. — 27: 0.73 mm; 28: 0.4 mm. — See also plate 2, fig. 15-16.

FIG. 29 *Epistomina caracolla anterior* BARTENSTEIN & BRAND 1951.

Valangin 677. — 0.37 mm, umbilical side. — See also plate 2, fig. 17.

FIG. 30-32 *Dorothia kummi* (ZEDLER 1961).

Cressier 1 m. — 30: 0.65 mm; 31: 0.63 mm; 32: 0.63 mm.

FIG. 33-34 *Citharina striatula* (ROEMER 1842).

Cressier 1 m. — 33: 1.63 mm; 34: 1.3 mm.

FIG. 35-38 *Fronicularia simplicissima* DAM 1946.

Cressier 9 m. — 35: 0.33 mm; 36: 0.26 mm; 37: 0.32 mm; 38: 0.35 mm. — See also plate 2, fig. 18-21.

FIG. 39-41 *Lenticulina (Astacolus) crepidularis* (ROEMER 1842).

Cressier 1 m. — 39: 0.82 mm; 40: 0.67 mm; 41: 0.57 mm.

FIG. 42-43 *Lenticulina (Astacolus) tricarinella* (REUSS 1863).

Cressier 4 m. — 42: 0.78 mm; 43: 0.56 mm.

FIG. 44-45 *Buccicrenata italica* DIENI & MASSARI 1966.

Ravin du Colas 469. — 44: 1.95 mm, small test; 45: 2.67 mm, large test.

FIG. 46-47 *Lenticulina (Lenticulina) quenstedti* (GUEMBEL 1862).

Cressier 3 m. — 46: 0.9 mm; 47: 0.67 mm.

FIG. 48-50 *Lenticulina (Saracenaria) triquetra* (GUEMBEL 1862).

Cressier 3 m. — 48: 0.77 mm; 49: 0.55 mm; 50: 0.65 mm.

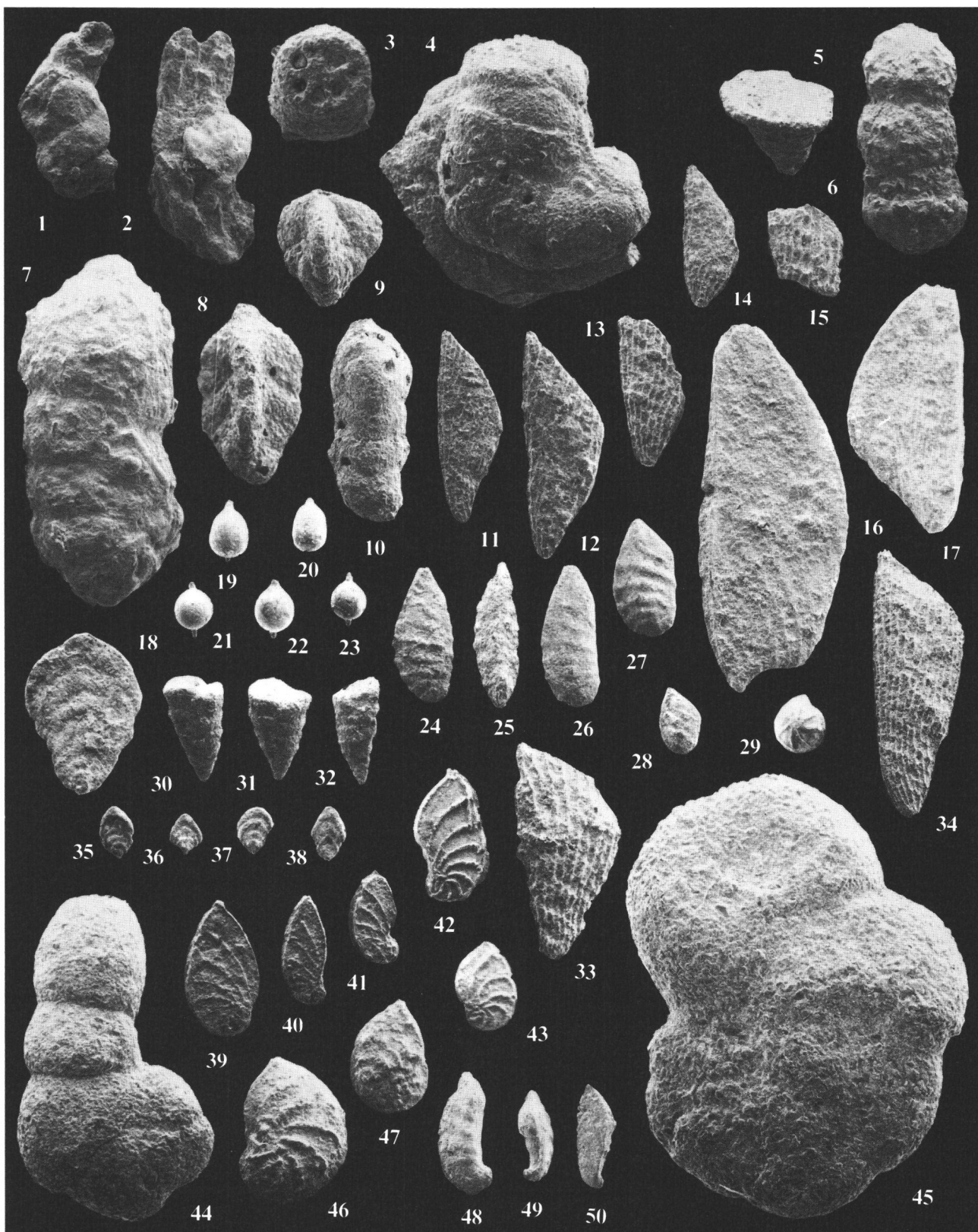


PLATE II

Fig. 1-9 about $\times 30$; fig. 10-21 about $\times 40$. Scanning electron micrographs.

FIG. 1-3 *Pseudocyclammia lituus* (YOKOYAMA 1890).

L'Auberson 12149. — 1: 0.45 mm, small involute test; 2: 1.35 mm, large uncoiled test; 3: 1.93 mm, large uncoiled test, strongly encrusted.

FIG. 4-6 *Trocholina alpina* (LEUPOLD 1935).

Ravin du Colas 462. — 4: 0.75 mm, spiral side; 5: 0.7 mm, umbilical side; 6: 0.67 mm, spiral side, corroded specimen.

FIG. 7-9 *Trocholina elongata* (LEUPOLD 1935).

Ravin du Colas 463. — 7: 0.63 mm; 8: 0.68 mm; 9: 0.55 mm, corroded specimen. — Lateral views.

FIG. 10-11 *Lagena hauteriviana cylindracea* BARTENSTEIN & BRAND 1951.

Same material as plate 1, fig. 19-20.

FIG. 12-14 *Lagena hauteriviana hauteriviana* BARTENSTEIN & BRAND 1951.

Same material as plate 1, fig. 21-23.

FIG. 15-16 *Lenticulina (Astacolus) humilis praecursoria* BARTENSTEIN & BRAND 1951.

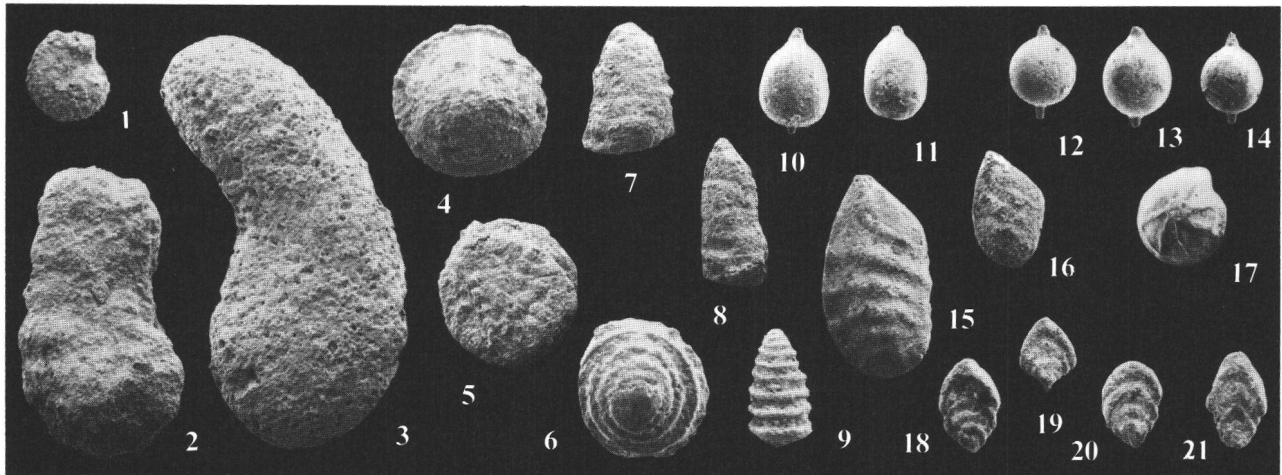
Same material as plate 1, fig. 27-28.

FIG. 17 *Epistomina caracolla anterior* BARTENSTEIN & BRAND 1951.

Same material as plate 1, fig. 29.

FIG. 18-21 *Fronicularia simplicissima* DAM 1946.

Same material as plate 1, fig. 35-38.



<i>Mémoires de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles</i>	Tome XI	p. 205-222, 2 fig., 1 tabl., 4 pl.	Neuchâtel, 1989
---	---------	------------------------------------	-----------------

OSTRACODA FROM THE HISTORICAL TYPE REGION OF THE HAUTERIVIAN STAGE IN THE JURA MOUNTAINS (Switzerland, France)

by

Henri J. OERTLI

Research subventioned
by the Swiss National Science Foundation (grant No. 2.434.075)

RÉSUMÉ. — L'étude de 142 échantillons venant de 8 coupes et un forage dans l'Hauterivien inférieur du Jura, situés essentiellement dans la région type autour d'Hauterive, a fourni 50 espèces identifiables d'ostracodes. La majorité (30 espèces) en est connue d'autres régions de l'Europe NW. Aucune espèce ne semble être en commun avec les faunes d'eau profonde du SE de la France. 13 des espèces connues sont limitées, selon les données publiées, à l'Hauterivien inférieur. Certaines formes sont susceptibles d'être utilisées pour une zonation plus détaillée.

ABSTRACT. — 142 samples from eight field sections and one well in (Lower) Hauterivian strata of the Jura mountains, principally around the Hauterive type region, yielded 50 distinguishable ostracode species, of which the majority (30) are known from other parts of northwestern Europe. No species seem to be in common with the deep water faunas from the Hauterivian of SE France. 13 of the known species are limited, according to literature, to the Lower Hauterivian, and certain forms may be used for finer zonation.

1. INTRODUCTION

Practically all washable samples from the studied sections yielded Ostracoda, and they were often considerable in quantity. This very positive aspect is unfortunately altered by the often quite bad preservation, which in some cases made exact determinations impossible. But on the whole, the output is very satisfactory: 50 species could be distinguished (fig. 1), of which 30 are known in literature (this last figure would be higher if the state of preservation had not hindered the specific determination in several cases).

It is the first time that a relatively complete account of Lower Hauterivian Ostracoda from the Jura mountains can be given¹.

This account is resumed principally in two documents: Table I, which gives the essential information about the species distribution in the different sections, and plates 1-4, which are intended to furnish the "proofs". Complete ostracode distribution tables, section by section, are at the disposal of interested readers (please

¹ The few papers having touched upon Swiss Hauterivian Ostracodes (BARTENSTEIN & BURRI, 1955; HAEFELI et al., 1965; HAEFELI, 1966; OERTLI, 1966; BASSIOUNI, 1974) merely cited a few species, except the first, containing small line drawings and the second last, describing and figuring "*Protocythere*" species extending (from the Valanginian) into the Hauterivian.

write to the author). Though a few sections begin in the Upper Valanginian (where I was able to observe a few characteristic species), this paper is limited to lower Hauterivian faunas. A thorough study of Upper Valanginian species would have needed more extensive sampling, and these levels contain mostly faunas of particularly bad preservation.

The little “1” of “lower Hauterivian” in this text is intentional, as the species distribution in the different sections has a much more lithological base than a sure chronostratigraphic sense. It comprises essentially the washable units, i.e. the Marnes bleues and Zone des Marno-Calcaires. For details on lithology and formations, see REMANE et al. (this vol.).

2. SPECIES AND STRATIGRAPHY

2.1. Dominant species

By far the most important species in number of individuals and presence in samples is *Protocythere triplicata* (ROEMER, 1841), which appears at the very base of the Hauterivian* and continues without visible variations towards the top of the sections. It often represents more than 50 % of the total number of individuals per sample. This is especially true for the Landeron section, where it dominates all samples, and the Neuchâtel well (dominant in 12 of 20 samples). Two species are in the second rank as far as numerical distribution is concerned: *Schuleridea thoerenensis werlensis* GRÜNDEL, 1966, and *Rehacythereis bernardi* (GROSDIDIER, 1964). They often constitute up to 40 % of the whole association and occasionally more.

A few other species show acmes. This is the case for *Costacythere frankei* (TRIEBEL, 1938), common in the uppermost Valanginian and lowest Hauterivian, and *Hechtythere hechti* (TRIEBEL, 1938), which may be common in the lower part of the lower Hauterivian (see fig. 2). *Schuleridea clunicularis* (TRIEBEL, 1938) is common to dominant in the 4 samples where it is found in the Colas section.

Schuleridea n. sp. occurs quite frequently in the few samples where it is present. Of the other species, 9 show in one sample a frequency proportion of more than 10 % of the fauna; all others are rare, generally represented by only 1-2 individuals.

2.2. Key species (fig. 2)

The restricted time interval studied does not allow us to recognize sure markers for further subdivision of this lower Hauterivian (as fig. 1 shows, 22 % of the determined species are already known as key species for the Lower Hauterivian), but in some cases we can derive useful hints about the stratigraphy and/or species extent.

The stratigraphic data (“known from the lower Hauterivian...” etc.) are mostly based on literature (see list of references). This means, in the case of N and NW Germany, an ammonite based zonation (*noricum* and *bivirgatus* Zones for the Lower Hauterivian, *capricornu*, *hildesiense*, *seeley*, *tenuis* and *strombecki* for the Upper Hauterivian), whereas the zonation in the Paris Basin is essentially due to the presence of characteristic Echinoderms. The Lower Hauterivian is formed there mainly of grey marls, the Upper Hauterivian by the “Spatangus Limestones”. The distribution of both Foraminifera and Ostracoda in these substages is identical to that in NW Germany.

Paranotacythere malzi malzi BASSIOUNI, 1974, is said (by its author) to be restricted to the lower part of the Lower Hauterivian; this is true in the case of the (single) occurrence in our samples (Cressier, sample 9). *Hechtythere pumila* (GROSDIDIER, 1964) has been observed so far (in the Paris Basin) from the upper part of the Lower Hauterivian onwards (to the lower part of the Upper Hauterivian); this fits in well with the occurrence in the Jura, at least as far as its first appearance is concerned. *Schuleridea extranea*, known in literature from the same time interval, is registered in our samples from high positioned levels of the Lower Hauterivian.

* In the Swiss Jura Mountains as well as in other regions of central and northern Europe, whereas it is found from the uppermost Valanginian onwards (*Callidiscus* Zone) in SE France (DONZE & THIEULOY, 1975).

<u>Number of species distinguished: 50</u>	
Of these :	(known stratigraphic range)
Already known in literature.....: 30	{ 13 Lower Hauterivian 7 Hauterivian 9 (Valang.-)Hauter.(-Barr.) 1 Lower Cretaceous
Compared with known species (cf., aff.).....: 6	
Distinguished on a generic level.....: 14	
<u>Furthermore :</u>	
Attributed as "spp." to a genus: > 7	
Indetermined Micro-Ostracodes: > 1	

FIG. 1. — Condensed species account.

BASSIOUNI (1974) describes his *Paranotacythere malzi progressa* from the upper part of the Lower Hauterivian and the lower part of the Upper Hauterivian. Here, we have a slight discrepancy: it is found in the Swiss Jura in the lower part of the Lower Hauterivian. The acmes of *Hechticythere hechti* and *Costacythere frankei* (see 2.1.) give fairly good correlation levels.

Amphicytherura roemeri (BARTENSTEIN, 1956) (known in Europe from the Hauterivian and Barremian) has quite a regular occurrence in the upper part of the Lower Hauterivian (except for Valangin where it occurs near the Hauterivian base). In similar stratigraphic positions *Schuleridea* n. sp. and the "microscopic variant" of *Paranotacythere diglypta diglypta* (TRIEBEL, 1941) are also found. The other species are too restricted in their occurrence to serve as stratigraphic key forms.

3. PALAEOECOLOGY

The faunal composition does not reveal any striking changes that might have their origin in important environmental modifications. It is the image of an inner neritic deposit, deep enough to be exempt from lacustrine elements (two samples from Auberson excepted; the levels 12140 and 12145). The species diversity is never high; the best sections, Cressier and Neuchâtel, comprise samples with up to 14, resp. 11 species. Otherwise, the mean number of species per sample is 4 to 5.

It must be added that the three numerically important species, that have no restricted stratigraphical value, show certain presence and frequency variations. In one section, the lower part of the Colas profile, *Schuleridea thoerenensis werlensis* is dominant whilst *Protocythere triplicata* is absent, and when the latter

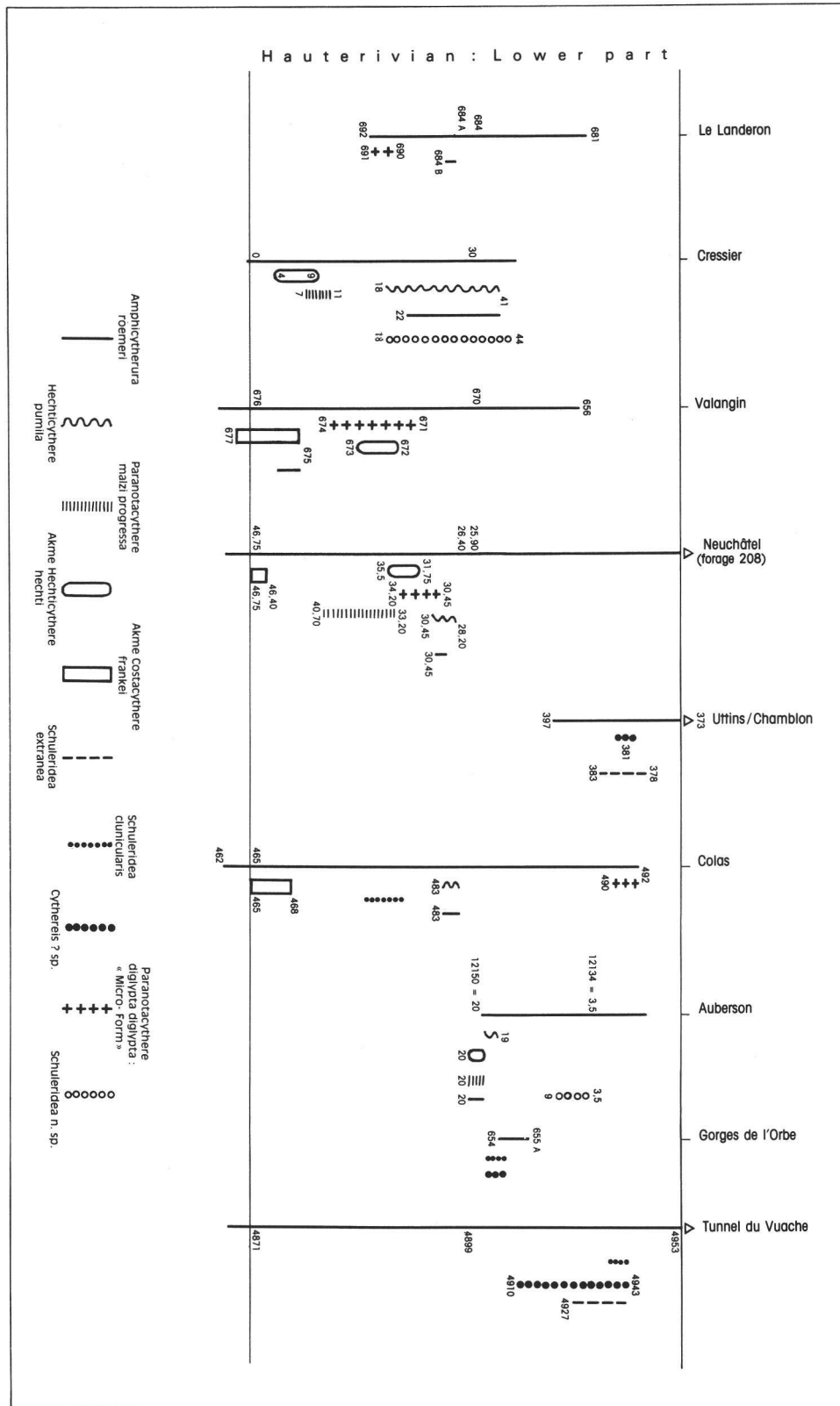


FIG. 2. — Distribution of species of limited vertical extent.

appears abruptly and in great numbers the former species becomes rare. But the same observation is not true of other sections. Of course, one might be tempted to look for a signification in every case, in every sample in which a "potential species" is absent... Sometimes, true environmental reasons may exist, otherwise it may depend on whether the species were present during their lifetime or whether they were transported after death, or it may depend on the nature of the random sample.

The unsatisfactory preservation is usual, as will be realised by anybody who has studied microfossils (at any level) of the Jura mountains. It may be due to water permeability of the sediments, probably intensified through tectonic activity.

4. PALAEOGEOGRAPHY

Table I shows clearly that a majority of species are known from other parts of Europe, especially the Paris Basin, northern Germany and England, i.e. that no major barriers existed at that time between these basins. This is different with regard to SE France: apart from *Protocythere triplicata* which is also observed in shallow facies of SE France, we find in our material only two species (*Raymoorea* aff. *peculiaris* (DONZE, 1965) and *Cresacytheridea* aff. *ardescae* (DONZE, 1965)) that show affinities to Vocontian deep water assemblages. Hauterivian samples from SE France offer a completely different view as far as not only Ostracoda but also Foraminifera are concerned; a rich "micro-world" that still needs intensive study.

5. SYSTEMATICS

In order to save space, the detailed species distribution in the different sections (as well as elsewhere in Europe) is not given in this chapter; please refer to table I for this, and to chapter 2.1. for comments about the frequency. Comments are made only when there is a special reason for them. Also "anonymous species" (the "spp."; see table I) are mostly not commented upon.

The studied material is in the author's collection, currently in the Geology-Palaeontology Department, University of Geneva, Switzerland.

OSTRACODA LATREILLE, 1806 PODOCOPIDA MÜLLER, 1894

5.1. *Platycopa* SARS, 1866

5.1.1. *Cytherellidae* SARS, 1866

5.1.1.1. Genus *Cytherella* JONES, 1849

Cytherella fragilis NEALE, 1962 (pl. 1, fig. 1)

1962 *Cytherella fragilis* NEALE, new species. — NEALE: Speeton Clay, 429, pl. 1, fig. 5-7.

Present in most sections, but always rare.

5.1.1.2. Genus *Cytherelloidea* ALEXANDER, 1929

Cytherelloidea aff. *rehburgensis* BARTENSTEIN & BRAND, 1959 (pl. 1, fig. 2)

aff. 1959 *Cytherelloidea rehbursensis* n. sp. — BARTENSTEIN & BRAND: Wichtige Ostracoden Valendis, 225f, pl. 27, fig. 1; pl. 28, fig. 1-2.

A single specimen was found at the Hauterivian basis of Cressier. It is distinguished from *C. rehbursensis* by the lack of the median ridge.

TABLE I. — Distribution of Ostracoda in the (lower) Hauterivian type sections of the Jura Mountains.

FIGURED PLATE FIG.	SPECIES	HITHERTO KNOWN DISTRIBUTION STRATIGRAPHY	COUNTRIES	Le Landeron 691-684A 7 samples	Cressier 0-44 44 samples	Valangin 677-667 11 samples	Well Neuchâtel 46,75m - 26,5m 20 samples	Uttin/ Chambion 378-383 3 samples	Colas 465-492 23 samples-Haut.	Auberson 20 - 3,5m 12 samples	Gorges de l'Orbe 655A-654 3 samples	Tunnel du Vuache 4869-4943 19 samples-Haut.
3 11-13	Protocythere triplicata (ROEMER, 1841)	Terminal Val.-Barremian	Europe	7:691-684A	42:0-44	8:676-667	18:46,40-26,50	2:378-383	11:476-492	11:20-3,5	3:665A-654	16:48694943
4 1-3	Rehacythereis bernardi (GROSODIER, 1964)	Haut. - Lower Barremian	GB, D, F, CH	7:691-684A	31:0-41	6:675-670	16:46,75-26,50		4:468-492	5:20-3,8		4:48994910
1 1	Cytherella fragilis NEALE, 1962	Upper Val. (?) Hauterivian	GB, D		9[17]:1-44	1 : 672	5:40,70-31,75		4:465-474	3:20-3,5		3:48714910
1 8	Pontocyprilla sewia GRÜNDEL, 1966	Upper Hauterivian	GB, D		1 : 1							
2 7-9	Schuleridea thorenensis werlensis GRÜNDEL, 1966	Lower Hauterivian	GB, F, D, CH, PL ?	2:691-690	30:0-44	8:676-670	16:46,75-26,50		14:466-492	3:20-3,5 (+ 2 ?)		9:48694932
1 2	Cytherelloidea aff. rehburgensis BARTENSTEIN & BRAND, 1959	(Valanginian)	D		1 : 2							
1 9	Macrocypris sp. 2 GRÜNDEL, 1966	Lower Hauterivian	D, F		8:2-19 ^{VI}	1 : 674	2:31,75-27,50					
2 5	Dolocythere longa GRÜNDEL, 1966	Lower Hauterivian	D		4:4-11		4:34,20-28,20		1:486	1:20		
1 3	Cytherelloidea dividua GRÜNDEL, 1966	Lower Hauterivian	D		5:4-9 ^{IV}		1:35,50					
3 6-7	Hechticythere hechti (TRIEBEL, 1938)	Terminal Val.-Haut. (& Barr. ?)	GB, D, F, CH, URSS, PL	1:688	15:4-22 ^{III}	3:673-671	6:39,60-28,70		4:465-492	2:20-3,8		3:48694899
4 8	Paranotacythere diglypta diglypta (TRIEBEL, 1941)	Lower Hauterivian	GB, D, F, PL		4:4-24 ^{VII}		3:41,90-38,20		2:475-478			
4 9	Paranotacythere diglypta diglypta : Micro-Form			2:691-690		2:674-671	2:34,20-30,45		2:490-492			
4 13	Raymoorea aff. peculiaris (DONZE, 1965)	(Berr.-Valanginian)	(FranceSE)		1:4							
1 10	Paracypris acuta (CORNUEL, 1846)	Lower Cretaceous	D, F		3:4-28				1:467			
2 3	Kentrodictocythere subtilis (GRÜNDEL, 1966)	Hauterivian	D		4:6-21 ^{VI}	1:672			1:492	1:19		
3 3	Neocythere sp. 1 GRÜNDEL, 1966	Lower Hauterivian	GB, D	1:688	6:6-41		5:35,50-26,50			5:20-15		
1 12	Asciocythere brevis (CORNUEL, 1846)	Upper Valanginian-Barr.	GB, F, D, PL ?	1:688	3:7-33							
1 14	Paraxophthalmycythere rodewaldensis BARTENSTEIN & BRAND, 1959	Val.-Hauterivian	GB, D, F, CH, PL		1:7		1:39,60		1:467			
4 10	Paranotacythere malzi progressa BASSIOUNI, 1974	Lower Haut., upper part-Upper Haut., lower part	D, CH		3:7-11		4:40,70-33,20			1:20		
1 11	Paracypris sinuata NEALE, 1962	Lower Haut. (& upper in GRÜNDEL, 1966)	D, GB		2:8-9 ^{IV}				1:492			
4 15	Cresacytheridea aff. ardescae (DONZE, 1965)	(Valanginian)	(FranceSE)		3:9 ^{III} -11							
1 4	Cytherelloidea immuera GRÜNDEL, 1966	Lower Hauterivian	D		3:0-41 (+22)		3:41,90-26,95		3:465-467	2:19-18		2:48694870
4 16	Patellacythere sp. (= Monoceratina sp. 3 GRÜNDEL, 1966)	(Lower Hauterivian)	D		1:9 ^{III}							
4 7	Paranotacythere cf. globosa filia BASSIOUNI, 1974	(Haut. (Lower Barremian))	GB, D, F, CH, PL		3:9 ^{III} -15							
2 1-2	Dolocytheridea (D.) hilseana (ROEMER, 1841)	Haut.-Lower Barremian in F	D, F, GB, CH, PL		5:4-11 (+19) (-43 ^{VII} ?)		4:38,20-33,20					
4 11	Paranotacythere malzi malzi BASSIOUNI, 1974	Lower Hauterivian inf., lower part	D		1:9 ^{IV} (+1?) (-14?)							
3 9	Costacythere granifera (GROSODIER, 1964)	Lower Hauterivian	F, D, CH		3:11-23 ^{VI}		1:28,70					
1 7	Bairdia ? sp.				1:18							
3 4-5	Hechticythere pumila (GROSODIER, 1964)	Lower Haut., upper part-Upper Hauterivian	D, F, CH		5:18-41 (+1?)		2:30,45-28,20		1:483	1:19		
3 1	Schuleridea n. sp.	Lower Haut., upper part-Upper Hauterivian			6:18-44					3:9-3,5		
1 5	Bairdia n. sp.				7:14-23 ^{VI}	3:675-670	5:46,75-26,50		8:468-489	7:19-3,8	1:655A	1:4891
4 6	Eucytherura (Vesticytherura) sp. A				2:22 ^{III} , 41		1:38,20					
1 13	Amphicytherura roemeri (BARTENSTEIN, 1956)	Haut.-Barremian (Upper Haut., lower part, in GRÜNDEL, 1966)	GB, D	1:684 B	7:22-41	1:675	1:30,45		1:483	1:20		
3 8	Hechticythere cancellata (GROSODIER, 1964)	Lower Hauterivian	F	1:688	2:23 ^V -23 ^{VI}		1:46,75					
2 4	Kentrodictocythere ? sp.				2:25-28							
4 17	Metacytheropteron ? sp.				1:28							
	Schuleridea spp.				1:27				1:489		1:655A	
4 12	Eocytheropteron spp.				4:5-41	675A-667	3:41,90-28,70		3:486-489			
3 10	Costacythere frankel (TRIEBEL, 1938)	Top Valanginian-Lower Hauterivian	GB, D, F, CH, I, E, DK, PL ?			677-675A (Val.)	2:46,75-46,40		8:465-481			2:51315146 (Valang.)
4 14	Cresacytheridea ? sp.						1:46,40		3:462-473 (Val.)			
	Patellacythere sp.						1:45,30 (larve)					
	Micro-Ostracoda						2:36,90-35,50					
1 6	Bairdia sp.			1:688			1:28,70					
	Asciocythere sp.						2:463,466 Val.					
2 6	Schuleridea punctatula (ROEMER, 1841)	Lower Haut.-Upper Haut., lower part	GB, D, F, CH						2:491-492			
	Valendocythere sp.					676						
	Paracypris spp.					675						1:4927
	Cytherelloidea sp.											1:4910
2 10	Schuleridea calcarata (TRIEBEL, 1938)	Lower Hauterivian lower & upper part	D, F						2:471-472			
2 11-12	Schuleridea clunicularis (TRIEBEL, 1938)	Lower Hauterivian lower part	D, F						4:474-477		1:654	1:4943
4 5	Eucytherura (Vesticytherura) aff. nuda KAYE, 1964	(Upper Haut.-Lower Barr.)							1:481			
2 13	Schuleridea aff. thorenensis th. (TRIEBEL, 1938)	(Valanginian)								1:18		
	Limnish-brackish species (with Fabanella boloniensis (JONES, 1882))									2:15-9		
3 2	Schuleridea extranea GROSODIER, 1964	Lower Haut., upper part-Upper Hauterivian	F					3:378-383				2:49274943
4 4	Cythereis ? sp.							1:381			1:654	4:49104943

Cytherelloidea dividera GRÜNDEL, 1966 (pl. 1, fig. 3)

1966 *Cytherelloidea dividera* n. sp. — GRÜNDEL: Unterkreide Deutschland, 13, pl. 1, fig. 7-8.
Characteristic species, but limited to a few levels in Cressier and one in the Neuchâtel Well.

Cytherelloidea imminuera GRÜNDEL, 1966 (pl. 1, fig. 4)

1966 *Cytherelloidea imminuera* n. sp. — GRÜNDEL: Unterkreide Deutschland, 13f, pl. 1, fig. 5.
Quite common species present in 5 sections.

5.2. *Podocopa* SARS, 1866

5.2.1. *Bairdiidae* SARS, 1888

5.2.1.1. Genus *Bairdia* MCCOY, 1844

Bairdia n. sp. (pl. 1, fig. 5)

Rather common species throughout the lower part of the Hauterivian (7 sections), and characterized by its triangular, almost symmetrical shape. Apparently a new, hitherto unobserved species.

Bairdia sp. (pl. 1, fig. 6)

A species (only two specimens found) characterized by its very elongate anterior extremity.

Bairdia? sp. (pl. 1, fig. 7)

A single specimen represents this species, with triangular dorsal line and absence of the characteristic *Bairdia* tail.

5.2.2. *Pontocyprididae* MÜLLER, 1894

5.2.2.1. Genus *Pontocyprilla* MANDELSTAM, 1955

Pontocyprilla sewia GRÜNDEL, 1966 (pl. 1, fig. 8)

1966 *Pontocyprilla sewia* n. sp. — GRÜNDEL: Unterkreide Deutschland, 17, pl. 2, fig. 7-8.
A single specimen was found.

5.2.3. *Macrocyprididae* MÜLLER, 1912

5.2.3.1. Genus *Macrocypris* BRADY, 1968

Macrocypris sp. 2 GRÜNDEL, 1966 (pl. 1, fig. 9)

1966 *Macrocypris* sp. 2. — GRÜNDEL: Unterkreide Deutschland, 15, pl. 1, fig. 23-24.

A distinctive species, relatively common in the Cressier section. Complete specimens are very rare.

5.2.4. *Paracyprididae* SWAIN, 1961

5.2.4.1. Genus *Paracypris* SARS, 1866

Paracypris acuta (CORNUEL, 1848) (pl. 1, fig. 10)

1848 *Cytherée aiguë*. — *Cythere acuta*, Nobis. — CORNUEL: Nouveaux fossiles, 242f, pl. 1, fig. 7-9.

1957 *Paracypris acuta* (CORNUEL). — DEROO: Champagne humide-Boulonnais, 1509, pl. 4, fig. 49-50.
4 specimens of this long-life species were found.

Paracypris sinuata NEALE, 1962 (pl. 1, fig. 11)

1962 *Paracypris sinuata* Neale, new species. — NEALE: Speeton Clay, 434f, pl. 1, fig. 14: pl. 2, fig. 14, 16.
Representatives of this elegant *Paracypris* were found in 3 samples.

Paracypris sp. Damaged material of uncertain specific attribution.

5.2.5. *Cytheridae* BAIRD, 1850

5.2.5.1. Genus *Amphicytherura* BUTLER & JONES, 1957

Amphicytherura roemeri (BARTENSTEIN, 1956) (pl. 1, fig. 13-14)

1956 *Orthonotacythere roemeri* n. sp. — BARTENSTEIN: Englisches Hauterive, 531, fig. 76-77.

An interesting species (found in 6 sections), apparently limited to the central part of the lower Hauterivian.

5.2.5.2. Genus *Parexophthalmocythere* OERTLI, 1959

Parexophthalmocythere rodewaldensis BARTENSTEIN & BRAND, 1959 (pl. 1, fig. 15)

1959 *Parexophthalmocythere rodewaldensis* n. sp. — BARTENSTEIN & BRAND: Wichtige Ostracoden Valendis, 231f, pl. 29, fig. 5-6; pl. 31, fig. 7.

This beautiful species was found in 3 samples/sections.

5.2.5.3. Genus *Dolocythere* MERTENS, 1956

Dolocythere longa GRÜNDEL, 1966 (pl. 2, fig. 5)

1966 *Dolocythere longa* n. sp. — GRÜNDEL: Unterkreide Deutschland, 24, pl. 3, fig. 30-31.

Present in 4 sections, especially in Cressier and the Neuchâtel Well.

5.2.6. *Cytherideidae* SARS, 1925

5.2.6.1. Genus *Dolocytheridea* TRIEBEL, 1938

Dolocytheridea (Dolocytheridea) hilseana (ROEMER, 1841) (pl. 2, fig. 1-2)

1841 *Cytherina Hilseana* N. — ROEMER: Norddeutsches Kreidegebirge, 104, pl. 16, fig. 17.

1938 *Cytheridea (Dolocytheridea) hilseana* (F. A. ROEMER). — TRIEBEL: *Cytheridea*-Arten, 495ff, pl. 4, fig. 68-79; pl. 6, fig. 90.

1971 *Dolocytheridea (Dolocytheridea) hilseana* (ROEMER, 1841). — GRÜNDEL: *Dolocytheridea*, 21ff, fig. 1, pl. 4, fig. 14-19.

A very characteristic species, astonishingly present only in 9 or 10 samples of the sections of Cressier and Neuchâtel Well. In the Paris Basin, as well as in N Germany, this species is common in the Hauterivian.

5.2.6.2. Genus *Asciocythere* SWAIN, 1952

Asciocythere brevis (CORNUEL, 1846) (pl. 1, fig. 12)

1846 *Cythere amygdaloides* var. *arquée*. — Var. *arcuata* Nob.

Cythere amygdaloides var. *courte*. — Var. *brevis* Nob. — CORNUEL: Entomostracés fossiles, 198f, pl. 7, fig. 12.

1957? *Clithrocytheridea brevis* (CORNUEL). — DEROO: Champagne humide et Boulonnais, 1510f, pl. 2, fig. 15-21.

Species very rare in our material (4 samples of 2 sections), whereas it is common throughout the Hauterivian-Barremian of the Paris Basin.

Asciocythere sp.

Badly preserved specimens of the uppermost Valanginian and lowest Hauterivian of the Neuchâtel Well.

5.2.6.3. Genus *Kentrodictyocythere* DONZE, 1968 (systematic position questionable)

Kentrodictyocythere subtilis (GRÜNDEL, 1966) (pl. 2, fig. 3)

1966 *Metacytheropteron? subtilis* n. sp. — GRÜNDEL: Unterkreide Deutschland, 47, pl. 8, fig. 38-39.

Found in 7 samples of 4 sections, in various levels of the lower Hauterivian.

Kentrodictyocythere? sp. (pl. 2, fig. 4)

A relatively tall species; the general aspect is similar to that of *Kentrodictyocythere*, but the preservation was too bad for further information.

5.2.6.4. Genus *Schuleridea* SWARTZ & SWAIN, 1946

Schuleridea punctatula (ROEMER, 1841) (pl. 2, fig. 6)

1841 *Cytherina punctatula* N. — ROEMER: Norddeutsches Kreidegebirge, 104, pl. 16, fig. 18.

1938 *Cytheridea (Haplocytheridea) punctatula* (F. A. ROEMER). — TRIEBEL: *Cytheridea*-Arten, 478f, pl. 1, fig. 13-16.

Found in 2 samples of the Colas section.

Schuleridea thoerenensis werlensis GRÜNDEL, 1966 (pl. 2, fig. 7-9)

1966 *Schuleridea thoerenensis werlensis* n. ssp. — GRÜNDEL: Unterkreide Deutschland, 23, pl. 3, fig. 20-24. Together with *Protocythere triplicata* and *Rehacythereis bernardi* one of the quantitative leaders in our material.

Schuleridea calcarata (TRIEBEL, 1938) (pl. 2, fig. 10)

1938 *Cytheridea (Haplocytheridea) calcarata* n. sp. — TRIEBEL: Cytheridea-Arten, 475ff, pl. 1, fig. 7-12. Species limited to 2 samples in the Colas section.

Schuleridea clunicularis (TRIEBEL, 1938) (pl. 2, fig. 11-12)

1938 *Cytheridea (Haplocytheridea) clunicularis* n. sp. — TRIEBEL: Cytheridea-Arten, 474f, pl. 1, fig. 1-6; pl. 5, fig. 84-86.

Present in 3 sections, in the middle and upper part of the lower Hauterivian.

Schuleridea aff. *thoerenensis thoerenensis* (TRIEBEL, 1938), (pl. 2, fig. 13)

aff. 1938 *Cytheridea (Haplocytheridea) thörenensis*. — TRIEBEL: *Cytheridea-Arten*, 482f, pl. 2, fig. 26-29. One sample furnished this species. The outline is reminiscent of the Valanginian species, but the female left valve has a less steep posterodorsal outline.

Schuleridea extranea GROSDIDIER, 1964 (pl. 3, fig. 2)

1964 *Schuleridea extranea* n. sp. — GROSDIDIER: Barrémien-Hauterivien, 225f, pl. 1, fig. 3 a-j.

In 5 samples of two sections, representatives of this species (always badly preserved) with the typical important left-right valve asymmetry were found.

Schuleridea n. sp. (pl. 3, fig. 1)

1965 *Schuleridea* sp. — GROSDIDIER (in MATHIEU: Néocomien Bassin de Paris, "plate" 3).

A relatively tall species characterized by a ventral overlap, a "hanging venter". The species (found in our material in 9 samples of 2 sections) is limited to the upper part of the lower Hauterivian (and the Upper Hauterivian in the Paris Basin).

Schuleridea spp.

The appellation applies to specimens that certainly do not belong to one of the species quoted above, but whose preservation or scarcity does not allow further determination.

5.2.7. *Progonocytheridae* SYLVESTER-BRADLEY, 1948

5.2.7.1. Genus *Neocythere* MERTENS, 1956

Neocythere sp. GRÜNDEL, 1966 (pl. 3, fig. 3)

1966 *Neocythere* sp. — GRÜNDEL: Unterkreide Deutschland, 33, pl. 6, fig. 1-2.

Relatively frequent at certain levels; encountered in 17 samples of 4 sections.

5.2.8. *Cytherettidae* TRIEBEL, 1952

5.2.8.1. Genus *Hechticythere* GRÜNDEL, 1974

Hechticythere pumila (GROSDIDIER, 1964) (pl. 3, fig. 4-5)

1964 *Protocythere pumila* n. sp. — GROSDIDIER: Barrémien-Hauterivien, 227f, pl. 2, fig. 8 a-j.

This "small cousin of *H. hechti*" is quite common from the middle part of the lower Hauterivian onwards. Present in 9 samples of 4 sections.

Hechticythere hechti (TRIEBEL, 1938) (pl. 3, fig. 6-7)

1938 *Protocythere hechti* n. sp. — TRIEBEL: *Protocythere*, 189f, pl. 1, fig. 11-16.

One of the best represented species (in 34 samples of 7 sections). The species is found more frequently in the lower and middle parts of the lower Hauterivian.

Hechticythere cancellata (GROSDIDIER, 1964) (pl. 3, fig. 8)

1964 *Protocythere cancellata* n. sp. — GROSDIDIER: Barrémien-Hauterivien, 226, pl. 2, fig. 4 a-h.

Rather rare in our material: in 4 samples of 3 sections.

5.2.8.2. Genus *Costacythere* GRÜNDEL, 1966

Costacythere granifera (GROSDIDIER, 1964) (pl. 3, fig. 9)

1964 *Protocythere granifera* n. sp. — GROSDIDIER: Barrémien-Hauterivien, 227, pl. 2, fig. 6 a-f.
Present in 4 samples of 2 sections only.

Costacythere frankei TRIEBEL, 1938 (pl. 3, fig. 10)

1938 *Protocythere frankei* n. sp. — TRIEBEL: Protocythere, 192ff, pl. 2, fig. 23-26.

The zone where this fairly well represented species (16 samples of 4 sections) features most predominantly is situated at the extreme base of the Hauterivian and, where sampled, in the uppermost Valanginian.

5.2.8.3. Genus *Protocythere* TRIEBEL, 1938

Protocythere triplicata (ROEMER, 1841) (pl. 3, fig. 11-13)

1841 *Cytherina triplicata* N. — ROEMER: Norddeutsches Kreidegebirge, 104, pl. 16, fig. 16.

1938 *Protocythere triplicata* (F. A. ROEMER). — TRIEBEL: *Protocythere*, 182ff, pl. 1, fig. 1-5; pl. 3, fig. 33-37.

The “absolute leader” in our sample account, and the only species present in every section. It was found in 120 samples, mostly dominating the rest of the fauna. In one section only, it is only present in the upper part (Colas, from sample 476 onwards) — the reason for its absence in the lower levels is obscure. No significant morphological variation was observed. — In the boreal region (Swiss Jura included) this species appears mostly at the very base of the Hauterivian (noricum Zone in the classical sense) and can therefore be used as the key species of the Valanginian-Hauterivian limit. In the Tethys (shallow facies of SE France), it is recorded from the uppermost Valanginian onwards (*Callidiscus* Zone).

5.2.8.4. Genus *Valendocythere* GRÜNDEL, 1969

Valendocythere sp.

Specimens of uncertain specific position found at the Hauterivian base of Valangin (probably reworked from uppermost Valanginian deposits).

5.2.9. *Trachyleberididae* SYLVESTER-BRADLEY, 1948

5.2.9.1. Genus *Rehacythereis* GRÜNDEL, 1973

Rehacythereis bernardi (GROSDIDIER, 1964) (pl. 4, fig. 1-3)

1964 *Cythereis bernardi* n. sp. — GROSDIDIER: Barrémien-Hauterivien, 229ff, pl. 3, fig. 14 a-g.

This species shows considerable intraspecific variation. Fig. 1 and 2 represent the “normal majority”, with faint primary and secondary reticulation. Fig. 3 is an extreme case with blunt posterior extremity and stronger reticulation as well as sharper ridges. But intermediate forms occur, which is the reason why no separation was proposed. Nevertheless, it would be interesting to study carefully all variants of this common species, with respect to age and sedimentological parameters.

5.2.9.2. Genus *Cythereis* JONES, 1849

Cythereis? sp. (pl. 4, fig. 4)

The name for this quite flat, triangular -and always badly preserved- species is much more a temporary solution than based on facts. Found in 3 sections, in the upper part of the lower Hauterivian.

5.2.10. *Cytheruridae* MÜLLER, 1894

5.2.10.1. Subgenus *Eucytherura* (*Vesticytherura*) GRÜNDEL, 1964

Eucytherura (*Vesticytherura*) aff. *nuda* KAYE, 1964 (pl. 4, fig. 5)

aff. 1964 *Eucytherura nuda* sp. nov. — KAYE: Speeton Clay, 99f, pl. 4, fig. 13-15.

Found in one sample of the Colas section. Differs from KAYE's species in having smoother nodes and presenting only two dorsal knobs, besides the eye spot.

Eucytherura (*Vesticytherura*) sp. A (pl. 4, fig. 6)

A species most probably belonging to *E.(V.)*, but of which apparently no relatives are known (the outline vaguely resembles *E.(V.) neocomiana* KAYE, 1964).

5.2.10.2. Genus *Paranotacythere* BASSIOUNI, 1974

Paranotacythere cf. *globosa filia* BASSIOUNI, 1974 (pl. 4, fig. 7)

cf. 1974 *Paranotacythere* (*Paranotacythere*) *globosa filia* n. ssp. — BASSIOUNI: *Paranotacythere*, 24, pl. 3, fig. 8-9.

Found in 3 samples from Cressier, this species may be identical to *P. globosa filia*; but poor preservation prohibits precise determination.

Paranotacythere diglypta diglypta (TRIEBEL, 1941) (pl. 4, fig. 8-9)

1941 *Orthonotacythere diglypta* n. sp. — TRIEBEL: *Morphologie-Ökologie*, 391, pl. 4, fig. 33-37.

1974 *Paranotacythere* (*Paranotacythere*) *diglypta diglypta* (TRIEBEL 1941). — BASSIOUNI: *Paranotacythere*, 37f, pl. 1, fig. 4-5; pl. 6, fig. 4-10.

Fig. 8 represents the normal-sized form, whilst fig. 9, three quarters of the normal size, is what is called "Micro-Form" in Table I and Fig. 2. These *P. diglypta diglypta* of reduced size seem to be restricted to a relatively short interval little above the Hauterivian basis. — Present in 8 samples of 4 sections.

Paranotacythere malzi progressa BASSIOUNI, 1974 (pl. 4, fig. 10)

1974 *Paranotacythere* (*Paranotacythere*) *malzi progressa* n. ssp. — BASSIOUNI: *Paranotacythere*, 44, pl. 7, fig. 1-5.

Species found in 8 samples out of 3 sections, in the lower and middle part of the lower Hauterivian.

Paranotacythere malzi malzi BASSIOUNI, 1974 (pl. 4, fig. 11)

1974 *Paranotacythere* (*Paranotacythere*) *malzi malzi* n. ssp. — BASSIOUNI: *Paranotacythere*, 43f, pl. 7, fig. 6-8.

Found in one (possibly two) samples from Cressier.

5.2.10.3. Genus *Raymoorea* NEALE, 1967

Raymoorea aff. *peculiaris* (DONZE, 1965) (pl. 4, fig. 13)

aff. Genre ind. sp. A. — DONZE: *Berriasien massifs subalpins*, 152, pl. 9, fig. 195-198.

aff. *Raymoorea peculiaris* (DONZE, 1965. — NEALE: *Type Berriasian*, 565ff, fig. 9⁷, 11^{8,9}).

A very curious species of which, unfortunately, only two specimens were found (in the lowest Hauterivian of Cressier). Together with *Cresacytheridea* aff. *ardescae*, this is one of the rare species resembling Ostracoda from the deep water realm of SE France.

It differs from *R. peculiaris* in being more elongate, with a very strong S-ridge in the posterior part. Also the posterior extremity is more blunt.

5.2.10.4. Genus *Eocytheropteron* ALEXANDER, 1933

Eocytheropteron spp. (pl. 4, fig. 12)

The figure represents the most common morphology; but other forms, probably belonging to other species, occur. Representatives of this species group were found in 12 samples, from 4 sections.

5.2.10.5. Genus *Metacytheropteron* OERTLI, 1957

Metacytheropteron? sp. (pl. 4, fig. 17)

A practically undeterminable form; the generic name was given because of the outline and general aspect that resemble true *Metacytheropteron* (which are quite common in some levels of the Paris Basin Hauterivian). Found in one sample from Cressier.

5.2.11. *Paracytherideidae* PURI, 1957

5.2.11.1. Genus *Cresacytheridea* GRÜNDEL, 1975

Cresacytheridea sp. (pl. 4, fig. 14)

This rare species (found in 3 samples of lowermost Hauterivian) resembles *C.* aff. *ardescae*, but seems to lack the semi-circular smooth ridge that begins on the eye-spot and is open proximally. But I do not exclude a preservation phenomenon - perhaps *C.* sp. is the male of *C.* aff. *ardescae*.

Cresacytheridea aff. *ardescae* (DONZE, 1965) (pl. 4, fig. 15)

aff. 1965 *Eucytherura ardescae* n. sp. — DONZE: Valanginien de Berrias, 98f, pl. 3, fig. 66-70.

Found in 3 samples in lower levels of Cressier. It differs from *C. ardescae* (lower Valanginian of SE France) in having a smoother surface, no anteroventral denticulation and apparently no small tubercles.

5.2.12. *Bythocytheridae* SARS, 1866

5.2.12.1. Genus *Patellacythere* GRÜNDEL & KOZUR, 1972

Patellacythere sp. (pl. 4, fig. 16)

? 1966 *Monoceratina* sp. 3. — GRÜNDEL: Unterkreide Deutschland, 49, pl. 8, fig. 33.

A single fragmentary valve was found in the Cressier section; it shows some resemblance to GRÜNDEL's species quoted above.

Patellacythere sp.

A single larval stage, found in the Neuchâtel Well; no further determination possible.

ACKNOWLEDGMENTS

My sincerest thanks go to Jürgen REMANE for his tremendous efforts in connection with the multidisciplinary revision of the type Hauterivian. My friend Helmut BARTENSTEIN contributed through many discussions during the study of our mutual microfossil groups. The management of Elf Aquitaine helped greatly by offering material facilities and granting permission for the publication of this contribution.

6. IMPORTANT REFERENCES

- BARTENSTEIN, H. & BURRI, F. — (1955). Die Jura-Kreide-Grenzsichten im schweizerischen Faltenjura und ihre Stellung im mitteleuropäischen Rahmen. *Eclogae geol. Helv.* 47: 426-443, 4 fig., pl. 28.
- BASSIOUNI, M. A. — (1974). *Paranotacythere* n.g. (Ostracoda) aus dem Zeitraum Oberjura bis Unterkreide (Kimmeridgium bis Albium) von Westeuropa. *Geol. Jb. A* 17, 111 p., 5 fig., 1 tab., 13 pl.
- DONZE, P. & THIEULOY, J.-P. — (1975). Sur l'extrême condensation du Valanginien supérieur dans le Jura neuchâtelois, en particulier dans le stratotype de Valangin, et sa signification dans l'ensemble des formations valanginiennes du sud-est de la France. *C. R. Acad. Sci.* (Paris) 280, 1661-1664.
- GROSDIDIER, E. — (1964). Quelques Ostracodes nouveaux du Crétacé inférieur de Champagne humide. III: Barrémien-Hauterivien. *Rev. Micropaléont.* 6: 223-236, 1 fig., 3 pl.
- (1965). Principaux repères stratigraphiques du Néocomien du Bassin de Paris; Ostracodes. In MATTHIEU, M. (Le Néocomien dans le sud du Bassin parisien. Coll. Crét. inf. (Lyon 1963); *Mém. Bur. Rech. géol. min.* 34: 587-604), pl. 3.
- GRÜNDEL, J. — (1966). Taxionomische, biostratigraphische und variations-statistische Untersuchungen an den Ostracoden der Unterkreide in Deutschland. *Freib. Forschh. C* 200: 1-105, 10 pl.
- HAEFELI, Ch. — (1966). Die Jura/Kreide-Grenzsichten im Bielerseegebiet (Kt. Bern). *Eclogae geol. Helv.* 59: 565-695, 40 fig., 17 tab., 2 pl.
- HAEFELI, Ch., MAYNC, W., OERTLI, H. J. RUTSCH, R.F. — (1965). Die Typus-Profil des Valanginien und Hauterivien. *Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u.-Ing.* 31, 81: 41-75, 14 fig.
- NEALE, J. W. — (1973). Ostracoda as means of correlation in the Boreal Lower Cretaceous, with special reference to the British marine Ostracoda. In CASEY, R. & RAWSON, P. F. (ed.). The Boreal Lower Cretaceous. *Geol. J. Spec. issue* 5: 169-184, 2 fig..
- (1978). The Cretaceous. In BATE, R. & ROBINSON, E. (ed.) A stratigraphical index of British Ostracoda. *Geol. J. spec. issue* 8: 325-384, 1 fig., 5 tab., 17 pl.
- OERTLI, J. J. — (1963). Faunes d'Ostracodes du Mésozoïque de France. 57 p., 90 pl. Brill, Leiden.
- (1966). Die Gattung *Protocythere* (Ostracoda) und Verwandte Formen im Valanginien des zentralen Schweizer Jura. *Eclogae geol. Helv.*, 59, 1: 87-128, 4 fig., 7 pl.
- SIMON, W. & BARTENSTEIN, H. (ed.). — (1962). Leitfossilien der Mikropaläontologie. 2 vol., 432 p., 27 fig., 22 tab., 61 pl. Borntraeger, Berlin.

PLATES

All figured specimens are on SEM stubs in the ostracode collections of the Geology-Palaeontology Department, Univ. of Geneva, Switzerland (13, rue des Maraîchers, CH-1211 Genève 4). The figures given in the explanations mean, taking as an example "81-VI-7": Stub 81, line 6, 7th specimen from the left.

The enlargements are unfortunately not the same throughout the plates; this is due to the fact the pictures were taken at different times, with different (but at the time not obvious) z-positions of the specimen stub; also, some mechanical and physical problems with the apparatus yielded pictures with varying enlargements (but without distortions).

The values given on the plate explanation correspond to the true sizes (length).

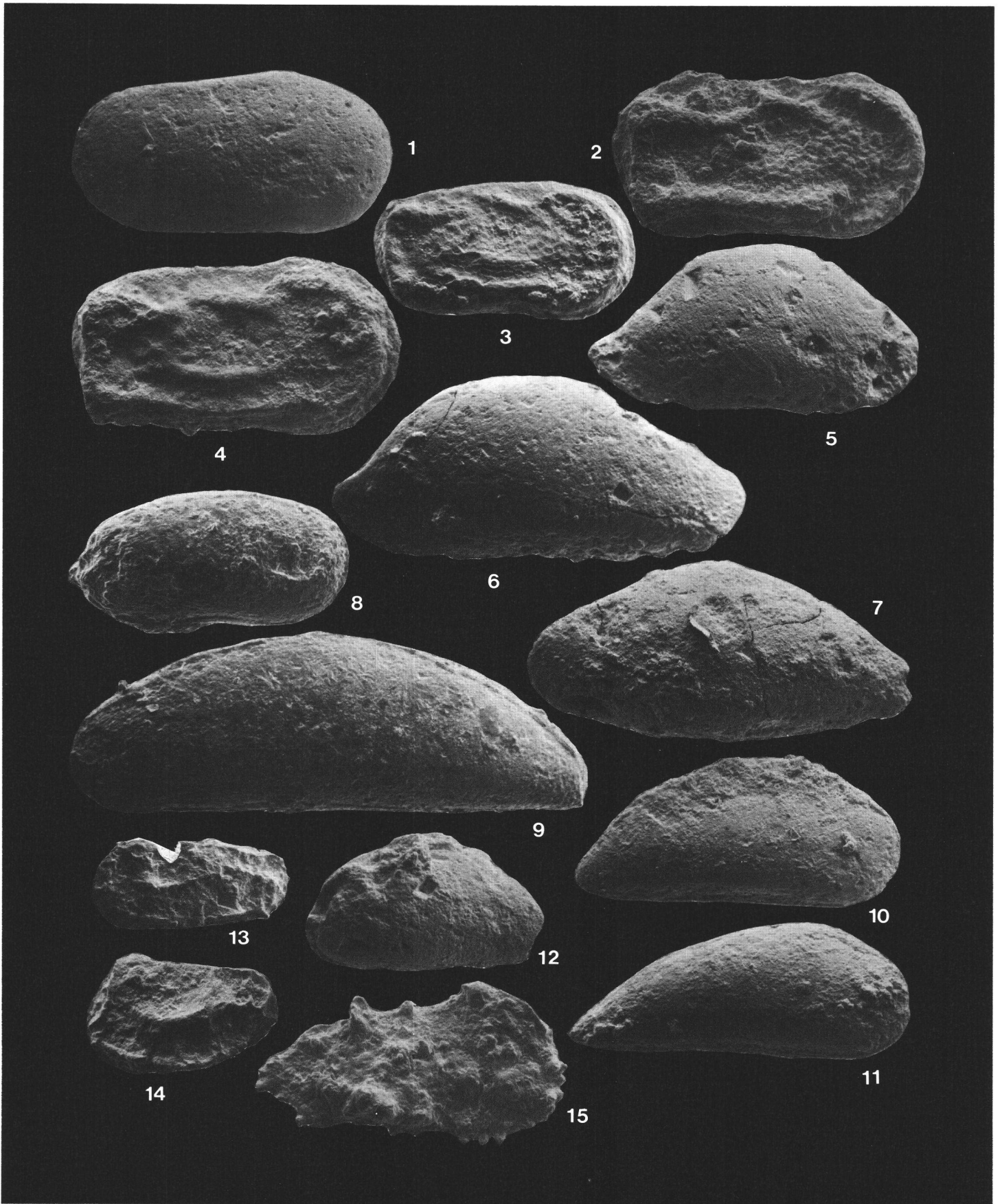
All pictures were taken by the author.

PLATE I

- 1 *Cytherella fragilis* NEALE, 1962.
Left valve. — Cressier, 9^{III}. — 81-V-8. — 0.65 mm.
- 2 *Cytherelloidea* aff. *rehburgensis* BARTENSTEIN & BRAND, 1959.
Right valve. — Cressier, 2. — 81-VI-6. — 0.62 mm.
- 3 *Cytherelloidea dividera* GRÜNDEL, 1966.
Carapace. — Well Neuchâtel, 35.5. — 82-IV-3. — 0.64 mm.
- 4 *Cytherelloidea imminuera* GRÜNDEL, 1966.
Right valve. — Cressier, 9^{III}. — 81-III-6. — 0.64 mm.
- 5 *Bairdia* n. sp.
Right valve. — L'Auberson, 3.80. — 85-I-3. — 0.90 mm.
- 6 *Bairdia* sp.
Right valve. — Well Neuchâtel, 28.7. — 82-III-5. — 1.00 mm.
- 7 *Bairdia*? sp.
Left valve. — Cressier, 18. — 81-IV-3. — 0.77 mm.
- 8 *Pontocyprilla sewia* GRÜNDEL, 1966.
Carapace. — Cressier, 1. — 81-I-2. — 0.65 mm.
- 9 *Macrocypris* sp. 2 GRÜNDEL, 1966.
Carapace. — Cressier, 3. — 81-II-1^{bis}. — 1.05 mm.
- 10 *Paracypris acuta* (CORNUEL, 1848).
Carapace. — Cressier, 5. — 81-III-1. — 0.65 mm.
- 11 *Paracypris sinuata* NEALE, 1962.
Carapace. — Cressier, 8. — 81-III-5. — 0.68 mm.
- 12 *Asiocythere brevis* (CORNUEL, 1846).
Carapace. — Cressier, 33. — 81-V-6. — 0.50 mm.
- 13-14 *Amphicytherura roemeri* (BARTENSTEIN, 1956).
13 Carapace ♂. — Cressier, 21^V. — 82-I-1. — 0.47 mm.
14 Valve ♀. — Cressier, 22. — 81-IV-5. — 0.39 mm.
- 15 *Parexophthalmocythere rodewaldensis* BARTENSTEIN & BRAND, 1959.
Right valve. — Cressier, 7. — 81-VII-1. — 0.65 mm.

PLATE II

- 1-2 *Dolocytheridea (Dolocytheridea) hilseana* (ROEMER, 1841).
1 Carapace ♀. — Cressier, 4. — 81-III-11. — 0.70 mm.
2 Right valve ♂. — Cressier, 9^{IV}. — 81-III-10. — 0.84 mm.
- 3 *Kentrodictyocythere subtilis* (GRÜNDEL, 1966)
Carapace. — Cressier, 9^{III}. — 81-III-8. — 0.32 mm.
- 4 *Kentrodictyocythere*? sp.
Carapace. — Cressier, 28. — 81-V-4. — 0.44 mm.
- 5 *Dolocythere longa* GRÜNDEL, 1966.
Carapace. — Cressier, 11. — 81-VII-5. — 0.50 mm.
- 6 *Schuleridea punctatula* (ROEMER, 1841)
Carapace. — Colas, MP 490. — 84-III-3. — 0.71 mm.
- 7-9 *Schuleridea thoerenensis werlensis* GRÜNDEL, 1966.
7 Carapace ♀. — Cressier, 3. — 81-II-2. — 0.54 mm.
8 Left valve ♀. — Cressier, 4. — 81-II-4. — 0.51 mm.
9 Carapace ♂. — Cressier, 4. — 81-II-5. — 0.53 mm.
- 10 *Schuleridea calcarata* (TRIEBEL, 1938)
Carapace ♀. — Colas, MP 471. — 84-II-5. — 0.74 mm.
- 11-12 *Schuleridea clunicularis* (TRIEBEL, 1938)
11 Carapace ♀. — Colas, MP 477. — 84-II-6. — 0.74 mm.
12 Carapace ♂. — Colas, MP 477. — 84-II-7. — 0.85 mm.
- 13 *Schuleridea* aff. *thoerenensis thoerenensis* (TRIEBEL, 1938)
Left valve ♀. — L'Auberson, B 18. — 85-I-1. — 0.62 mm.



Pl. I.

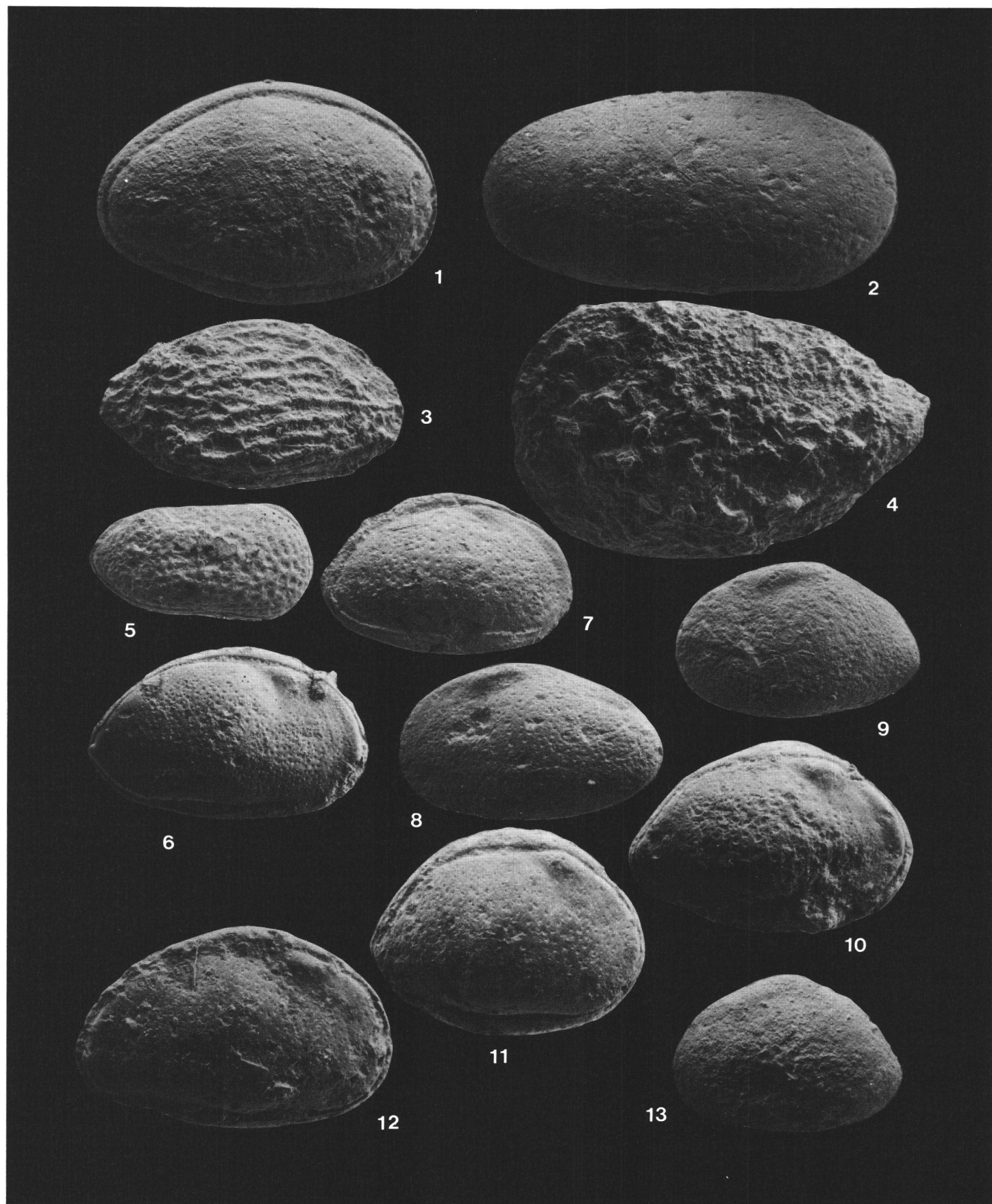
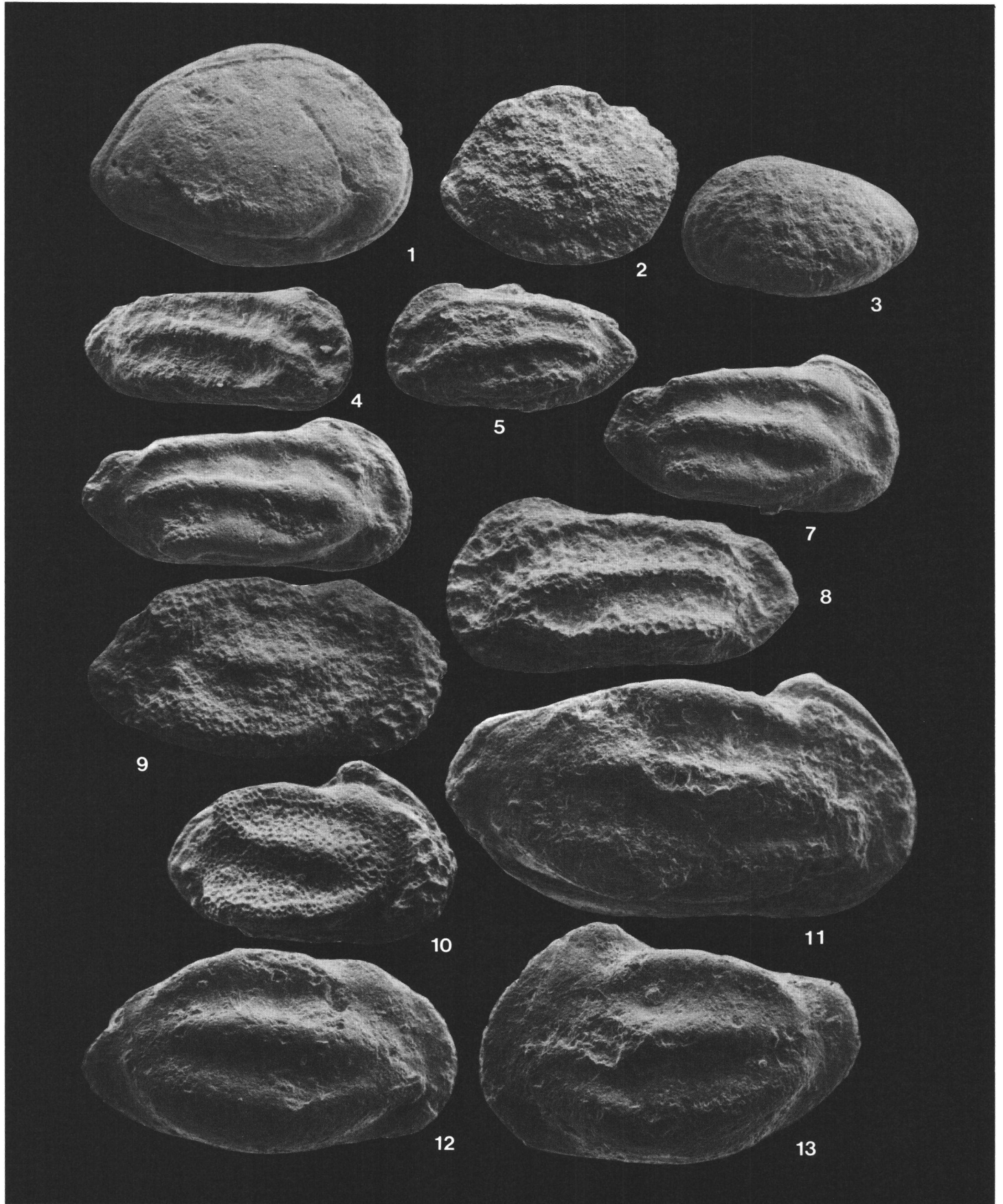


PLATE III

- 1 *Schuleridea* n. sp.
Carapace. — Cressier, 24^{vii}. — 81-VI-5. — 0.69 mm.
- 2 *Schuleridea extranea* GROSDIDIER, 1964.
Carapace. — Uttins/Chamblon, MP 381. — 85-II-2. — 0.63 mm.
- 3 *Neocythere* sp. 1 GRÜNDEL, 1966
Left valve. — Cressier, 22ⁱⁱⁱ. — 81-V-3. — 0.49 mm.
- 4-5 *Hechticythere pumila* (GROSDIDIER, 1964)
4 Carapace ♂. — Cressier, 29. — 82-II-2. — 0.55 mm.
5 Carapace ♀. — Cressier, 18. — 81-IV-4. — 0.50 mm.
- 6-7 *Hechticythere hechti* (TRIEBEL, 1938)
6 Carapace ♂. — Cressier, 4. — 81-II-6. — 0.69 mm.
7 Carapace ♀. — Cressier, 4. — 81-II-7. — 0.61 mm.
- 8 *Hechticythere cancellata* (GROSDIDIER, 1964)
Carapace ♂. — Cressier, 23^v. — 81-VIII-1. — 0.62 mm.
- 9 *Costacythere granifera* (GROSDIDIER, 1964)
Right valve ♂. — Cressier, 11. — 81-VII-7. — 0.64 mm.
- 10 *Costacythere frankei* TRIEBEL, 1938
Carapace ♀. — Well Neuchâtel, 46.4. — 82-IV-8. — 0.71 mm.
- 11-13 *Protocythere triplicata* (ROEMER, 1841)
11 Carapace ♂. — Cressier, 1. — 81-I-4. — 0.99 mm.
12 Right valve ♀. — Cressier, 1. — 81-I-3. — 0.79 mm.
13 Left valve ♀. — Cressier, 1. — 81-I-5. — 0.80 mm.

PLATE IV

- 1-3 *Rehacythereis bernardi* (GROSDIDIER, 1964)
1 Carapace ♀. — Cressier, 22. — 81-IV-6. — 0.80 mm.
2 Carapace ♂. — Cressier, 22. — 81-IV-7. — 0.87 mm.
3 Carapace of a variant (see text). — Well Neuchâtel, 46.75. — 82-V-4. — 0.92 mm.
- 4 *Cythereis*? sp.
Carapace. — Uttins/Chamblon, MP 381. — 85-II-1. — 0.65 mm.
- 5 *Eucytherura (Vesticytherura)* aff. *nuda* KAYE, 1964.
Carapace. — Colas, MP 481. — 84-III-1. — 0.40 mm.
- 6 *Eucytherura (Vesticytherura)* sp. A
Right valve. — Cressier, 41. — 81-VI-2. — 0.30 mm.
- 7 *Paranotacythere* cf. *globosa filia* BASSIOUNI, 1974
Carapace ♀. — Cressier, 9ⁱⁱⁱ. — 81-III-7. — 0.48 mm.
- 8-9 *Paranotacythere diglypta diglypta* (TRIEBEL, 1941)
8 Carapace. — Cressier, 13. — 81-VII-9. — 0.47 mm.
9 Carapace (of a "Micro-Form"; see text). — Well Neuchâtel, 30.45. — 82-IV-1. — 0.36 mm.
- 10 *Paranotacythere malzi progressa* BASSIOUNI, 1974.
Left valve. — Cressier, 7. — 81-III-3. — 0.46 mm.
- 11 *Paranotacythere malzi malzi* (BASSIOUNI, 1974)
Carapace. — Cressier, 9^{iv}. — 81-IV-1. — 0.48 mm.
- 12 *Eocytheropteron*? sp.
Left valve. — Cressier, 5. — 81-VI-7. — 0.40 mm.
- 13 *Raymoorea*? aff. *peculiaris* (DONZE, 1965)
Carapace. — Cressier, 4. — 81-II-8. — 0.46 mm.
- 14 *Cresacytheridea* sp.
Right valve. — Cressier, 10. — 81-VII-3. — 0.35 mm.
- 15 *Cresacytheridea* aff. *ardescae* (DONZE, 1965)
Left valve. — Cressier, 9ⁱⁱⁱ. — 81-VII-2. — 0.42 mm.
- 16 *Patellacythere* sp. (*Monoceratina* sp. 3 GRÜNDEL, 1966?)
Right valve. — Cressier, 9ⁱⁱⁱ. — 81-III-9. — 0.48 mm.
- 17 *Metacytheropteron*? sp.
Carapace. — Cressier, 28. — 81-V-5. — 0.51 mm.



PL. III.



PL. IV.

Mémoires de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles	Tome XI	p. 223-231, 1 fig., 2 pl.	Neuchâtel, 1989
--	---------	---------------------------	-----------------

NANNOPLANCTON DE L'HAUTERIVIEN MARNEUX DU JURA

par

Hélène MANIVIT

Recherche subventionnée

par le Fonds national suisse de la recherche scientifique (crédit N° 2.434.075 et 2.315-0.84)

ABSTRACT. — 92 marly samples from the lower Hauterivian of the Central Jura Mountains (well 208 at Neuchâtel, Valangin, and Ravin du Colas) and from 2 localities the southern Jura (Mont-Salève and tunnel of Mont-Vuache) yielded a rather poor and badly preserved nannoflora, containing boreal as well as Tethyan elements. Berriasian and Valanginian survivors dominate, but the nannoflora has nevertheless an Early Hauterivian character and the general absence of *Lithraphidites bollii*, a mid-Hauterivian marker, seems to be significative.

Well 208 and the succession of Valangin have provided the best results: The Marne bleue belongs to the Calcicalathina oblongata zone of Late Valanginian-Early Hauterivian age, the presence of *Nannoconus bucheri* and of *N. minutus* indicating a Hauterivian age. The associations observed in the Ravin du Colas are in favour of a Valanginian age for the lowermost 1m of the Marne bleue.

RÉSUMÉ. — 92 échantillons de sédiments marneux de l'Hauterivien inférieur, venant de trois localités dans le Jura central (forage 208 à Neuchâtel, Valangin et Ravin du Colas) et deux localités dans le Jura méridional (Mont-Salève et tunnel du Vuache) ont livré une nannoflore relativement pauvre et assez mal conservée, présentant à la fois des éléments boréaux et mésogéens. Malgré une prédominance de survivants du Berriasien et du Valanginien, la nannoflore a un cachet hauterivien inférieur et l'absence générale de *Lithraphidites bollii*, marqueur de l'Hauterivien moyen, est probablement significative.

Le forage 208 et la coupe de Valangin ont donné les meilleurs résultats: la Marne bleue appartient à la Zone à Calcicalathina oblongata d'âge valanginien supérieur-hauterivien inférieur. C'est la présence de *Nannoconus bucheri* et *N. minutus* qui indique un âge hauterivien. Les associations observées au Ravin de Colas parlent en faveur d'âge valanginien de la base de la Marne bleue.

1. INTRODUCTION

Jusqu'à présent, aucune étude détaillée n'avait encore été réalisée sur le nannoplancton de l'Hauterivien. Cependant, depuis une décennie, quelques travaux appuyés sur des coupes et sondages, ont été consacrés aux nannofossiles du Crétacé inférieur. En domaine boréal, BLACK (1971) et TAYLOR (1978) étudièrent la coupe de Speeton. En domaine téthysien, d'une part GRÜN & ALLEMANN (1975) en Espagne et d'autre part THIERSTEIN (1973, 1975) et MANIVIT (1979) en fosse vocontienne pour l'hypostratotype mésogéen de l'étage valanginien. Enfin, en domaine océanique plusieurs campagnes du DSDP dans l'océan Atlantique ont livré des nannofossiles bien conservés du Crétacé inférieur; WORSLEY (1971), WILCOXON (1972), ROTH (1973), WISE & WIND (1977) WIND & CEPEK (1979).

2. MATÉRIEL ÉTUDIÉ

Pour la révision de l'Hauterivien stratotypique le nannoplancton a été étudié dans deux secteurs géographiques distincts et seulement dans les séries marno-calcaires.

Pour la région neuchâteloise, j'ai observé les coupes de Valangin et du Ravin du Colas et à Neuchâtel, le sondage 208, soit $(12+27+18) = 57$ échantillons. Pour le domaine jurassien plus méridional, j'ai étudié la coupe du Salève et le Tunnel du Vuache, soit $(10+25) = 35$ échantillons.

En ce qui concerne la lithostratigraphie des séries étudiées, voir REMANE et al. (ce vol.) et CHAROLLAIS et al. (ce vol.).

3. MÉTHODES D'ÉTUDE

Seuls les échantillons marneux ont été préparés suivant la méthode classique (défloculation à l'hexamétaphosphate, ultra-sons puis centrifugation) au Laboratoire de géologie et de paléontologie de l'Université de Genève. J'ai examiné les préparations au microscope photonique au grossissement 1650 fois; quatre échantillons parmi les mieux conservés ont pu être observés en microscopie à balayage.

Je n'ai pas jugé utile de procéder à un développement d'ordre systématique dans cette étude consacrée à l'inventaire biostratigraphique de coupes stratotypiques et concernant des coccolithes déjà décrits dans les monographies de BLACK (1971), THIERSTEIN (1973) et GRÜN (1975).

La liste des espèces identifiées dans les meilleurs échantillons est reportée dans le tableau de répartition et les figurations des espèces les plus caractéristiques sont contenues dans les électromicrographies des planches 1 et 2.

4. RÉSULTATS BIOSTRATIGRAPHIQUES

4.1. Nannoplancton de la région du stratotype

4.1.1. Forage 208 de Neuchâtel

Les échantillons sont numérotés de haut en bas, 12176 correspondant à la base de la Zone marno-calcaire, donc 12177 au toit de la Marne bleue, et 12198 au toit du Calcaire roux.

Les échantillons 12177 et 12180 sont très détritiques et renferment de rares Coccolithes (*Watznaueria barnesae* + *Conusphaera mexicana* TR) et un *Nannoconus bermudezi*. Les préparations (12182, 12189 et 12193) ont livré une nannoflore assez bien conservée et diversifiée, caractéristique de la zone à *Calcicalathina oblongata*, c'est-à-dire d'âge valanginien supérieur à hauterivien inférieur. Les *Micrantholithus* et *Braardosphaera* y sont assez nombreux. Ces pentolithes résistants semblent caractéristiques des milieux néritiques. Les *Nannoconus* tels *N. bucheri* et *N. minutus* connus comme apparaissant à l'Hauterivien inférieur en faciès mésogéen ou dans les Alpes, sont présents dans le sondage 208 de Neuchâtel.

L'association de coccolithes est quasiment identique à celle reconnue par THIERSTEIN (1973) dans la coupe d'Hauterive étudiée par HAEFELI, MAYNC & OERTLI (1965).

De plus, deux coccolithes y sont nouveaux par rapport à l'étude de THIERSTEIN. Ce sont *Tetralithus malticus* décrit par ROTH dans l'Hauterivien du Pacifique et *Eiffelithus* sp., d'ailleurs les premiers représentants du genre au Néocomien. Cette petite espèce a été observée la première fois par WIND & CEPEK (1979) sur la marge Nord-Ouest africaine, dans de l'Hauterivien (site 397 A).

4.1.2. Valangin

Les échantillons de la base de la formation de la Marne bleue (MP 676, 675) sont très détritiques avec un peu de matière organique et ne renferment pas de coccolithes, sauf quelques *Watznaueria* mal conservées.

A partir de MP 674, en montant jusqu'à 669, on retrouve l'association de coccolithes identique à celle observée dans le sondage 208 de Neuchâtel, avec cependant une conservation moins bonne en raison des éléments terrigènes. Toujours une bonne représentativité des formes résistantes des milieux néritiques. Quelques *Nannoconus* caractéristiques de l'Hauterivien inférieur à moyen.

Dès l'échantillon MP 669, c'est-à-dire dès que l'on n'est plus en faciès marneux, le détritisme s'accroît et la nannoflore se raréfie et aucun élément de datation n'est observé.

4.1.3. Coupe du Ravin du Colas

Les échantillons sont numérotés de bas en haut, MP 465 correspondant à la base des Marnes à Bryozoaires qui forment la base de la formation de la Marne bleue en ce point. Il est cependant à noter que selon les ammonites (BUSNARDO & THIEULOY, ce vol.) et les oursins (CLAVEL, ce vol.) la limite Valanginien-Hauterivien se situe plus haut, au niveau de l'échantillon MP 470. Cette coupe est, dans l'ensemble, détritique et peu favorable à la nannoflore. Cependant, si les *Nannoconus* sont quasi absents en raison du fort détritisme (dû peut-être à des turbidites) une association de coccolithes, formes résistantes, de milieu néritique, persiste et donne un âge valanginien supérieur pour la base de la coupe.

L'échantillon MP 462 est assez riche et par la présence de *Calcicalathina oblongata* associée à des espèces valanginiennes, on peut le situer dans le Valanginien supérieur. L'échantillon MP 464 est très détritique. La Marne bleue, par contre, livre une nannoflore mal conservée qui n'est pas toujours caractéristique de l'Hauterivien. Les marnes (MP 465, 467) sont assez pauvres, d'âge valanginien *s.l.* MP 468 et 469 livrent une association du Valanginien supérieur à Hauterivien inférieur. Mais aucun marqueur de l'Hauterivien moyen n'y est rencontré, bien que les coccolithes soient assez bien conservés. Tous ces faits s'accordent bien aux données fournies par les ammonites et les oursins.

De MP 470 à 474, les préparations sont pauvres avec beaucoup de détritiques et seules persistent quelques formes résistantes du Néocomien.

De MP 475 à 478, les coccolithes sont un peu mieux préservés, mais aucun marqueur de l'Hauterivien n'est observé. Aucun *Nannoconus* ne permet une zonation.

De MP 479 à 492, les coccolithes sont assez rares, représentés par quelques formes résistantes du Néocomien *sensu lato*.

4.2. Hauterivien du Jura méridional

4.2.1. Coupe du Salève

Cette coupe est très pauvre en nannoflore, seuls les échantillons P8, P9 et P11 au milieu de la Marne bleue livrent une association d'espèces résistantes à la dissolution, parfois brisées et souvent surchargées de particules détritiques. Ces coccolithes, tels *Watznaueria communis* et *britannica*, *Micrantholitus hoschulzi* sont observés dans les milieux de plate-forme. Associés à *Cyclagelosphaera margereli* et *Diazomatholithus lehmani*, ils ne sont pas caractéristiques de l'Hauterivien, puisqu'ils apparaissent dès le Berriasien.

4.2.2. Tunnel du Vuache

Cette coupe, pourtant très complète, est quasiment indatable par les nannofossiles en raison du caractère détritique de la série. On observe beaucoup de quartz, de terrigènes qui gênent l'observation. Les préparations sont très pauvres en coccolithes, sauf quelques *Watznaueria barnesae* + *W. communis* entiers ou brisés. Parfois on observe de rares *Conusphaera mexicana* ou *Cyclagelosphaera margereli*.

Pas de *Nannoconus* rencontré, ni aucun marqueur de zones du Néocomien, sauf l'échantillon (4869), à la base de la Marne bleue, indique l'association et le marqueur de la zone à *C. oblongata* donc l'Hauterivien inférieur.

Dans l'ensemble, la nannoflore du Jura méridional est plus pauvre que celle de la région neuchâteloise en raison sans doute d'un milieu plus néritique.

5. REMARQUES

Dans tous les échantillons observés, beaucoup de spécimens subissent une recristallisation, la conservation de la nannoflore est donc médiocre et parfois hétérogène dans le même échantillon. Sa fréquence est faible en raison du détritisme de la série. Seule la Marne bleue donne des résultats biostratigraphiques, elle correspond à la Zone à *Acanthodiscus radiatus* (voir BUSNARDO & THIEULOY, ce vol.).

La limite Valanginien supérieur-Hauterivien inférieur n'est pas décelable avec les nannofossiles, aucun changement microfaunique n'intervenant.

Le marqueur de l'Hauterivien moyen basal *Lithraphidites bollii* n'a pu être identifié; est-il absent ou indéterminable en raison des recristallisations? L'association de coccolithes dans la Marne bleue indique donc un âge valanginien supérieur à hauterivien inférieur, c'est-à-dire la biozone à *Calciathina oblongata*, cette dernière étant définie par l'intervalle entre l'apparition de *C. oblongata* jusqu'à l'apparition de *L. bollii*.

La persistance de *Cruciellipsis cuvillieri* et de *Speetonia colligata* indique un âge hauterivien *s.l.* De plus, la présence de *Calciathina oblongata* et l'absence de *Rucinolithus wisei* plaident en faveur d'un âge post-valanginien.

Enfin, l'association de *Nannoconus bucheri*, *N. bermudezi*, *N. minutus* reconnus à Neuchâtel et Valangin, suggère que ces sections sont hauteriviennes et correspondent à la Zone à *Nannoconus bermudezi* de DERES. La proposition de biozonation du nannoplancton présentée dans cette étude est basée sur l'apparition et la présence de certains coccolithes et *Nannoconus*, marqueurs de l'Hauterivien qui mettent en évidence des intervalles de temps valables à l'échelle du Jura franco-suisse, de la fosse vocontienne, de l'Angleterre ou de l'Allemagne et qui peuvent être mis en parallèle avec l'échelle des ammonites du Jura ou d'autres bassins européens.

A l'occasion du Kreide-Symposium (1^{er}-3 juin 1982), je viens d'avoir récemment connaissance d'une étude détaillée du nannoplancton de la coupe de Moorberg/Sarstedt (Allemagne NW). L'association de nannofossiles qui y a été observée à l'Hauterivien inférieur, est sensiblement identique à celle de la région d'Hauterive pour les formes résistantes; par contre les formes sensibles à la dissolution et à la recristallisation sont mieux représentées en Allemagne, comme en Angleterre à Speeton, telles *Corollithion geometricus*, *Corollithion silvaradion*, *Cretarhabdus striatus*, *Caterella perstrata*, *Vagalapilla quadriaculla*. Ces espèces semblent aussi caractéristiques du domaine boréal et sont absentes en Mésogée.

6. CONCLUSIONS

On peut donc affirmer que le nannoplancton observé dans les différentes coupes dans la Marne bleue a bien un cachet hauterivien inférieur, bien que le stock dominant d'espèces soit constitué par un héritage de formes berriasiennes et valanginiennes.

Je pense que le manque de précision biostratigraphique avec le nannoplancton est dû en particulier au lithofaciès qui, en raison des phénomènes diagénétiques, empêche une bonne conservation des coccolithes, mais aussi au fait que les nannofossiles sont sous la dominance d'un biotope peu favorable à l'évolution des espèces.

Néanmoins les coccolithes et *Nannoconus* rencontrés dans l'Hauterivien stratotypique sont identiques, à quelques absents près, à ceux décrits et observés dans la fosse vocontienne par THIERSTEIN ou par BLACK à Speeton en Angleterre, donc appartiennent à une province tempérée avec mélange de formes de paléolatitudes tropicales, celles de la Téthys et d'espèces plus boréales de l'Europe du Nord.

D'après la distribution du nannoplancton, on peut penser que le paléoenvironnement des coupes de la région neuchâteloise et du Jura méridional relève du domaine de la mer ouverte peu profonde: milieu de dépôt néritique, circalittoral du fait des composants terrigènes: quartz, argiles, glauconie, dus aux courants turbiditiques.

7. BIBLIOGRAPHIE

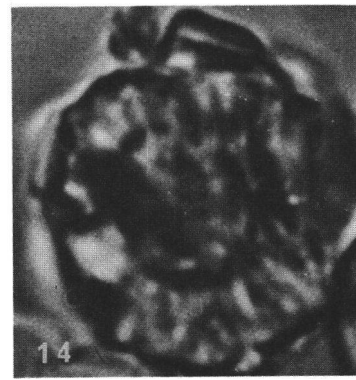
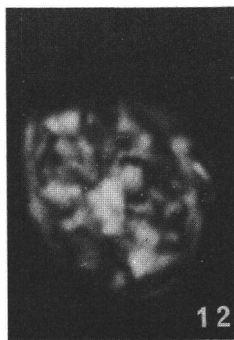
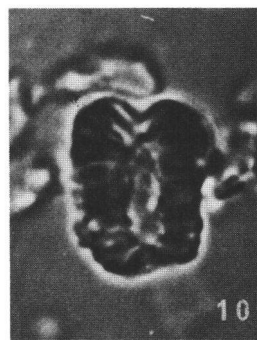
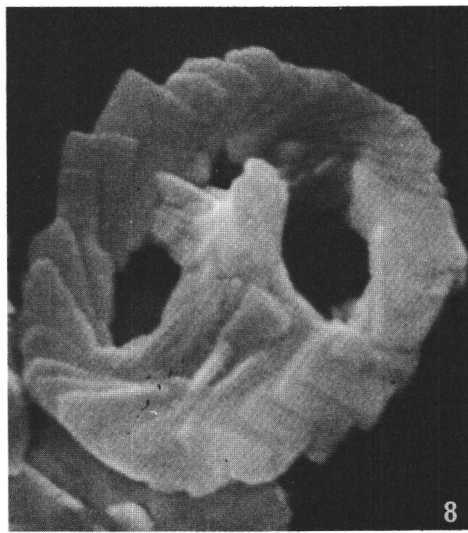
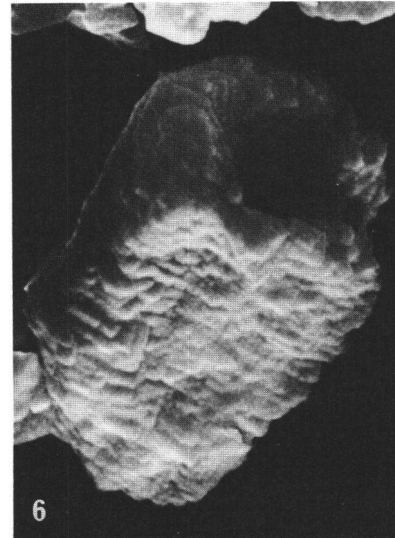
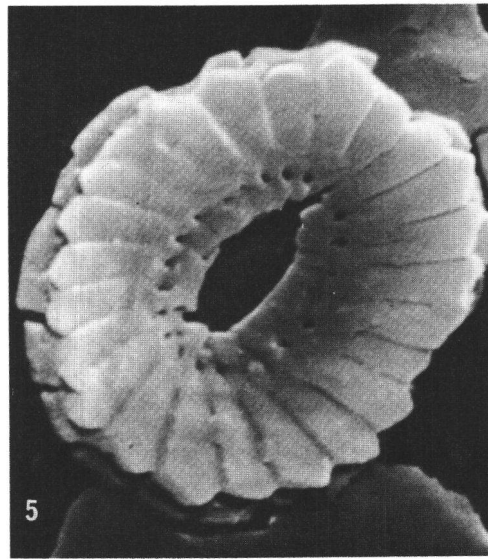
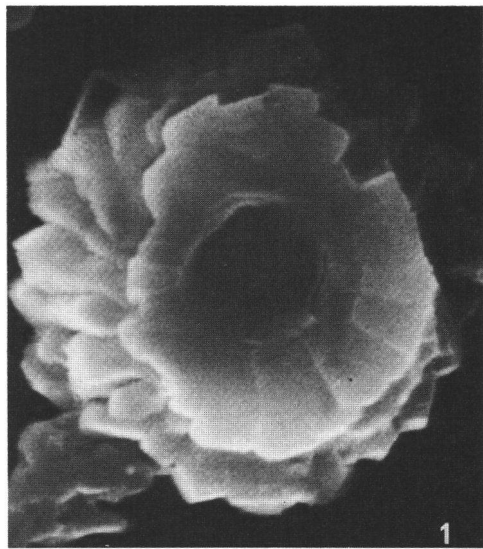
- BLACK, M. — (1971). Coccoliths of the Speeton Clay and Sutterby Marl, *Proc. Yorkshire geol. Soc.* 38: 381-424.
- BRÖNNIMANN, P. — (1955). Microfossils incertae sedis from the Upper Jurassic and Lower Cretaceous of Cuba, *Micropaleontology* 1: 28-51.
- BUSNARDO, R. & THIEULOY, J.-P. — (1989). Les ammonites de l'Hauterivien jurassien: révision des faunes de la région du stratotype historique de l'étage hauterivien. *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 11: 101-147, Neuchâtel.
- CHAROLLAIS, J., CLAVEL, B., BUSNARDO, R. & MAURICE, B. — (1989). L'Hauterivien du Bassin genevois. *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 11: 49-72, Neuchâtel.
- CHAROLLAIS, J., ROSSET, J., BUSNARDO, R., MANIVIT, H. & REMANE, J. — (1981). Stratigraphie du Crétacé en relation avec les formations qui l'encadrent dans l'unité de Nantbellet (= nappe inférieure sensu lato de la klippe de Sulens). Haute-Savoie, France, *Géol. alp. (Grenoble)* 57: 15-91.
- CLAVEL, B. — (1989). Echinides du Crétacé inférieur jurassien. *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 11: 149-182, Neuchâtel.
- DERES, F. & ACHERITEGUY, J. — (1980). Biostratigraphie des Nannoconidés, *Bull. Cent. Rech. Pau.* 4/1: 1-53, 2 fig., 5 tabl., 9 pl.
- GRÜN, W. & ALLEMANN, F. — (1975). The Lower Cretaceous of Caravaca (Spain) Berriasian calcareous nannoplankton of the Miravetes Section (Subbetic Zone, Prov. of Murcia), *Eclogae geol. Helv.* 68: 147-211.
- HAEFELI, Ch., MAYNC, W., OERTLI, H.-J. & RUTSCH. — (1965). Die Typus-Profil des Valanginien und Hauterivien. *Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. Ing.* 31: 41-75.
- KÖTHE, A. — (1981). Kalkiges Nannoplankton aus dem Unter-Hauterivium bis Unter-Barremium der Tongrube Moorberg/Sarstedt (Unter-Kreide, NW-Deutschland) — *Mitt. geol. Inst. Univ. Hannover*, 21: 1-95, 7 tabl., 10 pl.
- MANIVIT, H. — (1979). Les nannofossiles de l'hypostatotype mésogéen de l'étage Valanginien (Sud-Est de la France). In: *Les stratotypes français* 6: 87-98, 2 tabl., 2 pl., Ed. CNRS.
- MANIVIT, H., CHAROLLAIS, J. & STEINHAUSER, N. — (1969). Association de nannofossiles calcaires dans les formations néocomiennes des chaînes subalpines entre l'Arve et l'Isère (France), *Proc. int. Conf. plankt. Microfoss.* (Genève, 1967) 2: 384-398.
- PERCH-NIELSEN, K. — (1979). Calcareous Nannofossils from the Cretaceous between the North Sea and the Mediterranean. In: *Aspekte der Kreide Europas. IUGS ser. A.* 6: 223-272, Schweizerbart, Stuttgart.
- REMANE, J., BUSNARDO, R., CHAROLLAIS, J., CLAVEL, B. & THIEULOY, J.-P. — (1989). Description de profils dans l'Hauterivien de la région neuchâteloise, du Mont-de-Chamblon et des environs de Sainte-Croix (cantons de Neuchâtel et de Vaud, Suisse). *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 11: 19-48, Neuchâtel.
- ROTH, P. — (1973). Calcareous nannofossils. In: *Init. Rep. Deep Sea Drill. Proj.* 17: 696-795.
- TAYLOR, R. J. — (1978). — The distribution of Calcareous Nannofossils in the Speeton Clay (Lower Cretaceous) of Yorkshire. *Proc. Yorkshire geol. Soc.* 42: 195-209, 6 pl.
- THIERSTEIN, H. R. — (1973). Lower Cretaceous calcareous nannoplankton biostratigraphy. *Abh. geol. Bundesanst.* (Wien) 29: 1-52.
- (1975). Calcareous nannoplankton biostratigraphy at the Jurassic-Cretaceous boundary. *Mém. Bur. Rech. géol. min.* 86: 84-94.
- TREJO, M. — (1969). *Conusphaera mexicana*, un nuevo coccolitoforido del Jurásico superior de México. *Rev. Inst. Mex. Petróleo.* 1: 5-15.
- WILCOXON, J. A. — (1972). Upper Jurassic-Lower Cretaceous nannoplankton from the Western North Atlantic Basin. *Init. Rep. Deep Sea Drill. Proj.* 11: 427-458.
- WIND, F. H., CEPEK, P. — (1979). Lower Cretaceous calcareous nannoplankton from DSDP Hole 397 A (Northwest African Margin). *Init. Rep. Deep. Sea Drill. Proj.* 47: 221-255.
- WISE, S. W. & WIND, F. H. — (1977). Mesozoic and Cenozoic calcareous nannofossils recovered by DSDP Leg 36 drilling on the Falkland Plateau, southwest Atlantic sector of the Southern Ocean. *Init. Rep. Deep Sea Drill. Proj.* 36: 269-491.
- WORSLEY, T. R. — (1971). Calcareous nannofossil zonation of Upper Jurassic and Lower Cretaceous sediments from the western Atlantic. *Proc. 2d Plankt. Conf. Roma*, 1970: 1301-1321.

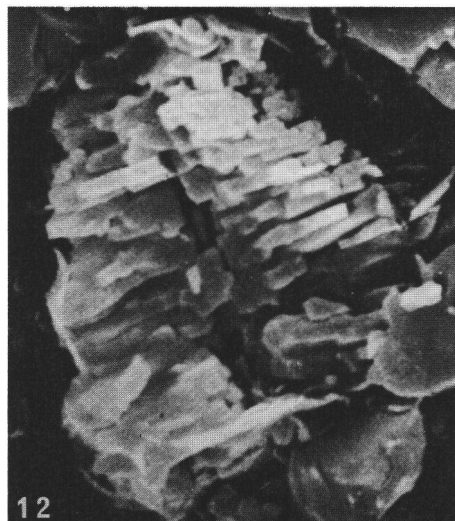
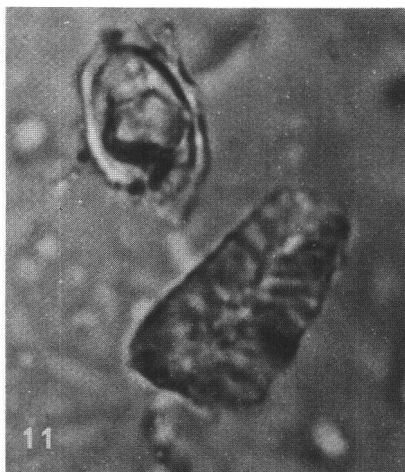
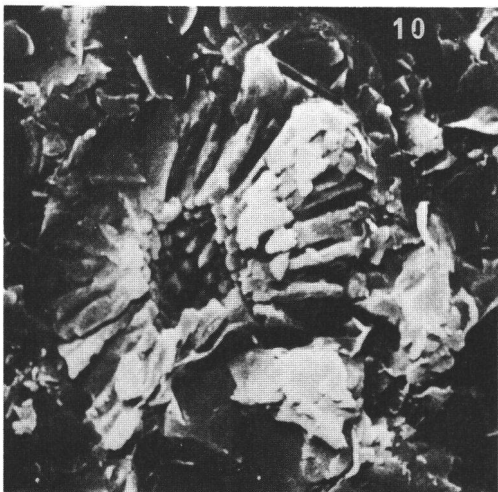
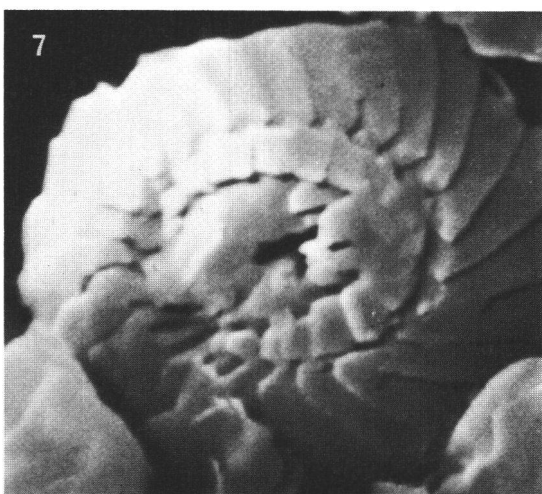
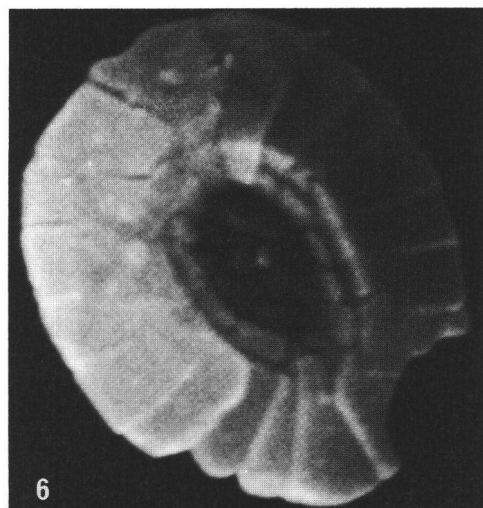
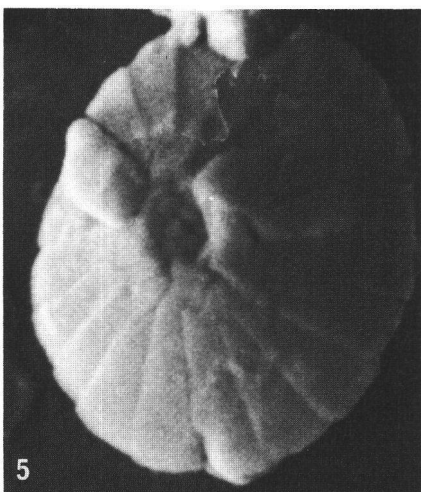
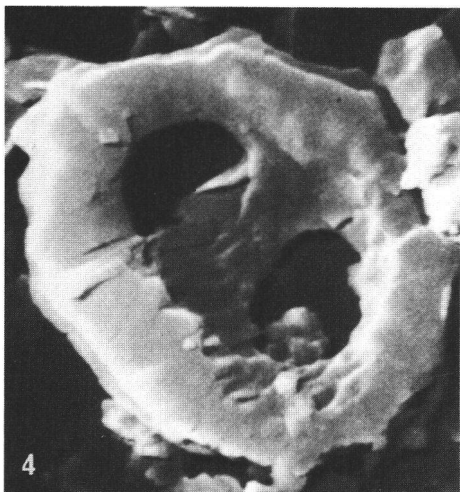
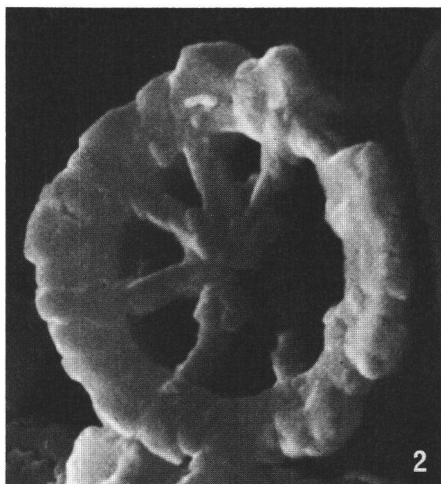
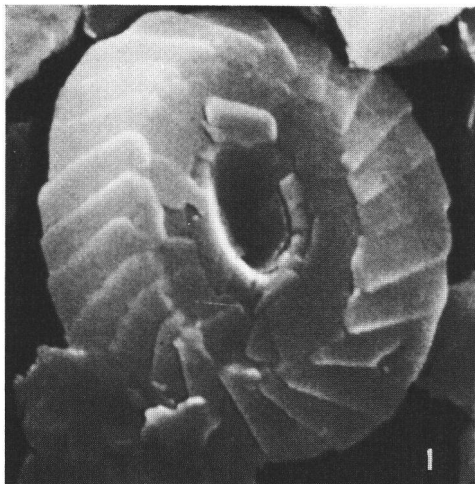
PLANCHE I

- 1 *Diazomatholitus lehmani* NOEL, face proximale, forage de Neuchâtel, $\times 9600$.
- 2 *Manivitella pemmatoidea* (DEFLANDRE ex- MANIVIT) THIERSTEIN, face distale, forage de Neuchâtel, $\times 7200$.
- 3 *Cruciellipsis cuvillieri* (MANIVIT) THIERSTEIN, face distale, Ravin du Colas, $\times 6000$.
- 4 *Cretarhabdus surrellus* DEFLANDRE, RHEINHARDT, face distale, Ravin du Colas, $\times 9600$.
- 5 *Watznaueria* cf. *martelae* (NOEL), face proximale, forage de Neuchâtel, $\times 8800$.
- 6 *Nannoconus* sp., individu entier, de profil, forage de Neuchâtel, $\times 3600$.
- 7 *Cretarhabdus crenulatus* BRAMLETTE & MARTINI, face distale, Ravin du Colas, $\times 5600$.
- 8 *Vekshinella stradneri* ROOD, HAY & BARNARD, face distale, forage de Neuchâtel, $\times 8000$.
- 9 *Zygodiscus erectus* (DEFLANDRE) MANIVIT, face distale, Ravin du Colas, $\times 8000$.
- 10 *Nannoconus* cf. *minutus* BRÖNNIMANN, sondage de Neuchâtel, $\times 2000$.
- 11 *Micrantholitus hoschulzi* (REINHARDT) THIERSTEIN, vue en lumière polarisée, Ravin du Colas, $\times 2000$.
- 12 *Calccalathina oblongata* (WORSLEY) THIERSTEIN, vue en lumière polarisée, Ravin du Colas, $\times 2000$.
- 13 *Parhabdolithus asper* (STRADNER) REINHARDT, embase, face distale, en lumière polarisée, Ravin du Colas, $\times 2560$.
- 14 *Nannoconus* cf. *globulus* BRÖNNIMANN, sondage de Neuchâtel, $\times 2560$.

PLANCHE II

- 1 *Watznaueria communis* REINHARDT, face distale, sondage de Neuchâtel, $\times 8400$.
- 2 *Stephanolithion laffittei* NOEL, face distale, Ravin du Colas, $\times 6400$.
- 3 *Watznaueria britannica* (STRADNER) PERCH-NIELSEN, face proximale, Ravin du Colas, $\times 7600$.
- 4 *Speetonia colligata* BLACK, face proximale, Ravin du Colas, $\times 5200$.
- 5 *Discorhabdus rotatorius* (BUKRY) THIERSTEIN, face distale, sondage de Neuchâtel, $\times 9600$.
- 6 *Biscutum constans* (GORKA) BLACK, face distale, sondage de Neuchâtel, $\times 10400$.
- 7 *Cyclagelosphaera margareli* NOEL, face distale, Ravin du Colas, $\times 6800$.
- 8 *Rhabdolithus* cf. *rectus* DEFLANDRE, vue de profil, sondage de Neuchâtel, $\times 8400$.
- 9 *Zygodiscus diplogrammus* (DEFLANDRE) GARTNER, face distale, demi-profil, Ravin du Colas, $\times 12000$.
- 10 *Nannoconus* cf. *cornuta* DERES, coupe transversale, à partir de l'observation d'un éclat de roche, sondage de Neuchâtel, $\times 1600$.
- 11 *Nannoconus* cf. *steinmanni* BRÖNNIMANN, vue en lumière naturelle (au-dessus *Parhabdolithus embergeri*), sondage de Neuchâtel, $\times 2000$.
- 12 *Nannoconus* cf. *steinmanni minor* DERES, section obtenue lors de l'observation d'un éclat de roche, sondage de Neuchâtel, $\times 4400$.





REGION DU STRATOTYPE							JURA MERIDIONAL		SECTEURS													
RAVIN DU COLAS							NEUCHATEL (forage 208)			VALANGIN		SALEVE	VUACHE	LOCALITES								
465-	468-	469-	470-	471-	475-	490-	12195-	12193-	12189-	12184-	12182-	12178-	674-	673-	672-	671-	P9	P11	4869-	ECHANTILLONS		
																						REPARTITION DU NANNOPLANCTON

Mémoires de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles	Tome XI	p. 233-255, 4 tabl., 4 pl.	Neuchâtel, 1989
--	---------	----------------------------	-----------------

PALYNOLOGIE DU STRATOTYPE HISTORIQUE DE L'HAUTERIVIEN

par

Danièle FAUCONNIER

Recherche subventionnée

par le Fonds national suisse de la recherche scientifique (crédit N° 2.434.075)

ABSTRACT. — This first detailed palynological study of the historical type Hauterivian is based on four sections, two of them from the central Jura Mountains (well 208 at Neuchâtel and Ravin du Colas near Sainte-Croix, Vaud), the two others from the southern Jura near Geneva (Mont-Salève and Vuache tunnel). 67 samples from marly sediments of the lower part of the Hauterivian were studied. 40 to 60 species, and four to eleven species of pollens (mainly *Pinacea*) could be determined.

Dinocysts belong to a subboreal to boreal flora, according to the presence of *Occisucysta tentoria*, *Pseudoceratium pelliiferum*, *Meiourogonaulax pertusa*, *Gonyaulacysta kostromiensis*, and *Avellodinium falsificum*. Additionally, three marker species of the boreal Early Hauterivian are present: *Kleithriasphaeridium «simplicispinium»*, *Discorsia nanna*, and *Nexosispinum vetusculum*, whereas markers from the boreal late Hauterivian are missing.

The lower Hauterivian of the Jura mountains can be subdivided on the base of three successive dinocyst associations. They are characterized by abundant *Cyclonephelium distinctum* in the lowermost strata, followed by a decrease in relative frequencies of the genera *Cyclonephelium*, *Surculosphaeridium*, and *Oligosphaeridium*, which is compensated by an increase of *Cribroperidinium* in the middle part and the abundance of *Cyclonephelium brevispinatum* in the uppermost layers.

RÉSUMÉ. — Cette première étude palynologique détaillée de l'Hauterivien-type porte sur quatre sections: les deux premières sont situées dans le Jura central (forage 208 près de Neuchâtel et ravin du Colas près de Sainte-Croix (Vaud), les deux autres dans le Jura méridional, près de Genève (Mont-Salève et Tunnel du Vuache). Un total de 67 échantillons furent prélevés dans les sédiments marneux de la partie inférieure de l'Hauterivien. 40 à 60 espèces de dinoflagellés, 4 à 9 espèces de spores et 4 à 11 espèces de pollens (surtout des Pinacées) ont été déterminées.

Les dinoflagellés appartiennent à une flore subboréale à boréale, confirmée par la présence de *Occisucysta tentoria*, *Pseudoceratium pelliiferum*, *Meiourogonaulax pertusa*, *Gonyaulacysta kostromiensis* et *Avellodinium falsificum*. En outre, trois marqueurs de l'Hauterivien inférieur boréal sont présents: *Kleithriasphaeridium «simplicispinium»*, *Discorsia nanna* et *Nexosispinum vetusculum*. Par contre, les marqueurs de l'Hauterivien supérieur boréal sont absents.

Trois associations successives de dinoflagellés permettent de subdiviser l'Hauterivien inférieur du Jura. Elles sont caractérisées par l'abondance de *Cyclonephelium distinctum* dans les niveaux inférieurs, par une diminution des pourcentages des genres *Cyclonephelium*, *Surculosphaeridium* et *Oligosphaeridium*, compensés par une augmentation de *Cribroperidinium* dans la partie moyenne et par l'abondance de *Cyclonephelium brevispinatum* dans les niveaux supérieurs.

1. INTRODUCTION

Les résultats présentés dans cette note s'inscrivent dans le cadre des travaux stratigraphiques pluridisciplinaires consacrés à la révision de l'étage Hauterivien dans sa localité type.

L'étude palynologique de cet étage n'avait pas encore été entreprise près d'Hauterive, mais elle a été abordée depuis près de vingt-cinq ans dans d'autres régions. Ainsi, les travaux récents de DUXBURY (1977, 1980) et de DAVEY (1979) en Europe du Nord-Ouest, ceux de BELOW (1981) en Afrique du Nord, de BRIDEAUX (1977), BRIDEAUX & FISCHER (1976) au Canada et de HABIB (1975) en Atlantique Nord, concernent l'Hauterivien.

En Allemagne, les premières études des dinoflagellés du Crétacé inférieur sont dues à GOCHT (1957, 1959) et ALBERTI (1959, 1961); en Angleterre, elles sont dues à NEALE & SARJEANT (1962), SARJEANT (1966) et DAVEY (1974).

2. ÉCHANTILLONS ÉTUDIÉS

Trois coupes et un sondage ont été étudiés à l'aide d'échantillons prélevés presque exclusivement dans les intercalations marneuses situées sous la Pierre jaune de Neuchâtel; ces échantillons ne couvrent que l'équivalent de deux zones d'ammonites (Zones à *Radiatus* et à *Loryi*) de l'Hauterivien inférieur et proviennent de:

- la coupe du Ravin de Colas (21 échantillons);
- le sondage de Neuchâtel (12 échantillons);
- la coupe du Salève (23 échantillons);
- la coupe du tunnel du Vuache (11 échantillons).

Les deux premières coupes sont géographiquement proches l'une de l'autre et de la localité type d'Hauterive alors que les deux autres ont été choisies à environ 130 km plus au sud, ceci afin de pouvoir comparer les associations palynologiques des deux secteurs.

Les préparations palynologiques de tous les échantillons ont été réalisées au Laboratoire de géologie de l'Université de Genève.

3. RÉSULTATS STRATIGRAPHIQUES

3.1. Généralités

Les résidus palynologiques sont le plus souvent composés de matière organique abondante (matériel libéroligneux, matière organique amorphe ou «kérogène»), de cellules de microforaminifères, de microfossiles marins très abondants (kystes de dinoflagellés) et de microfossiles d'origine continentale (spores et pollens), généralement peu nombreux mais pouvant parfois atteindre des pourcentages de l'ordre de 20 % du contenu palynologique (notamment les pollens disaccates au Ravin du Colas).

Deux ou trois cents spécimens ont été comptés par niveau; les genres planctoniques *Cyclonephelium*, *Cribroperidinium*, *Surculosphaeridium* dominent l'ensemble de la microflore dans les quatre coupes étudiées et peuvent atteindre 40 % du total du contenu palynologique (dinoflagellés + pollens + spores).

Un tableau présente, par ordre d'apparition stratigraphique, les espèces de dinoflagellés, spores et pollens trouvées dans chaque coupe; l'abondance relative de ces espèces y est également reportée.

La classification taxonomique adoptée suit STOVER & EVITT (1978) et LENTIN & WILLIAMS (1985). Deux formes sont données en nomenclature ouverte et illustrées: *Surculosphaeridium* sp. (pl. 2, fig. 1) et *Cleistosphaeridium* sp. (pl. 1, fig. 10).

3.2. Coupe du ravin du Colas (voir fig. 10 de REMANE et al., ce vol.)

Le tableau 1 montre la répartition des 56 espèces de dinoflagellés, des 9 espèces de spores et des 11 espèces de pollens présentes dans la coupe de 46 m d'épaisseur du Ravin du Colas.

RAVIN DU COLAS

MARNES D'HAUTERIVE		UNITES LITHOLOGIQUES		REPARTITION STRATIGRAPHIQUE DES DINOFLAGELLES
COTES RELATIVES		NUMEROS DES ECHANTILLONS		
0	5	10	30	
0 5 10 30 35 40 45m MP 482 D MP 492 C MP 492 B MP 492 A MP 491 A MP 490 MP 489 MP 487 MP 484 MP 483 MP 481 MP 478 lacune d'affleu- rement 15 m. estimée lacune MP 476 MP 477 MP 474 MP 473 MP 472 MP 471 MP 469 MP 468 MP 467 MP 465 MP 462				Surculosphaeridium sp. Cyclonephelium distinctum Cyclonephelium hystrix Cyclonephelium brevispinatum Cyclonephelium distinctum subsp. longispinatum Apteia anaphrissa Cribroperidinium edwardsii Odontochitina operculata Muderongia staurota Muderongia tetracantha Pseudoceratium pelliferum Kleithriasphaeridium fasciatum Oligosphaeridium ? asterigerum Gonyaulacysta helicoidea Spiniferites ramosus Cribroperidinium sepiamentum Kiokansium polytes Kleithriasphaeridium "simplicispinum" Heslertonia heslertonensis Achomosphaera ? neptunii Florentinia mantellii Chytroesphaeridia ringnesiorum Systematophora complicata Oligosphaeridium complex Hystrichodinium pulchrum Phoberocysta neocomica Cribroperidinium confossum Hystrichosphaerina schindewolfii Gonyaulacysta ? fastigiata Meioiugonogaulax pertusa Cleistosphaeridium huguoniotii Protoellipsodinium spinosum Rhynchodiniopsis fimbriata Cleistosphaeridium sp. Apteodinium cf. maculatum Trichodinium "ciliatum" Dapsilodinium multispinosum Diacanthum tenuiceras Cassiculosphaeridia magna Cribroperidinium ? cornutum Cassiculosphaeridia reticulata Trichodinium castanea Cyclonephelium cf. compactum Kleithriasphaeridium corrugatum Tanyosphaeridium variecalanum Cribroperidinium exilicristatum Muderongia "crucis" Occisucysta tentoria Cribroperidinium palla Exochosphaeridium phragmites Chlamydothorea trabeculosa Dingodinium cerviculum Kalypteia sp. Pareodinia ceratophora Gonyaulacysta kostromiensis Callaiosphaeridium asymmetricum
				Gleichenioidites senonicus Cicatricosisporites cf. dorogensis Trilobosporites sp. Densoisporites perinatus Cyathidites minor, australis Pilosporites trichopapillosus Staplinisporites caminus Foveotrilites subtriangularis Lycopodiumsporites clavatoideus
				Abietinaepollenites minimus, microalatus Callialasporites dampieri Cerebropollenites mesozoicus Parvisaccites radiatus Classopollis classoides Podocarpidites canadensis Vitreisporites pallidus Cedripites cretaceus Eucommiidites stuartii Araucariacites australis Exesipollenites tumulus

x présent ; • < 5% ; | 10 à 25%.

3.2.1. Microplancton

L'espèce *Cyclonephelium distinctum* domine l'ensemble de la microflore dans les 15 m de la base de la coupe alors que *Cyclonephelium brevispinatum* est plus fréquent dans les échantillons du sommet de la coupe, avec des pourcentages pouvant atteindre 40 % du contenu palynologique.

Deux autres formes montrent des pourcentages moyens de 10 à 15 % : *Surculosphaeridium* sp. et *Cribroperidinium edwardsii* avec des maxima atteignant 25 %.

Un nombre important d'espèces, plus rares (1-5 %), sont cependant présentes régulièrement dans presque tous les niveaux : *Muderongia staurota*, *Kiokansium polypes*, *Spiniferites ramosus*, *Systematophora complicata*.

Liste alphabétique des taxons de microplancton rencontrés dans la coupe du Ravin du Colas :

- | | |
|--|---|
| <i>Achomosphaera? neptunii</i> (EISENACK, 1958)
DAVEY & WILLIAMS, 1966a | <i>Diacanthum tenuiceras</i> (EISENACK, 1958) STOVER
& EVITT, 1978 |
| <i>Aptea anaphrissa</i> (SARJEANT, 1966c) SARJEANT
& STOVER, 1978 | <i>Dingodinium cerviculum</i> COOKSON & EISENACK,
1958 emend. MEHROTRA & SARJEANT, 1984b |
| <i>Apteodinium</i> cf. <i>A. maculatum</i> EISENACK
& COOKSON, 1960 | <i>Exochosphaeridium phragmites</i> DAVEY et al.,
1966 |
| <i>Callaiosphaeridium asymmetricum</i> (DEFL. &
COURTEV., 1939) DAVEY & WILLIAMS, 1966b | <i>Florentinia mantellii</i> (DAVEY & WILLIAMS, 1966b)
DAVEY & VERDIER, 1973 |
| <i>Cassiculosphaeridia magna</i> DAVEY, 1974 | <i>Gonyaulacysta? fastigiata</i> DUXBURY, 1977 |
| <i>Cassiculosphaeridia reticulata</i> DAVEY, 1969a | <i>Gonyaulacysta helicoidea</i> (EISENACK & COOKSON,
1960) SARJEANT, 1966b |
| <i>Chlamydophorella trabeculosa</i> (GOCHT, 1959)
DAVEY, 1978 | <i>Gonyaulacysta kostromiensis</i> (VOZZHENNIKOVA,
1967) SARJEANT, 1969 |
| <i>Chytroeisphaeridia ringnesiorum</i> (MANUM
& COOKSON, 1964) MORGAN, 1980 | <i>Heslertonia heslertonensis</i> (NEALE & SARJEANT,
1962) SARJEANT, 1966b |
| <i>Cleistosphaeridium huguoniotii</i> (VALENSI, 1955a)
DAVEY, 1969a | <i>Hystrichodinium pulchrum</i> DEFLANDRE, 1935 |
| <i>Cleistosphaeridium</i> sp. | <i>Hystrichosphaerina schindewolfii</i> ALBERTI, 1961 |
| <i>Cribroperidinium confossum</i> (DUXBURY, 1977)
HELENES, 1984 | <i>Kalypteia</i> sp. |
| <i>Cribroperidinium? cornutum</i> DAVEY, 1974 | <i>Kiokansium polypes</i> (COOKSON & EISENACK, 1962b)
BELOW, 1982c |
| <i>Cribroperidinium edwardsii</i> (COOKSON
& EISENACK, 1958) DAVEY, 1969a | <i>Kleithriasphaeridium corrugatum</i> DAVEY, 1974 |
| <i>Cribroperidinium exilicristatum</i> (DAVEY, 1969a)
STOVER & EVITT, 1978 | <i>Kleithriasphaeridium fasciatum</i> (DAVEY
& WILLIAMS, 1966b) DAVEY, 1974 |
| <i>Cribroperidinium palla</i> (SARJEANT, 1966b)
HELENES, 1984 | <i>Kleithriasphaeridium « simplicispinum »</i> (DAVEY
& WILLIAMS, 1966b) DAVEY, 1974 |
| <i>Cribroperidinium sepimentum</i> NEALE & SARJ., 1962 | <i>Meiourogonaulax pertusa</i> (DUXBURY, 1977)
BELOW, 1981 |
| <i>Cyclonephelium brevispinatum</i> (MILLIOUD, 1969)
BELOW, 1981 | <i>Muderongia crucis</i> NEALE & SARJEANT, 1962 |
| <i>Cyclonephelium</i> cf. <i>C. compactum</i> DEFLANDRE
& COOKSON, 1955 | <i>Muderongia staurota</i> SARJEANT, 1966c |
| <i>Cyclonephelium distinctum</i> DEFLANDRE
& COOKSON, 1955 | <i>Muderongia tetracantha</i> (GOCHT, 1957) ALB., 1961 |
| <i>Cyclonephelium distinctum</i> subsp. <i>longispinatum</i>
DAVEY, 1978 | <i>Occisucysta tentoria</i> DUXBURY, 1977 |
| <i>Cyclonephelium hystrix</i> (EIS., 1958) DAVEY, 1978 | <i>Odontochitina operculata</i> (WETZEL, 1933)
DEFLANDRE & COOKSON, 1955 |
| <i>Dapsilidinium multispinosum</i> (DAVEY, 1974)
BUJAK et al., 1980 | <i>Oligosphaeridium? asterigerum</i> (GOCHT, 1959)
DAVEY & WILLIAMS, 1969 |
| | <i>Oligosphaeridium complex</i> (WHITE, 1842) DAVEY
& WILLIAMS, 1966b |
| | <i>Pareodinia ceratophora</i> DEFLANDRE, 1947 |

- | | |
|--|--|
| <i>Phoberocysta neocomica</i> (GOCHT, 1957) MILL., 1969 | <i>Surculosphaeridium</i> sp. |
| <i>Protoellipsodinium spinosum</i> DAV. & VERD., 1971 | <i>Systematophora complicata</i> NEALE & SARJ., 1962 |
| <i>Pseudoceratium pelliiferum</i> GOCHT, 1957 emend.
DORHOFFER & DAVIES, 1980 | <i>Tanyosphaeridium variecalamum</i> DAVEY
& WILLIAMS, 1966b |
| <i>Rhynchodiniopsis fimbriata</i> (DUXBURY, 1980) JAN
DU CHÈNE et al., 1985 | <i>Trichodinium castanea</i> (DEFLANDRE, 1935)
CLARKE & VERDIER, 1967 |
| <i>Spiniferites ramosus</i> (EHRENBERG, 1838) LOEBLICH
& LOEBLICH, 1966 | <i>Trichodinium « ciliatum »</i> (GOCHT, 1959)
EISENACK, 1964 |

3.2.2. Spores et pollens

Les spores sont représentées dans la coupe par quelques espèces de grande répartition stratigraphique telles que les *Gleicheniadiées* avec *Gleicheniidites senonicus*, les *Cyatheacées*, avec *Cyathidites minor*, *C. australis* et les *Schizeacées* avec *Cicatricosisporites* cf. *C. dorogensis*.

Les pollens sont plus abondants, dominés par les conifères de la famille des *Pinacées* avec *Abietinaepollenites minimus*, *A. microalatus* et *Parvisaccites radiatus* dont les pourcentages varient de 5 à 25 %, le maximum se situant près du sommet de la coupe.

Un autre genre est bien représenté dans tous les échantillons de cette coupe : *Classopollis* (*Cheirolepidiacées*).

Liste alphabétique des taxons de spores et pollens rencontrés dans la coupe du Ravin du Colas :

- | | |
|--|--|
| <i>Abietinaepollenites microalatus</i> POTONIE, 1951 | <i>Exesipollenites tumulus</i> BALME, 1957 |
| <i>Abietinaepollenites minimus</i> COUPER, 1958 | <i>Foveotriletes subtriangularis</i> BRENNER, 1963 |
| <i>Araucariacites australis</i> COOKSON, 1947 | <i>Gleicheniidites senonicus</i> ROSS, 1949 |
| <i>Callialasporites dampieri</i> (BALME SUKH DEV, 1961 | <i>Lycopodiumsporites clavatooides</i> COUPER, 1958 |
| <i>Cedripites cretaceus</i> POCKOCK, 1962 | <i>Parvisaccites radiatus</i> COUPER, 1958 |
| <i>Cerebropollenites mesozoicus</i> (COUP.) NILSS. 1958 | <i>Pilosisorites trichopapillosus</i> (THIERGART)
DELCOURT & SPRUMONT, 1955 |
| <i>Cicatricosisporites</i> cf. <i>C. dorogensis</i> KEDVES, 1961 | <i>Podocarpidites canadensis</i> POCKOCK, 1962 |
| <i>Classopollis classoides</i> PFLUG, 1953 | <i>Staplinisorites caminus</i> (BALME) POCKOCK, 1962 |
| <i>Cyathidites minor</i> COUPER, 1958 | <i>Trilobosporites</i> sp. |
| <i>Cyathidites australis</i> COUPER, 1958 | <i>Vitreisorites pallidus</i> (REISSINGER) NILSSON, 1958 |
| <i>Densoisorites perinatus</i> COUPER, 1958 | |
| <i>Eucommiidites stuartii</i> KEMP, 1970 | |

3.2.3. Associations palynologiques

Les abondances relatives de quelques espèces de dinoflagellés, de spores et de pollens, permettent de définir trois associations différentes dans la coupe du Ravin de Colas (tableau I) :

Depuis la base (MP 462) et jusqu'à 14 m (MP 477, niveau situé sous la première lacune estimée à 15 m), la première association est caractérisée par l'abondance particulière des espèces :

- *Cribroperidinium edwardsii* (30 % à 7 m) ;
- *Cyclonephelium distinctum* (30 %) ;
- *Muderongia staurota* et *Muderongia tetracantha* (5 à 10 %) ;
- *Surculosphaeridium* sp. (10 à 15 %),
- et des pollens de conifères disaccates (5 à 15 %) et *Classopollis* (< 5 %).

Ces espèces, déjà présentes au Valanginien supérieur, ne permettent pas de repérer la limite Valanginien-Hauterivien, précisée par les ammonites et les échinides, si ce n'est par la brutale augmentation de fréquence de *C. distinctum*, à partir de MP 473.

De 29 m (MP 478) à 43 m (MP 489), la deuxième association est caractérisée par une diminution des pourcentages des espèces citées précédemment (les pourcentages de *Cyclonephelium* varient entre 5 et 10 %) et par une abondance de :

- *Cibroperidinium sepimentum* (5 à 10 %);
- *Cibroperidinium confossum* (15 % à 31 m).

De 44 m (MP 490) au sommet de la coupe (MP 492), la troisième association est caractérisée par une diminution de la fréquence de toutes les espèces citées précédemment et par l'abondance de :

- *Cyclonephelium brevispinatum* (40 à 45 %),
- et de pollens de conifères (20 à 30 %).

3.3. Le sondage de Neuchâtel (voir fig. 8 de REMANE et al., ce vol.)

Le tableau II montre la répartition stratigraphique des 61 espèces de dinoflagellés, des 4 espèces de spores et des 8 espèces de pollens présentes dans les Marnes bleues de l'Hauterivien inférieur du sondage de Neuchâtel. Ces marnes ont une épaisseur de 20 m, entre les profondeurs 46,60 et 26,40 m; elles sont limitées à leur base sur le Calcaire roux et à leur sommet par des marnes calcaires.

3.3.1. Microplancton

Comme dans la coupe du Ravin du Colas, trois espèces dominent nettement l'ensemble de la microflore: *Cyclonephelium distinctum* est plus abondant dans certains niveaux de la base de l'intervalle étudié (25 %) alors que *Cyclonephelium brevispinatum* est plus fortement représenté dans les niveaux du sommet (25 %). *Cibroperidinium edwardsii* est relativement fréquent, avec des pourcentages constants de l'ordre de 5 % dans la plupart des niveaux.

Un grand nombre d'espèces sont présentes dans la plupart des échantillons analysés et atteignent parfois des pourcentages de 5 % : *Muderongia staurota*, *Kleithriasphaeridium* « *simplicispinum* », *Spiniferites ramosus*, *Oligosphaeridium complex*, *Phoberocysta neocomica* et *Cibroperidinium confossum*.

Enfin plusieurs espèces sont rares ou montrent des présences irrégulières: *Gonyaulacysta kostromiensis*, *Meiourogonaulax pertusa*, *Discorsia nanna*, *Hapsocysta peridictya*.

Nous notons également le maximum de *Cassiculosphaeridia reticulata* (25 %) à 28,80 m.

Liste alphabétique des taxons de microplancton rencontrés dans les échantillons du sondage de Neuchâtel :

Achomosphaera? neptunii (EISENACK, 1958)
DAVEY & WILLIAMS, 1966a
Aprobolocysta neistosa DUXBURY, 1980 (absent au Ravin du Colas)
Apteodinium maculatum EIS. & COOKSON, 1960
Avellodinium falsificum DUXBURY, 1980 (absent au Ravin du Colas)
Batioladinium jaegeri (ALBERTI, 1961) BRIDEAUX, 1975 (absent au Ravin du Colas)
Callaiosphaeridium asymmetricum (DEFL. & COURTEV., 1939) DAVEY & WILLIAMS, 1966b
Cassiculosphaeridia magna DAVEY, 1974
Cassiculosphaeridia reticulata DAVEY, 1969a
Cauca parva (ALBERTI, 1961) DAVEY & VERDIER, 1971 (absent au Ravin du Colas)

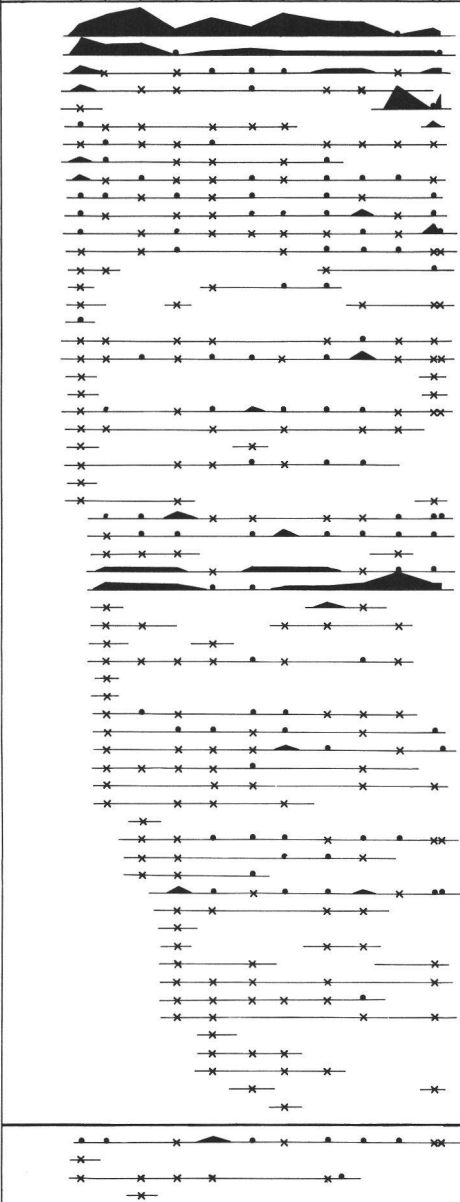
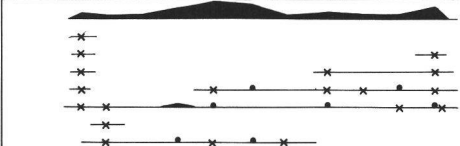

Cerbia tabulata (DAVEY & VERDIER, 1974)
BELOW, 1981 (absent au Ravin du Colas)
Chlamydophorella ordinalis (DAVEY, 1974)
DAVEY, 1978 (absent au Ravin du Colas)
Chlamydophorella trabeculosa (GOCHT, 1959)
DAVEY, 1978
Chytroeisphaeridia ringnesiorum (MANUM & COOKSON, 1964) MORGAN, 1980
Cleistosphaeridium huguoniotii (VALENSI, 1955a)
DAVEY, 1969a
Cleistosphaeridium sp.
Cibroperidinium confossum (DUXBURY, 1977)
HELENES, 1984
Cibroperidinium? cornutum DAVEY, 1974

- Cribroperidinium edwardsii* (COOKSON & EISENACK, 1958) DAVEY, 1969a
Cribroperidinium palla (SARJEANT, 1966b) HELENES, 1984
Cribroperidinium sepimentum NEALE & SARJ., 1962
Ctenidodinium elegantulum MILLIOUD, 1969 emend. BELOW, 1981a (absent au Ravin du Colas)
Cyclonephelium brevispinatum (MILLIOUD, 1969) BELOW, 1981
Cyclonephelium cf. *C. compactum* DEFL. & COOKS., 1955
Cyclonephelium distinctum DEFL. & COOKS., 1955
Cyclonephelium hystrix (EIS., 1958) DAVEY, 1978
Dapsilidinium multispinosum (DAVEY, 1974) BUJAK et al., 1980
Diacanthum tenuiceras (EISENACK, 1958) STOVER & EVITT, 1978
Dingodinium cerviculum COOKSON & EISENACK 1958 emend. MEHROTRA & SARJEANT, 1984b
Discorsia nanna (DAVEY, 1974) DUXBURY, 1977 (absent au Ravin du Colas)
Endoscrinium campanulum (GOCHT, 1959) VOZZHENN., 1967 (absent au Ravin du Colas)
Exochosphaeridium phragmites DAVEY et al., 1966
Gonyaulacysta? fastigiata DUXBURY, 1977
Gonyaulacysta kostromiensis (VOZZHENNIKOVA, 1967) SARJEANT, 1969
Hapsocysta peridictya (EISENACK & COOKSON, 1960) DAVEY 1977b (absent au Ravin du Colas)
Heslertonia heslertonensis (NEALE & SARJEANT, 1962) SARJEANT, 1966b
Hystrichodinium pulchrum DEFLANDRE, 1935
Hystrichodinium voigtii (ALBERTI, 1961) DAVEY, 1974 (absent au Ravin du Colas)
Hystrichosphaerina schindewolfii ALBERTI, 1961
Kalypteia sp.
Kiokansum polypes (COOKSON & EISENACK, 1962b) BELOW, 1982
Kleithriasphaeridium corrugatum DAVEY, 1974
Kleithriasphaeridium fasciatum (DAVEY & WILLIAMS, 1966b) DAVEY, 1974
Kleithriasphaeridium « simplicispinum » (DAVEY & WILLIAMS, 1966b) DAVEY, 1974
Meiourogonyaulax pertusa (DUXBURY, 1977) BELOW, 1981
Muderongia staurota SARJEANT, 1966c
Nexosispinum vetusculum (DAVEY, 1974) DAVEY, 1979b (absent au Ravin du Colas)
Occisucysta evittii (DODEKOVA 1969) GITMEZ, 1970 (absent au Ravin du Colas)
Occisucysta tentoria DUXBURY, 1977
Odontochitina operculata (WETZEL, 1933) DEFLANDRE & COOKSON, 1955
Oligosphaeridium? asterigerum (GOCHT, 1959) DAVEY & WILLIAMS, 1969
Oligosphaeridium complex (WHITE, 1842) DAVEY & WILLIAMS, 1966b
Pareodinia ceratophora DEFLANDRE, 1947
Phoberocysta neocomica (GOCHT, 1957) MILLIOUD, 1969
Protoellipsodinium spinosum DAVEY & VERDIER, 1971
Pseudoceratium pelliferum (GOCHT, 1957) DORHOFER & DAVIES, 1980
Rhynchodiniopsis fimbriata (DUXBURY, 1980) JAN DU CHÈNE et al., 1985
Spiniferites? dentatus (GOCHT, 1959) DUXBURY, 1977 (absent au Ravin du Colas)
Spiniferites ramosus (EHRENBERG, 1938) LOEBLICH & LOEBLICH, 1966
Surculosphaeridium sp.
Systematophora complicata NEALE & SARJ., 1962
Tanyosphaeridium variecalamum DAVEY & WILLIAMS, 1966b
Trichodinium « ciliatum » (GOCHT, 1959) EISENACK, 1964
Wallodinium krutzschii (ALBERTI, 1961) HABIB, 1972 (absent au Ravin du Colas)

3.3.2. Spores et pollens

Les spores sont peu représentées dans les échantillons du sondage de Neuchâtel. Les Gleicheniacées sont présentes à tous les niveaux tandis que la répartition des Schizeacées est limitée au sommet de la section étudiée à 32,80 m.

Les pollens sont, comme dans les échantillons du Ravin du Colas, dominés par les Conifères de la famille des Pinacées. Leurs pourcentages varient de 5 à 20 %, le maximum étant atteint à 39,10 m. Le genre *Classopollis* est également présent.

TABLEAU II SONDAGE DE NEUCHÂTEL									
CALC. ROUX	MARNE BLEUE		MARNO-CALC.	LITHOLOGIE					
4,80	4,60	4,50	4,30	4,10	3,90	3,70	3,50	3,20	2,80
1278C	1278B	1278A	1278	1277	1276	1275	1274	1273	1272
PROFONDEUR EN M.				NUMEROS DES ECHANTILLONS					
				<p>Surculosphaeridium sp. Cyclonephelium distinctum Muderongia staurota Hystrichodinium voigtii Cassiculosphaeridia reticulata Cleistosphaeridium sp. Hystrichodinium pulchrum Kiokansium polytes Kleithrasphaeridium "simplicispinum" Spiniferites ramosus Cassiculosphaeridia magna Oligosphaeridium complex Chytroisphaeridia ringnesiorum Gonyaulacysta?fastigiata Tanyosphaeridium variecalamum Systematophora complicata Occisucysta evittii Chamydophorella trabeculosa Pseudoceratium pelliiferum Trichodinium "ciliatum" Oligosphaeridium? asterigerum Phoberocysta neocomica Chlamydomonella ordinalis Spiniferites?dentatus Cribroperidinium palla Odontochitina operculata Gonyaulacysta kostromiensis Achromosphaera?neptunii Cribroperidinium sepimentum Cyclonephelium cf. compactum Cribroperidinium edwardsii Cyclonephelium brevispinatum Kalypteia sp. Pareodinia ceratophora Protoellipsodinium spinosum Meiourongonyaulax pertusa Endoscrinium campanula Cyclonephelium hystrix Cerberia tabulata Exochosphaeridium phragmites Cribroperidinium confossum Cleistosphaeridium huguoniotii Avellocladus falsificum Diacanthum tenuiceras Aprobolocysta neistosa Rhynchodiniopsis fimbriata Cauca parva Dingodinium cerviculum Cribroperidinium?cornutum Aptodinium cf. maculatum Ctenidodinium elegantulum Callaiosphaeridium asymmetricum Discorsia nanna Dapsilodinium multispinosum Hystrichosphaerina schindewolfii Wallodinium krutzschii Heslertonella heslertonensis Nexosispinum vetusculum Batioladinium jaegeri Occisucysta tentoria Hapsocysta peridictya</p>					
				<p>Gleichenioidites senonicus Foveotrilites subtriangularis Cicatricosisporites cf. dorogensis Concavissimisporites sp.</p>					
				<p>Abietinaepollenites minimus, microalatus Cedripites cretaceus Vitreisporites pallidus Cerebropollenites mesozoicus Podocarpidites canadensis Classopollis classoides Parvisaccites radiatus Callialasporites dampieri</p>					
<p>x présent; • < à 5%; , 10 à 25%</p>				<p>REPARTITION STRATIGRAPHIQUE DES DINOFLAGELLES</p>					
				<p>SPORES</p>					
				<p>POLLENS</p>					

Liste alphabétique des taxons de spores et pollens rencontrés dans les échantillons du sondage de Neuchâtel:

<i>Abietinaepollenites microalatus</i> POTONIE, 1951	<i>Classopollis classoides</i> PFLUG, 1953
<i>Abietinaepollenites minimus</i> COUPER, 1958	<i>Concavissimisporites</i> sp.
<i>Callialasporites dampieri</i> (BALME) SUKH DEV, 1961	<i>Foveotriletes subtriangularis</i> BRENNER, 1963
<i>Cedripites cretaceus</i> POCKOCK, 1962	<i>Gleicheniidites senonicus</i> ROSS, 1949
<i>Cerebropollenites mesozoicus</i> (COUPER) NILSSON, 1958	<i>Parvisaccites radiatus</i> COUPER, 1958
<i>Cicatricosisporites</i> cf. <i>C. dorogensis</i> KEDVES, 1961	<i>Podocarpidites canadensis</i> POCKOCK, 1962

3.3.3. Associations palynologiques

Trois associations peuvent être distinguées dans les Marnes bleues du sondage de Neuchâtel (tableau II):

de 46,60 m (éch. 12196) à 43,10 m (éch. 12195), la première association est caractérisée par l'abondance de:

- *Surculosphaeridium* sp. (30 à 40 %);
- *Cyclonephelium distinctum* (15 à 20 %).

de 41,10 m (éch. 12193) à 30,80 m (éch. 12183), la deuxième association est caractérisée par:

- une diminution sensible de l'abondance de deux espèces différentes;
- l'apparition de douze espèces telles que *Cribroperidinium? cornutum*, *Discorsia nanna*, *Nexosispinum vetusculum*;
- une plus forte abondance des pollens de conifères (15 à 25 %).

de 28,80 m (éch. 12180) à 26,40 m (éch. 12178), la troisième association est caractérisée par:

- l'abondance particulière des deux espèces *Cassiculosphaeridia reticulata* (20 à 30 %) et *Cyclonephelium brevispinatum* (10 à 20 %) et des pollens dissaccates (15 %);
- une diminution de l'abondance de *Surculosphaeridium* sp. (5 à 10 %).

3.4. La coupe du Salève (voir fig. 2 de CHAROLLAIS et al., ce vol.)

Le tableau III représente la répartition stratigraphique des 39 espèces de dinoflagellés, des 4 espèces de spores et des 4 espèces de pollens présentes dans les Marnes d'Hauterive de la coupe du Salève. Un banc calcaire de 9 m d'épaisseur sépare la formation marneuse en une partie inférieure de 7 m et une partie supérieure de 23 m environ.

3.4.1. Microplancton

Le genre *Cyclonephelium* domine nettement l'ensemble de la microflore dans tous les niveaux de la coupe, avec des pourcentages atteignant 50 % du contenu palynologique.

Trois espèces montrent également de fortes abondances (environ 30 % du contenu palynologique), surtout dans la partie supérieure de la coupe: *Kiokansium polypes*, *Muderongia staurota*, *Oligosphaeridium complex*.

Les pourcentages d'un grand nombre d'espèces varient de 1 à 5 % dans la plupart des niveaux de la coupe: *Cribroperidinium edwardsii*, *Oligosphaeridium? asterigerum*, *Kleithriasphaeridium « simplicispinum »*, *Dinogodinium cerviculum*; d'autres formes montrent des fréquences irrégulières: *Cassiculosphaeridia magna*, *Meiourogonyaaulax pertusa*. Enfin, quelques espèces apparaissent vers le sommet de la section tout en étant peu représentées: *Ctenidodinium elegantulum*, *Prolixosphaeridium parvispinum*, *Wallodinium luna*.

Liste alphabétique des taxons de microplancton rencontrés dans la coupe du Salève :

- Achomosphaera? neptunii* (EISENACK, 1958)
DAVEY & WILLIAMS, 1966a
Aptea anaphrissa (SARJEANT, 1966c) SARJEANT
& STOVER, 1978
Callaiosphaeridium asymmetricum (DEFL.
& COURTEV., 1939) DAVEY & WILLIAMS, 1966b
Cassiculosphaeridia magna DAVEY, 1974
Chlamydophorella trabeculosa (GOCHT, 1959)
DAVEY, 1978
Cleistosphaeridium huguoniotii (VALENSI, 1955a)
DAVEY, 1969a
Cribroperidinium confossum (DUXBURY, 1977)
HELENES, 1984
Cribroperidinium? cornutum DAVEY, 1974
Cribroperidinium edwardsii (COOKSON
& EISENACK, 1958) DAVEY, 1969a
Cribroperidinium sepimentum NEALE & SARJ., 1962
Ctenidodinium elegantulum MILLIOUD, 1969
emend. BELOW, 1981a (absent au Ravin du
Colas)
Cyclonephelium cf. *C. compactum* DEFLANDRE
& COOKSON, 1955
Cyclonephelium distinctum DEFLANDRE
& COOKSON 1955
Cyclonephelium hystrix (EIS., 1958) DAVEY, 1978
Diacanthum tenuiceras (EISENACK, 1958) STOVER
& EVITT, 1978
Dingodinium cerviculum COOKSON & EISENACK,
1958 emend. MEHROTRA & SARJEANT, 1984b
Exochosphaeridium phragmites DAVEY et al., 1966
Gonyaulacysta helicoidea (EISENACK & COOKSON,
1960) SARJEANT, 1966b
Gonyaulacysta sp.
Heslertonia heslertonensis (NEALE & SARJEANT,
1962) SARJEANT, 1966b
Hystrichodinium pulchrum DEFLANDRE, 1935
Hystrichosphaerina schindewolfii ALBERTI, 1961
Kiokansium polypes (COOKSON & EISENACK,
1962b) BELOW, 1982c
Kleithriasphaeridium « simplicispinum » (DAVEY
& WILLIAMS, 1966b) DAVEY, 1974
Meiourogonaulax pertusa (DUXBURY, 1977)
BELOW, 1981
Muderongia staurota SARJEANT, 1966c
Oligosphaeridium? asterigerum (GOCHT, 1959)
DAVEY & WILLIAMS, 1969
Oligosphaeridium complex (WHITE, 1842) DAVEY
& WILLIAMS, 1966b
Pareodinia ceratophora DEFLANDRE, 1947
Phoberocysta neocomica (GOCHT, 1957)
MILLIOUD, 1969
Prolixosphaeridium parvispinum (DEFLANDRE,
1937b) DAVEY et al., 1969 (absent au Ravin du
Colas et dans le sondage de Neuchâtel)
Pseudoceratium pelliferum (GOCHT, 1957)
DORHOFFER & DAVIES, 1980
Rhynchodiniopsis fimbriata (DUXBURY, 1980) JAN
DU CHÊNE et al., 1985
Spiniferites ramosus (EHRENBERG, 1838) LOEBLICH
& LOEBLICH, 1966
Subtilisphaera? terrula (DAVEY, 1974) LENTIN
& WILLIAMS, 1976 (absent au Ravin du Colas et
dans le sondage de Neuchâtel)
Surculosphaeridium sp.
Tubotuberella apatela (COOKSON & EISENACK,
1960) IOANNIDES et al., 1977 (absent au Ravin du
Colas et dans le sondage de Neuchâtel)
Wallodinium krutzschii (ALBERTI, 1961) HABIB,
1972 (absent au Ravin du Colas)
Wallodinium luna (COOKSON & EISENACK, 1960b)
LENTIN & WILLIAMS, 1973 (absent au Ravin du
Colas et dans le sondage de Neuchâtel)

3.4.2. Spores et pollens

Les spores les plus fréquentes sont essentiellement des Gleicheniacées et des Schizeacées qui sont présentes dans tous les niveaux de la coupe mais avec des pourcentages qui ne dépassent jamais 5 % du contenu palynologique. Il en est de même pour les pollens de conifères de la famille des Pinacées.

Liste alphabétique des taxons de spores et pollens rencontrés dans les échantillons de la coupe du Salève :

- Abietinaepollenites minimus* COUPER, 1958
Alisporites thomasi (COUPER) POCKOCK, 1962
Appendicisporites tricornitatus (WEYLAND
& GREIF.) POTONIE, 1962
Cicatricosisporites hallei DELC. & SPRUM., 1955
Classopollis classoides PFLUG, 1953
Gleicheniidites senonicus ROSS, 1949
Staplinisporites caminus (BALME) POCKOCK, 1962
Vitreisporites pallidus (REISSINGER) NILSSON, 1958

3.4.3. Associations palynologiques

L'absence d'analyses dans les niveaux calcaires gréseux intercalés dans les Marnes d'Hauterive (tableau III) rend difficile toute interprétation palynologique de la coupe du Salève. On remarque toutefois que dans les marnes inférieures (P23 à P20) situées sous le banc calcaire :

- l'espèce *Cyclonephelium distinctum* reste très abondante (50 à 70 %);
- les pourcentages de *Cribroperidinium edwardsii* et *Oligosphaeridium? asterigerum* atteignent 20 %;
- les pollens et les spores sont peu représentés.

De P1 à P19, dans la partie supérieure des marnes, trois associations successives semblent se développer :

- *Cyclonephelium distinctum* (50 à 70 %);
- *Oligosphaeridium complex* (20 à 40 %);
- *Kiokansium polypes* (20 à 30 %).
- La deuxième de P8 à P15, caractérisée par :
 - une diminution des pourcentages de *Cyclonephelium* et *Oligosphaeridium*;
 - l'abondance de l'espèce *Muderongia staurola* (20 à 25 %);
- La dernière, de P16 à P19, caractérisée par :
 - de très forts pourcentages de *Cyclonephelium* (70 %);
 - une diminution des pourcentages des espèces citées précédemment;
 - une légère augmentation des fréquences des *Gleicheniacées*.

3.5. La coupe du Tunnel du Vuache (voir fig. 3 de CHAROLLAIS et al., ce vol.)

Le tableau IV figure la répartition stratigraphique des 52 espèces de dinoflagellés, des 5 espèces de spores et des 6 espèces de pollens déterminés dans les 12 échantillons prélevés régulièrement le long d'une section de 88 m de puissance.

Les deux premiers niveaux sont situés dans le Calcaire roux (Valanginien), les suivants dans les Marnes d'Hauterive (Hauterivien inférieur, Zones à *Radiatus* et *Loryi*), le dernier, à la base de la Pierre jaune qui dans cette région est datée de l'Hauterivien inférieur (Zone à *Nodosoplicatum*).

3.5.1. Microplancton

Le genre *Cyclonephelium* est encore très abondant dans cette coupe, avec des pourcentages variant entre 20 et 50 %. Les deux genres *Oligosphaeridium* et *Surculosphaeridium* atteignent des valeurs assez élevées, jusqu'à 15 ou parfois 25 % du contenu palynologique.

L'espèce *Cribroperidinium edwardsii* est plus représentée dans les niveaux de la base de la coupe.

Il en est de même pour les espèces *Cribroperidinium? cornutum*, *Cribroperidinium sepimentum* et *Rhynchodiniopsis fimbriata*. Ces deux dernières formes atteignent respectivement 35 % à 16 m, et 25 % à 26 m.

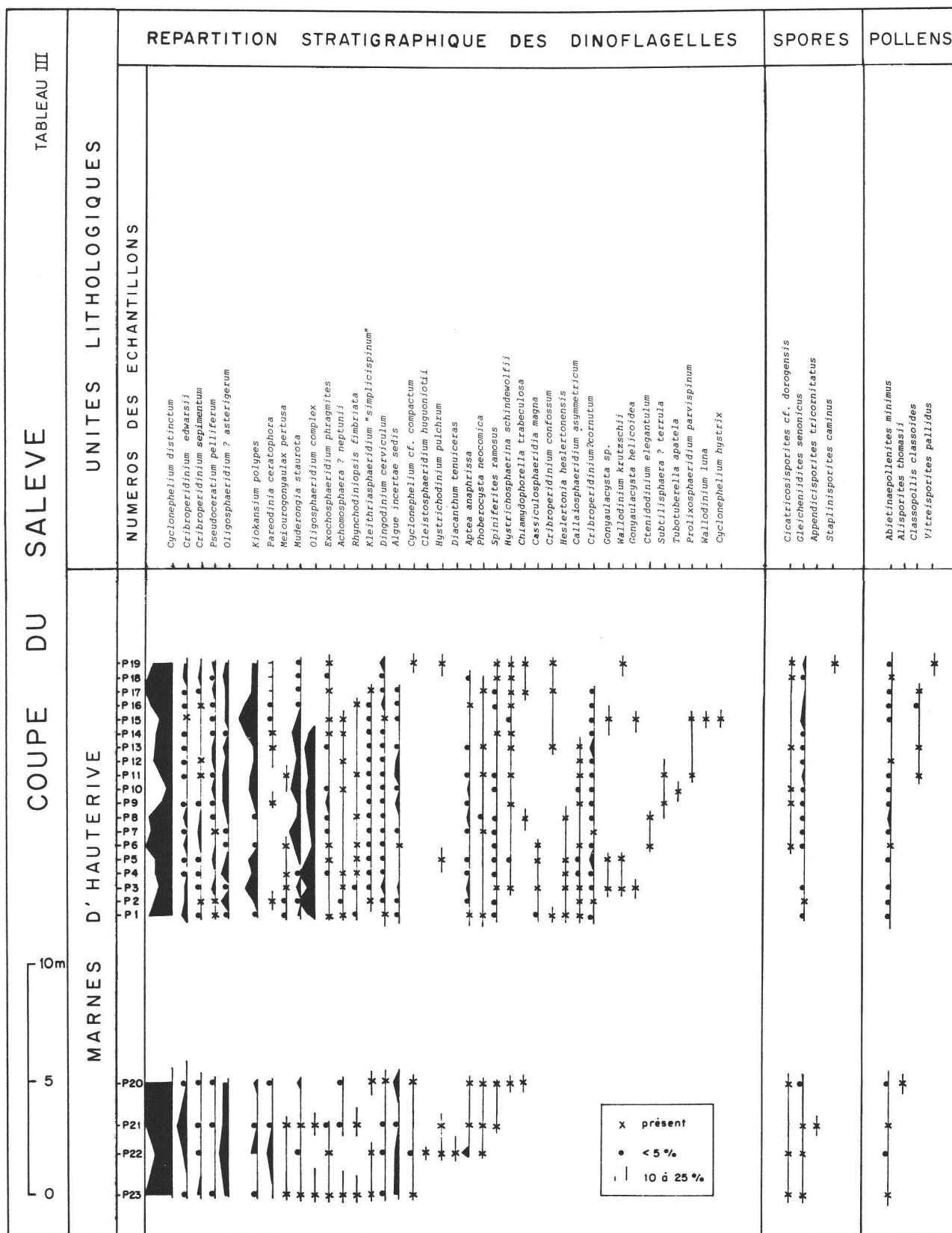
Par contre, certaines espèces sont plus abondantes dans la partie supérieure de la coupe, notamment *Spiniferites ramosus* et *Muderongia staurola*.

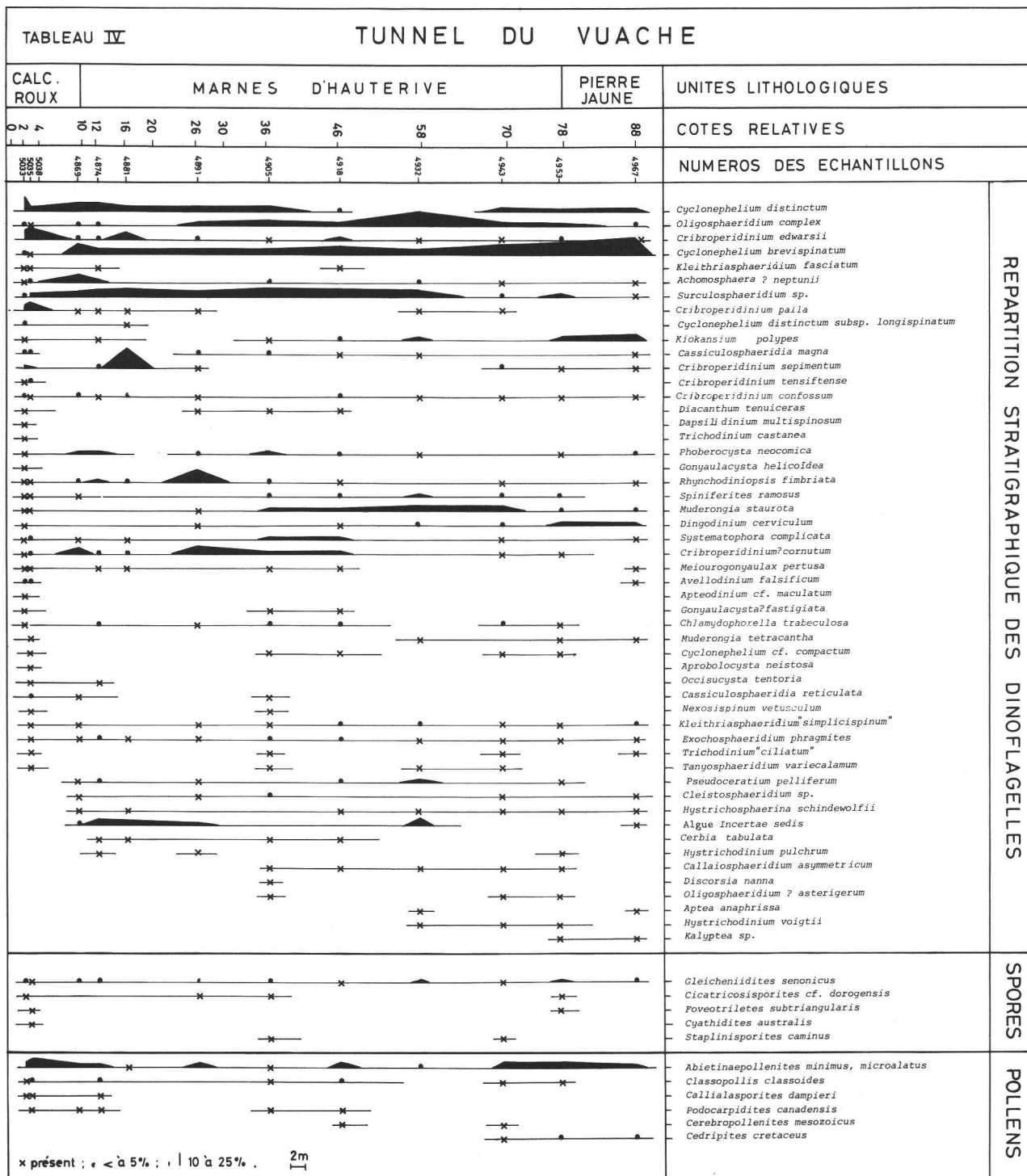
De nombreuses espèces sont présentes dans tous les niveaux étudiés, en particulier, *Cribroperidinium confossum*, *Kleithriasphaeridium « simplicispinum »*, *Hystrichosphaerina schindewolfii*, etc.

Certaines formes sont plus rares : *Avellodinium falsificum*, *Aprobolocysta neistosa*, *Discorsia nanna*.

Liste alphabétique des taxons de microplancton rencontrés dans la coupe du Tunnel du Vuache :

<i>Achomosphaera? neptunii</i> (EISENACK, 1958)	<i>Aptea anaphrissa</i> (SARJEANT, 1966c) SARJEANT & STOVER, 1978
DAVEY & WILLIAMS, 1966a	
Algue <i>Incertae sedis</i>	<i>Apteodinium</i> cf. <i>A. maculatum</i> EISENACK & COOKSON, 1960
<i>Aprobolocysta neistosa</i> DUXBURY, 1980 (absent au Ravin du Colas)	<i>Avellodinium falsificum</i> DUXBURY, 1980 (absent au Ravin du Colas)





- Callaiosphaeridium asymmetricum* (DEFL. & COURTEV., 1939) DAVEY & WILLIAMS, 1966b
Cassiculosphaeridia magna DAVEY, 1974
Cassiculosphaeridia reticulata DAVEY, 1969a
Cerbia tabulata (DAVEY & VERDIER, 1974) BELOW, 1981 (absent dans les autres coupes étudiées)
Chlamydophorella trabeculosa (GOCHT, 1959) DAVEY, 1978
Cleistosphaeridium sp.
Cribopteridinium confossum (DUXBURY, 1977) HELENES, 1984
Cribopteridinium? *cornutum* DAVEY, 1974
Cribopteridinium edwardsii (COOKSON & EISENACK, 1958) DAVEY, 1969a
Cribopteridinium sepimentum NEALE & SARJ., 1962
Cribopteridinium palla (SARJEANT, 1966b) HELENES, 1984
Cribopteridinium tensiftense BELOW, 1981a (absent dans les autres coupes étudiées)
Cyclonephelium brevispinatum (MILLIoud, 1969) BELOW, 1981
Cyclonephelium cf. *C. compactum* DEFLANDRE & COOKSON, 1955
Cyclonephelium distinctum DEFLANDRE & COOKSON, 1955
Cyclonephelium distinctum longispinatum DAVEY, 1978
Dapsilidinium multispinosum (DAVEY, 1974) BUJAK et al., 1980
Diacanthum tenuiceras (EISENACK, 1958) STOVER & EVITT, 1978
Dingodinium cerviculum COOKS. & EIS., 1958
Discorsia nanna (DAVEY, 1974) DUXBURY, 1977 (absent au Ravin du Colas)
Exochosphaeridium phragmites DAVEY, et al., 1966
Gonyaulacysta? fastigiata DUXBURY, 1977
Gonyaulacysta helicoidea (EISENACK & COOKSON, 1960) SARJEANT, 1966b
Hystrihodinium pulchrum DEFLANDRE, 1935
Hystrihodinium voigtii (ALBERTI, 1961) DAVEY, 1974 (absent au Ravin du Colas)
Hystrihosphaerina schindewolfii ALBERTI, 1961
Kalyptea sp.
Kiokansium polypes (COOKSON & EISENACK, 1962b) BELOW, 1979b
Kleithriasphaeridium fasciatum (DAVEY & WILLIAMS, 1966b) DAVEY, 1974
Kleithriasphaeridium «simplicispinum» (DAVEY & WILLIAMS, 1966b) DAVEY, 1974
Meiourogonyaulax pertusa (DUXB., 1977) BEL., 1981
Muderongia staurota SARJEANT, 1966c
Muderongia tetracantha (GOCHT, 1957) ALB., 1961
Nexosispinum vetusculum (DAVEY, 1974) DAVEY, 1979b (absent au Ravin du Colas)
Occisucysta tentoria DUXBURY, 1977
Oligosphaeridium? asterigerum (GOCHT, 1959) DAVEY & WILLIAMS, 1969
Oligosphaeridium complex (WHITE, 1842) DAVEY & WILLIAMS, 1966b
Phoberocysta neocomica (GOCHT, 1957) MILL., 1969
Pseudoceratium pelliiferum (GOCHT, 1957) DORHOFFER & DAVIES, 1980
Rhynchodiniopsis fimbriata (DUXBURY, 1980) JAN DU CHÊNE et al., 1985
Spiniferites ramosus (EHRENBERG, 1838) LOEBLICH & LOEBLICH, 1966
Surculosphaeridium sp.
Systematophora complicata NEALE & SARJ., 1962
Tanyosphaeridium variecalamum DAVEY & WILLIAMS, 1966b
Trichodinium castanea (DEFLANDRE, 1935) CLARKE & VERDIER, 1967
Trichodinium «ciliatum» (GOCHT, 1959) EIS., 1964

3.5.2. Spores et pollens

Les pollens et spores ne sont pas très abondants dans cette coupe et sont représentés presque exclusivement par des pollens disaccates, des *Classopollis* et des spores de Gleicheniacées qui sont présents dans la majorité des niveaux étudiés.

Liste alphabétique des taxons de spores et pollens rencontrés dans les échantillons de la coupe du Tunnel du Vuache :

- Abietinaepollenites microalatus* POTONIE, 1951
Abietinaepollenites minimus COUPER, 1958
Callialasporites dampieri (BALME) SUKH DEV, 1961
Cedripites cretaceus POCKOCK, 1962
Cerebropollenites mesozoicus (COUP. NILSS., 1958)
Cicatricosisporites cf. *C. dorogensis* KEVDES, 1961
Classopollis classoides PFLUG, 1953
Cyathidites australis COUPER, 1958
Foveotriletes subtriangularis BRENNER, 1963
Gleicheniidites senonicus ROSS, 1949
Podocarpidites canadensis POCKOCK, 1962
Staplinisporites caminus (BALME) POCKOCK, 1962

3.5.3. Associations palynologiques

L'abondance relative des espèces reportées sur le tableau IV permet de définir trois associations successives dans la coupe du Tunnel du Vuache :

Les deux niveaux de la base (5033 et 5035) sont caractérisés par l'abondance des espèces :

- *Cyclonephelium distinctum* (10 à 20 %);
- *Cribroperidinium edwardsii* (20 %);
- *Cribroperidinium palla* (10 à 15 %);
- et par la présence de pollens disaccates (10 à 20 %) et des spores de Gleicheniacées (5 %).

De 10 m (4869) à 46 m (4918), la deuxième association est caractérisée par :

- une diminution progressive de l'abondance des pourcentages des espèces *Cyclonephelium distinctum* (15 à 5 %), *Cribroperidinium edwardsii* (10 à 5 %), *Cribroperidinium palla* et des pollens disaccates (0 à 5 %);
- l'abondance moyenne des espèces *Cyclonephelium brevispinatum* (10 à 15 %), *Surculosphaeridium* sp., *Cribroperidinium? cornutum* (5 à 15 %), *Oligosphaeridium complex* (5 à 10 %);
- l'abondance particulière de *Cribroperidinium sepimentum* à 16 m (35 %) et de *Rhynchodiniopsis fimbriata* à 26 m (25 %).

De 46 m (4918) à 88 m (4967), la troisième association est caractérisée par :

- l'abondance de l'espèce *Cyclonephelium brevispinatum* (20 à 30 %) et des pollens disaccates (5 à 10 %);
- une diminution progressive de l'abondance de *Surculosphaeridium* sp.;
- une légère augmentation des fréquences des espèces *Kiokansium polypes*, *Muderongia staurola*, *Dingodinium cerviculum* qui peuvent atteindre 5 à 10 %.

4. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

4.1. Associations palynologiques

Bien que notre étude soit limitée à un intervalle de temps peu important et correspondant presque exclusivement aux Zones à Radiatus, Loryi et Nodosoplicatum de l'Hauterivien inférieur, les associations et les variations d'abondance de certaines espèces ont permis de distinguer trois subdivisions dans chacune des quatre coupes étudiées :

- une subdivision inférieure caractérisée par l'abondance des genres *Cyclonephelium* (*C. distinctum*) et *Surculosphaeridium* dans la coupe du Ravin du Colas et dans le sondage de Neuchâtel, et des genres *Cyclonephelium* et *Cribroperidinium* dans les deux coupes du Salève et du Tunnel du Vuache;
- une subdivision moyenne caractérisée par l'abondance des genres *Cyclonephelium*, *Surculosphaeridium*, *Oligosphaeridium* et une augmentation des pourcentages du genre *Cribroperidinium*;
- une subdivision supérieure caractérisée par l'abondance de l'espèce *Cyclonephelium brevispinatum* et par une diminution générale de l'abondance des autres espèces. Les pollens de conifères sont plus abondants dans ces niveaux supérieurs au Ravin du Colas, dans le sondage de Neuchâtel et au Tunnel du Vuache que dans les niveaux équivalents au Salève.

La distinction de ces trois associations dans chaque coupe semble traduire l'existence de variations générales dans la répartition verticale de la microflore pendant la partie basale de l'Hauterivien inférieur dans cette partie du bassin. Toutefois, les critères de définition de ces zones et les mailles d'échantillonnage adoptées sont peu favorables à leur délimitation verticale précise; aussi les limites qui ont été reconnues dans chaque coupe ne peuvent prétendre être vraiment contemporaines.

4.2. Valeur stratigraphique des espèces déterminées

Les résultats obtenus montrent que les kystes de dinoflagellés dominent qualitativement et quantitativement le contenu palynologique des Marnes d'Hauterive. Trois espèces, *Kleithriasphaeridium «simplicispinum»*, *Discorsia nanna*, et *Nexosispinum vetusculum* sont des marqueurs de l'Hauterivien inférieur en Europe du Nord (DAVEY, 1979). Dans cette région, l'Hauterivien inférieur est caractérisé par la zone d'ammonite à *Endemoceras*.

DAVEY distingue deux zones dans l'Hauterivien :

- Une zone inférieure à *Discorsia nanna* qui couvre l'Hauterivien inférieur et la partie basale de l'Hauterivien supérieur. Elle est divisée en deux sous-zones : *Kleithriasphaeridium «simplicispinum»* à la base et *Chlamydophorella trabeculosa* au sommet.
- Une zone supérieure à *Subtilisphaera? terrula*, qui caractérise l'Hauterivien supérieur et qui est divisée en sous-zone à *Canningia reticulata* (base) et sous-zone à *Nexosispinum vetusculum* (précédemment *Adnatosphaeridium vetusculum*).

Les bases de ces zones et sous-zones sont définies par l'apparition des espèces qui ont servi à les dénommer. Toutes ces espèces, sauf *Canningia reticulata* sont cependant toujours présentes au Barrémien et parfois dans des sédiments plus jeunes. *Kleithriasphaeridium «simplicispinum»* apparaît dès le Valanginien et *Nexosispinum vetusculum* dès l'Hauterivien inférieur.

Au cours de la présente étude, *Discorsia nanna* a été déterminée dans le sondage de Neuchâtel de 41,10 m à 26,80 m, et au Tunnel du Vuache, à 36 m. *Kleithriasphaeridium «simplicispinum»* est présent dans les quatre coupes, depuis leur base jusqu'à leur sommet. *Chlamydophorella trabeculosa* qui, pour DAVEY apparaît dans la partie supérieure de l'Hauterivien inférieur, n'a été trouvée qu'au Ravin du Colas. *Subtilisphaera? terrula* n'a été déterminée qu'avec doute dans les échantillons P9 et P11 de la coupe du Salève. *Nexosispinum vetusculum* est présent dans la partie moyenne du sondage de Neuchâtel (39,10 à 32,80 m) et dans deux échantillons de la base et de la partie moyenne de la coupe du Tunnel du Vuache. La zonation de DAVEY établie pour l'Europe du Nord semble donc valable pour la région étudiée. Cette zonation n'introduit pas de subdivisions pour l'Hauterivien inférieur.

Les principaux marqueurs du Crétacé inférieur des hypostratotypes du sud-est de la France (JARDINE et al., 1984) sont :

- *Meiourogoniaulax stoveri* et *Muderongia extensiva* pour la partie inférieure de l'Hauterivien, espèces absentes dans les coupes étudiées ;
- *Muderongia staurota*, pour la partie supérieure de l'Hauterivien. Cette espèce est, par contre, déjà présente dans trois des coupes étudiées ici.

L'appartenance au domaine subboréal à boréal de la microflore étudiée semble, d'autre part, confirmée par les associations d'espèces recensées et déjà trouvées par DAVEY (1979) et DUXBURY (1977, 1980) en Europe du Nord-Ouest. La plupart de ces espèces y apparaissent avant l'Hauterivien, comme par exemple : *Occisucysta tentoria*, *Pseudoceratium pelliiferum*, *Phoberocysta neocomica*, *Meiourogoniaulax pertusa*, *Gonyaulacysta kostromiensis*, *Avellodinium falsificum*.

4.3. Evolution du milieu entre les coupes de la région de Neuchâtel et celles de la région du Salève

Les pourcentages des pollens par rapport au contenu palynologique total (spores + pollens + dinoflagellés) sont plus élevés dans les deux coupes de la région de Neuchâtel (Ravin du Colas et sondage de Neuchâtel : 5 à 30 %) que dans celles situées plus au sud, du Salève et du Tunnel du Vuache où ils sont fréquemment limités à 5 % et jamais supérieurs à 15 %. Les coupes de la région de Neuchâtel semblent donc témoigner d'un milieu plus littoral.

5. BIBLIOGRAPHIE

- ALBERTI, G. — (1959). Zur Kenntnis der Gattung *Deflandrea* Eisenack (Dinoflag.) in der Kreide und im Alttertiär Nord- und Mitteldeutschlands. *Mitt. geol. Staatinst. Hamburg*, 28: 93-105.
- (1961). Zur Kenntnis mesozoischer und alttertiärer Dinoflagellaten und Hystrichosphaerideen von Nord- und Mitteldeutschland sowie einigen anderen europäischen Gebieten. *Palaeontographica A*, 116: 1-58, 12 pl.
- BELOW, R. — (1981). Dinoflagellaten-Zytem aus dem Oberen Hauterive bis Unteren Cenoman Süd-West-Marokkos. *Palaeontographica* 176: 1-45, 15 pl.
- BRENNER, G.J. — (1963). The spores and pollen of the Potomac group of Maryland. *Dept. of Geol. Mines and Water Res., Bull.* 27: 1-97, 43 pl.
- BRIDEAUX, W.W. — (1975). Taxonomic note: redefinition of the genus *Broomea* and its relationship to *Batioladinium* gen. nov. (Cretaceous). *Can. J. Bot.* 53: 1239-1243.
- (1977). Taxonomy of Upper Jurassic-Lower Cretaceous microplankton from the Richardson Mountains, District of Mackenzie, Canada. *Bull. Geol. Surv. Canada*, 281: 1-89, 16 pl.
- BRIDEAUX, W.W. & FISCHER, M.J. — (1976). Upper Jurassic-Lower Cretaceous dinoflagellate assemblages from Arctic Canada. *Bull. Geol. Surv. Canada*, 259: 1-53, 7 pl.
- COUPER, R.A. — (1958). British Mesozoic microspores and pollen grains. *Palaeontographica B*, 103: 75-179, pl. 15-31.
- DAVEY, R.J. — (1974). Dinoflagellate cysts from the Barremian of the Speeton Clay, England. *Birbal. Sahni Inst. of Paleobotany, Spec. Publ.* 3: 41-75, 9 pl.
- (1979b). The stratigraphic distribution of dinocysts in the Portlandian (latest Jurassic) to Barremian (Early Cretaceous) of Northwest Europe. *Amer. Assoc. Strat. Palynol. Contrib.* 5B: 49-81, pl. 1-4.
- DUXBURY, S. — (1977). A palynostratigraphy of the Berriasian to Barremian of the Speeton, England. *Palaeontographica B*, 160: 17-67, pl. 1-15.
- (1979). Three new genera of dinoflagellate cysts from the Speeton Clay (Early Cretaceous) of Speeton, England. *Micropaleontology*, 25: 198-205, pl. 1-2.
- (1980). Barremian phytoplankton from Speeton, East Yorkshire. *Palaeontographica B*, 173: 85-165.
- GOCHT, H. — (1957). Mikroplankton aus dem nordwestdeutschen Neokom (Teil I). *Paläontol. Z.* 31: 163-185, pl. 18-20.
- (1959). Mikroplankton aus dem nordwestdeutschen Neokom (Teil II). *Paläontol. Z.* 33: 50-89, pl. 3-8.
- HABIB, D. — (1973). Taxonomy, morphology and suggested phylogeny of the dinoflagellate genus *Druggidium*. *Geosci. Man.* 7: 47-55, pl. 1-3.
- (1975). Neocomian Dinoflagellate zonation in the Western North Atlantic. *Micropaleontology*, 21: 373-392, pl. 1-3.
- (1977). Comparison of lower and middle Cretaceous palynostratigraphic zonation in the Western North Atlantic: in *Stratigraphic Micropaleontology of Atlantic Basin and Borderlands*, 6: 341-367.
- (1978). Palynostratigraphy of the Lower Cretaceous section at Deep Sea Drilling Project Site 391, Blake-Bahama Basin and its correlation in the North Atlantic: *Init. Rep. Deep Sea Drill. Proj.* 44: 887-897.
- LENTIN, K.P. & WILLIAMS, G.L. — (1985). Fossil dinoflagellates: index to genera and species, 1985 Edition. *Bedford Inst. oceano. Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences*, 60, 1-451.
- MILLIOUD, M.E. — (1969). Dinoflagellates and acritarchs from some Western European Lower Cretaceous type Localities: in BRONNIMAN, P. & RENZ, H.H. (eds.): *Proceed. First Internat. Conf. Plankt. Microfossils*, Geneva, 1967, E.J. Brill, Leiden, 2: 420-434.
- NEALE, J.W. & SARJEANT, W.A.S. — (1962). Mikroplankton from the Speeton Clay of Yorkshire. *Geol. Mag.*, 99: 439-458, pl. 19-20.
- POCOCK, S.A.J. — (1962). Microfloral analysis and age determination of strata at the Jurassic-Cretaceous boundary in the western Canada plains. *Palaeontographica B*, 111: 1-95.
- RENEVILLE, P. & RAYNAUD, J.F. DE. — (1981) Palynologie du stratotype du Barrémien. *Bull. Cent. Rech. Pau* 5, 1: 1-29.
- SARJEANT, W.A.S. — (1966a). Dinoflagellate cysts with *Gonyaulax*-type tabulation: in DAVEY, R.J., DOWNIE, C., SARJEANT, W.A.S. & WILLIAMS, G.L.: *Studies on Mesozoic and Cainozoic dinoflagellate cysts. Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.) Geol., Suppl.* 3: 107-156.
- (1966b). Further dinoflagellate cysts from the Speeton Clay: in DAVEY, R.J., DOWNIE, C., SARJEANT, W.A.S. & WILLIAMS, G.L.: *Studies on Mesozoic and Cainozoic dinoflagellate cysts. Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.) Geol., Suppl.* 3: 199-214.
- SINGH, C. — (1971). Lower Cretaceous microfloras of the Peace River area, north-western Alberta. *Res. Counc. Alberta Bull.*, 28 (2): 301-542, pl. 39-80.
- STOVER, L.E. & EVITT, W.R. — (1978). Analyses of pre-Pleistocene organic-walled dinoflagellates. *Stanford Univ. Publ., Geol. Sci.* 15: 300 pp.

PLANCHE I

- 1 *Cribroperidinium edwardsii* (COOKSON & EISENACK, 1958) DAVEY, 1969a ($\times 500$).
- 2 *Cribroperidinium confossum* (DUXBURY, 1977) HELENES, 1984 ($\times 500$).
- 3 *Gonyaulacysta? fastigiata* DUXBURY, 1977 ($\times 1000$).
- 4 *Cribroperidinium? cornutum* DAVEY, 1974 ($\times 500$).
- 5 *Rhynchodiniopsis fimbriata* (DUXBURY, 1980) JAN DU CHÊNE et al., 1985 ($\times 500$).
- 6, 7 *Gonyaulacysta helicoidea* (EISENACK & COOKSON, 1960) SARJEANT, 1966b.
6 Coupe optique ($\times 1000$).
7 Détail de l'ornementation ($\times 1000$).
- 8, 9 *Gonyaulacysta kostromiensis* (VOZZHENNIKOVA, 1967) SARJEANT, 1969.
8 Coupe optique oblique ($\times 1000$).
9 Détail de l'ornementation ($\times 1000$).
- 10 *Cleistosphaeridium* sp. ($\times 1000$).
- 11 *Chlamydophorella trabeculosa* (GOCHT, 1959) DAVEY, 1978 ($\times 1000$).
- 12 *Chytroisphaeridia ringnesiorum* (MANUM & COOKSON, 1964) MORGAN, 1980 ($\times 1000$).
- 13 *Apteodinium* cf. *A. maculatum* EISENACK & COOKSON, 1960 ($\times 1000$).

PLANCHE II

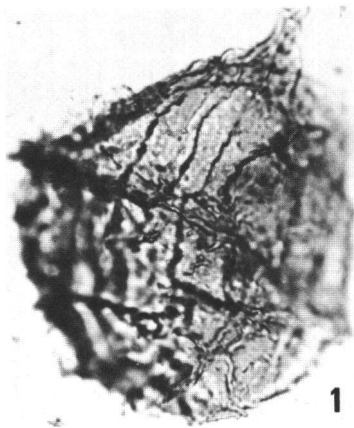
- 1 *Surculosphaeridium* sp. ($\times 1000$).
- 2 *Meiourogonyaulax pertusa* (DUXBURY, 1977) BELOW, 1981 ($\times 1000$).
- 3 *Ctenidodinium elegantulum* MILLIOUD, 1969 emend. BELOW, 1981a ($\times 1000$).
- 4 *Cassiculosphaeridia magna* DAVEY, 1974 ($\times 500$).
- 5 *Wallodinium luna* (COOKSON & EISENACK, 1960b) LENTIN & WILLIAMS, 1973 ($\times 500$).
- 6 *Kleithriasphaeridium fasciatum* (DAVEY & WILLIAMS, 1966b) DAVEY, 1974 ($\times 1000$).
- 7 *Kleithriasphaeridium corrugatum* DAVEY, 1974 ($\times 500$).
- 8, 11 *Aprobolocysta neistosa* DUXBURY, 1980 ($\times 1000$).
- 9, 10 *Discorsia nanna* (DAVEY, 1974) DUXBURY, 1977.
9 Coupe optique ($\times 1000$).
10 Détail des processus ($\times 1000$).

PLANCHE III

- 1 *Cyclonephelium distinctum* DEFLANDRE & COOKSON, 1955 ($\times 1000$).
- 2 *Cyclonephelium brevispinatum* (MILLIOUD, 1969) BELOW, 1981 ($\times 1000$).
- 3 *Cyclonephelium distinctum* subs. *longispinatum* DAVEY, 1978 ($\times 1000$).
- 4 *Aptea anaphrissa* (SARJEANT, 1966c) SARJEANT & STOVER, 1978 ($\times 1000$).
- 5 *Muderongia staurota* SARJEANT, 1966c ($\times 500$).
- 6 *Muderongia tetracantha* (GOCHT, 1957) ALBERTI, 1961 ($\times 500$).
- 7 *Phoberocysta neocomica* (GOCHT, 1957) MILLIOUD, 1969 ($\times 1000$).
- 8 *Pseudoceratium pelliferum* GOCHT, 1957 emend. DORHOFER & DAVIES, 1980 ($\times 500$).
- 9, 10 *Hapsocysta peridictya* (EISENACK & COOKSON, 1960) DAVEY, 1979b ($\times 500$).
- 11 *Occisucysta tentoria* DUXBURY, 1977 ($\times 1000$).

PLANCHE IV

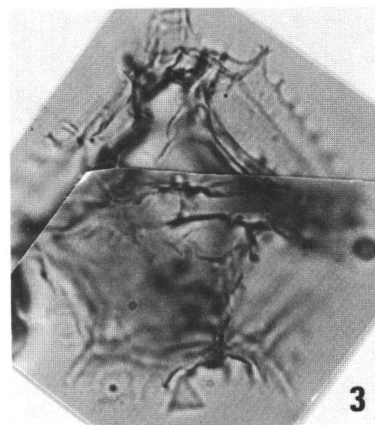
- 1, 2 *Nexosispinum vetusculum* (DAVEY, 1974) DAVEY, 1979b.
 - 1 Coupe optique ($\times 1000$).
 - 2 Détail des processus, reliés à leur base ($\times 1000$).
- 3 *Hystriospharina schindewolfii* ALBERTI, 1961 ($\times 500$).
- 4, 5 *Systematophora complicata* NEALE & SARJEANT, 1962.
 - 4 Coupe optique ($\times 1000$).
 - 5 Détail de l'attache proximale des processus ($\times 1000$).
- 6 *Gleicheniidites senonicus* ROSS, 1949 ($\times 1000$).
- 7 *Classopollis classoides* PFLUG, 1953 ($\times 1000$).
- 8 *Cerebropollenites mesozoicus* (COUPER) NILSSON, 1958 ($\times 1000$).
- 9 *Parvisaccites radiatus* COUPER, 1958 ($\times 1000$).
- 10 *Algae Incertae sedis* ($\times 1000$).
- 11 *Abietinaepollenites minimus* COUPER, 1958 ($\times 1000$).
- 12 *Cedripites cretaceus* POCKOCK, 1962 ($\times 500$).



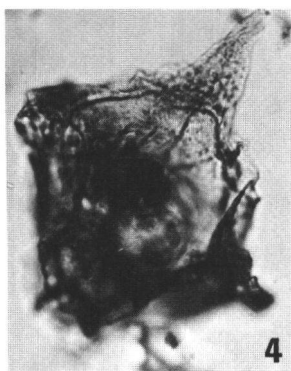
1



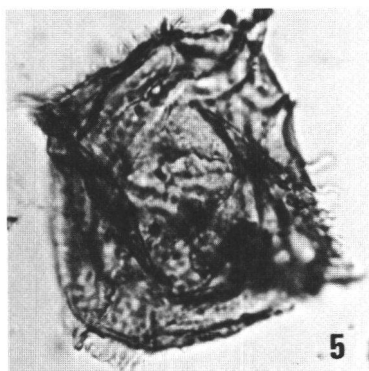
2



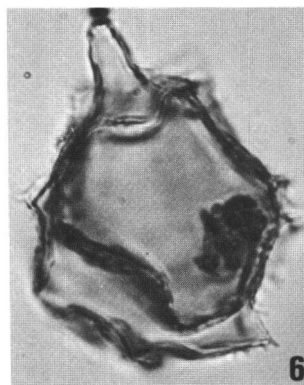
3



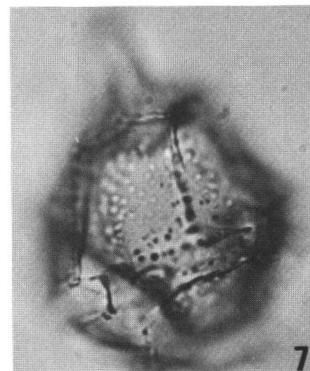
4



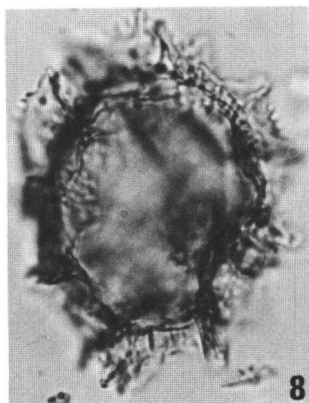
5



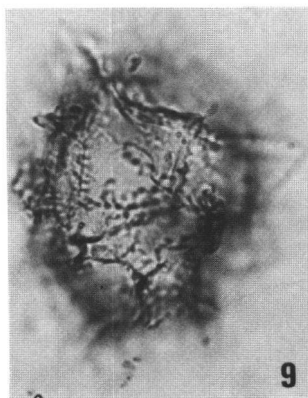
6



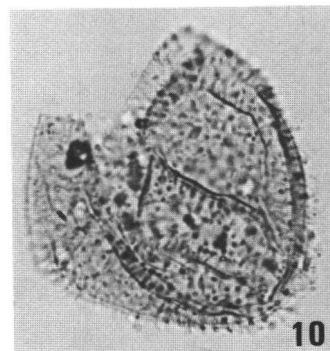
7



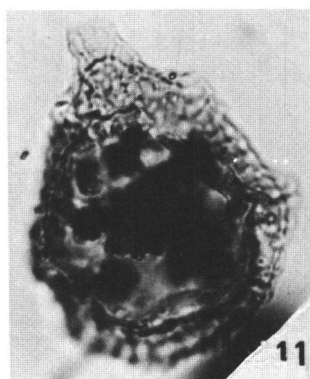
8



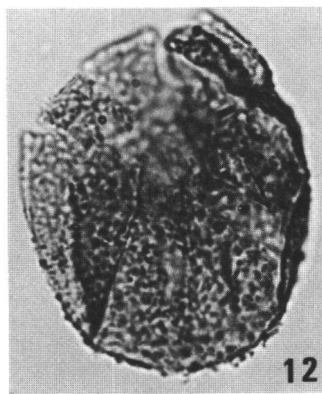
9



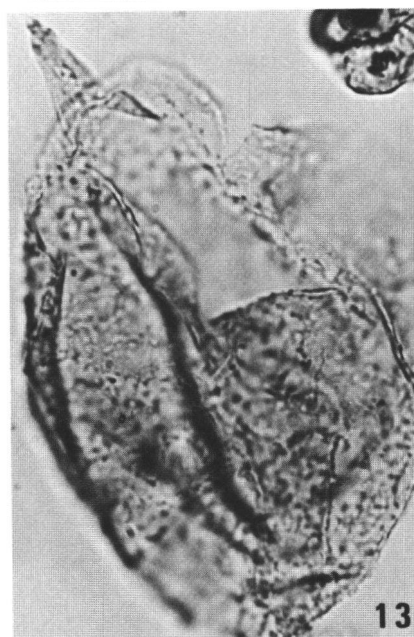
10



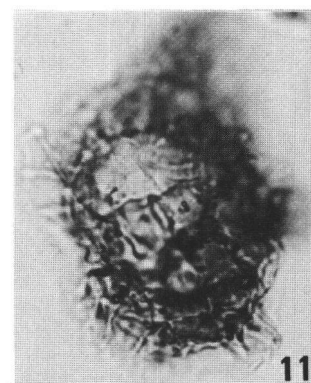
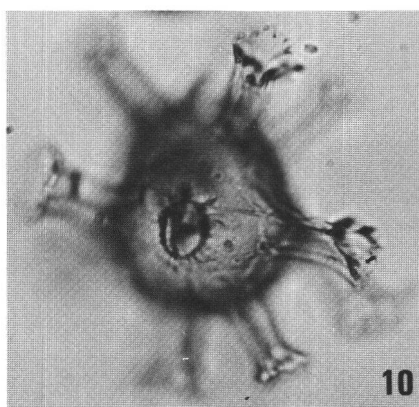
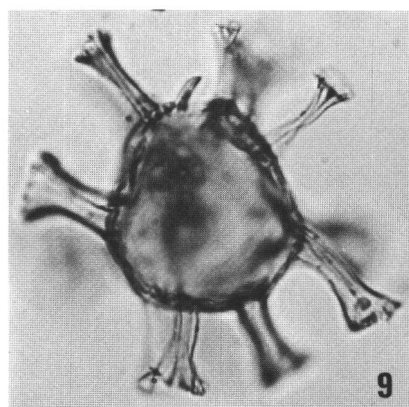
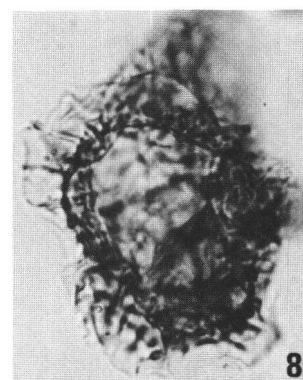
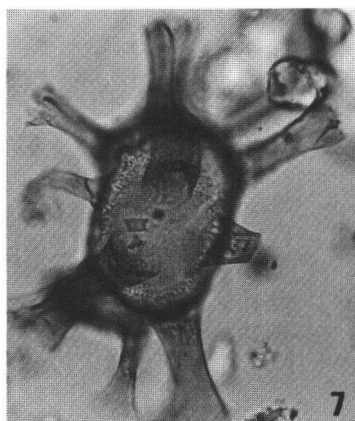
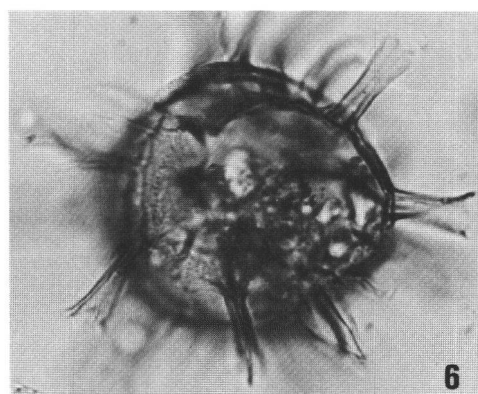
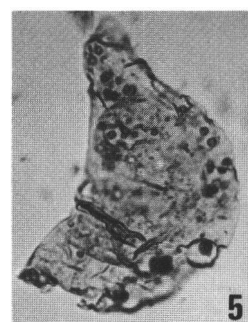
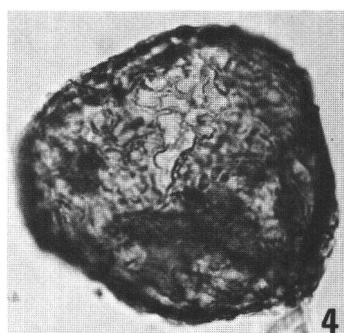
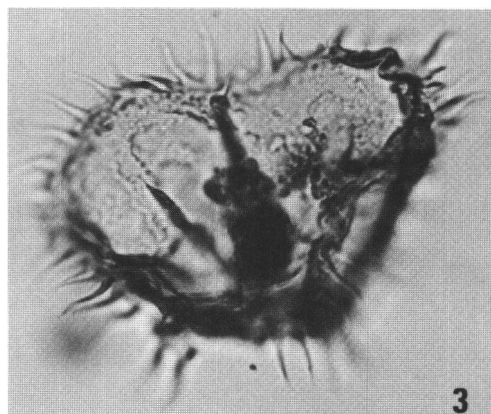
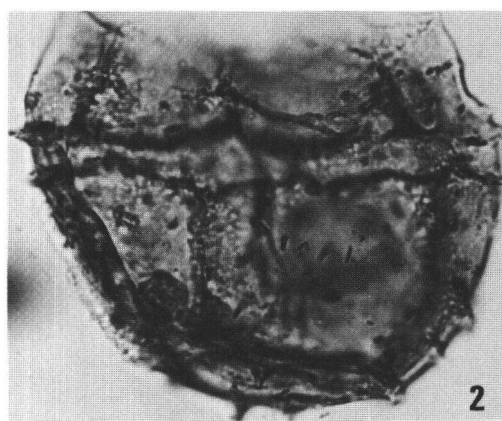
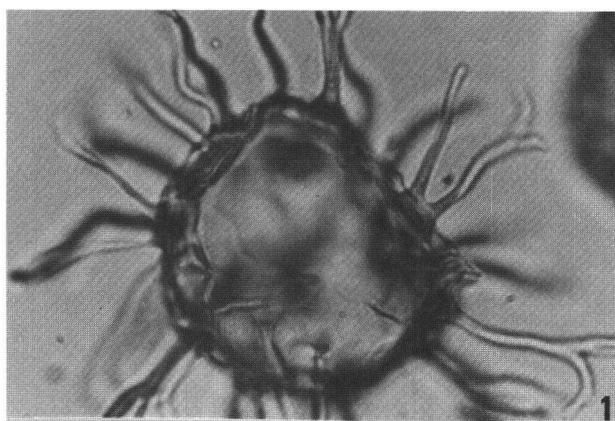
11

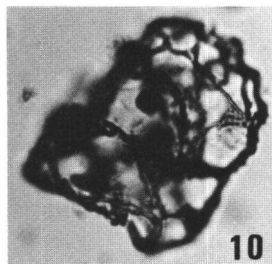
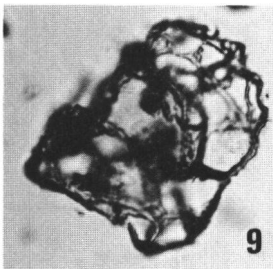
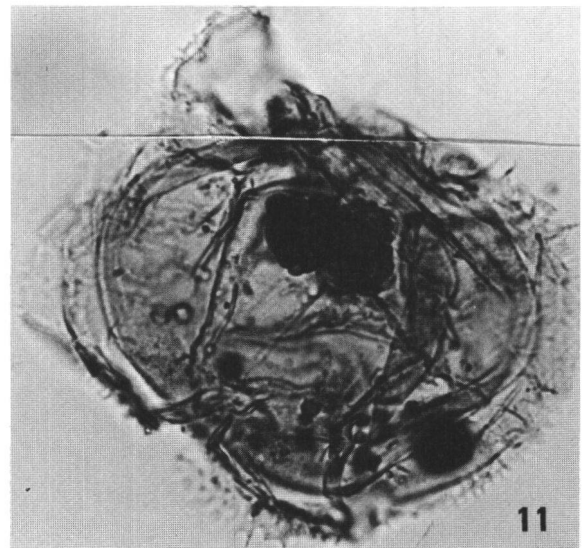
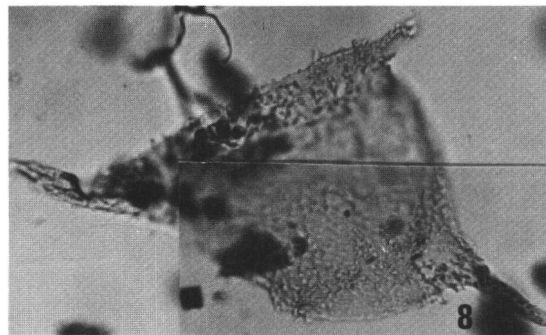
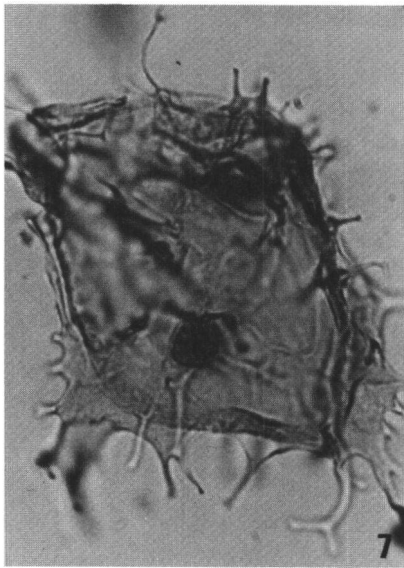
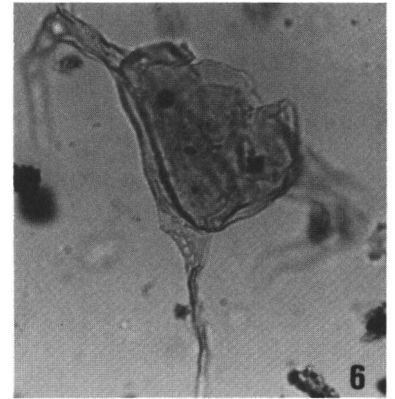
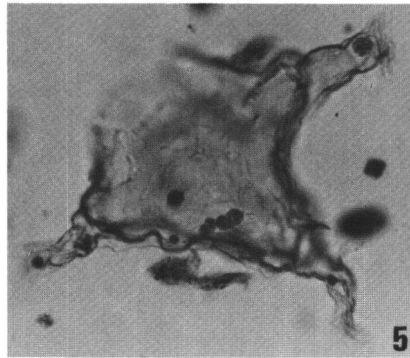
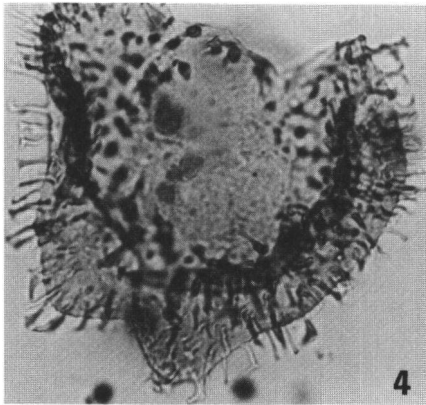
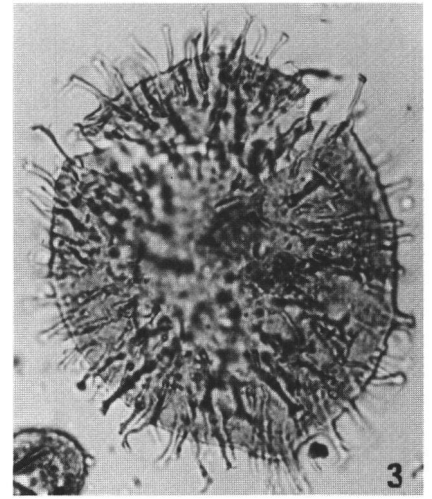
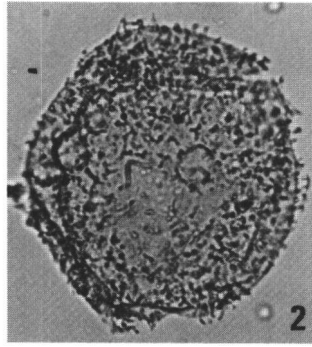
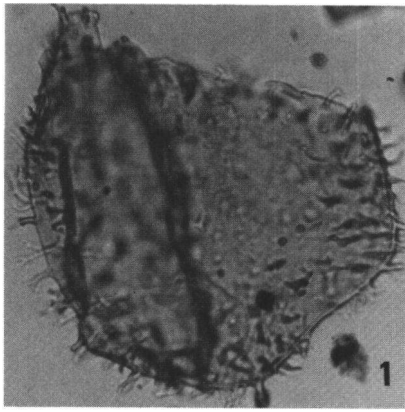


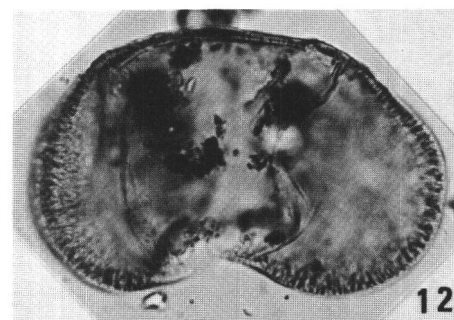
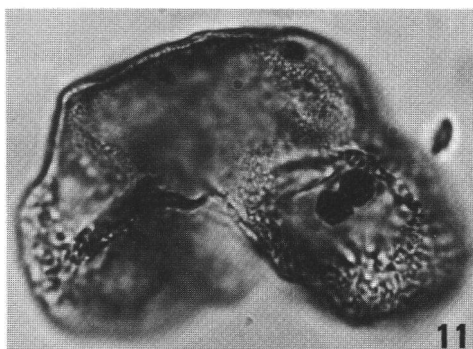
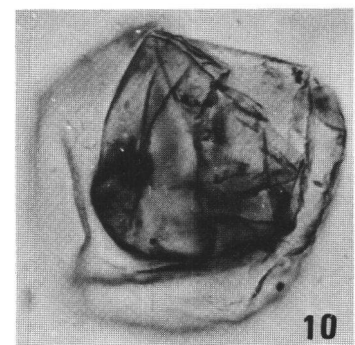
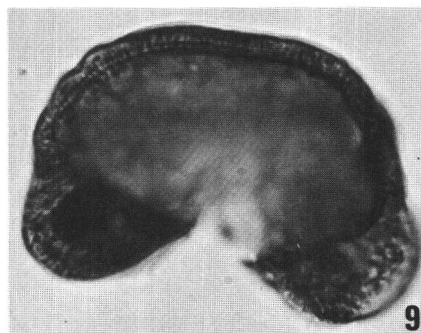
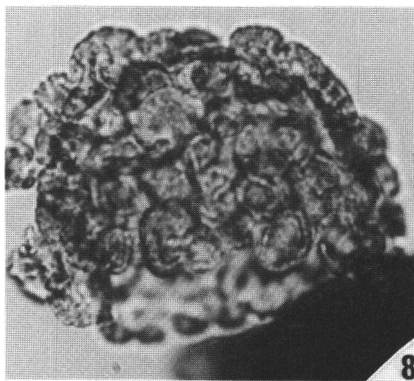
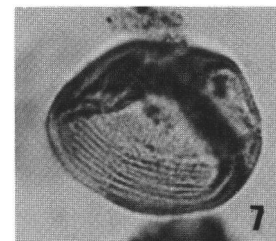
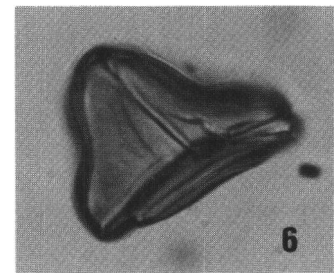
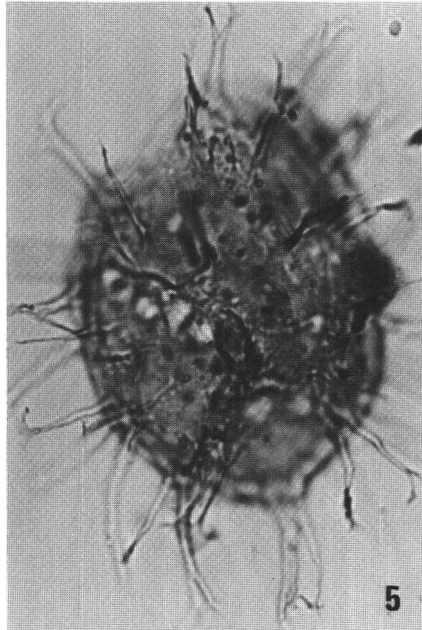
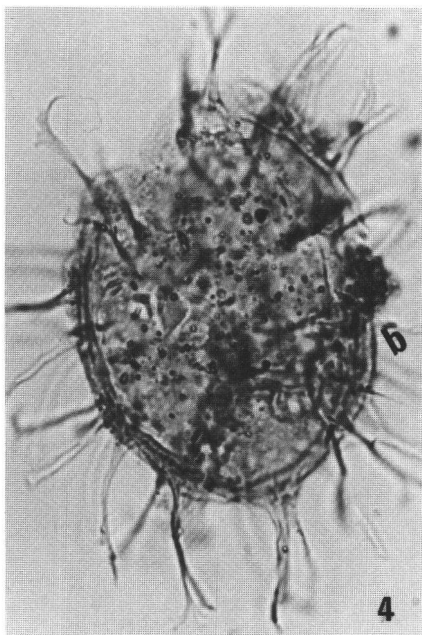
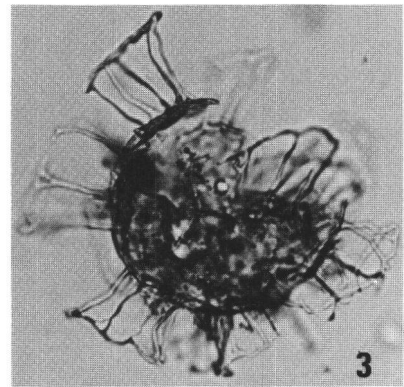
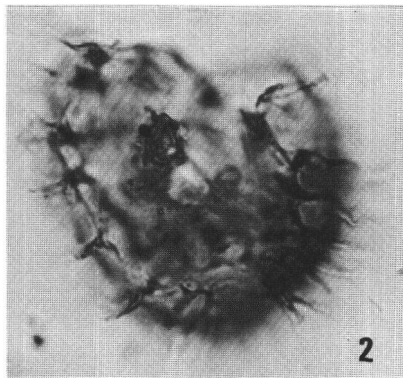
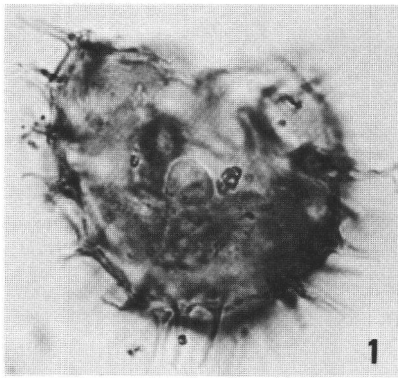
12



13







Mémoires de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles	Tome XI	p. 257-276, 2 fig., 2 tabl., 2 pl.	Neuchâtel, 1989
--	---------	------------------------------------	-----------------

LES FORAMINIFÈRES BENTHIQUES DES FORMATIONS CARBONATÉES DE L'HAUTERIVIEN-BARRÉMIEN PRO PARTE DU JURA VAUDOIS ET NEUCHÂTELOIS (SUISSE)

par

A. ARNAUD-VANNEAU et J.-P. MASSE

Recherche subventionnée
par le Fonds national suisse de la recherche scientifique (crédit N° 2.434.075)

ABSTRACT. — The Benthic Foraminifera study of carbonated Formations allows us to show two different associations: (1), small agglutinated Foraminifera without internal structures and Nodosariidae linked to argillaceous micritic limestones, (2); larger Foraminifera with or without internal structures and Miliolidae linked to bioclastic and oobioclastic limestones. Stratigraphically, three associations may be distinguished, the first one with *Citaella? favrei* and *Trochamminoides* sp. characterizing the Lower Formation (Pierre jaune) of the Early Hauterivian—base of the Late Hauterivian, the second one with *Trocholina odukpaniensis*, *Nezzazatinella macovei*, *Eclusia decastroi*, *Paracoskinolina sunnilandensis*, *Dictyorbitolina* aff. *ichnusae*, *Cribellopsis* aff. *elongata* and *Urgonina alpillensis protuberans* characterizing the Middle Formation («Lower Urgonian») of the Late Hauterivian, and possibly the Early Barremian, the third one with *Pfenderina globosa*, *Ecougella campiloides*, *Trocholina sagittaria*, *Melathrokerion valserinensis* and *Paracoskinolina reicheli* characterizing the Upper Formation («Upper Urgonian») of the Barremian (possibly the Late Barremian).

RÉSUMÉ. — L'étude des Foraminifères benthiques des formations carbonatées a mis en évidence deux associations différentes : la première, constituée de petits Foraminifères à test simple agglutiné et de Nodosariidés, est présente dans les calcaires micritiques argileux ; la seconde, formée par de grands Foraminifères à test agglutiné calcaire avec ou sans structures internes, s'observe dans les calcaires bioclastiques et oobioclastiques. Stratigraphiquement, trois ensembles fauniques ont pu être distingués : le premier avec *Citaella? favrei*-*Trochamminoides* sp. dans l'ensemble inférieur (Pierre jaune) d'âge Hauterivien inférieur-Hauterivien supérieur basal (?), le second avec *Trocholina odukpaniensis*, *Nezzazatinella macovei*, *Paracoskinolina sunnilandensis*, *Dictyorbitolina* aff. *ichnusae*, *Eclusia decastroi*, *Cribellopsis* aff. *elongata* et *Urgonina alpillensis protuberans* dans l'ensemble moyen («Urgonien inférieur») d'âge Hauterivien supérieur et peut-être Barrémien inférieur, le troisième avec *Pfenderina globosa*, *Ecougella campiloides*, *Trocholina sagittaria*, *Melathrokerion valserinensis*, *Paracoskinolina reicheli* dans l'ensemble supérieur, d'âge probablement Barrémien (Barrémien supérieur?).

1. INTRODUCTION

Les Foraminifères benthiques qui font l'objet de cet article proviennent des séries carbonatées de l'Hauterivien-Barrémien p.p. du Jura vaudois et neuchâtelois. Les coupes étudiées sont celles de la région de Neuchâtel (Serrières), Buttes, Vaulion, Eclépens, des gorges de l'Orbe, La Russille et Vallorbe (fig. 1 et coupes fig. 2).

Rappelons que les études micropaléontologiques antérieures de GUILLAUME (1966) intéressaient principalement les intercalations marneuses de la série dont il est question, ainsi que l'Urgonien supérieur. Dans les unités carbonatées inférieures, GUILLAUME avait surtout porté son attention sur les Trocholines; par ailleurs, elle avait été la première à figurer les Orbitolinidés provenant de l'Urgonien supérieur.

2. LITHOLOGIE, STRATIGRAPHIE ET PALÉOMILIEUX

Les subdivisions lithostratigraphiques de l'Hauterivien-Barrémien p.p. carbonaté sont indiquées dans le tableau 1 emprunté à CONRAD & MASSE (ce vol.). Nos observations concernent essentiellement les couches superposées aux Marnes d'Utüns.

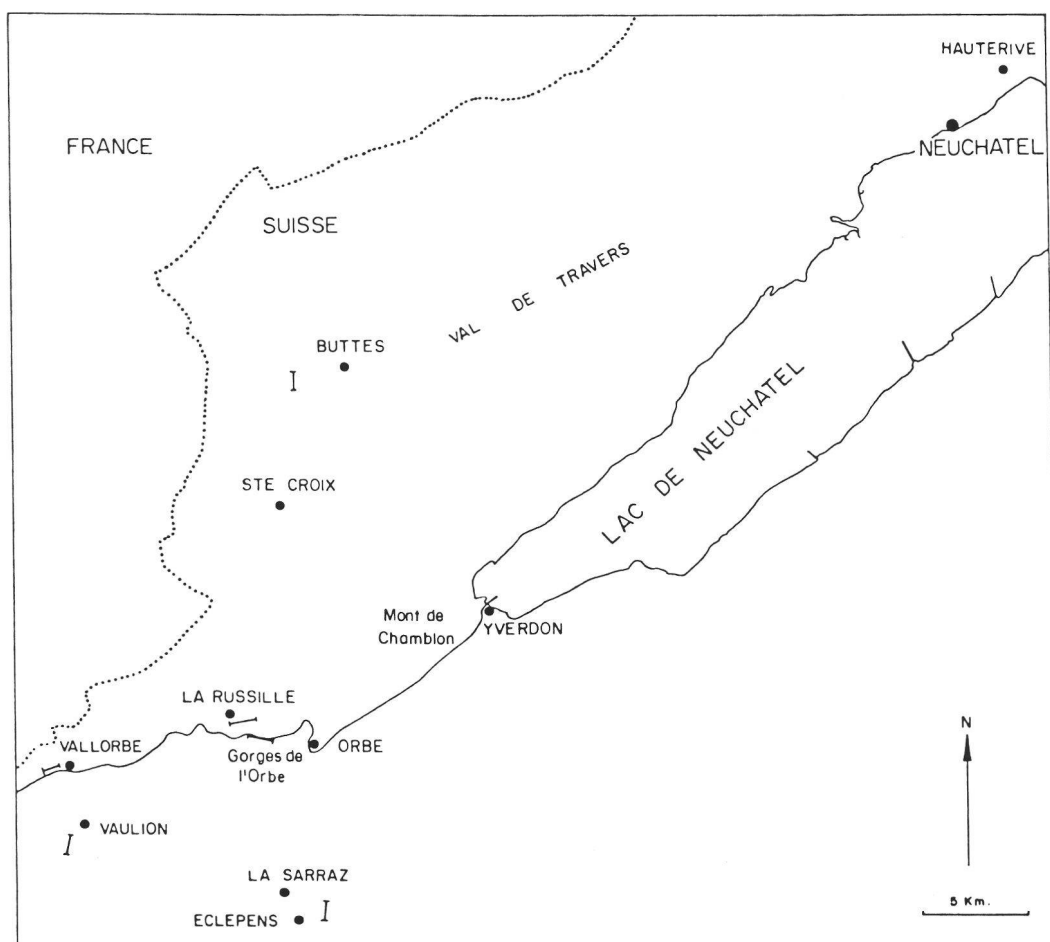


FIG. 1. — Carte de localisation des coupes.

La *Pierre jaune* est constituée de packstones/grainstones bioclastiques à débris d'échinodermes, bryozoaires et mollusques fréquemment associés à de la glauconie. Ce faciès dominant dans la région de Neuchâtel tend à s'enrichir en oolithes en direction des régions vaudoises. Les faciès bioclastiques sont essentiellement circalittoraux mais contiennent fréquemment une certaine proportion de constituants alloctones infralittoraux (*Dasycladales* notamment). Dans ces couches calcaires s'intercalent des niveaux micritiques, marno-calcaires ou marneux, plus ou moins bioclastiques, dont les Marnes d'Uttins sont l'expression la plus spectaculaire.

«*L'Urgonien inférieur*» est surtout caractérisé par le développement des faciès oolithiques et bioclastiques, principalement infralittoraux, qui comportent encore à différents niveaux des intercalations de faciès circalittoraux, de telle manière que dans le Jura vaudois la distinction entre Pierre jaune et «Urgonien inférieur» est souvent délicate. Le sommet est marqué par l'apparition de niveaux à cnidaires, accidentés de discontinuités accompagnées ou non d'horizons marneux dont le plus remarquable est celui qui a été identifié sous le nom de Marnes de La Russille.

Tableau 1

Unités lithostratigraphiques	Séquences	Discontinuités	Zones d'Ammonites	Age
«URGONIEN SUPÉRIEUR» p.p.	UB		?	BARRÉMIEN ????????????
		ε	Sayni?	HAUTERIVIEN SUPÉRIEUR
Marnes de La Russille Calcaires à coraux «URGONIEN INFÉRIEUR» Repère quartzeux	UJ	— — ZII —	Cruasense ou Nodosoplicatum	
		δ		
Pierre jaune supérieure	P			
Marnes d'Uttins			Nodosoplicatum	HAUTERIVIEN INFÉRIEUR
		γ		
Pierre jaune inférieure	H2			
Marnes d'Hauterive p.p.			Radiatus p.p.	

TABEAU 1. — Corrélation des unités lithostratigraphiques, des séquences, des discontinuités et des zones d'ammonites.

«*L'Urgonien supérieur*» (ou «Urgonien blanc») voit localement le développement des faciès bioclastiques à *Orbitolinidae*. Ce sont cependant surtout les faciès à rudistes (*Requieniidae*) qui le caractérisent.

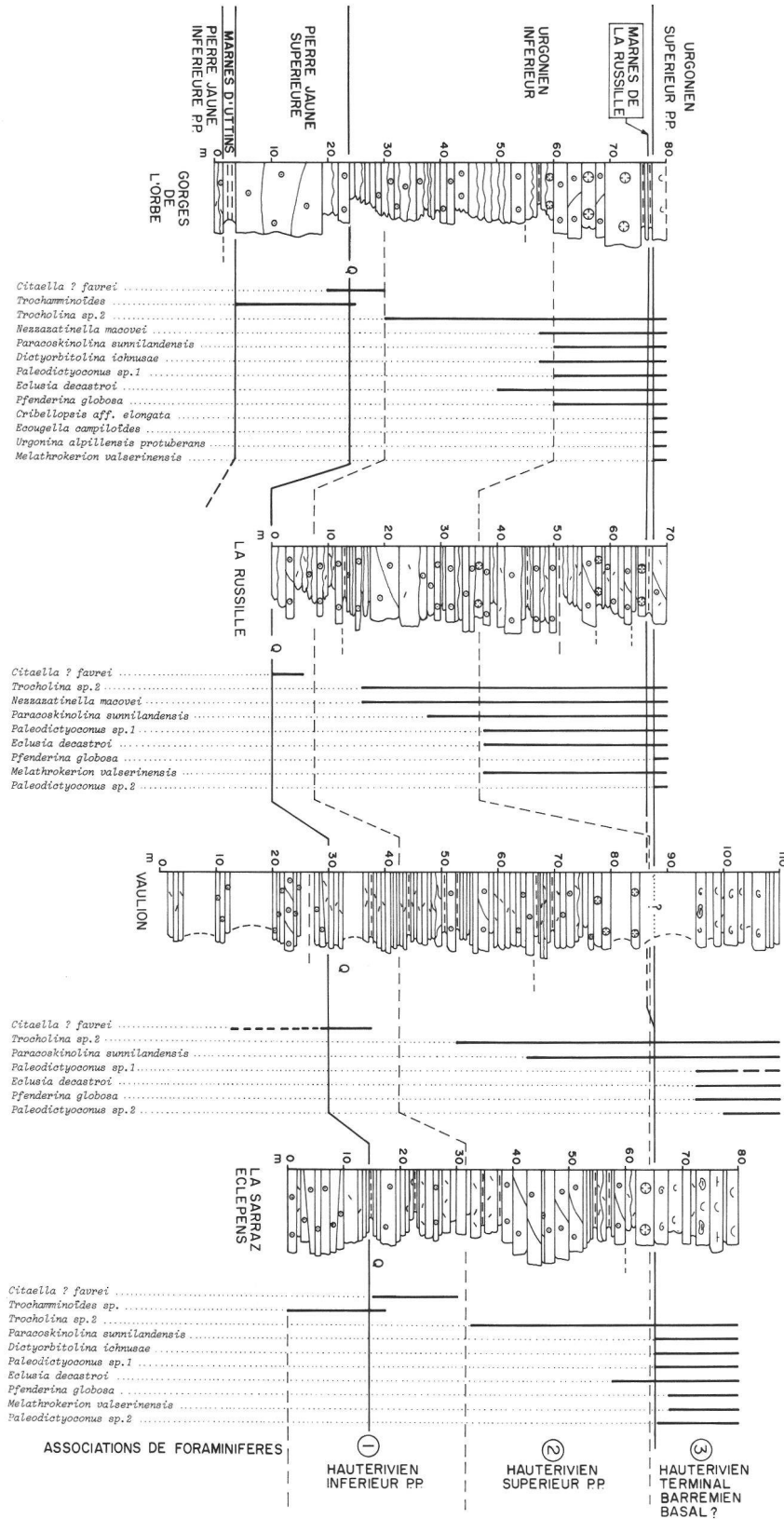


FIG. 2. — Répartition des principaux foraminifères benthiques le long des coupes des gorges de l'Orbe, de La Russille, de Vaullion et de La Sarraz-Eclépens.

La séquence générale qui correspond aux Marnes d'Hauterive, à la Pierre jaune de Neuchâtel, et à «l'Urgonien inférieur» est globalement régressive. On passe de bas en haut de faciès circalittoraux vaseux (Marnes d'Hauterive) à des faciès circalittoraux sableux (Pierre jaune), puis à des faciès essentiellement infralittoraux («Urgonien inférieur»). Cette évolution globale est marquée par de nombreuses oscillations. A partir de «l'Urgonien supérieur», les faciès infralittoraux initialement ouverts deviennent de plus en plus superficiels et tendent vers le confinement.

3. SYSTÉMATIQUE ET RÉPARTITION STRATIGRAPHIQUE

Tous les Foraminifères ont été étudiés en section. Parmi les 31 espèces identifiées, 23 seulement ont été déterminées spécifiquement. La répartition stratigraphique à l'échelle de la Téthys et la localisation précise sur les coupes du Jura neuchâtelois ont été données pour chacune de ces espèces. Enfin leurs affinités circalittorales ou infralittorales, sabulicoles ou vasicoles, ont été précisées quand ces détails pouvaient permettre une meilleure compréhension de la répartition de l'espèce.

3.1. *Ammodiscidae* REUSS 1862

3.1.1. Genre *Glomospira* RZEHAKE 1885

Glomospira sp.

Dans toutes les coupes, cette espèce de petite taille a été rencontrée dans les calcaires micritiques légèrement argileux déposés dans des milieux circalittoraux. Sa répartition, seulement liée à la présence ou à l'absence de faciès de ce type, va donc de la Pierre jaune supérieure à «l'Urgonien inférieur».

3.1.2. Genre *Glomospirella* PLUMMER 1945

Glomospirella sp.

Dans toutes les coupes du Jura, cette espèce de petite taille accompagne *Glomospira* sp. dans les calcaires micritiques légèrement argileux caractéristiques des milieux circalittoraux et présente la même distribution stratigraphique.

3.1.3. Genre *Citaella* PREMOLI SILVA 1964

Citaella? *favrei* CHAROLLAIS, BRÖNNIMANN & ZANINETTI 1966 (pl. 1, fig. 24-26).

- * 1966 *Citaella?* *favrei* n. sp. - CHAROLLAIS, BRÖNNIMANN & ZANINETTI, p. 37-42; pl. 2, fig. 3-4; pl. 3, fig. 1-5; pl. 5, fig. 1-2; t. fig. 4-6.
- v 1976 *Meandrospira* sp. - MASSE, pl. 14, fig. 1.
- v 1983 *Citaella?* *favrei* CHAROLLAIS, BRÖNNIMANN & ZANINETTI-VIÉBAN, pl. 2, fig. 1-3.

Cette espèce, fréquemment associée aux deux espèces précédentes, semble avoir cependant une répartition stratigraphique plus limitée puisqu'elle n'a été observée jusqu'à présent que dans les intercalations de calcaires argileux, plus rarement dans les calcaires bioclastiques situés du sommet de la Pierre jaune supérieure à la base de «l'Urgonien inférieur». Elle est citée en Provence dans la partie inférieure de l'Hauterivien (MASSE, 1976) et en Haute-Savoie de la Zone à *Radiatus* à la Zone Sayni (Hauterivien inférieur et base de l'Hauterivien supérieur), (VIÉBAN, 1983). Dans la région vaudoise elle présente vraisemblablement une répartition comparable.

3.2. *Hormosinidae* HAECKEL 1894

3.2.1. Genre *Reophax* MONTFORT 1808

Reophax? *giganteus* ARNAUD-VANNEAU 1980.

- v * 1980 *Reophax?* *giganteus* n. sp. - ARNAUD-VANNEAU, p. 312-314; pl. 40, fig. 1; pl. 63, fig. 1-2; fig. 105 et 106.

Cette espèce sabulicole de très grande taille, à test constitué essentiellement par des oolites agglutinées, semble étroitement liée aux faciès oobioclastiques dans lesquels elle est constamment présente. Connue au Barrémien et à l'Aptien dans le sud-est de la France et les chaînes subalpines, elle a été identifiée dans la Pierre jaune et dans «l'Urgonien inférieur».

3.3. *Lituolidae* DE BLAINVILLE 1825

3.3.1. Genre *Trochamminoides* CUSHMAN 1910

Trochamminoides sp. (pl. 1, fig. 10-11).

v 1983 *Trochamminoides* sp. - VIÉBAN, pl. 2, fig. 17.

Ce petit *Trochamminoides* (0,400 à 0,600 mm) a un test très fortement agglutiné constitué par de gros grains de quartz qui occultent en partie la lumière des loges. Cette petite forme rappelle l'espèce *T. obscurus* ARNAUD-VANNEAU, de plus grande taille, connue dans le Barrémien supérieur et le Bédoulien. Jusqu'à présent, *Trochamminoides* sp. a été identifié dans le Valanginien des chaînes subalpines et du Jura (ARNAUD-VANNEAU inédit) et dans l'Hauterivien inférieur de Savoie (VIÉBAN, 1983). On le trouve ici dans la Pierre jaune supérieure et à la base de «l'Urgonien inférieur».

3.3.2. Genre *Charentia* NEUMANN 1965

Charentia cuvillieri NEUMANN 1965 (pl. 1, fig. 8).

v * 1965 *Charentia cuvillieri* n. sp. - NEUMANN, pl. 2, fig. 6 à 12.

1967 *Charentia cuvillieri* NEUMANN - NEUMANN, pl. 16, fig. 2 à 4.

1977 *Charentia cuvillieri* NEUMANN - REY, BILOTTE & PEYBERNÈS, pl. 3, fig. 11-12.

v 1980 *Charentia cuvillieri* NEUMANN - ARNAUD-VANNEAU, fig. 124; pl. 50, fig. 6-7, 10, 11; pl. 76, fig. 7 à 11.

Cette espèce très rare n'a été observée qu'épisodiquement dans l'Urgonien. De plus petite taille que les formes décrites à l'origine dans le Cénomanién, elle est par contre tout à fait comparable à celles qui sont connues depuis le Berriasien moyen jusqu'au sommet du Crétacé inférieur.

3.3.3. Genre *Melathrokerion* BRÖNNIMANN & CONRAD 1966

Melathrokerion valserinensis BRÖNNIMANN & CONRAD 1966 (pl. 1, fig. 6).

* 1966 *Melathrokerion valserinensis* n. sp. - BRÖNNIMANN & CONRAD, fig. 4-11, pl. 1; pl. 2, fig. 1-2; pl. 3, fig. 1-2.

1969 *Melathrokerion praesigali* (BANNER) - CONRAD, fig. 19a.

1976 *Melathrokerion praesigali* (BANNER) - PEYBERNÈS, pl. 23, fig. 18.

v 1976 *Melathrokerion praesigali* (BANNER) - MASSE, pl. 14, fig. 22.

1978 *Melathrokerion praesigali* (BANNER) - BABIĆ & GUŠIĆ, pl. 1, fig. 12-13.

1980 *Melathrokerion valserinensis* BRÖNNIMANN & CONRAD - ARNAUD-VANNEAU, pl. 50, fig. 12-13; pl. 77, fig. 1-4; fig. 177.

Cette espèce n'a été observée jusqu'à présent que dans les couches à rudistes de «l'Urgonien inférieur». Elle est en tout point comparable à celle qui a été décrite dans le Barrémien des chaînes subalpines et du sud-est de la France.

3.3.4. Genre *Choffatella* SCHLUMBERGER 1904

Choffatella decipiens SCHLUMBERGER 1903 (pl. 1, fig. 13).

* 1904 *Choffatella decipiens* n. sp. - SCHLUMBERGER, pl. 18, fig. 1 à 6.

* 1949 *Choffatella decipiens* - SCHLUMBERGER - MAYNC, pl. 11, fig. 1 à 7, 10, 12-15; pl. 12, fig. 2-4, non 5 (= *Ch. pyrenaica*), 6, 7 et 9.

- 1970 *Choffatella decipiens* SCHLUMBERGER - FOURCADE, pl. 32, fig. 9.
- ? 1970 *Choffatella decipiens* SCHLUMBERGER - BANNER, pl. 4, fig. 1-5.
- ? 1972 *Choffatella decipiens* SCHLUMBERGER - REY, pl. XII, fig. 4.
- 1976 *Choffatella decipiens* SCHLUMBERGER - PEYBERNÈS, pl. 23, fig. 16.
- 1978 *Choffatella decipiens* SCHLUMBERGER - GARCIA-HERNANDEZ, pl. 26, fig. 13-14.
- 1979 *Choffatella decipiens* SCHLUMBERGER - KOVATCHEVA, pl. 1, fig. 8.
- 1979 *Choffatella decipiens* SCHLUMBERGER - BELLIER, DÉPÊCHE, MATTHIEU & NEUMANN, pl. 2, fig. 3, 6 et 7.
- v 1980 *Choffatella decipiens* SCHLUMBERGER - ARNAUD-VANNEAU, pl. 12, fig. 6-7; pl. 49, fig. 5; fig. 183 et 184.
- v 1983 *Choffatella decipiens* SCHLUMBERGER - VIÉBAN, pl. 2, fig. 11.

Cette espèce a été essentiellement observée dans des calcaires micritiques argileux en particulier dans ceux qui sont situés au sommet des couches à cnidaires de «l'Urgonien inférieur». Elle est présente en abondance dans les calcaires argileux et les marnes des plates-formes du Barrémien-Aptien inférieur dans tout le domaine téthysien.

3.3.5. Genre *Eclusia* SEPTFONTAINE 1971

Eclusia decastroi CHERCHI & SCHROEDER 1975 (pl. 1, fig. 14).

- * 1975 *Eclusia decastroi* n. sp. - CHERCHI & SCHROEDER, Texte-fig. 2; pl. 1, fig. 1-4; pl. 2, fig. 1-4; pl. 3, fig. 1-3, 5-6.
- v 1976 *Eclusia* sp. MASSE, pl. 9, fig. 16.
- 1976 F. indéterminée proche de *Eclusia moutyi* - PEYBERNÈS, pl. 23, fig. 1-2.
- v 1980 *Eclusia decastroi* CHERCHI & SCHROEDER - ARNAUD-VANNEAU, pl. 75, fig. 10.
- v 1983 *Eclusia decastroi* CHERCHI & SCHROEDER - VIÉBAN, pl. 2, fig. 21.

Cette espèce a été trouvée dans «l'Urgonien», généralement au niveau des couches à rudistes. Bien que les sections soient assez mauvaises, il semble qu'il s'agisse d'une forme primitive, assez éloignée des formes beaucoup plus développées observées non seulement dans le Barrémien et l'Aptien du sud-est de la France et des chaînes subalpines mais également dans les Pyrénées et en Sardaigne. Cette espèce pourrait débiter à l'Hauterivien comme en Provence (MASSE, 1976).

3.3.6. Genre *Nautiloculina* MOHLER 1983

Nautiloculina cretacea PEYBERNÈS 1976 (pl. 1, fig. 7).

- 1959 *Nautiloculina* sp. aff. *oolithica* MOHLER - THIEULOY, pl. 15, fig. 8.
- 1963 *Nautiloculina* aff. *oolithica* MOHLER - BILLARD & DELOFFRE, pl. XVIII, fig. 7-8.
- 1969 *Nautiloculina* sp. 1 - CONRAD, fig. 16e.
- 1974 *Nautiloculina* n. sp. - CANÉROT, pl. 16, fig. 12.
- v * 1976 *Nautiloculina cretacea* n. sp. - PEYBERNÈS, pl. 40, fig. 15-16 (non fig. 17 à 22 = *N. bronni-manni*).
- v 1976 *Nautiloculina* sp. - MASSE, pl. 9, fig. 3.
- v 1978 *Nautiloculina cretacea* PEYBERNÈS - ARNAUD-VANNEAU & PEYBERNÈS, pl. 1, fig. 1-5; pl. 2, fig. 1-3.
- v 1980 *Nautiloculina cretacea* PEYBERNÈS - ARNAUD-VANNEAU, fig. 120; pl. 50, fig. 1-2; pl. 76, fig. 1-3.

Cette espèce de la Pierre jaune supérieure et de «l'Urgonien», présente en petit nombre dans les calcaires oobioclastiques, devient plus abondante dans les couches à rudistes. Sa répartition est très large puisqu'elle est connue du Berriasien à l'Aptien (ARNAUD-VANNEAU & PEYBERNÈS, 1978).

Nautiloculina bronnimanni ARNAUD-VANNEAU & PEYBERNÈS 1978, (pl. 1, fig. 9).

- 1969 *Nautiloculina* sp. 1 - CONRAD, pl. IV, fig. 3.
- 1973 *Nautiloculina* n. sp. - MOULLADE & PEYBERNÈS, pl. 3, fig. 3-4.
- 1975 *Nautiloculina* sp. NEAGU, pl. 108, fig. 31-32.
- v 1976 *Nautiloculina cretacea* n. sp. PEYBERNÈS, pl. 40, fig. 17-22 (non fig. 15-16).
- v * 1978 *Nautiloculina bronnimanni* n. sp., ARNAUD-VANNEAU & PEYBERNÈS, pl. 1, fig. 6-8; pl. 2, fig. 4-11.
- 1980 *Nautiloculina cretacea* PEYBERNÈS - GARCIA-HERNANDEZ, pl. 32, fig. 15.
- v 1980 *Nautiloculina bronnimanni* ARNAUD-VANNEAU & PEYBERNÈS - ARNAUD-VANNEAU, fig. 121-122; pl. 50, fig. 3-4; pl. 76, fig. 4-6.

Cette espèce assez rare n'a été observée que dans les couches à rudistes de «l'Urgonien supérieur». Cependant, elle pourrait tout aussi bien se rencontrer dans les calcaires oobioclastiques de l'Urgonien inférieur dont les faciès pourraient lui convenir. En effet, cette espèce est connue depuis le Berriasien jusqu'à l'Aptien.

3.4. *Textulariidae* EHRENBURG 1838

3.4.1. Genre *Bolivinopsis* YAKOVLEV 1891

Bolivinopsis bernardi (CHEVALIER) 1961.

- * 1961 *Textularia bernardi* n. sp. - CHEVALIER, pl. 1, fig. 1 à 5.
- 1964 *Spiroplectamina magna* n. sp. - ANTONOVA & KALUGINA, pl. 4, fig. 4 a, b, c, 5 a, b, c.
- 1972 *Textularia* aff. *bernardi* - CHEVALIER - MAGNIEZ & RAT, pl. 1, fig. 38.
- 1972 *Spiroplectommina schulzei* (REUSS) - NEAGU, pl. 2, fig. 12-14.
- 1975 *Spiroplectommina marginotruncana* n. sp. - NEAGU, pl. 11, fig. 10-28.
- v 1980 *Bolivinopsis bernardi* (CHEVALIER) - ARNAUD-VANNEAU, pl. 5, fig. 1-6; pl. 13, fig. 1-7; fig. 142.

Cette espèce, très rare, n'a été rencontrée que dans les intercalations de calcaires argileux à la limite de la Pierre jaune supérieure et de «l'Urgonien inférieur». Décrite sous des noms différents en Russie et en Roumanie, cette espèce a toujours été trouvée dans des sédiments fins à affinités circalittorales situés dans l'intervalle Hauterivien-Albien du sud de la France, d'Espagne, de Crimée et de Roumanie.

3.5. *Ecougellidae* LOEBLICH & TAPPAN 1985

3.5.1. Genre *Ecougella* ARNAUD-VANNEAU

Ecougella campiloides ARNAUD-VANNEAU 1980 (pl. 1, fig. 15-16).

- v * 1980 *Ecougella campiloides* n. sp. - ARNAUD-VANNEAU, p. 511-515; pl. 47, fig. 7-9; pl. 73, fig. 13-19; fig. 186.

Les rares sections de cette espèce ont été identifiées dans les couches à rudistes de «l'Urgonien supérieur» (Vaulion, gorges de l'Orbe); elles sont tout à fait comparables à celles qui sont connues dans le Barrémien et l'Aptien de la plate-forme subalpine et en Espagne.

3.6. *Ataxophragmiidae* SCHWAGER 1877

3.6.1. Genre *Verneuilina* D'ORBIGNY 1839

Verneuilina cf. *polonica* CUSHMAN & GLAZEWSKI 1949.

- v 1980 *Verneuilina* cf. *polonica* - CUSHMAN & GLAZEWSKI - ARNAUD-VANNEAU, pl. 41, fig. 6; pl. 64, fig. 2-5; fig. 149 et 150.

Cette espèce de grande taille a été observée dans les couches à rudistes de «l'Urgonien supérieur». Assez courante dans les calcaires urgoniens barrémo-aptiens de la région subalpine, elle existe en petit nombre dans les calcaires berriaso-valanginiens de cette même région.

3.6.2. Genre *Gaudryina* D'ORBIGNY 1839

Gaudryina tuchaensis ANTONOVA 1964, (pl. 1, fig. 23).

- * 1964 *Gaudryina tuchaensis* n. sp. - ANTONOVA (in ANTONOVA, SHMIGINATA, GNEDINA, KHALILOVA, pl. 6, fig. 3 à 6.
- 1972 *Dorothia kummi* (ZEDLER) - NEAGU, pl. 2, fig. 29-32; pl. 3, fig. 42-43.
- 1975 *Dorothia kummi* (ZEDLER) - NEAGU, pl. 22, fig. 14-35.
- 1977 *Marssonella kummi* (ZEDLER) - BARTENSTEIN & BOLLI, pl. 1, fig. 23-24.
- v 1980 *Gaudryina tuchaensis* ANTONOVA - ARNAUD-VANNEAU, pl. 6, fig. 1-5; pl. 13, fig. 42-47.
- v 1983 *Gaudryina tuchaensis* ANTONOVA - VIÉBAN, pl. 2, fig. 6-7.

Cette *Gaudryina* a été trouvée en petit nombre dans les intercalations de calcaires micritiques légèrement argileux déposés dans des milieux circalittoraux. Elle n'a été observée que dans celles qui sont situées à la limite de la Pierre jaune et de «l'Urgonien inférieur». Cette espèce fait son apparition au Valanginien et se poursuit jusque dans l'Aptien en montrant une légère augmentation de taille.

3.6.3. Genre *Arenobulimina* CUSHMAN 1927

Arenobulimina corniculum ARNAUD-VANNEAU 1980.

- 1969 *Arenobulimina?* sp. (gr. 2) - CONRAD, fig. 11f.
- 1975 *Arenobulimina* cf. *flandrini* MOULLADE - NEAGU, pl. 20, fig. 24-25.
- v * 1980 *Arenobulimina corniculum* n. sp. - ARNAUD-VANNEAU, p. 441-445; pl. 53, fig. 1-3; pl. 81, fig. 1-8; fig. 164 et 165.

Cette espèce assez rare a été trouvée uniquement dans les couches à rudistes de «l'Urgonien supérieur». Cette espèce, plus ou moins abondante, est toujours présente dans les couches à rudistes barrémiennes et aptiennes de l'Urgonien des chaînes subalpines où elle a d'ailleurs été décrite. Dans le Jura, elle est en outre connue dès le Berrasien.

3.6.4. Genre *Nezzazatinella* DARMOIAN 1976

Nezzazatinella macovei NEAGU 1979 (pl. 1, fig. 18).

- 1969 «*Valvulammina*» sp. - CONRAD, fig. 17e, f, h.
- * 1979 *Nezzazatinella macovei* n. sp. - NEAGU, pl. 3, fig. 1-3; pl. 4, fig. 11-13; Texte-fig. 1-4, 5?
- v 1980 *Nezzazatinella macovei* NEAGU - ARNAUD-VANNEAU, pl. 52, fig. 1-4; pl. 80, fig. 1-13; fig. 169-171.
- v 1983 *Nezzazatinella macovei* NEAGU - VIÉBAN, pl. 2, fig. 16.

Quelques représentants de cette espèce ont été trouvés dans les calcaires urgoniens, précisément dans les niveaux où les débris d'origine infralittorale sont les plus abondants.

Cette espèce est connue de l'Hauterivien à l'Aptien sur les plates-formes nord téthysiennes et italiennes.

3.6.5. Genre *Dobrogelina* NEAGU 1979

Dobrogelina cf. *anastasiui* NEAGU 1979 (pl. 1, fig. 19 à 22).

En dehors de la Pierre jaune supérieure où elle est absente, diverses sections attribuées à cette espèce ont été observées à différents niveaux de «l'Urgonien».

Cette espèce ressemble beaucoup à l'espèce-type décrite dans le Berriasien de Roumanie. Cependant, en l'absence d'individus dégagés qui permettraient de reconnaître les caractères spécifiques décrits sur les échantillons roumains, aucune identification formelle ne peut être faite avec *D. anastasiui*.

3.6.6. Genre *Cuneolina* D'ORBIGNY 1839

Cuneolina laurentii SARTONI & CRESCENTI 1962 (pl. 1, fig. 17).

- * 1962 *Cuneolina laurentii* n. sp. - SARTONI & CRESCENTI, p. 277-278; pl. 48, fig. 7-9; pl. 49, fig. 1-3.

Cette espèce très rare n'a été observée qu'au niveau des couches de «l'Urgonien inférieur».

En Italie, où cette espèce a été décrite, il est classiquement admis qu'elle se rencontre du Valanginien à l'Aptien.

3.7. *Pavonitinae* LOEBLICH & TAPPAN 1961

3.7.1. Genre *Pfenderina* HENSON 1948

Pfenderina globosa FOURY 1968 (pl. 1, fig. 12).

- * 1968 *Pfenderina globosa* n. sp. - FOURY, pl. 20, fig. 9-16; fig. 7.
1969 «*Pfenderina*» sp. 1 - CONRAD, Fig. 20 a-g.
1976 *Pfenderina globosa* FOURY - PEYBERNÈS, pl. 23, fig. 7-8.
v 1976 *Pfenderina globosa* FOURY - MASSE, fig. 17, pl. 10.
1979 *Pfenderina globosa* FOURY - PEYBERNÈS, CONRAD, CUGNY, pl. 1, fig. 20.
v 1980 *Pfenderina globosa* FOURY - ARNAUD-VANNEAU, pl. 48, fig. 15-16; pl. 77, fig. 5-10.
v 1983 *Pfenderina globosa* FOURY - VIÉBAN, pl. 2, fig. 19.

Pfenderina globosa a été trouvée presque uniquement dans les couches à rudistes de «l'Urgonien supérieur» bien que quelques exemplaires aient été déjà identifiés dans les couches à cnidaires. Cette espèce, inconnue au Valanginien, est par contre assez répandue au Barrémien et à l'Aptien inférieur, dans tout le sud de la France, l'Espagne et la Sardaigne. Elle est citée dès l'Hauterivien en Provence (MASSE, 1976).

3.8. *Orbitolinidae* MARTIN 1880

3.8.1. Genre *Dictyorbitolina* CHERCHI & SCHROEDER 1975

Dictyorbitolina? aff. *ichnusae* CHERCHI & SCHROEDER, 1975 (pl. 2, fig. 1-2).

- v 1980 *Dictyorbitolina*? aff. *ichnusae* CHERCHI & SCHROEDER, ARNAUD-VANNEAU, pl. 101, fig. 7-9.
v * 1983 *Dictyorbitolina ichnusae* CHERCHI & SCHROEDER - VIÉBAN, pl. 3, fig. 4-5.

Cette espèce apparaît dans les couches à cnidaires de «l'Urgonien inférieur» mais se développe surtout dans les couches à rudistes de «l'Urgonien supérieur» où elle abonde dans certains niveaux.

L'espèce décrite dans le Barrémien de Sardaigne semble tout à fait comparable à celle qui a été observée dans le Jura.

3.8.2. Genre *Paleodictyoconus* MOULLADE 1965

Paleodictyoconus sp. 1 (pl. 2, fig. 3, 4, 5).

Ce *Paleodictyoconus* est caractérisé par sa très grosse crosse excentrée, par la minceur de son plancher qui s'épaissit assez peu même dans sa partie centrale, et par ses cloisons-piliers qui déterminent un reticulum au contour flou (pl. 2, fig. 5).

Cette espèce, présente en petit nombre dans les couches à cnidaires de «l'Urgonien inférieur», devient fréquente dans les couches à rudistes de «l'Urgonien supérieur».

Paleodictyoconus sp. 2 (pl. 2, fig. 6).

Ce *Paleodictyoconus* est connu uniquement par quelques sections axiales ou subaxiales qui n'ont malheureusement pas recoupé la crosse initiale. Il s'agit d'une espèce de grande taille dont les planchers s'épaississent très vite à peu de distance de la surface du test. La zone centrale est divisée par des larges cloisons-piliers de section triangulaire.

Cette espèce n'a été observée que dans les couches à rudistes de «l'Urgonien supérieur». Il est intéressant de noter que quelques sections de celle-ci ont été également reconnues dans les échantillons du Barrémien d'Orosei (Sardaigne), aimablement communiqués par I. DIENI.

3.8.3. Genre *Paracoskinolina* MOULLADE 1965

Paracoskinolina sunnilandensis (MAYNC 1955), (pl. 2, fig. 8-9).

- * 1955 *Coskinolina sunnilandensis* n. sp. - MAYNC, pl. 16, fig. 1-2, 5-7; pl. 17, fig. 1-9.
- 1960 *Coskinolina sunnilandensis* MAYNC - MOULLADE, pl. 1, fig. 1-9.
- 1966 *Meyendorffina* (*Paracoskinolina*) *sunnilandensis* (MAYNC) - MOULLADE, pl. 10, fig. 10.
- 1969 *Dictyoconus sunnilandensis* (MAYNC) - MEHÈS, pl. IV, fig. 11.
- 1976 *Paracoskinolina sunnilandensis* (MAYNC) - PEYBERNÈS, pl. XXI, fig. 12.
- v 1976 *Dictyoconus sunnilandensis* (MAYNC) - MASSE, pl. 11, fig. 10.
- v 1980 *Paracoskinolina sunnilandensis* (MAYNC) - ARNAUD-VANNEAU, pl. 61, fig. 9; pl. 101, fig. 1-4.
- v 1983 *Paracoskinolina sunnilandensis* (MAYNC) - VIÉBAN, pl. 3, fig. 3.

Comme dans le cas précédent, les premières sections de cette espèce ont été identifiées dans la partie supérieure de «l'Urgonien inférieur», mais c'est seulement dans les couches à rudistes de «l'Urgonien supérieur» que cette espèce devient plus abondante. Ces sections de *P. sunnilandensis* sont tout à fait comparables à celles qui ont été observées du Barrémien à l'Aptien sur les plates-formes nord téthysiennes.

3.8.4. Genre *Cribellopsis* ARNAUD-VANNEAU 1980

Cribellopsis aff. *elongata* (DIENI, MASSARI & MOULLADE, 1963), (pl. 2, fig. 7).

Ce *Cribellopsis* très allongé présente une zone centrale confuse. Cette espèce, très rare, n'a été trouvée que dans les derniers bancs des couches de «l'Urgonien inférieur» de la coupe de Serrières.

Par ailleurs, elle a été reconnue dans les couches du passage Hauterivien-Barrémien du Vercors méridional. Dans ce secteur, cette espèce se rencontre dans la partie inférieure d'un ensemble de calcaires bioclastiques intercalés dans les calcaires argileux à Céphalopodes datés à la base par *Plesiospitidiscus ligatus* de l'Hauterivien supérieur et au sommet par les Torcapelles du Barrémien basal (H. ARNAUD, 1981, fig. 30, p. 80). Elle débiterait donc dès l'Hauterivien terminal/Barrémien basal.

3.8.5. Genre *Urgonina* FOURY & MOULLADE 1966

Urgonina alpillensis protuberans FOURY & MOULLADE, 1966 (pl. 2, fig. 10).

- v * 1963 *Coskinolina alpillensis* n. sp. - FOURY, pl. 1, fig. 7, non 8; pl. 3, fig. 1-9.
- v 1966 *Urgonina protuberans* n. sp. - FOURY & MOULLADE, pl. 1, fig. 7-19; pl. 2, fig. 1-11.
- 1976 *Urgonina* (*Urgonina*) *protuberans* FOURY & MOULLADE - PEYBERNÈS, pl. XXI, fig. 1.
- 1976 *Urgonina protuberans* FOURY & MOULLADE - MASSE, pl. 12, fig. 20.
- v 1980 *Urgonina alpillensis protuberans* FOURY & MOULLADE - ARNAUD-VANNEAU, pl. 91, fig. 1-3.

Cette sous-espèce qui semble correspondre à la forme peu évoluée d'*Urgonina alpillensis* se rencontre en quelques exemplaires dans les derniers bancs des couches de «l'Urgonien inférieur» de Serrières, où elle accompagne *Cribellopsis* aff. *elongata*.

Elle est connue dans tout le Barrémien inférieur du sud de la France et des Pyrénées ainsi que dans les couches de passage Hauterivien-Barrémien.

3.9. *Involutinidae* BÜTSCHLI 1880

3.9.1. Genre *Trocholina* PAALZOW 1922

Trocholina sagittaria ARNAUD-VANNEAU, BOISSEAU, DARSAC 1988 (pl. 1, fig. 5).

- v 1980 *Trocholina* aff. *elongata* (LEUPOLD) - ARNAUD-VANNEAU, pl. 79, fig. 18-20.
- v * 1988 *Trocholina sagittaria* n. sp. - ARNAUD-VANNEAU, BOISSEAU, DARSAC, pl. 1, fig. 5; pl. 6, fig. 1 à 10.

Cette forme, extrêmement rare, n'a été trouvée que dans les couches à rudistes de «l'Urgonien supérieur» de la coupe de Buttes.

Trocholina odukpaniensis DESSAUVAGIE 1968 (pl. 1, fig. 3-4).

- 1963 *Trocholina* sp. 1 - GUILLAUME, 268-270; pl. 6, fig. 111-118.
- * 1968 *Trocholina odukpaniensis* n. sp. - DESSAUVAGIE, p. 64-76, pl. 1, fig. 1-4; pl. 2, fig. 3-5, 7.
- 1969 *Trocholina* cf. *friburgensis* (GUILLAUME & REICHEL) - CONRAD, p. 59, fig. 18c-d.
- v 1976 *Trocholina aptiensis* IOCHEVA - MASSE, pl. 14, fig. 13.
- v 1976 *Trocholina* sp. - MASSE, pl. 14, fig. 14.
- v 1980 *Trocholina* sp. - ARNAUD-VANNEAU, p. 753-754; pl. 79, fig. 1-5.
- v 1988 *Trocholina odukpaniensis* DESSAUVAGIE - ARNAUD-VANNEAU, BOISSEAU, DARSAC, pl. 5, fig. 7-22.

Cette espèce, assez fréquente, est présente dans la Pierre jaune et «l'Urgonien». Dans la Pierre jaune, il s'agit essentiellement d'individus de petite taille, dans «l'Urgonien» d'individus de plus grande taille.

Cette espèce apparaît vraisemblablement au Berriasien, reste très rare au Berriasien et au Valanginien, et devient particulièrement abondante à l'Hauterivien et au Barrémien.

3.9.2. Genre *Neotrocholina* REICHEL 1955

Neotrocholina infragranulata (NOTH) 1951 (pl. 1, fig. 2).

- * 1951 *Trocholina infragranulata* n. sp. - NOTH, pl. 1, fig. 32.
- 1960 *Trocholina infragranulata* NOTH - CHEVALIER, pl. 7, fig. 141.
- 1975 *Trocholina infragranulata infragranulata* NOTH - NEAGU, pl. 96, fig. 1-12, 25-26, 29-30.
- v 1980 *Neotrocholina infragranulata* (NOTH) - ARNAUD-VANNEAU, pl. 8, fig. 1-5; pl. 15, fig. 29-34.

Cette petite Néotrocholite à base plate montre une face orale très indentée en raison des nombreux piliers qui l'accidentent. Sa petite taille (diamètre 0,460 à 0,600 mm) et l'ornementation de sa face orale visible en section ont permis de l'identifier à *N. infragranulata*, espèce décrite à l'aide d'exemplaires dégagés. Cette Néotrocholite a été observée dans toutes les coupes, dans tous les faciès et à tous les niveaux. Elle ne semble pas connue avec certitude au Valanginien; par contre elle a été retrouvée de l'Hauterivien au Bédoulien de l'Aquitaine à la Crimée.

Neotrocholina aff. *friburgensis* GUILLAUME & REICHEL 1957 (pl. 1, fig. 1).

- 1966 *Trocholina* sp. aff. *friburgensis* GUILLAUME & REICHEL - MOULLADE, pl. 6, fig. 1-3.
- 1978 *Neotrocholina friburgensis* GUILLAUME & REICHEL - GARCIA-HERNANDEZ, pl. 27, fig. 12.
- v 1980 *Neotrocholina* aff. *friburgensis* GUILLAUME & REICHEL - ARNAUD-VANNEAU, pl. 48, fig. 8-11; pl. 79, fig. 12-17.

Il s'agit d'une Néotrocholite de grande taille (diamètre 0,640 à 0,860 mm), à base plane ou légèrement convexe et plus large que haute. Sa taille peut atteindre le double de celle de *N. infragranulata*. En l'absence de sections suffisamment bonnes pour avoir une idée correcte de l'ornementation, il n'est pas possible de proposer une détermination spécifique précise. Par contre, ces sections sont tout à fait semblables à celles des grandes Néotrocholites du Valanginien et du Barrémien inférieur qui ont été attribuées à cette espèce. Dans les coupes du Jura, cette Néotrocholite apparaît beaucoup plus tard que *N. infragranulata* puisqu'elle n'a été mise en évidence qu'à partir du sommet des calcaires oobioclastiques de «l'Urgonien inférieur». Comme pour *Trocholina odukpaniensis* de grande taille, son apparition coïncide avec l'augmentation notable des débris d'origine infralittorale.

3.10. *Nodosariidae* EHRENBURG 1838

Genre *Lenticulina* LAMARCK 1804.

Les représentants de ce genre se rencontrent essentiellement dans les faciès circalittoraux de la Pierre jaune et de «l'Urgonien inférieur».

3.11. *Incertae Sedis*

Sabaudia minuta (HOFKER jr.) 1965.

- * 1965 *Textulariella minuta* n. sp. - HOFKER (p. 186-187); pl. 3, fig. 5-6; pl. 4, fig. 1-9.
- 1965 *Sabaudia minuta* (HOFKER) - CHAROLLAIS & BRÖNNIMANN - Texte - fig. 2f; pl. 1, fig. 5-6.
- 1966 *Textulariella minuta* HOFKER - CHIOCCHINI & DI NAPOLI-ALLIATA, pl. 1, fig. 1-6, 8; pl. 2, fig. 1-6; pl. 3, fig. 1-2?
- 1970 *Sabaudia minuta* (HOFKER) - FOURCADE, pl. 33, fig. 3.
- 1976 *Sabaudia minuta* (HOFKER) - MASSE, pl. 14, fig. 18-19.
- 1977 *Sabaudia minuta* (HOFKER) - VELIĆ, pl. 21, fig. 1-3; pl. 24, fig. 1-3; pl. 26, fig. 1-4.
- 1977 *Sabaudia minuta* (HOFKER) - DECROUEZ, fig. 1.
- * 1978 *Sabaudia minuta* (HOFKER) - BABIĆ et GUŠIĆ, pl. 2, fig. 5-7.
- 1978 *Sabaudia minuta* (HOFKER) - GARCIA-HERNANDEZ, pl. 25, fig. 12.
- 1979 *Sabaudia minuta* (HOFKER) - LUPERTO SINNI, pl. 8, fig. 11.
- v 1980 *Sabaudia minuta* (HOFKER) - ARNAUD-VANNEAU, pl. 8, fig. 15-16; pl. 16, fig. 6-13; fig. 191 et 192.

Cette espèce a été trouvée très épisodiquement dans tous les faciès des couches à cnidaires et des couches à rudistes de «l'Urgonien». Sa répartition stratigraphique est très large puisqu'elle est connue du Valanginien à l'Albien.

4. RÉPARTITION PALÉOÉCOLOGIQUE ET STRATIGRAPHIQUE

La répartition des foraminifères benthiques obéit à deux impératifs : le premier, d'ordre stratigraphique, est lié à l'évolution biologique ; le second est d'ordre écologique car ces formes sont étroitement liées notamment à la nature du substrat (vase, sable, etc.) et à l'étagement benthique (étage infralittoral ou circalittoral). Le tableau 2 rend compte de la répartition des foraminifères en fonction de ces impératifs et permet de visualiser les associations de faunes rencontrées dans les différents niveaux des coupes.

4.1. Répartition paléoécologique

Quatre types d'association ont été distingués en fonction de l'étagement benthique et de la nature du substrat.

4.1.1. Groupe des espèces vasicoles à mixticoles à affinités circalittorales

Dans cette association se rencontrent essentiellement des espèces de petite taille (*Glomospira* sp., *Glomospirella* sp., *Citaella? favrei*, *Gaudryina tuchaensis*, *Bolivinopsis bernardi*), une seule espèce de grande taille à test complexe (*Choffatella decipiens*), et d'autres espèces appartenant au groupe des Lenticulines. Toutes ces espèces s'observent dans des niveaux de marnes ou de calcaires micritiques plus ou moins argileux et sont associées à une épifaune macrobenthique à tendance sciaphile (bryozoaires, spongiaires). Les petites espèces se rencontrent surtout dans les niveaux marneux ou les calcaires argileux situés à la base de la Pierre jaune supérieure, et dans les niveaux de marnes et de calcaires argileux intercalés entre la Pierre jaune et les calcaires oobioclastiques de «l'Urgonien». *Choffatella decipiens* est par contre surtout abondante dans les bancs calcaires micritiques plus ou moins argileux situés dans les couches à cnidaires et pourrait avoir une signification à la fois circalittorale et infralittorale.

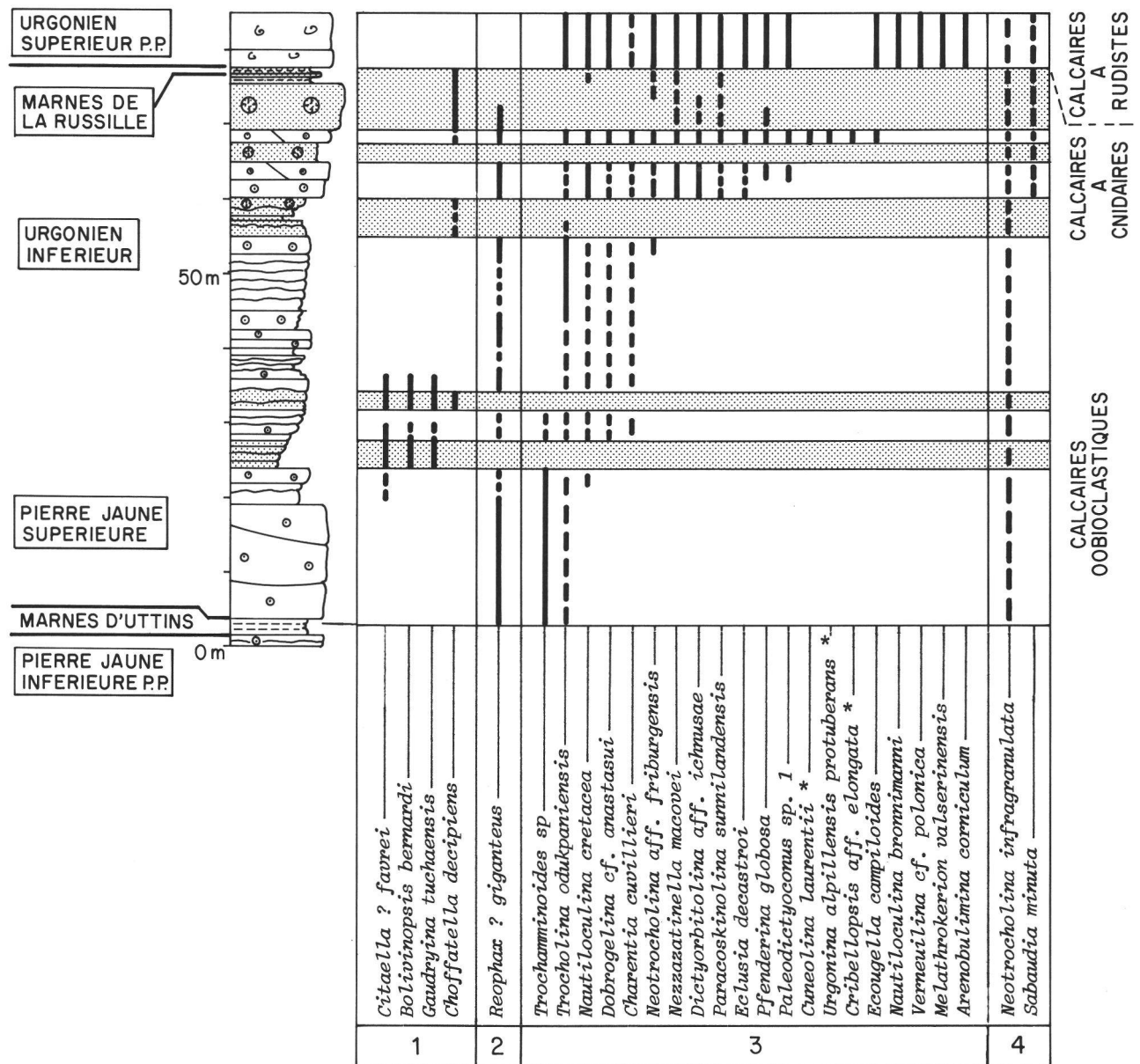


TABLEAU 2. — Répartition des principaux foraminifères benthiques dans la coupe des gorges de l'Orbe. — En blanc sont figurés les calcaires oobioclastiques (oosparites, biosparites) et à rudistes (biosparites) des milieux circalittoraux et surtout infralittoraux. En pointillé, les calcaires micritiques parfois argileux (biomicrites) des milieux circalittoraux. Les espèces de foraminifères ont été réparties en quatre groupes :

- 1, espèces essentiellement vasicoles à affinités circalittorales ;
- 2, espèce sabulicole limitée aux oosparites et biosparites ;
- 3, espèces essentiellement sabulicoles à mixticoles à affinités plutôt infralittorales ;
- 4, espèces ubiquistes.

La répartition apparemment plus large de certaines espèces tient compte de l'existence d'un remaniement dans des biotopes adjacents.

* Espèces rencontrées seulement dans l'Urgonien inférieur de Serrières.

4.1.2. Espèces sabulicoles liées aux faciès oolithiques

Il s'agit de *Reophax? giganteus* dont le test agglutine des oolithes et qui se rencontre presque toujours dans des faciès oolithiques ou oobioclastiques.

4.1.3. Groupe des espèces sabulicoles à mixticoles montrant plutôt des affinités infralittorales

Contrairement à ceux du premier groupe, il s'agit de foraminifères d'assez grande taille qui peuvent être regroupés en deux ensembles.

- Le premier rassemble des foraminifères à test agglutiné calcaire et à structure simple comme *Trochamminoides* sp., *Dobrogeolina* cf., *anastasiui*, *Nautiloculina cretacea*, *Nautiloculina bronnimanni*, *Nezzazatinella macovei*, *Verneuilina* cf. *polonica*, *Arenobulimina corniculum* ou à test hyalin comme *Trocholina odukpaniensis* et *Neotrocholina* aff. *friburgensis*. Ce premier ensemble est plus ou moins présent dans tous les niveaux des calcaires bioclastiques qui peuvent être soit infralittoraux soit circalittoraux.
- Le deuxième est constitué de foraminifères à test agglutiné calcaire montrant un test ou une structure interne plus ou moins complexe: *Orbitolinidae*, *Eclusia decastroi*, *Cuneolina laurentii*, *Pfenderina globosa*, *Melathrokerion valserinensis*, *Ecougella campiloides*. Ces foraminifères ont été observés essentiellement dans les parties sommitales des coupes. Présents dans les calcaires oobioclastiques pour autant que la proportion des bioclastes d'origine infralittorale, Dasycladales notamment, soit importante, ils deviennent plus nombreux dans les couches à cnidaires et sont encore plus fréquents dans les couches à rudistes. Ces foraminifères sont accompagnés de nombreux miliolidés.

4.1.4. Groupe des espèces ubiquistes

En fait ce groupe rassemble seulement deux espèces, *Neotrocholina infragranulata* et *Sabaudia minuta*, qui peuvent être présentes dans n'importe quel faciès de l'intervalle étudié.

4.2. Répartition stratigraphique

Quelques espèces ont une répartition stratigraphique très large qui s'étend du Valanginien au Bédoulien et parfois au-delà. Il s'agit de *Charentia cuvillieri*, *Nautiloculina cretacea*, *Nautiloculina bronnimanni*, *Gaudryina tuchaensis*, *Arenobulimina corniculum*, *Sabaudia minuta*, *Cuneolina laurentii*, *Trocholina odukpaniensis* et peut-être *Neotrocholina* aff. *friburgensis* et *Neotrocholina infragranulata*.

D'autres espèces ont une répartition plus limitée.

- 1) Certaines n'apparaissent en nombre significatif qu'à l'Hauterivien: *Choffatella decipiens*, *Trocholina sagittaria*.
- 2) D'autres ne semblent vraiment connues qu'à partir de l'Hauterivien: *Bolivinopsis bernardi*, *Reophax? giganteus*, *Nezzazatinella macovei*, *Eclusia decastroi*, *Paracoskinolina sunnilandensis*, *Dictyorbitalina? aff. ichnusae* et *Paleodictyoconus* sp. 1.
- 3) Certaines pourraient apparaître soit à l'Hauterivien terminal, soit au Barrémien basal, comme *Pfenderina globosa*, *Cribellopsis* aff. *elongata*, *Ecougella campiloides*, *Urgonia alpillensis protuberans*, *Melathrokerion valserinensis* et *Paleodictyoconus* sp. 2.

Enfin deux espèces seulement semblent avoir une répartition plus restreinte: *Citaella? favrei* et *Trochamminoides* sp. qui, apparues dès le Valanginien, ne semblent pas dépasser la base de l'Hauterivien supérieur dans la région étudiée. Notons qu'en Provence, *Citaella? favrei* avait déjà la même répartition.

5. CONCLUSIONS

Cette étude sur les foraminifères benthiques permet de formuler les deux conclusions suivantes.

1. Du point de vue des paléoenvironnements, les foraminifères permettent de séparer quatre groupes de faciès:

- les calcaires micritiques argileux et les marnes à tendance circalittorale renfermant une faune de petits foraminifères à test agglutiné calcaire et des *Nodosariidae*;
 - les calcaires bioclastiques et oobioclastiques renfermant une faune de foraminifères de plus grande taille dont le test ne montre pas des structures internes;
 - les calcaires bioclastiques et oobioclastiques, riches en bioclastes d'origine infralittorale, caractérisés en outre par des grands foraminifères à test agglutiné calcaire dont la structure interne devient complexe;
 - les calcaires à rudistes riches en *Miliolidae* et grands foraminifères.
2. Du point de vue stratigraphique il est possible de distinguer trois ensembles.
- *L'ensemble inférieur* qui correspond à la Pierre jaune et à la base de «l'Urgonien inférieur» est caractérisé dans les calcaires oobioclastiques par *Trochamminoides* sp. et dans les calcaires argileux par *Citaella? favrei*. Il a été daté de l'Hauterivien inférieur p.p. et peut-être de la base de l'Hauterivien supérieur.
 - *L'ensemble moyen* qui correspond essentiellement à «l'Urgonien inférieur» (partie basale exceptée) renferme *Trocholina odukpaniensis*, *Nezzazatinella macovei*, *Paracoskinolina sunnilandensis*, *Dityorbitolina? aff. ichnusae*, *Paleodictyoconus* sp. 1, *Eclusia decastroi* et, surtout au sommet de cet ensemble, dans «l'Urgonien» de Serrières, *Cribellopsis aff. elongata* et *Urgonina alpillensis protuberans*. Ces deux dernières espèces sont connues à la limite Hauterivien-Barrémien et dans le Barrémien inférieur. Il serait ainsi possible d'attribuer à cet ensemble un âge Hauterivien supérieur et peut-être déjà Barrémien inférieur.
 - *L'ensemble supérieur* qui correspond à la partie basale de «l'Urgonien supérieur» est caractérisé par *Pfenderina globosa*, *Ecougella campiloides*, *Trocholina sagittaria*, *Melathrokerion valserinensis* et *Paleodictyoconus* sp. 2. Ces espèces sont bien connues au Barrémien et apparaissent vraisemblablement à l'Hauterivien. Il n'est donc pas possible d'attribuer un âge précis à cette formation sur la foi de ces seules données. Cependant la découverte par ZWEIDLER (1985) de *Paracoskinolina reicheli* à la base des calcaires à rudistes d'Eclépens permet d'être plus précis. En effet, cette espèce bien connue apparaît à la limite Barrémien inférieur-Barrémien supérieur (MASSE 1976, ARNAUD-VANNEAU 1980, MOULLADE, PEYBERNÈS, REY & SAINT-MARC 1985) et caractérise le Barrémien supérieur et la base de l'Aptien inférieur. Sa présence dès la base de cette formation permet donc de la dater du Barrémien, probablement même du Barrémien supérieur.

6. BIBLIOGRAPHIE

- ANTONOVA, Z. A., SHMIGINATA, T. A., GNEDINA, A. G. & KHALILOVA — (1964). Foraminiferi neocoma i apta Mejdureciaia. *Trudy Krasnodarsk. Fil. Vses. Neftegaz. n. in. ta. Vyp.*, Moscou, 12: 3-72, 14 pl.
- ARNAUD, H. — (1981). De la plate-forme urgonienne au bassin vocontien: le Barrémo-Bédoulien des Alpes occidentales entre Isère et Büech (Vercors méridional, Diois oriental et Dévoluy). *Géologie Alpine*, Grenoble, mem. 12, 3 v: 804 p., 297 fig., 115 pl.
- ARNAUD-VANNEAU, A. — (1980). Micropaléontologie, paléoécologie et sédimentologie d'une plate-forme carbonatée de la marge passive de la Téthys. L'Urgonien du Vercors septentrional et de la Chartreuse (Alpes occidentales). *Géologie Alpine*, Grenoble, mém. 11, 3 v: 874 p., 254 fig., 115 pl.
- ARNAUD-VANNEAU, A., BOISSEAU, T. & DARSAC, C. — (1988). Le genre *Trocholina* Paalzow 1922 et ses principales espèces au Crétacé. *Revue de Paléobiologie*, vol. spéc. N° 2, Genève, p. 353-377, 8 fig., 6 pl.
- ARNAUD-VANNEAU, A. & PEYBERNÈS, B. — (1978). Les représentants éocétacés du genre *Nautiloculina* Mohler, 1938 (Foraminifera, fam. Lituolidae?) dans les chaînes subalpines septentrionales (Vercors) et les Pyrénées franco-espagnoles. Révision de *Nautiloculina cretacea* Peybernès 1976 et description de *Nautiloculina brönnimanni* n. sp. *Géobios*, Lyon 11, 1: 67-81, 5 fig., 2 pl.
- BRÖNNIMANN, P. & CONRAD, M. A. — (1966). Cinquième note sur les Foraminifères du Crétacé inférieur de la région genevoise. «*Melathrokerion valserinensis*» n. gen., n. sp., un Foraminifère nouveau du Barrémien à faciès urgonien dans le Jura français. *C. R. Séances S.P.H.N.*, Genève, N. Ser., 1, 3: 129-151.
- CHAROLLAIS, J., BRÖNNIMANN, P. & ZANINETTI, L. — (1966). Troisième note sur les Foraminifères du crétacé inférieur de la région genevoise. Remarques stratigraphiques et description de *Pseudotextulariella salevensis* n. sp., *Haplophragmoides joukowskyi* n. sp., *Citaella? favrei* n. sp. *Arch. Sci. Genève* 19, 1: 23-48.

- CHERCHI, A. & SCHROEDER, T. — (1975). *Dictyorbitolina ichnusae* n. gen., n. sp. (Foram.) del Barremiano della Sardegna Nord-occidentale. *Boll. Soc. Paleont. ital.*, Modena 14, 1: 47-54, tav. 2, 4 fig.
- CHEVALIER, J. — (1961). Quelques nouvelles espèces de Foraminifères dans le Crétacé inférieur méditerranéen. *Rev. Micropal.*, Paris 4, 1: 30-36, 1 pl.
- CONRAD, M. A. — (1969). Les calcaires urgoniens de la région entourant Genève. *Ecl. géol. helv.* Bâle 62, 1: 1-79, 7 pl.
- CONRAD, M. A. & MASSE, J.-P. — (1989). Corrélations des séries carbonatées de l'Hauterivien et du Barrémien p.p. dans le NW vaudois (Suisse). *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 11: 307-322, Neuchâtel.
- FOURY G. — (1963). Deux espèces nouvelles d'Orbitolinidae du faciès urgonien des Alpilles (Bouches du Rhône). *Rev. Micropal.*, Paris, vol. 6, N° 1, p. 3-12.
- (1968). Le Crétacé inférieur des Alpilles. Contribution à l'étude stratigraphique et micropaléontologique. *Géobios*, Lyon 1: 119-164, 12 fig., pl. 18-20.
- FOURY, G. & MOULLADE, M. — (1966). *Orbitolinidae* nouveaux du Barrémien (Faciès urgonien) des Alpilles (Bouches du Rhône). *Rev. Micropal.* Paris 8, 4: 249-257.
- GUILLAUME, S. — (1963). Les Trocholines du Crétacé inférieur du Jura. *Rev. Micropal.* Paris 5, 4: 257-276.
- (1966). Le Crétacé du Jura français. *Bull. B.R.G.M.*, Paris 15: 217 p., 94 fig., 6 pl.
- HOFKER, J. Jr. — (1965). Some foraminifera from the Aptian-Albien passage of northern Spain. *Leids geol. med.*, Leiden, 33: 183-189.
- LEUPOLD, W. & BIGLER, H. — (1935). *Coscinoconus*, eine neue Foraminiferenform aus Tithon-Unterkreide. Gesteinen der helvetischen Zone. *Ecl. géol. Helv.*, Bâle 28, 2: 606-624, pl. XVIII.
- MASSE, J.-P. — (1976). Les calcaires urgoniens de Provence, Valanginien - Aptien inférieur. Stratigraphie, paléontologie, les paléoenvironnements et leur évolution. *Thèse de doctorat d'Etat*, Université d'Aix-Marseille II, U.E.R. Sci. de la mer et de l'environnement, Marseille, 445 p., 125 fig., 60 pl., 11 tabl.
- MAYNC, W. — (1955). *Coskinolina sunnilandensis* n. sp., a lower cretaceous (Urgo-Albien) species. *Contr. Cushman Fds. Forma. Res.*, Washington 6, 3: 105-111, pl. 16-17.
- MOULLADE, M., PEYBERNÈS, B., REY, J. & SAINT-MARC, P. — (1985). Biostratigraphic interest and paleobiogeographic distribution of Early and Mid-Cretaceous Mesogean Orbitolinids (Foraminiferida). *Jour. Foram. Res.*, Washington, vol. 15, N° 3, p. 149-158, pl. 1-2.
- NEAGU, T. — (1975). Monographie de la faune des Foraminifères éocétacés du couloir de Dîmbovicioara, de Codlea et des Monts Persani (couches des Carhaga). *Mem. Inst. Geol. Geoph.*, Bucarest, XXV: 141 p., 110 pl.
- (1979). Données nouvelles concernant les représentants de la famille des *Pfenderinidae* de l'Eocétacé de la Dobrogea méridionale (Roumanie). *Rev. Esp. Micropaléont.*, Madrid, XI, 3: 479-504, 4 pl., 7 fig.
- NEUMANN, M. — (1965). Contribution à l'étude de quelques Lituolidés du Cénomanien de l'Île Madame (Charente-Maritime). *Rev. Micropal.*, Paris 8, 2: 90-95, 2 pl.
- NOTH, R. — (1951). Foraminiferen aus unter und oberkreide des österreichischen Anteils an Flysch, helvetikum und vorland vorkommen. *Jb. geol. Bundesanst. Sonderband 3*, Wien: 91 p., 9 pl.
- PEYBERNÈS, B. — (1976). Le Jurassique et le Crétacé inférieur des Pyrénées franco-espagnoles entre la Garonne et la Méditerranée. *Thèse de doctorat ès Sciences naturelles*, Toulouse: 459 p., 149 fig., XLII pl.
- SARTONI, S. & CRESCENTI, U. — (1960-1961). Ricerche biostratigrafiche nel Mesozoico dell'Appennino Meridionale. *Giornale di Geologia*, Bologna XXIX, Ser. 2a: 162-304.
- SCHLUMBERGER, Ch. — (1904). Note sur le genre *Choffatella* n. gen. *Bull. Soc. France*, Paris, série 4, 4: 763-764, pl. XVIII.
- VIÉBAN, F. — (1983). Installation et évolution de la plate-forme urgonienne (Hauterivien à Bédoulien) du Jura méridional aux chaînes subalpines (Ain, Savoie, Haute-Savoie). *Thèse 3^e Cycle*, Grenoble, 293 p., 136 fig.
- VIÉBAN, F., ARNAUD-VANNEAU, A., ARNAUD, H. & THIEULOY, J.-P. — (1982). Coupures sédimentologiques et stratigraphiques de l'Hauterivien inférieur entre le Jura méridional et les massifs subalpins septentrionaux. *9^e R.A.S.T.*, Paris: p. 621.
- ZWEIDLER, D. — (1985). Genèse des gisements d'asphalte des formations de la Pierre Jaune de Neuchâtel et des Calcaires Urgoniens du Jura. (Jura neuchâtelois et nord-vaudois, Suisse). *Thèse Université de Neuchâtel*, 107 p., 72 fig., 7 pl.

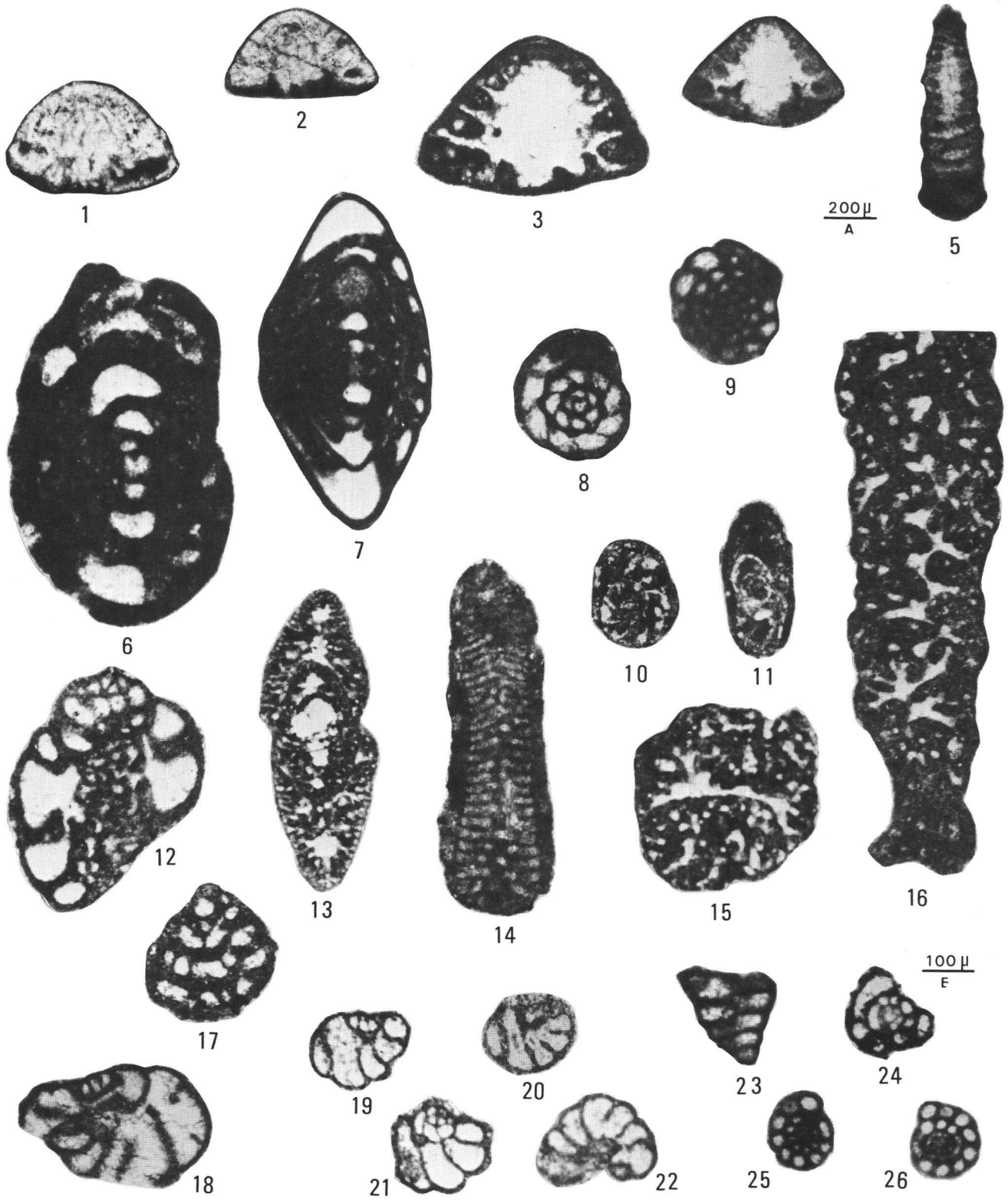
PLANCHE I

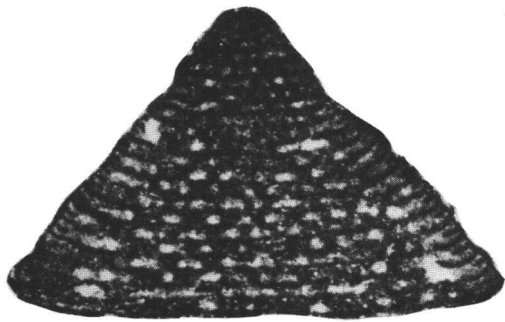
- 1 *Neotrocholina* aff. *friburgensis* — GUILLAUME & REICHEL — Section subaxiale — A 534, couches à cnidaires — Gorges de l'Orbe.
- 2 *Neotrocholina infragranulata* (NOTH) — Section axiale — 7074, couches à cnidaires — Gorges de l'Orbe.
- 3 *Trocholina odukpaniensis* DESSAUVAGIE — Grands individus — Section subaxiale — 7179, couches à cnidaires et couches à rudistes — Vaulion.
- 4 *Trocholina odukpaniensis* DESSAUVAGIE — Petits individus — Section subaxiale — 7073, couches à cnidaires — La Sarraz.
- 5 *Trocholina sagittaria* ARNAUD-VANNEAU, BOISSEAU & DARSAC — Section subaxiale — 631, couches à rudistes — Buttes.
- 6 *Melathrokerion valserinensis* BRÖNNIMANN & CONRAD — Section subaxiale A 540, couches à rudistes — Gorges de l'Orbe.
- 7 *Nautiloculina cretacea* PEYBERNÈS — Section subaxiale légèrement oblique — 7153, calcaires oobioclastiques — Vaulion.
- 8 *Charentia cuvillieri* NEUMANN — Section transverse équatoriale — A 545, calcaires oobioclastiques — Gorges de l'Orbe.
- 9 *Nautiloculina brönnimanni* ARNAUD-VANNEAU & PEYBERNÈS — Section transverse équatoriale — 7117, couches à rudistes — Vaulion.
- 10 *Trochamminoides* sp. — Section transverse subéquatoriale — 7041, base des calcaires oobioclastiques — La Sarraz.
- 11 *Trochamminoides* sp. — Section subaxiale — 7040, base des calcaires oobioclastiques — La Sarraz.
- 12 *Pfenderina globosa* FOURY — Section subaxiale — 173 E, couches de «l'Urgonien inférieur» — Serrières.
- 13 *Choffatella decipiens* SCHLUMBERGER — Section axiale — A 167, couches à cnidaires — Gare de Vallorbe.
- 14 *Eclusia decastroi* CHERCHI & SCHROEDER — Section transverse — 5977, couches à cnidaires — Gare de Vallorbe.
- 15 *Ecougella campiloides* ARNAUD-VANNEAU — Section transverse de la partie déroulée — 174 C, couches de «l'Urgonien inférieur» — Serrières.
- 16 *Ecougella campiloides* ARNAUD-VANNEAU — Section subaxiale sagittale dans la partie déroulée, 174 C, couches de «l'Urgonien inférieur» — Serrières.
- 17 *Cuneolina laurentii* SARTONI & CRESCENTI — Section axiale frontale — 172 D, couches de «l'Urgonien inférieur» — Serrières.
- 18 *Nezzazatinella macovei* NEAGU — Section axiale oblique — 7082, couches de «l'Urgonien inférieur» — Serrières.
- 19 *Dobrogeolina* cf. *anastasiui* NEAGU — Section subaxiale — 173 D, couches de «l'Urgonien inférieur» — Serrières.
- 20 *Dobrogeolina* cf. *anastasiui* NEAGU — Section subaxiale — 173 D, couches à rudistes — La Sarraz.
- 21 *Dobrogeolina* cf. *anastasiui* NEAGU — Section transverse de la face dorsale — 173 E, couches de «l'Urgonien inférieur» — Serrières.
- 22 *Dobrogeolina* cf. *anastasiui* NEAGU — Section transverse de la face ventrale — 173 C, couches de «l'Urgonien inférieur» — Serrières.
- 23 *Gaudryina tuchaensis* ANTONOVA — Section subaxiale sagittale — A 524, calcaires oobioclastiques — Gorges de l'Orbe.
- 24 *Citaella?* *favrei* CHAROLLAIS, BRÖNNIMANN & ZANINETTI — Section transverse — 7048, calcaires oobioclastiques — La Sarraz.
- 25 *Citaella?* *favrei* CHAROLLAIS, BRÖNNIMANN & ZANINETTI — Section transverse — 7059, calcaires oobioclastiques — La Sarraz.
- 26 *Citaella?* *favrei* CHAROLLAIS, BRÖNNIMANN & ZANINETTI — Section transverse — 7059, calcaires oobioclastiques — La Sarraz.

N.B. — Les numéros correspondent aux numéros d'échantillons de CONRAD, MASSE & REMANE.

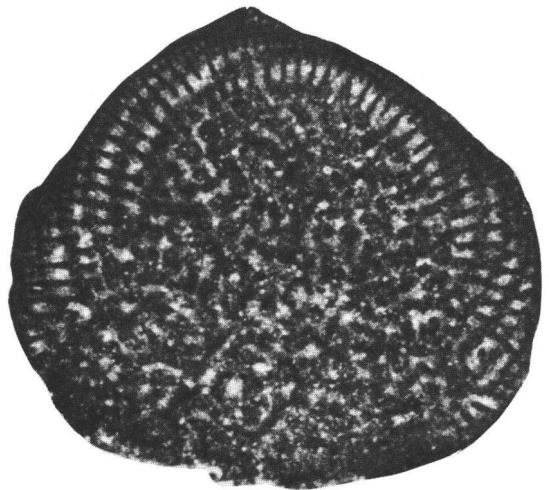
PLANCHE II

- 1 *Dictyorbitolina?* aff. *ichnusae* CHERCHI & SCHROEDER — Section subaxiale — 7080, couches à rudistes — La Sarraz.
- 2 *Dictyorbitolina?* aff. *ichnusae* CHERCHI & SCHROEDER — Section transverse — MP 617, couches de «l'Urgonien inférieur» — Serrières.
- 3 *Paleodictyoconus* sp. 1 — Section subaxiale recoupant une partie de la crosse — 7080, couches à rudistes — La Sarraz.
- 4 *Paleodictyoconus* sp. 1 — Section subaxiale passant dans la crosse — 6500, route d'Orbe à Vallorbe.
- 5 *Paleodictyoconus* sp. 1 — Section transverse légèrement oblique — A — 172, couches à rudistes — Gare de Vallorbe.
- 6 *Paleodictyoconus* sp. 2 — Section subaxiale — 7178, couches à rudistes — Vaulion.
- 7 *Cribellopsis* aff. *elongata* (DIENI, MASSARI & MOULLADE) — Section subaxiale — MP 172 F, couches de «l'Urgonien inférieur» — Serrières.
- 8 *Paracoskinolina sunnilandensis* (MAYNC) — Section subaxiale — MP 172 F, couches de «l'Urgonien inférieur» — Serrières.
- 9 *Paracoskinolina sunnilandensis* (MAYNC) — Section transverse — 5697, couches à cnidaires — Gare de Vallorbe.
- 10 *Urgonina alpillensis protuberans* MOULLADE — Section transverse oblique — MP 174 E, couches de «l'Urgonien inférieur» — Serrières.

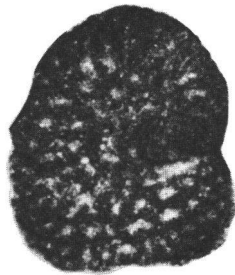




1



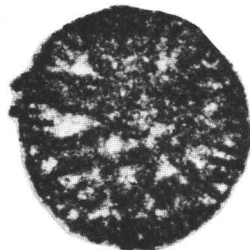
2



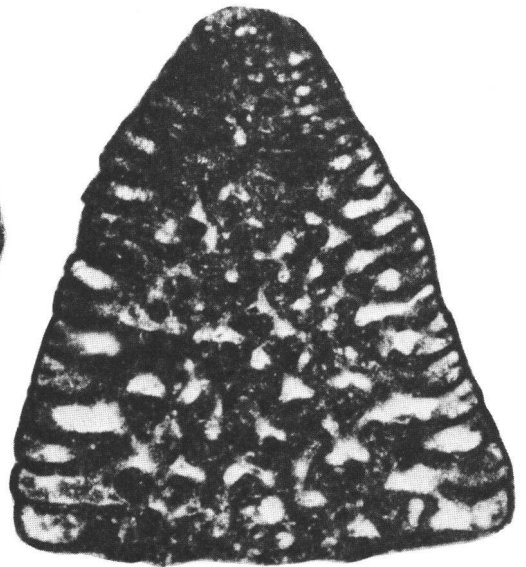
3



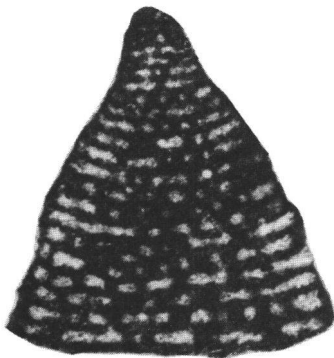
4



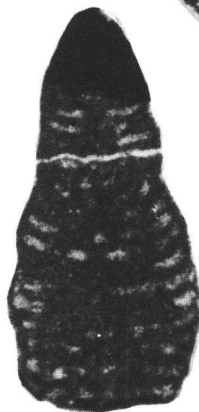
5



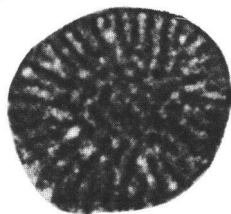
6



8



7



9



10

200 μ

<i>Mémoires de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles</i>	Tome XI	p. 277-290, 1 fig., 1 tabl., 2 pl.	Neuchâtel, 1989
---	---------	------------------------------------	-----------------

LES ALGUES CALCAIRES DES FORMATIONS CARBONATÉES DE L'HAUTERIVIEN-BARRÉMIEN PRO PARTE DU JURA VAUDOIS ET NEUCHÂTELOIS (SUISSE)

par

Marc A. CONRAD et Jean-Pierre MASSE

Recherche subventionnée
par le Fonds national suisse de la recherche scientifique (crédit N° 2.434.075)

ABSTRACT. — Algal content of Hauterivian limestones was investigated in north-west Switzerland and nearby France. The 90 meters thick sequence displays an upward shoaling trend with open marine environments ranging from deeper subtidal to shallow subtidal and reefal. A total of 12 species of Dasycladales and six species belonging to other groups of algae have been found within an interval ranging from the Early Hauterivian (*L. nodosoplicatum* Zone) to the probable Late Hauterivian. Abundance and variety of the algal assemblage gradually increase towards the top of the sequence, suggesting facies control and taxonomic renewal as well. Three assemblages of Dasycladales were found:

- Assemblage A1 consists of two species, *Dissocladella hauteriviana* and *Pseudoactinoporella fragilis*; it covers approximately part of the younger Early Hauterivian.
- Assemblage A2 includes the seven following species: *D. hauteriviana*, *P. fragilis*, *Likanella?* aff. *danilovae*, *Salpingoporella genevensis*, *Neomeris* cf. *cretacea*, *Montenegrella* cf. *corbarica*, *Angioporella neocomiensis*, n. sp.; it covers approximately part of the early and part of the Late Hauterivian.
- Assemblage A3 includes eleven species: same species as in A2, plus *Salpingoporella melitae*, *Salpingoporella muehlbergii*, *Heteroporella?* *paucicalcareia* and *Montiella?* *elitzae*; the age is Hauterivian, probably Late Hauterivian.

No Valanginian species of Dasycladales was found in the Hauterivian. On the other hand, three Hauterivian species are also found in the Barremian.

1. INTRODUCTION

Les Algues calcaires (Dasycladales, Gymnocodiacees, Corallinacees et formes d'affinités taxonomiques incertaines) qui font l'objet de cet article proviennent des séries carbonatées de l'Hauterivien-Barrémien pro parte. Elles ont été étudiées dans le Jura du nord-ouest vaudois principalement (Eclépens, Vaulion, La Russille, gorges de l'Orbe et Vallorbe), ainsi que dans le Jura neuchâtelois (Buttes et Serrières) et franc-comtois (Gellin/Rochejean, Oye-et-Pallet). Les observations stratigraphiques faites dans le nord-ouest vaudois sont brièvement évoquées ci-dessous. Pour plus de détails, le lecteur est prié de se référer aux articles suivants parus dans le même volume: REMANE et al. pour la région neuchâteloise, CONRAD & MASSE pour le nord-ouest vaudois, MASSE, CONRAD & REMANE pour le Jura franc-comtois (calcaires à *Pachytraga*).

Les séries carbonatées dont il est question n'avaient pas jusqu'ici fait l'objet d'études micropaléontologiques détaillées concernant les Algues calcaires. On connaissait seulement la présence des genres *Acicularia* et *Clypeina*, mentionnés par GUILLAUME (1966) dans le Jura franc-comtois.

2. LITHOLOGIE, STRATIGRAPHIE ET PALÉOMILIEUX

Les subdivisions lithostratigraphiques et biostratigraphiques de la série dans le nord-ouest vaudois sont indiquées dans le tableau 1. Nos observations concernent les couches superposées aux Marnes d'Uttins. Sous ces marnes, la Pierre jaune inférieure est formée de calcaires glauconieux bioclastiques, circalittoraux, pratiquement dépourvus d'Algues calcaires.

La Pierre jaune supérieure est essentiellement formée de grainstones bioclastiques et oolithiques, riches en débris d'Echinodermes, Mollusques et Bryozoaires. La glauconie est rare. Les faciès bioclastiques sont surtout circalittoraux, mais comportent habituellement une certaine proportion de constituants allochtones infralittoraux (Dasycladales notamment).

«L'Urgonien inférieur» également oolithique et bioclastique, est marqué par une nette augmentation du matériel infralittoral. La glauconie est absente. On observe toutefois des récurrences cycliques de faciès

Unités lithostratigraphiques	Séquences et discontinuités	Ammonites de zone	A g e	Associations de Dasycladales
URGONIEN SUPERIEUR (BLANC) P. P.	UB		BARREMIEN	
Couches à Cnidaire et Marne de La Russille	ε		HAUTERIVIEN (SUPERIEUR ?)	A 3
URGONIEN INFERIEUR (JAUNE) P. P.	UJ			A 2
Repère quartzeux	δ			A 1
PIERRE JAUNE DE NEUCHÂTEL	PJ		HAUTERIVIEN INFÉRIEUR	
Marnes d'Uttins P. j. inférieure	γ	nodosoplicatum		
MARNES D'HAUTERIVE P. P.	H2	radiatus		

TABLEAU 1. — Subdivisions lithostratigraphiques et biostratigraphiques dans l'Hauterivien et le Barrémien pro parte du nord-ouest vaudois. Voir aussi REMANE et al., ce volume.

essentiellement circalittoraux. «L'Urgonien inférieur» est couronné par des calcaires à Cnidaire, accidentés de discontinuités et de marnes, au nombre desquelles on trouve la Marne de La Russille rendue célèbre par JACCARD (1869) et les paléontologues qui en ont étudié sa riche faune d'invertébrés.

Les calcaires blancs de «l'Urgonien supérieur» voient localement le développement de faciès bioclastiques à *Orbitolinidae*. Ce sont cependant surtout des faciès à Rudistes (*Requieniidae*) qui le caractérisent.

La séquence générale correspondant aux Marnes d'Hauterive, à la Pierre jaune de Neuchâtel et à «l'Urgonien inférieur» est globalement régressive: on passe de faciès circalittoraux vaseux (Marnes d'Hauterive) à des faciès circalittoraux sableux (Pierre jaune), puis à des faciès infralittoraux de milieu ouvert (Urgonien inférieur). Cette évolution est marquée par de nombreuses oscillations, visibles surtout dans «l'Urgonien inférieur». Dès la base de «l'Urgonien supérieur», les faciès infralittoraux initialement ouverts deviennent de plus en plus superficiels et tendent au confinement.

3. SYSTÉMATIQUE ET RÉPARTITION STRATIGRAPHIQUE

3.1. Classe Chlorophyceae KUTZING, 1843

3.1.1. Ordre Dasycladales PASCHER, 1931

3.1.1.1. Famille Dasycladaceae KUTZING, 1843

Genre *Angioporella* MASSE, CONRAD & RADOIČIĆ, 1973, emend.

La découverte d'*Angioporella neocomiensis*, n. sp. dans l'Hauterivien, nous incite à émender la diagnose du genre, dont les caractères essentiels sont l'alternance de verticilles stériles et fertiles, ces derniers étant en petit nombre, et l'absence d'ampoules fertiles dans la partie apicale du thalle. Les autres critères précédemment retenus, tels que la forme des ampoules et des rameaux (enveloppants ou non), la présence des ramules secondaires sur les ampoules, et les différences de calcification, doivent être considérées comme relevant du niveau spécifique. La diagnose émendée donnée ci-dessus est basée sur les espèces *A. fouryae* et *A. neocomiensis*, n. sp.

Emendation du genre Angioporella

Thalle simple, fortement calcifié. Siphon axial cylindrique pourvu ou non d'étranglements aux points d'insertion des rameaux stériles, porteur de verticilles alternativement fertiles et stériles. Les rameaux stériles sont nombreux, minces et flexueux; ils sont fortement recourbés à la périphérie du thalle au point d'envelopper les verticilles fertiles intercalaires. Les ampoules fertiles sont peu nombreuses, et peuvent donner naissance à de minces ramules secondaires. Les rameaux stériles peuvent être seuls présents dans la partie apicale du thalle, avec un espace interverticillaire réduit. Le manchon calcaire peut être simple ou différencié au niveau des ampoules, étant formé soit de sparite claire (composition initialement aragonitique), soit encore de calcite brunâtre.

Angioporella neocomiensis, n. sp.; pl. I, fig. 1 à 9

Holotype

L'holotype est illustré par la pl. I, fig. 1.

La lame mince porte l'indication MP 617 (6) et est déposée dans les collections de l'Institut de géologie de l'Université de Neuchâtel. Les paratypes (pl. I, fig. 4-6, 9) sont au nombre de quatre et proviennent du niveau-type.

Niveau-type

Les types de *Angioporella neocomiensis* n. sp. proviennent de la coupe dite de «la Brunette» à Serrières, près de Neuchâtel (REMANE et al., ce vol.). En face des Fabriques de Tabac Réunies S.A. «La Brunette» (coord. 558,92/203,45, carte nationale de la Suisse au 1 : 25 000, feuille Neuchâtel), un banc (le niveau-type) de calcaire bioclastique blanc grossier (grainstone), épais de 80 cm, est intercalé entre les deux bancs suivants : au mur 1 m de calcaire à Polypiers en place, précédés par une double vire marneuse ; au toit 1,7 m de calcaire jaune massif (biomicrite à Polypiers) avec «flasars» argileux.

Le niveau-type est situé dans des couches établissant la transition entre «l'Urgonien inférieur» (jaune) et «l'Urgonien supérieur» (blanc). Son âge est Hauterivien, probablement Hauterivien supérieur.

Description

Le thalle est simple, fortement calcifié, cylindrique et acuminé. Le siphon axial est cylindrique, porteur de nombreux rameaux stériles disposés en verticilles espacés. La partie cylindrique du thalle admet des verticilles fertiles intercalaires formés par des ampoules plus ou moins développées, pouvant être surmontées par des ramules secondaires. Les rameaux stériles sont flexueux, progressivement inclinés vers le haut, puis fortement recourbés à la périphérie du thalle, au point d'enrober le verticille fertile sous-jacent. Chez l'holotype (pl. I, fig. 1) les ampoules sont bien développées et serrées autour du siphon axial, auquel elles semblent reliées par un mince pédoncule allongé, issu d'une zone située à proximité immédiate du verticille stérile sous-jacent. Toujours chez l'holotype, les ampoules donnent naissance à en tout cas deux minces ramules secondaires divergents.

Dans la partie supérieure du thalle, les verticilles stériles sont seuls présents, avec un espace interverticillaire réduit. Les rameaux diminuent progressivement de longueur, tout en s'inclinant progressivement vers le haut. A l'apex, un spécimen montre un verticille terminal très redressé (pl. I, fig. 5), alors que chez un autre (pl. I, fig. 4) on note un évasement distal des rameaux appartenant aux verticilles les plus élevés.

Le manchon calcaire, probablement aragonitique à l'origine, est formé de calcite hyaline et incolore. Chez l'holotype, par exemple, le manchon est bien conservé et remplit tout l'espace disponible entre le siphon, les ampoules et la périphérie du thalle. Chez d'autres spécimens par contre, la mince pellicule comprise entre le siphon et les ampoules a cédé, d'où une cavité axiale beaucoup plus large que le siphon (pl. I, fig. 3, 7).

Dimensions

Diamètre externe	D = 1.3 - 2.4 mm
Diamètre du siphon	st = 0.3 - 0.6 mm
Nombre de rameaux stériles par verticille	w = 18 - 40
Nombre d'ampoules par verticille	ns = 7 - 12 environ
Nombre de ramules secondaires	w ¹ = 4?
Ecart entre deux verticilles stériles successifs	hst = 0.3 - 0.52 mm

Rapport et différences

Il existe une ressemblance frappante entre *A. neocomiensis* et *Angioporella fouryae* MASSE, CONRAD & RADOIČIĆ, l'espèce-type du genre, connue dans le Barrémien. La ressemblance porte sur les dimensions du thalle, le nombre réduit d'ampoules, le nombre et le caractère enveloppant des rameaux stériles, ainsi que sur l'importance de la calcification, formant un manchon marqué par l'empreinte des rameaux enveloppants. Pour le reste, *A. fouryae* porte les traits d'une algue nettement plus évoluée : ampoules beaucoup plus grandes, dépourvues de ramules secondaires ; espace interverticillaire plus grand ; siphon étranglé au niveau des verticilles stériles ; présence enfin (chez certains spécimens) d'une calcification brunâtre intéressant les verticilles fertiles.

Remarquons encore que les rameaux stériles d'*A. neocomiensis* sont plus flexueux que chez *A. fouryae*, et que l'examen de la pl. I, fig. 2 montre que les rameaux, après s'être orientés vers le haut, plongent brusquement vers le bas ; l'inverse semble en effet difficilement acceptable. Chez *A. fouryae*, par contre,

nous avons admis en 1973 que les rameaux étaient redressés, plutôt qu'inclinés à la périphérie du thalle. Avec les deux espèces *A. neocomiensis* et *A. fouryae*, l'évolution du genre se fait donc dans un intervalle de temps ayant approximativement la valeur d'un étage. Elle se fait dans le sens d'une différenciation au niveau du siphon, d'un meilleur usage de l'espace disponible chez les ampoules, d'une disparition des ramules secondaires et, enfin, d'une calcification des ampoules distinctes de celle des rameaux stériles. Les rapports avec *Angioporella? bakalovae* CONRAD & PEYBERNÈS, 1978, une espèce du Bédoulien de Bulgarie, sont moins évidents. *A. ? bakalovae* est entre autres caractérisée par une calcification uniformément brunâtre, ne formant pas un manchon, ainsi que par des verticilles stériles moins fournis, avec des rameaux phloiophores ou donnant naissance à des ramules secondaires enveloppantes. Les dimensions d'*A. ? bakalovae* sont aussi plus réduites et l'algue vivait dans des milieux relativement protégés, alors qu'*A. fouryae* et *A. neocomiensis* semblent avoir vécu dans les milieux infralittoraux plus ouverts. Il semble pour l'heure raisonnable d'inscrire *A. ? bakalovae* dans une lignée issue par exemple des Heteroporelles du Jurassique et d'admettre que l'analogie avec le genre *Angioporella* ressort d'un phénomène de convergence. Les principales dimensions des trois espèces sont résumées dans le tableau ci-dessous :

	<i>A. neocomiensis</i>	<i>A. fouryae</i>	<i>A. (?) bakalovae</i>
D	1,3 - 2,4 mm	1.75 - 4 mm	0,9 - 1,2 mm
st	0,3 - 0,6 mm	0,25 *	0,23 - 0,32 mm
hst	0,3 mm - 0,52 mm	1,0 - 1,25 mm	0,14 - 0,17
w	18 - 40	30 - 40	14 - 19
ns	7 - 12 (?)	8	6 - 8

* correction.

Répartition de Angioporella neocomiensis, n. sp.

Dans sa localité-type, *A. neocomiensis* est présente dans plusieurs niveaux, au-dessous du niveau-type. Dans le canton de Neuchâtel, *A. neocomiensis* est aussi présente dans des calcaires bioclastiques attribués à la Pierre jaune de Neuchâtel, à Buttes, à 5,5 m au-dessous du niveau à *Pachytraga tubiconcha* (cf. MASSE et al., ce vol.; REMANE et al., ce vol.), c'est-à-dire dans l'Hauterivien inférieur, vraisemblablement. Elle a également été observée à Gellin-Rochejean, dans les calcaires à *Pachytraga tubiconcha*, également placés dans l'Hauterivien inférieur.

Enfin, *A. neocomiensis* a été rencontrée par l'un de nous (JPM) en Sardaigne, dans les niveaux datés de l'Hauterivien terminal/Barrémien basal (presqu'île de San Antioco).

Genre *Dissocladella* PIA, 1936.

Dissocladella hauteriviana MASSE, 1976; pl. II, fig. 4, 5.

1976 *Dissocladella hauteriviana* n. sp. — MASSE, p. 180; pl. 4, fig. 8-16.

L'espèce est connue dans l'Hauterivien du sud-est de la France, des Pyrénées et de la Sardaigne. Dans notre matériel, les premiers spécimens font leur apparition au sommet de la Pierre jaune de Neuchâtel. L'espèce devient commune dans «l'Urgonien inférieur» et se raréfie considérablement à la base de «l'Urgonien supérieur». En Provence, elle débute dans l'Hauterivien inférieur et n'est connue que par de rares spécimens, d'assez grande taille d'ailleurs, dans le Barrémien basal.

Genre *Heteroporella* PRATURLON 1966, emend. OTT, 1968.

Heteroporella? paucicalcareo CONRAD, 1970; pl. II, fig. 11.

1978 *Heteroporella? paucicalcareo* CONRAD, 1970 — BASSOULET et al., p. 133; pl. 15. fig. 5-8.

Les plus anciens spécimens connus ont été rencontrés dans la partie sommitale de «l'Urgonien inférieur», à la gare de Vallorbe. L'espèce est commune dans les calcaires bioclastiques du Barrémien inférieur. Sa présence dans la partie supérieure de l'Hauterivien a déjà été signalée par MASSE (1976, p. 177).

Genre *Pseudoclypeina* RADOIČIĆ 1970.

Pseudoclypeina sp.

1970 *Pseudoactinoporella fragilis* — CONRAD, pl. 1, fig. 4.

1976 *Pseudoclypeina* sp. nov. — MASSE, pl. 5, fig. 16.

1977 *Griphoporella? iailensis* (MASLOV) — CONRAD & PEYBERNÈS, fig. 14a.

1980 *Pseudoclypeina* sp. — ARNAUD-VANNEAU & ARNAUD; pl. 110, fig. 6-8.

Il s'agit de quelques rameaux isolés, en forme de massues plus ou moins allongées et surmontées de ramules de second ordre. Ils ont été rencontrés dans les calcaires à Mandréporaires, dans la partie supérieure de «l'Urgonien inférieur». Des formes analogues bien que différentes sont connues dans un intervalle compris entre le Tithonique et l'Aptien.

Genre *Likanella* MILANOVIC, 1966.

Likanella? aff. *danilovae* RADOIČIĆ, 1968, pl. II, fig. 7.

aff. 1978 *Likanella? danilovae* RADOIČIĆ, 1968 — BASSOULET et al., p. 142-143; pl. 16, fig. 9-11.

aff. 1976 *Likanella* (?) sp. — MASSE, p. 171; pl. 3, fig. 1-2.

1980 *Likanella* (?) sp. — ARNAUD-VANNEAU, pl. 110, fig. 3-5.

Cette forme, faiblement calcifiée et de taille plutôt réduite, est présente dans la partie inférieure de «l'Urgonien inférieur» (Hauterivien inférieur), toujours en débris, qui rendent quelque peu problématique son attribution à *Likanella* (?) sp. sensu MASSE & ARNAUD-VANNEAU. Des spécimens mieux conservés ne sont pas rares dans la partie supérieure de «l'Urgonien inférieur».

Genre *Montenegrella* SOKAC & NIKLER, 1973.

Montenegrella cf. *corbarica* JAFFREZO, 1975.

cf. 1975 *Montenegrella corbarica* n. sp. — JAFFREZO, pl. I-II.

1976 *Montenegrella* gr. *verae-fustiformis* — MASSE, pl. 5, fig. 4, 5, 6.

Cette forme d'identification spécifique délicate se rencontre essentiellement dans «l'Urgonien inférieur». Quoique peu commune elle est présente aussi à la base de «l'Urgonien supérieur». Les spécimens bien conservés et de grande taille sont rares. Généralement on n'observe que des fragments montrant les rameaux de troisième ordre en liaison avec l'ampoule fertile. Le groupe des *Montenegrella verae-fustiformis* est connu en Provence dès l'Hauterivien inférieur (MASSE, 1976).

Genre *Montiella* L. & J. MORELLET, 1922.

Montiella? elitzae (BAKALOVA 1971), RADOIČIĆ 1980 (pl. II, fig. 1-3).

1978 *Cylindroporella elitzae* Bakalova, 1971 — BASSOULET et al., p. 71; pl. 7, fig. 6, 7.

1980 *Montiella? elitzae* (BAKALOVA) comb. nov. — RADOIČIĆ, p. 114; pl. I-III.

De magnifiques exemplaires de cette espèce sont présents dans la partie moyenne et supérieure de «l'Urgonien inférieur». L'holotype de *M.? elitzae* provient du «Barrémien-Aptien» de Bulgarie, alors que les spécimens illustrés par R. RADOIČIĆ proviennent du Crétacé inférieur de Serbie, dans un contexte sédimentaire semblable à celui de «l'Urgonien inférieur». On remarquera que *M.? elitzae* est ainsi rencontrée pour la première fois dans nos régions et qu'elle manque complètement dans les calcaires urgoniens du Jura franco-suisse, datés du Barrémien et de l'Aptien inférieur.

Genre *Neomeris* LAMOUROUX, 1816.

Neomeris cf. *N. cretacea* STEINMANN, 1899.

1976 *Neomeris* cf. *cretacea* — MASSE, p. 185; pl. 6, fig. 1.

cf. 1978 *Neomeris cretacea* — BASSOULET & al., p. 175; pl. 20, fig. 7-9.

Quelques débris attribuables à *N. cretacea* ont été rencontrés dans les calcaires à Cnidaire de «l'Urgonien inférieur». En Provence, l'espèce apparaît à l'Hauterivien inférieur (MASSE 1976, p. 185) et monte jusqu'à dans le Crétacé supérieur. On notera cependant que la diagnose des espèces du genre *Neomeris* connues dans le Crétacé est délicate, et basée sur des critères sans doute peu significatifs.

Genre *Pseudoactinoporella* CONRAD, 1970.

Pseudoactinoporella fragilis CONRAD, 1970; pl. II, fig. 8.

1978 *Pseudoactinoporella fragilis* CONRAD, 1970 — BASSOULET et al., p. 212; pl. 25, fig. 6, 7, 8.

P. fragilis est l'algue la plus communément rencontrée dans l'Hauterivien de la région étudiée. Elle apparaît dans la Pierre jaune supérieure, sous forme de débris, et devient fréquente dans «l'Urgonien inférieur», de très beaux spécimens étant présents dans les calcaires à Cnidaire qui couronnent cette formation. Jusqu'ici, *P. fragilis* n'était connue que dans le Barrémo-Bédoulien.

Genre *Salpingoporella* PIA, 1918.

Salpingoporella genevensis (CONRAD), 1969; pl. II, fig. 9, 10.

1978 *Salpingoporella genevensis* (CONRAD), 1969 — BASSOULET et al., p. 239; pl. 29, fig. 5-8.

Les premiers, rares spécimens de cette espèce font leur apparition dans la partie moyenne de «l'Urgonien inférieur». Il s'agit de formes bien caractérisées par la morphologie de leurs ramifications, mais dont la taille est inférieure à celle de la majorité des spécimens rencontrés dans la localité-type, attribuée au Barrémien inférieur. Nos observations confirment donc celles de MASSE (1976) faites en Provence, où *S. genevensis* est connue dès l'Hauterivien supérieur et se développe dans le Barrémien inférieur.

Salpingoporella melitae RADOIČIĆ, 1965; pl. II, fig. 12.

1978 *Salpingoporella melitae* RADOIČIĆ, 1965 — BASSOULET et al., p. 244; pl. 29, fig. 16, 17.

Les premiers, rares spécimens attribuables à *S. melitae* font leur apparition dans la partie supérieure de «l'Urgonien inférieur», sous les couches à Cnidaire (coupe de Vaulion). L'espèce est également présente dans les calcaires à *Pachytraga* de la vallée du Doubs, ce qui confirme les observations faites en Italie méridionale (LUPERTO-SINNI & MASSE, 1984) et en Tunisie (CONRAD et al., sous presse), où *S. melitae* est présente dans l'Hauterivien.

Salpingoporella muehlbergii (LORENZ), 1902; pl. II, fig. 6.

1978 *Salpingoporella muehlbergii* (LORENZ), 1902 — BASSOULET et al., p. 245; pl. 30, fig. 1-4.

Les premiers, rares spécimens attribuables à cette espèce bien connue font leur apparition dans les calcaires à *Pachytraga tubiconcha* de la vallée du Doubs où ils sont associés à *S. genevensis* et *S. melitae*. Des petits spécimens sont aussi présents dans les calcaires à Cnidaire placés au sommet de «l'Urgonien inférieur». *S. muehlbergii* devient commune dans les calcaires à Rudistes du Barrémien. Dans les Pyrénées et en Provence, elle est connue dans un intervalle compris entre l'Hauterivien probable et le Gargasien (CONRAD & PEYBERNÈS, 1977; MASSE, 1976).

Genre *Terquemella* MUNIER-CHALMAS, 1977.

Terquemella sp. spp.

Ces corpuscules oblongs ou sphériques, munis de logettes, sont très communs dans les calcaires bioclastiques de «l'Urgonien inférieur». Ils correspondent au contenu calcifié d'ampoules fertiles appartenant probablement à plusieurs genres de Dasycladales. Les critères dimensionnels et morphologiques couramment utilisés pour désigner les «espèces» ne nous semblent pas suffisamment significatifs pour justifier leur usage à des fins stratigraphiques dans le cadre de cette étude.

3.1.2. Ordre Caulerpales FELDMANN, 1946

3.1.2.1. Famille *Udoteaceae* FELDMANN, 1946

Genre *Boueina* TOULA, 1884.

Boueina sp. spp.

1976 *Boueina* sp. 2 — MASSE, p. 191; pl. 7, fig. 7, 8.

Il existe dans les calcaires bioclastiques, notamment dans «l'Urgonien inférieur», plusieurs types de *Boueina* qui diffèrent par leur degré de calcification médullaire, leurs dimensions externes, et la régularité de leurs réseaux de filaments corticaux. Les critères de subdivision spécifique de genre ne nous semblent actuellement pas suffisamment clairs, ni surtout hiérarchisés, de sorte qu'un essai de subdivision stratigraphique nous semble prématuré.

3.2. Classe *Rhodophyceae* RUPRECHT, 1901

3.2.1. Ordre Nemalionales SCHMITZ in ENGLER, 1892

3.2.1.1. Famille *Gymnocodiaceae* ELLIOTT, 1955

Genre *Permocalculus* ELLIOTT, 1955.

Permocalculus sp. spp.

Des débris attribuables au genre *Permocalculus* sont communs dans «l'Urgonien inférieur», notamment dans les faciès micritiques à Cnidaire. Ils sont sans grand intérêt sur le plan stratigraphique, du fait de la difficulté de séparer les espèces.

3.2.2. Ordre Cryptonemiales SCHMITZ in ENGLER, 1892

3.2.2.1. Famille *Corallinaceae* (LAMOUROUX) HARVEY, 1849

Genre *Archaeolithothamnium* ROTHPLETZ, 1891.

Archaeolithothamnium rude LEMOINE, 1925.

1976 *Archaeolithothamnium rude* — MASSE, p. 166, pl. I, fig. 7-8.

Nous avons rencontré cette espèce dans les calcaires à Cnidaire de l'Urgonien inférieur. Les Corallinacées sont rares dans l'Hauterivien. *A. rude* est signalée dans l'Hauterivien provençal (MASSE, 1976). L'espèce est connue jusque dans l'Albien.

3.2.2.2. Famille *Solenoporaceae* PIA, 1927

Genre *Solenopora* DYBOWSKI, 1878.

Solenopora cf. *urgoniana* PFENDER, 1930.

Cette forme, rare, a été reconnue à Buttes (Jura neuchâtelois) dans les couches à Cnidaire qui précèdent les calcaires à *Pachytraga*. Elle était connue, jusqu'ici, dans le Barrémien.

Formes *incertae sedis*, rapprochées des Cyanophycées.

A ce groupe nous rattachons des sections du type de celles du genre *Cayeuxia* FROLLO, 1983 (Rivulariacées) ainsi que *Marinella lugeoni* PFENDER, 1939. *Cayeuxia* (?) *anae* DRAGSTAN, 1971, pourrait également y prendre place. Ces diverses formes sont assez rares et ont été rencontrées épisodiquement, principalement dans l'Urgonien inférieur.

4. RÉPARTITION STRATIGRAPHIQUE

La fréquence et la diversité des Algues calcaires augmente de la base vers le sommet et la série, en liaison avec le développement des sédiments infralittoraux. Au-dessus de la discontinuité δ , la distribution des Dasycladales présente un hiatus, dû à l'accentuation du caractère circalittoral des dépôts. Compte tenu de ces réserves, il ne semble pas que le contrôle écologique joue un rôle essentiel dans la répartition verticale des espèces de Dasycladales, du fait qu'il existe, dans la plupart des faciès circalittoraux, des éléments infralittoraux allochtones.

Les Dasycladales sont principalement associées à des packstones et grainstones oobioclastiques. Elles sont plus rares dans les faciès à Rudistes, ainsi que dans les faciès à Cnidaire, où les Udotécées et les Gymnocodiécées sont bien représentées.

La distribution stratigraphique des différentes espèces de Dasycladales met en évidence les trois associations suivantes (fig. 1) :

- L'association A1 est formée par *Pseudoactinoporella fragilis* et *Dissocladella hauteriviana*, cette dernière étant la plus fréquente; elle est présente dans la Pierre jaune supérieure ainsi que dans la partie inférieure de l'Urgonien inférieur. L'âge est probablement Hauterivien inférieur, dans la Zone à *Nodosoplicatum* ou au-dessus.
- L'association A2 est formée par *P. fragilis* et *D. hauteriviana* auxquelles s'ajoutent *Likanella*? aff. *danilovae*, *Salpingoporella genevensis*, ainsi que de rares spécimens de *Neomeris* cf. *cretacea*, *Montenegrella* cf. *corbarica* et *Angioporella neocomiensis*. Elle se développe dans la partie moyenne de «l'Urgonien inférieur», c'est-à-dire soit encore dans l'Hauterivien inférieur, soit dans la partie supérieure de l'étage.
- L'association A3 est caractérisée par l'apparition de *Salpingoporella melitae*, *S. muehlbergii*, *Heteroporella*? *paucicalcareae*, et *Montiella*? *elitzae*; on la trouve dans la partie supérieure de «l'Urgonien inférieur», dans les couches à Cnidaire, ainsi que dans leur équivalent latéral probable: les calcaires à *Pachytraga* de la vallée du Doubs. L'âge est Hauterivien, peut-être Hauterivien supérieur. L'association A3 se poursuit à la base de «l'Urgonien supérieur», où l'on note l'extrême raréfaction de *D. hauteriviana* et *M. cf. corbarica*.

5. CONCLUSIONS

Cette étude montre la présence de 12 espèces de Dasycladales, dont une est nouvelle, ainsi que 6 formes appartenant à d'autres familles ou classes d'Algues. Dans l'état actuel de nos connaissances, seules les Dasycladales présentent un intérêt sur le plan stratigraphique, les autres formes, en particulier les Udotécées, étant relativement mal connues.

Les Dasycladales se répartissent en trois groupes, ou associations d'espèces, ayant pour le moins une valeur stratigraphique régionale :

- L'association A1 est présente dans un intervalle correspondant approximativement à la partie supérieure de l'Hauterivien inférieur. Elle comprend deux espèces seulement: *Pseudoactinoporella fragilis* et *Dissocladella hauteriviana*.

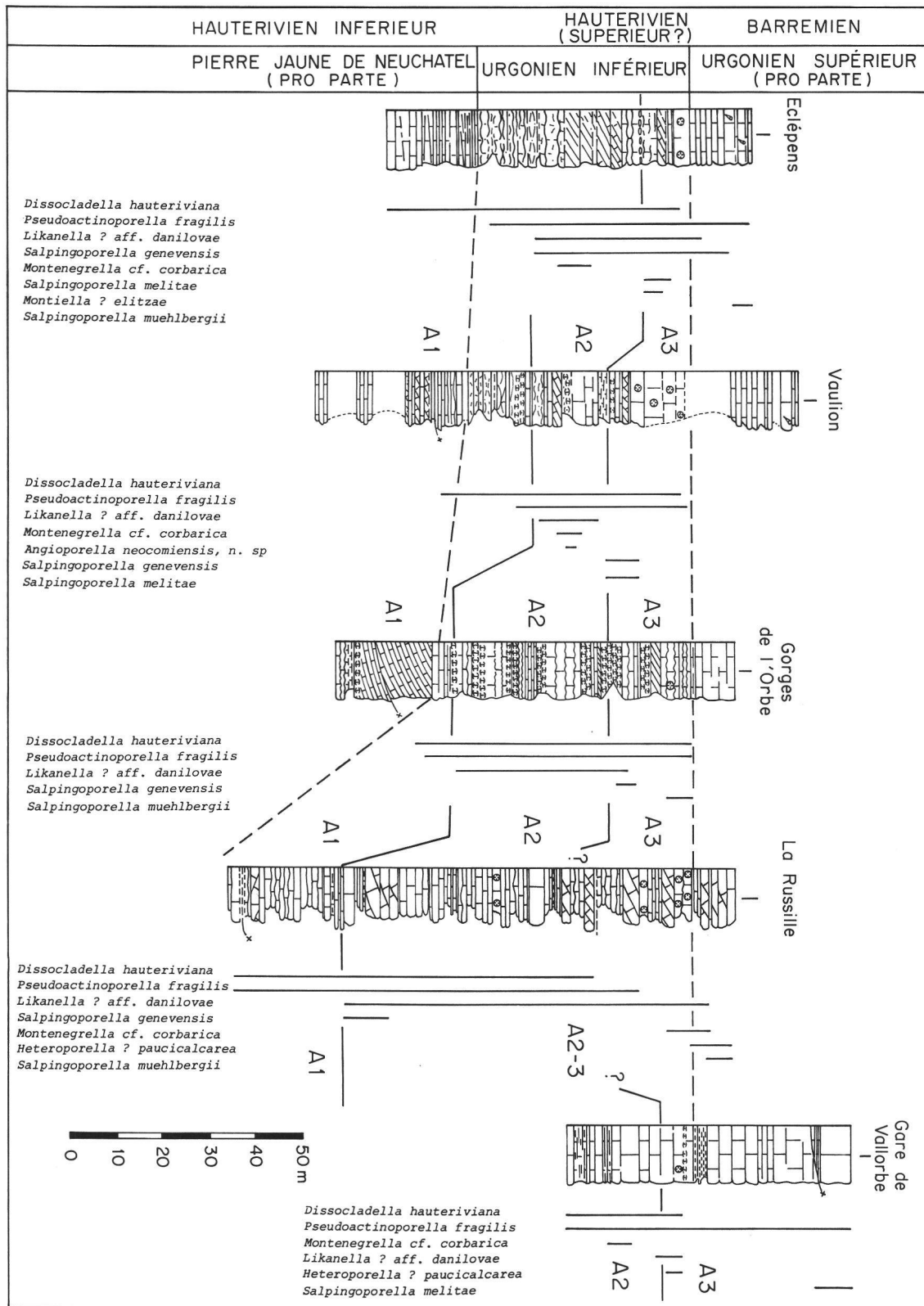


FIG. 1. — Distribution des Dasycladales dans l'Hauterivien et le Barrémien pro parte du nord-ouest vaudois. A1, A2, A3: associations de Dasycladales (voir texte).

- L'association A2 correspond toujours à l'Hauterivien inférieur pro parte et atteint peut-être l'Hauterivien supérieur. Elle comprend les sept espèces suivantes: *Pseudoactinoporella fragilis*, *Dissocladella hauteriviana*, *Likanella*? aff. *danilovae*, *Salpingoporella genevensis*, *Neomeris* cf. *cretacea*, *Montenegrella* cf. *corbarica* et *Angioporella neocomiensis*, n. sp.
- L'association A3 est toujours située dans l'Hauterivien, peut-être dans la partie supérieure de l'étage. Elle comprend les onze espèces suivantes: *Pseudoactinoporella fragilis*, *Dissocladella hauteriviana*, *Likanella*? aff. *danilovae*, *Salpingoporella genevensis*, *Salpingoporella melitae*, *Salpingoporella muehlbergii*, *Neomeris* cf. *cretacea*, *Montenegrella* cf. *corbarica*, *Angioporella neocomiensis*, n. sp., *Heteroporella*? *paucicalcareae* et *Montiella*? *elitzae*.

Le stock d'espèces connues dans la Valanginien est entièrement renouvelé à l'Hauterivien, tout au moins à partir de la Zone à *Nodosoplicatum*. Ce phénomène explique, dans une certaine mesure, l'augmentation graduelle du nombre d'espèces dans l'Hauterivien, et permet d'envisager autre chose qu'un contrôle strictement écologique.

Quatre espèces faisant déjà partie de l'association A3 (*H.*? *paucicalcareae*, *S. genevensis*, *S. melitae* et *S. muehlbergii*) s'épanouissent au Barrémien inférieur, alors que disparaissent plus ou moins rapidement *A. neocomiensis*, *M.*? *elitzae* et *D. hauteriviana*.

6. BIBLIOGRAPHIE

- ARNAUD-VANNEAU, A. — (1980). Micropaléontologie, paléocéologie et sédimentologie d'une plate-forme carbonatée de la marge passive de la Téthys: l'Urgonien du Vercors septentrional et de la Chartreuse (Alpes occidentales). *Géologie Alpine*, mém. 11, Grenoble.
- BASSOULET, P., BERNIER, P., CONRAD, M. A., DELOFFRE, R. & JAFFREZO, M. — (1978). Les Algues Dasycladales du Jurassique et du Crétacé. *Géobios*. mém. spéc. 2, Lyon.
- CONRAD, M. A. — (1969). Les calcaires urgoniens dans la région entourant Genève. *Eclogae geol. Helv.* 62: 1-80.
- CONRAD, M. — (1970). Barremian and lower Aptian *Dasycladaceae* in the area surrounding Geneva (Switzerland). *Geol. Romana* 9: 63-100.
- CONRAD, M. A. & MASSE, J.-P. — (1989). Corrélation des séries carbonatées de l'Hauterivien et du Barrémien p.p. dans le NW vaudois (Suisse). *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 11: 307-322.
- CONRAD, M., MASSE, J.-P. & PEYBERNÈS, B. — (Sous presse). Dasycladales et Floridées du Jurassique et du Crétacé d'Afrique: intérêt biostratigraphique et paléobiogéographique. P.I.C.G. UNESCO N° 183, Corrélations du Mésozoïque de l'Afrique de l'Ouest, 2^e Conf. Scient. Rabat (Maroc).
- CONRAD, M. A. & PEYBERNÈS, B. — (1977). Hauterivian-Albian *Dasycladaceae* from the urgonian limestones in the French and Spanish Eastern Pyrenees. *Geol. Romana* 15: 175-197, Roma.
- (1978). Sur quelques Dasycladales de l'Urgo-Aptien du Prébalcan bulgare. *C.R. Soc. Phys. Hist. nat. Genève*, NS 12 (2-3): 69-83.
- DRAGASTAN, O. — (1971). New algae in the upper Jurassic and lower Cretaceous in the Bicaz valley, east Carpathians (Romania). *Rev. españ. de Micropaleont.* 3 (2): 155-192, Madrid.
- ELLIOTT, G. F. — (1955). The Permian calcareous alga *Gymnocodium*. *Micropaleontology* 1/1: 83-90, New York.
- FROLLO, M. M. — (1938). Sur un nouveau genre de codiacées du jurassique supérieur des Carpathes orientales. *Bull. Soc. géol. Fr.*, sér. 5, 8 (3-4): 267-271, Paris.
- GUILLAUME, S. — (1966). Le Crétacé du Jura français. *Bull. B.R.G.M.*, N° 15, Paris.
- JACCARD, A. — (1869). Description géologique du Jura vaudois et neuchâtelois. *Matér. Carte géol. Suisse*, 6.
- JAFFREZO, M. — (1975). *Montenegrella corbarica* n. sp., Algue Dasycladacée du Néocomien des Corbières (France), avec une clé de détermination des Dasycladacées jurassiques et crétacées à deux ordres de ramification, *Geol. Romana*, 14: 155-163, Roma.
- (1980). Les formations carbonatées des Corbières (France) du Dogger à l'Aptien: micropaléontologie, stratigraphie, biozonation, paléocéologie. Extension des résultats à la Mésogée. *Thèse ès sci.*, Université P. et M. Curie (Paris VI), 614 p.
- LAMOUROUX, M. — (1816). Histoire des Polypiers coralligènes flexibles vulgairement appelés Zoophytes. 559 p., Caen.
- LEMOINE, M^{me} Paul — (1925). Contribution à l'étude des corallinacées fossiles. 8. Melobesiées de l'Aptien et de l'Albien. *Bull. Soc. géol. Fr.*, ser. 4, 25: 3-10, Paris.
- LUPERTO-SINNI, E. & MASSE, J.-P. — (1984). Données nouvelles sur la micropaléontologie et la stratigraphie de la partie basale du « Calcare di Bari » (Crétacé inférieur) dans la région des Murges (Italie méridionale). *Riv. ital. Paleont. (Strat.)*, 90 (3): 331-374, Milano.

- MASSE, J.-P. — (1976). Les calcaires urgoniens de Provence. Valanginien-Aptien inférieur. Stratigraphie. Paléontologie. Les paléoenvironnements et leur évolution. *Thèse ès sci.*, Université d'Aix-Marseille II, 445 p.
- MASSE, J.-P., CONRAD, M. A. & RADOIČIĆ, R. — (1973). *Angioporella fouryae* n. gen., n. sp., une algue calcaire (*Dasycladaceae*) du Barrémien du sud de la France. *Eclogae geol. Helv.* 66/2: 383-387, Bâle.
- MASSE, J.-P., CONRAD, M. A. & REMANE, J. — (1989). Le calcaire à *Pachytraga tubiconcha* (Rudiste), épisode urgonien de l'hauterivien carbonaté du Jura franco-suisse. *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 11: 73-80, Neuchâtel.
- MILANOVIĆ, M. — (1966). *Likanella* — a new permian genus of the family *Dasycladaceae*. *Geol. Viesn.* 19: 9-13, Zagreb.
- MORELLET, L. & MORELLET, J. — (1922). Nouvelle contribution à l'étude des *Dasycladacées* du Tertiaire parisien. *Mém. Soc. géol. Fr.*, sér. Pal., 58: 37 p., Paris.
- MUNIER-CHALMAS, E. P. — (1877). Observations sur les Algues calcaires appartenant au groupe des siphonées verticillées (*Dasycladacées* Harv.) et confondues avec les Foraminifères. *C. R. Acad. Sci.* (Paris), 85: 814-817.
- PIA, J. von — (1918). *Dasycladaceae*, in F. TRAUTH: Das Eozänvorkommen bei Radstadt im Pongau. *K. Akad. Wiss.*, 95: 171-278, Wien.
- (1936). Calcareous green Algae from the upper Cretaceous of Tripoli (North Africa). *Journ. Pal.* 10/1: 3-13, Tulsa.
- PFENDER, J. — (1930). Les Solénopores du Jurassique supérieur en Basse-Provence calcaire et celles du bassin de Paris. *C. R. Soc. géol. France*, 8: 52, Paris.
- (1939). Sur un calcaire phytogène du Lias inférieur d'Espagne et l'extension de ce faciès en quelques autres régions. *Bull. Lab. Géol. etc. Univ. Lausanne* 66: 16 p., Lausanne.
- RADOIČIĆ, R. — (1965). *Salpingoporella melitae* spec. nov. des sédiments crétacés inférieurs des Dinarides externes. *Zap. Srpskog geol. društva*, 27: 120-127, Beograd.
- (1968). *Likanella? danilovae* spec. nov. et quelques autres *Dasycladacées* crétacées inférieures des Dinarides externes. *Vesn. Zavoda geol. geofiz. Istraž.*, ser. A, 26: 177-194, Beograd.
- (1970). The new *Dasycladacean* genus *Pseudoclypeina* (a preliminary report). *Bull. scient. Conseil Acad. R.S.F. Yougoslavie*, sect. A, XV: 4-5, Zagreb.
- (1980). Contribution to the reconsideration of a group of cylindroporelliform dasyclads. *Bull. Acad. serbe Sci. et Arts, Sc. nat.* N° 20, Beograd.
- REMANE, J., BUSNARDO, R., CHAROLLAIS, J., CLAVEL, B. & THIEULOY, J.-P. — (1989). Description de profils dans l'Hauterivien de la région neuchâteloise, du Mont-de-Chamblon et des environs de Sainte-Croix (cantons de Neuchâtel et de Vaud), Suisse. *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 11: 19-48, Neuchâtel.
- ROTHPLETZ, A. — (1891). Fossile Kalkalgen aus den Familien der Codiaceen und der Corallineen. *Z. dtsh. geol. Ges.* 43: 295-322.
- SOKAC, B. & NIKLER, L. — (1973). Calcareous algae from the Lower Cretaceous of the environs of Niksic, Crna Gora (Montenegro). *Pal. jugoslavica* 13, 57 p., Zagreb.
- TOULA, F. — (1884). Geologische Untersuchungen im westlichen Theile des Balkan und in den angrenzenden Gebieten. *Sb. Akad. Wiss. Wien* 88/1: 1279-1348, Vienne.

Remarque. — Pour plus de détails concernant les *Dasycladales*, le lecteur est prié de se référer à BASSOULET et al., 1978.

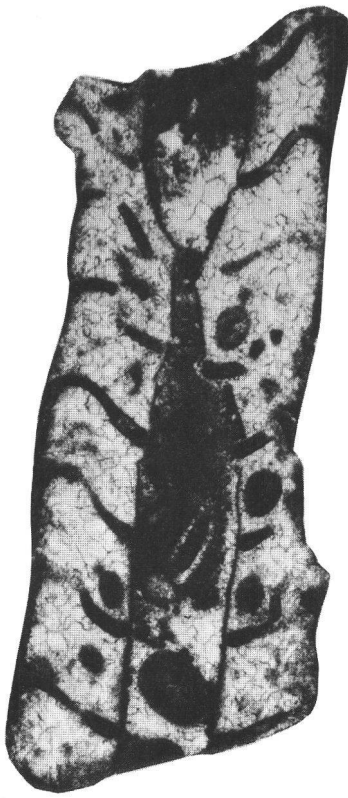
PLANCHE I

Angioporella neocomiensis, n. sp. Toutes les sections $\times 22$.

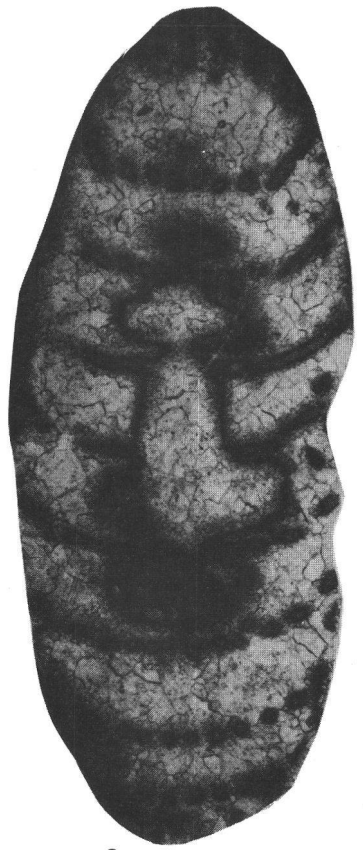
- 1 Holotype. Section oblique de quatre verticilles stériles et trois verticilles fertiles. Au-dessus du troisième verticille stérile, on note la présence de ce qui semble être le point d'attache d'un pédoncule supportant une ampoule sparitisée. Noter aussi les ramules de second ordre issus du premier verticille fertile.
- 2 Section longitudinale-oblique dans un spécimen arqué. Noter les dimensions réduites des ampoules. Ech. MP 177, lame C. La Brunette, Neuchâtel.
- 3 Section oblique dans un spécimen usé à la périphérie et endommagé autour du siphon. San Antioco, Sardaigne, éch., MASSE 6733.
- 4-6 Paratypes. Sections obliques recoupant la partie supérieure du thalle. Une ampoule est visible en bas à gauche de la section 5. La Brunette, Neuchâtel, éch. MP 617, lames 3 et 5.
- 7 Section perpendiculaire-oblique recoupant trois verticilles, de bas en haut successivement fertile, stérile (estompé) et fertile. Le siphon n'est pas visible. San Antioco, Sardaigne, éch. MASSE 6733.
- 8-9 Sections obliques. Petits spécimens (immatures?), dépourvus d'ampoules malgré l'espace interverticillaire. 8: San Antioco, Sardaigne, éch. MASSE 6733. 9: paratype, La Brunette, Neuchâtel, éch. MP 617, lame 5.



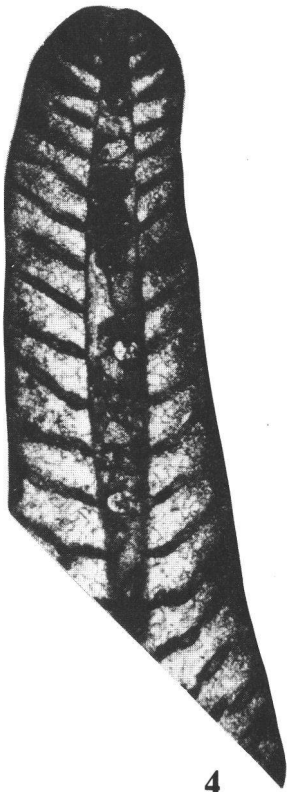
1



2



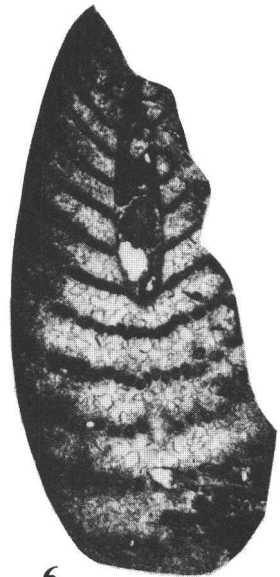
3



4



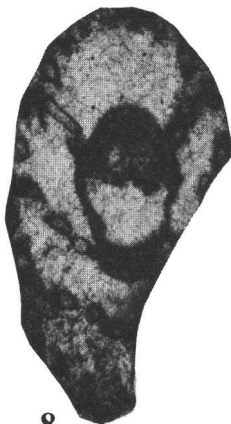
5



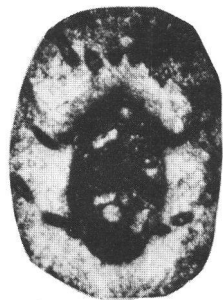
6



7



8



9

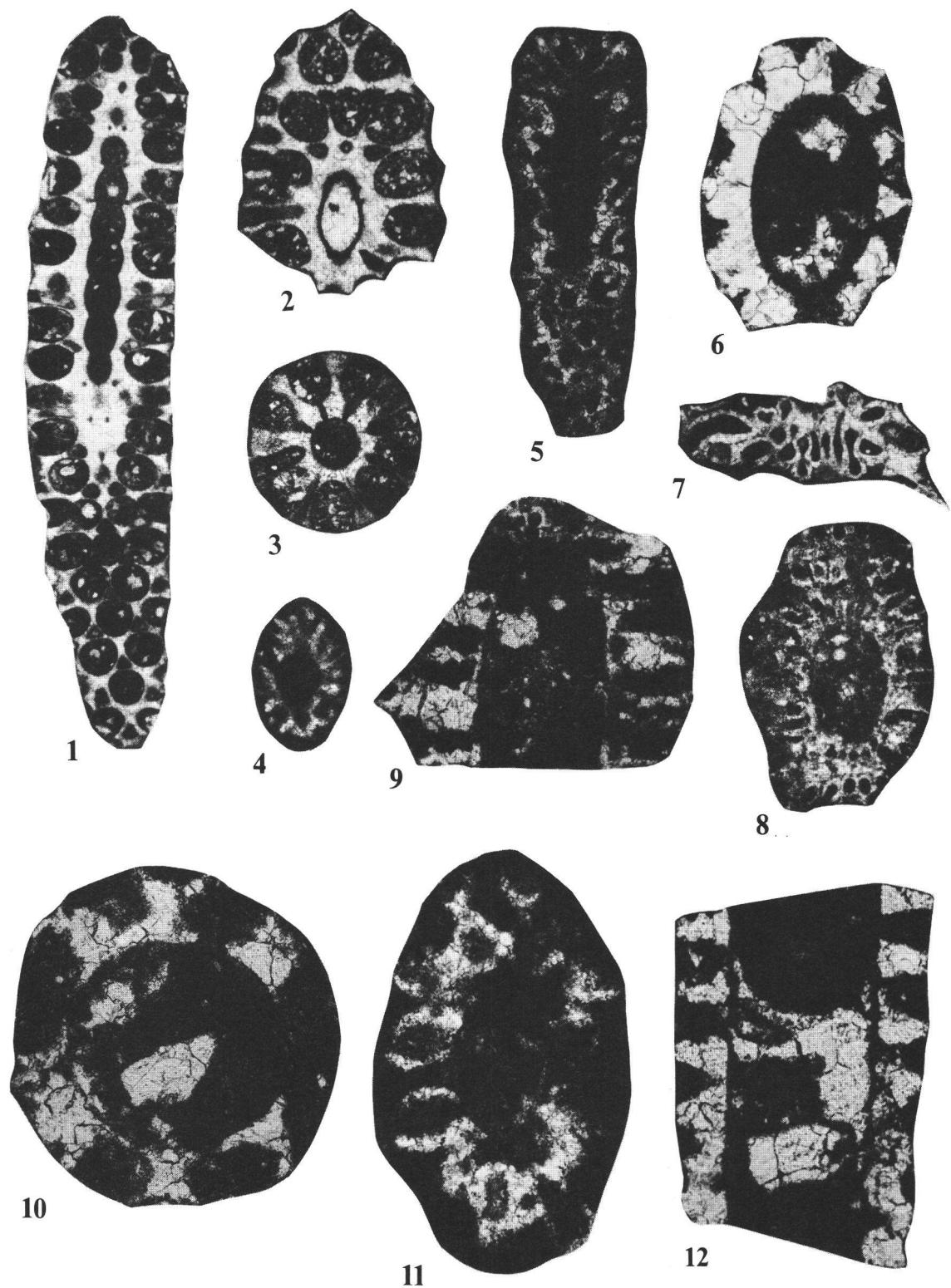


PLANCHE II

- 1-3 *Montiella? elitzae* (BAKALOVA). La Brunette (Neuchâtel), Hauterivien (? supérieur). 1: section très oblique, $\times 20$. 2: section oblique, $\times 26$. 3: section perpendiculaire, $\times 26$.
- 4, 5 *Dissocladella hauteriviana* MASSE. Sections obliques, $\times 67$. 4: La Russille (Vaud), Hauterivien inférieur. 5: Gellin-Rochejean (Doubs), calcaires à *Pachytraga*, Hauterivien (? supérieur).
- 6 *Salpingoporella muehlbergii* (LORENZ). Section oblique, $\times 66$; Gellin-Rochejean (Doubs), Hauterivien (? supérieur).
- 7 *Likanella? aff. danilovae* RADOIČIĆ. Section tangentielle, $\times 26$. La Brunette (Neuchâtel), Hauterivien (? supérieur).
- 8 *Pseudoactinoporella fragilis* CONRAD. Section oblique, $\times 22$. Gare de Vallorbe (Vaud), Hauterivien (? supérieur).
- 9, 10 *Salpingoporella genevensis* (CONRAD). Gellin-Rochejean (Doubs), calcaires à *Pachytraga*, Hauterivien (? supérieur). $\times 53$. 9: section oblique, partielle. 10: section presque perpendiculaire.
- 11 *Heteroporella? paucicalcareo* CONRAD. Section oblique, $\times 67$. Gare de Vallorbe (Vaud), Hauterivien (? supérieur).
- 12 *Salpingoporella melitae* RADOIČIĆ. Section subaxiale, $\times 53$. Gellin-Rochejean (Doubs), calcaires à *Pachytraga*, Hauterivien (? supérieur).