

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: 5: Corrélations
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: 29.01.2026

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

<i>Mémoires de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles</i>	Tome XI	p. 291-298, 3 fig.	Neuchâtel, 1989
---	---------	--------------------	-----------------

V. CORRÉLATIONS

BIOSTRATIGRAPHIE DE L'HAUTERIVIEN DU JURA MÉRIDIONAL

par

Bernard CLAVEL et Jean CHAROLLAIS

Recherche subventionnée

par le Fonds national suisse de la recherche scientifique (crédit N° 2.434.075 et 2.315-0.84)

RÉSUMÉ. — L'étude stratigraphique et sédimentologique de l'Hauterivien du Jura méridional met en évidence six discontinuités principales limitant cinq séquences régressives. La collecte d'une abondante faune significative permet, pour la première fois, une attribution biostratigraphique précise de chacune d'entre elles. Le schéma stratigraphique admis jusqu'à ce jour, est sensiblement modifié.

ABSTRACT. — Stratigraphical and sedimentological studies of Southern Jura Hauterivian led to the discovery of five main, regressive sequences. They can be biostratigraphically defined on the basis of an abundant, significant fauna. The hitherto accepted stratigraphical framework is thus sensibly modified.

ZUSAMMENFASSUNG. — Stratigraphisch-sedimentologische Untersuchungen im Hauterivian des Südjura erlauben den Nachweis von 6 grösseren Diskontinuitäten, die die Grenzen von 5 regressiven Sequenzen bilden. Zahlreiche Neufunde von reichen, stratigraphisch signifikanten Faunen ermöglichen erstmals die genaue biostratigraphische Einstufung aller Sequenzen. Das bislang angenommene stratigraphische Schema wird dadurch erheblich modifiziert.

1. INTRODUCTION

Le Jura méridional représente le domaine sédimentaire le plus oriental de la plate-forme jurassienne, en bordure du bassin alpin dont il est actuellement séparé par le front de chevauchement subalpin; de ce fait, il est caractérisé par des faciès plus externes que ceux du Jura de la région stratotypique. L'étude de trois coupes au Salève, au Vuache et au Mont-de-Musièges (CHAROLLAIS et al., ce vol.) a permis, en dépit de variations d'épaisseur et de faciès d'établir des corrélations basées d'une part sur les ammonitofaunes récoltées dans ces trois sections et d'autre part sur les discontinuités limitant des séquences (fig. 1); celles-ci ont fait l'objet d'une description détaillée au Mont-de-Musièges.

Dans le Jura méridional, les formations de l'Hauterivien comportent relativement plus d'épisodes hémipélagiques qu'au N (stratotype) et ceux-ci se retrouvent décalés dans le temps (plus haut dans les séries méridionales que septentrionales) du fait de la progradation de la plate-forme, dirigée du NW vers le SE. Les études menées depuis les dix dernières années dans le Crétacé inférieur de l'ensemble du Jura méridional ont permis de confirmer une remarquable identité dans l'organisation séquentielle de toutes les coupes, des environs de Genève (fig. 1) à la région chambérienne. Elles ont en même temps permis la collecte d'une

2. HISTORIQUE

L'étude historique de REMANE (ce vol.) rappelle les différents concepts adoptés par nos prédécesseurs qui ont défini l'étage Hauterivien.

La fig. 2 résume les conclusions stratigraphiques de divers auteurs ayant étudié le Jura méridional depuis la fin du XIX^e siècle: ces conclusions étaient communément admises jusqu'aux travaux récents dont il est rendu compte ici.

SCHARDT (1891) (Reculet-Vuache)	JOUKOWSKY & FAVRE (1913) (Salève)	REVIL (1911) (Jura savoisien)
Urgonien II ou sup. (calc. à <u>Requienia</u>)	Barrémien sup. à faciès urgonien (calc. blanc zoogène à rudistes)	Barrémien sup. masse urgonienne inf. (calc. à <u>R. ammonia</u>)
Urgonien I ou inf. (marnes et calc. jaunes de la Russille)	Barrémien inf. (calc. marneux oolitique = c. de la Russille)	Barrémien inf. (calc. jaunes oolit. à <u>C. emerici</u> , <u>P. cruasensis</u>)
Hauterivien III ou sup (P. jaune de Neuchâtel)	Hauterivien sup. (P. jaune de Neuchâtel)	Hauterivien sup. (calc. marn. à <u>T. retusus</u>)
Hauterivien II ou inf. p.p. (Marnes d'Hauterive)	Hauterivien inf. (Marnes d'Hauterive)	Hauterivien inf. (marno-calcaires à <u>A. radiatus</u>)
Hauterivien I ou inf. p.p. (calc. à <u>O. rectangularis</u>)	Valanginien sup. (calc. à <u>A. rectangularis</u>)	Valanginien sup. (calc. à <u>A. rectangularis</u>)

FIG. 2. — Stratigraphie du Jura méridional, classement adoptée pour les formations comprises entre le Valanginien supérieur et le Barrémien.

Le découpage stratigraphique accepté pour le Jura neuchâtelois était transposé dans l'ensemble du domaine jurassien, tant en raison de la remarquable similarité des successions de faciès que de l'interprétation des faunes collectées:

- calcaires à *Alectryonia rectangularis*, dont l'équivalence avec les marnes à *Astieria astieri* du Jura neuchâtelois était reconnue;
- partie inférieure essentiellement marneuse et partie supérieure essentiellement calcaire assimilées respectivement aux Marnes d'Hauterive et à la Pierre jaune de Neuchâtel;
- calcaires marneux oolitiques jaunes correspondant à l'ensemble «Urgonien jaune»/Marnes de La Russille;
- calcaires blancs à rudistes parallélisés avec «l'Urgonien blanc» neuchâtelois.

Les datations de ces divers ensembles ne différaient en rien du schéma neuchâtelois, l'attribution à l'Hauterivien par SCHARDT (1891) des calcaires à *A. rectangularis* n'étant que le reflet de l'indécision qui régnait à l'époque sur l'attribution de ce niveau, définitivement considéré comme Valanginien quelques années plus tard. La citation par RÉVIL (1911) de *Crioceras emerici* dans les calcaires oolitiques jaunes situés sous les calcaires à rudistes confirmait l'attribution de ces niveaux au Barrémien inférieur. La présence simultanée de *Parahoplites cruasensis* ne laissait alors pas planer de doutes sur cette datation, cette ammonite étant alors considérée, à la suite de KILIAN (1895: 746), comme une forme du Barrémien inférieur.

Mais, la présence de *P. (Cruasicerias) cruasensis*, dans le domaine jurassien n'est sans doute qu'une extrapolation de RÉVIL (1911) : le seul *P. cruasensis* qu'il cite dans sa thèse ne provient pas du Jura mais du domaine subalpin (Mont-Granier). D'autre part, les « *Crioceras (Emericiceras) emerici* D'ORB. » cités par RÉVIL (1911) en diverses pages de sa thèse sont à l'origine de l'attribution définitive des calcaires jaunes oolitiques jurassiens et des « couches à panopées » présubalpines au Barrémien inférieur par l'ensemble des auteurs récents. Leur interprétation repose cependant sur un double malentendu : de l'auteur et de ses successeurs. Il convient ici de réexaminer l'ensemble de la question.

À PROPOS DE « *CRIOCERAS EMERICI* » DANS LE JURA MÉRIDIONAL

Dans le premier volume de sa thèse, publié en 1911, RÉVIL traite en deux pages du « Barrémien inférieur » jurassien, sans énumérer de coupes. Pour justifier cette datation, il cite (p. 401) « quelques Brachiopodes (Rhynchonelles, Térébratules), d'assez nombreux bivalves (Panopées, Huîtres) et des fragments de grands Criocères (*Crioceras emerici* d'ORBIGNY?) ». A la page suivante (p. 402), il conclut que « le Barrémien de notre Jura méridional pourra se subdiviser en deux sous-étages :

1. Calcaires jaunes grenus oolithiques à intercalations marneuses à *Crioceras emerici* d'ORB., bivalves (panopées, huîtres) et brachiopodes.
2. Calcaires compacts zoogènes blancs... »

D'une page à l'autre, le doute quant à la détermination des fragments de Criocères a disparu. On comprend mieux cette soudaine certitude quand on lit, quelques lignes plus haut, que l'attribution par RÉVIL au Barrémien supérieur de la masse inférieure des calcaires à rudistes est essentiellement basée sur les datations de PAQUIER (1900) pour la même formation dans le Vercors. Il était dès lors évident pour RÉVIL que les niveaux sous-jacents ne pouvaient représenter que le Barrémien inférieur, et donc que les Criocères étaient des *C. emerici* caractéristiques de la base du Barrémien.

La lecture de la thèse laisse également de sérieux doutes sur la localisation géographique de la coupe ayant fourni ces *C. emerici*. en effet (p. 454), RÉVIL (1911) propose à nouveau une subdivision de l'Urgonien en Barrémien inférieur et supérieur, le sous-étage inférieur étant défini comme « calcaires oolithiques jaunes avec délit marneux à *Toxaster*, Panopées, Brachiopodes et *Crioceras emerici* d'ORB. ». Mais, il s'agit alors de la stratigraphie du domaine subalpin. Or, dans sa liste faunique du Barrémien inférieur subalpin (p. 466), il ne cite qu'un seul gisement pour *C. emerici* : route de Saint-Sulpice au Col de l'Epine, qui se trouve dans son domaine jurassien.

Dans le second volume de sa thèse, paru en 1913, RÉVIL donne le détail de certaines coupes significatives, dont celle de la Montagne de l'Epine : le Barrémien inférieur n'y est constitué que de « quelques bancs calcaires que surmontent directement les marnes bariolées de l'Aquitainien ». Il n'y est pas fait mention de la moindre ammonite, et notamment pas de « Criocères » censés provenir des « intercalations marneuses des calcaires jaunes inférieurs ».

Les collections de RÉVIL ayant disparu au Musée de Chambéry, il n'est pas possible de vérifier ni la détermination des fragments, ni leur faciès. On vient d'autre part de voir que leur localisation géographique n'est même pas certaine dans les écrits de l'auteur. Il était donc abusif de fonder sur une seule citation fortement douteuse l'attribution biostratigraphique des calcaires jaunâtres de « l'Urgonien inférieur ».

Les conclusions de RÉVIL (1911) pour le Jura savoisien, de JOUKOWSKY & FAVRE (1913) pour le Jura des environs de Genève sont restées d'actualité jusqu'à nos jours. Des travaux récents les ont même développées, à l'aide d'arguments nouveaux. Elles ne peuvent ici être acceptées : les corrélations de faciès établies par ces auteurs se trouvent confirmées, mais leurs conclusions biostratigraphiques doivent être sérieusement révisées.

3. BIOSTRATIGRAPHIE

Si l'équivalence des grands ensembles lithologiques avait été depuis longtemps reconnue, la corrélation précise de leurs divers constituants n'était cependant pas possible, en raison notamment des variations de

faciès, d'épaisseur et de l'absence de faune significative au-dessus des marnes basales. Les travaux récents, dont ceux de VIÉBAN (1983), CHAROLLAIS et al. (ce vol.) ont permis de définir un certain nombre de séquences observables à l'échelle régionale et d'y collecter des faunes caractéristiques (fig. 1).

Du Valanginien terminal à la base des calcaires massifs de «l'Urgonien», six discontinuités majeures limitant cinq séquences ont été identifiées; nous avons pu les dater (fig. 3). Le schéma séquentiel retenu ici ne diffère de celui publié par VIÉBAN (1983) que dans l'identification de la discontinuité A.

Les trois premières séquences sont lithologiquement constituées de marnes ou calcaires marneux hémipélagiques à la base, de calcaires bioclastiques grossiers infralittoraux au sommet. La quatrième se présente sous forme de petits bancs marneux et de calcaires oolitiques souvent jaunes formant transition avec les calcaires urgoniens massifs.

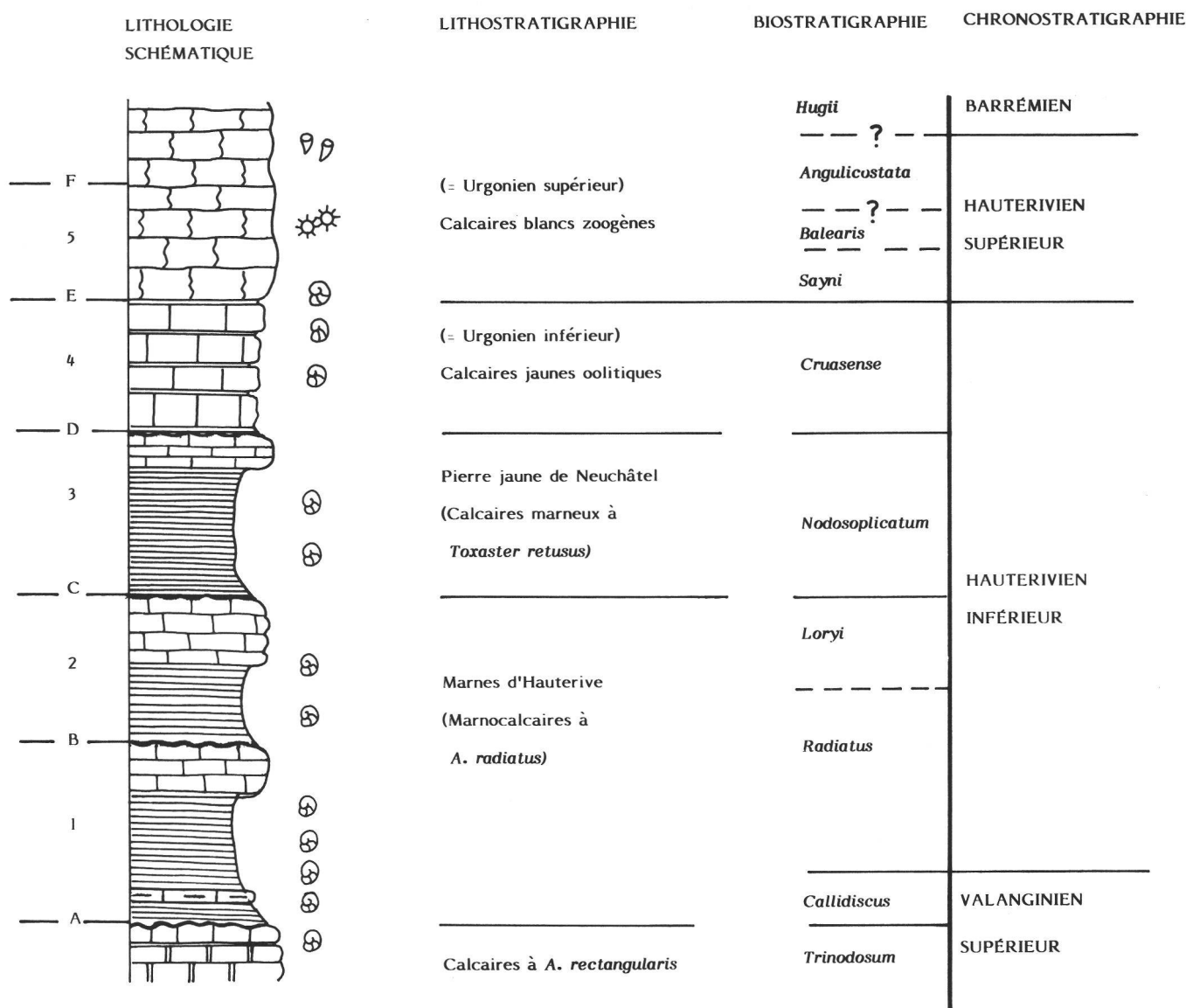


FIG. 3. — Synthèse lithostratigraphique, biostratigraphique et chronostratigraphique du Jura méridional, entre le Valanginien supérieur et le Barrémien inférieur.

La cinquième, enfin, annonce l'installation définitive de la plate-forme «avec une nette augmentation de la teneur en carbonate, une couleur plus claire et une morphologie typique en gros bancs massifs» (VIÉBAN; 1983: 141).

Une macrofaune abondante a été collectée dans les marnes basales de ces cinq séquences, ammonites et échinides notamment. Elle a permis d'insérer chacune d'entre elles dans le cadre biostratigraphique actuellement reconnu.

Séquence 1 (A-B)

Les travaux de CLAVEL, DONZE, WALTER (en cours) sur le passage Valanginien-Hauterivien dans le Jura méridional démontrent que dans cette région, lorsque les calcaires à *A. rectangularis* ne se terminent pas par un hard-ground, ils sont surmontés d'un niveau de marnes d'ordre métrique suivi d'un banc de calcaire micritique légèrement bioclastique de même ordre, sur lequel repose le premier niveau important de marnes bleues (10 à 20 m). Ce banc calcaire n'avait jamais été remarqué jusqu'à présent, et l'ensemble était considéré comme représentant les Marnes d'Hauterive. Mais, la collecte d'ammonites valanginiennes de part et d'autre de ce banc au Salève et au Vuache (*Teschenites* sp.), à Lamoura (*Karakaschiceras biassalensis*), à Hauteville et à la Cluse de Chailles (*Dicostella pitrei*, *Neocomites? dubisiensis*, *Karakaschiceras biassalensis*, *Teschenites* gr. *flucticulus*), montre que le passage Valanginien-Hauterivien s'effectue indubitablement au sein des marnes bleues. Les échinides (*Toxaster*, *Tetraromania*) confirment ce résultat.

La discontinuité A est donc placée ici au sommet des calcaires à *A. rectangularis*, et elle n'est pas considérée comme marquant la base de l'Hauterivien. Elle correspond à un approfondissement marqué, des marnes hémipélagiques surmontant des calcaires bioclastiques infralittoraux terminés ou non par un hard-ground. La discontinuité B se situe au sommet du premier ensemble de calcaires à faciès Pierre jaune. Tout comme la discontinuité suivante (C), elle marque le passage des calcaires bioclastiques grossiers infralittoraux à des marnes argileuses circalittorales.

La base de la séquence 1 correspond à l'extrême sommet du Valanginien. Le reste représente la partie inférieure de la Zone à *Radiatus*, avec de très nombreuses ammonites caractéristiques, dont *Acanthodiscus radiatus*, dans toutes les coupes. La limite Hauterivien-Valanginien peut y être précisément définie avec l'apparition de *Toxaster remanei* et *T. crassissulcatus* (CLAVEL, ce vol.).

Séquence 2 (B-C)

Sa limite supérieure est représentée par la discontinuité C, sise au sommet du second ensemble de calcaires à faciès Pierre jaune.

Dans sa partie marneuse, la faune d'ammonites n'est pas différente de celle de la séquence précédente. *Acanthodiscus radiatus* y a été collecté jusqu'au-dessous des calcaires bioclastiques. Ceux-ci n'ont pas fourni de faune caractéristique. La limite *Radiatus*-Loryi, non argumentée dans le sud du Jura, peut être placée dans la partie supérieure des marnes, par référence au schéma séquentiel du Jura neuchâtelois.

Séquence 3 (C-D)

Surmontant le troisième niveau à faciès Pierre jaune, la discontinuité D est peu visible sur le terrain. Elle correspond à un niveau marneux d'épaisseur centimétrique à décimétrique amenant des faciès fins à débris d'échinodermes en majorité circalittoraux sur un ensemble oolitique ou bioclastique grossier.

De nombreux *Lyticoceras*, accompagnés de *Saynella clypeiformis*, ont été collectés dans les marnes (Salève, Vuache, Mont-de-Musièges, Clergeon, Col de l'Epine). Ces niveaux représentent la Zone à *Nodosoplicatum*.

Séquence 4 (D-E)

La discontinuité E, toujours bien marquée dans la morphologie, représente le dernier épisode marneux sous les bancs massifs formant la falaise urgonienne. Elle correspond également à l'arrivée de faciès externes, à faune essentiellement circalittorale, sur des faciès bioclastiques grossiers.

Dans cet intervalle, la rareté des ammonites correspond à la dominance de faciès moins profonds. On y connaît cependant :

- *Lyticoceras* sp. à son sommet (Grand-Essert). C'est une forme caractéristique de l'Hauterivien inférieur.
- cf. *Cruasicerias cruasense* (Mont-Clergeon). RÉVIL signalait en 1913 (p. 59-60) un «*Hoplites* de grande taille» dans les «calcaires grenus jaunâtres à bancs marneux» situés au contact de la barre urgonienne de Ruffieux. Selon BUSNARDO (communication orale, 1984), il ne peut s'agir là que d'un *Cruasicerias*, étant donné qu'il n'existe pas d'*Hoplitidés* de grande taille dans l'Hauterivien supérieur ou le Barrémien.
- *Crioceras* sp. («*Crioceras emerici*»? Col de l'Epine?; RÉVIL, 1913), sans valeur stratigraphique. Le problème posé par cette ammonite a été abordé dans l'historique (paragraphe 2).

VIÉBAN (1983) signale également dans cette séquence, à Menthrières, un ostracode qui ne dépasse pas l'Hauterivien inférieur : *Protocythere triplicata*.

Cette séquence doit donc être mise en équivalence dans la Zone à Cruasense.

Séquence 5 (E-F)

La discontinuité F est ainsi définie par VIÉBAN (1983 : 141) : «Cet horizon de discontinuité n'est pratiquement pas décelable morphologiquement. Il sépare, par l'intermédiaire de faciès témoignant de milieux relativement profonds, deux séquences sédimentologiquement bien différentes.

» Le sommet de la séquence 4 sous-jacente, marqué par d'importantes variations latérales de faciès à l'échelle de la région, correspond à des milieux de bordure externe ou bien de bordure interne.

» Au-dessus de la discontinuité se développent des faciès typiques de milieux proches du domaine interne de la plate-forme, dans lesquels les Orbitolinidés et les Rudistes font leur apparition. »

Seule la base de cette séquence a fourni une faune significative :

- *Crioceratites* cf. *nolani* (Ruffieux). Cette ammonite, bien que n'indiquant pas de biozone particulière, est limitée à l'Hauterivien.
- *Schuleridea thoerenensis-werlensis* et *Asciocythere brevis*, ostracodes ne dépassant pas la base de l'Hauterivien supérieur (La Chambotte).
- *Toxaster retusus*, échinide hauterivien qui disparaît dans la partie supérieure de la Zone à Angulicostata où il est remplacé par *Toxaster seynensis*.

Les comparaisons avec le domaine hémipélagique présubalpin tout proche incitent, d'autre part, à corréliser le niveau marneux de base avec la partie basale des «Couches à Panopées» qui ont fourni une multitude de *Subsajnella sayni*.

La partie inférieure de la séquence 5 se trouve donc vraisemblablement dans la Zone à Sayni.

Sa partie supérieure, qui constitue la base de la falaise urgonienne, ne contient évidemment plus de microfaune caractéristique mais a fourni à VIÉBAN (1983) des orbitolines réputées barrémiennes, déterminées par ARNAUD-VANNEAU.

La découverte récente de très nombreuses ammonites à la base de la falaise urgonienne de la Chartreuse et du Vercors (CLAVEL et al., 1986, 1987), a permis de réviser la répartition stratigraphique de ces orbitolines, dont l'extension dans le domaine subalpin est la suivante :

- *Paracoskinolina sunnilandensis* : Hauterivien supérieur (Sayni) - Barrémien supérieur (Astieri).
- *Urgonina alpillensis-protuberans* : Hauterivien supérieur (Angulicostata) - Barrémien inférieur (Moutoni).
- *Urgonina* sp. I : Hauterivien supérieur (Angulicostata).

Au Vuache, cette séquence a fourni à BLONDEL et al. (1986) *Dictyorbitolina ichnusae*, sur toute son étendue. Dans la Chartreuse et le Vercors, cette espèce est limitée à l'Hauterivien supérieur. Elle persiste toutefois à la base de la Zone à Hugii (Barrémien basal) dans le massif subalpin des Bornes, où elle est accompagnée de *Valserina brönnimanni*, qui apparaît dans la séquence sus-jacente au Vuache.

En l'absence de faune plus significative, il est légitime de placer ces niveaux du sommet dans la Zone à Angulicostata.

Il apparaît ainsi que, contrairement à l'opinion communément admise jusqu'à ce jour, les faciès urgoniens typiques de plate-forme carbonatée s'installent dans le Jura méridional durant l'Hauterivien supérieur, et non au Barrémien supérieur. Le schéma biostratigraphique proposé ici est d'ailleurs confirmé par les datations obtenues dans le domaine présubalpin des Bornes, des Bauges, de la Chartreuse et du Vercors, où les nombreuses ammonites collectées au contact des faciès urgoniens et à leur base démontrent qu'ils apparaissent là aussi dans l'Hauterivien supérieur.

Nous témoignons notre gratitude à R. BUSNARDO qui a déterminé et révisé les ammonites citées; nous adressons également nos vifs remerciements au Fonds national suisse de la recherche scientifique (projets Nos 2.434-0.75 et 2.315-0.84) sans le soutien duquel nous n'aurions pas pu mener à bien cette étude.

4. BIBLIOGRAPHIE

- BLONDEL, T., CHAROLLAIS, J., CLAVEL, B. & SCHROEDER R. — (1986). Livret-guide excursion N° 1, Benthos 86. *Série Guide géologique* N° 5, Dpt. Géol. et Paléont. Univ. Genève.
- 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.
- CLAVEL, B. — (1989). Echinides du Crétacé inférieur jurassien: stratigraphie, paléoécologie, paléontologie. *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 11: 149-182, Neuchâtel.
- CLAVEL, B., BUSNARDO, R. & CHAROLLAIS, J. — (1986). Chronologie de la mise en place de la plate-forme urgonienne du Jura au Vercors (France). *C. R. Acad. Sci. (Paris)* 302: 583-586.
- CLAVEL, B., CHAROLLAIS, J. & BUSNARDO, R. — (1987). Données biostratigraphiques nouvelles sur l'apparition des faciès urgoniens du Jura au Vercors. *Eclogae geol. Helv.* 80: 59-68.
- CLAVEL, B., DONZE, P. & WALTER, B. (en cours). Nouvelles données biostratigraphiques sur le passage Valanginien-Hauterivien dans le Jura. *Eclogae geol. Helv.* (à paraître).
- JOUKOWSKY, E. & FAVRE, J. — (1913). Monographie géologique et paléontologique du Salève (Haute-Savoie, France). *Mém. Soc. Phys. Hist. nat. Genève* 37/4: 295-523.
- KILIAN, W. — (1895). Notice stratigraphique sur les environs de Sisteron et contributions à la connaissance des terrains secondaires du sud-est de la France. *Bull. Soc. géol. France* 23: 659-803.
- PAQUIER, V. — (1900). Recherches géologiques dans le Diois et les Baronnies orientales. Thèse, doct., Grenoble, 402 p.
- REMANE, J. — (1989). The historical type Hauterivian of the Jura Mountains. *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 11: 9-18, Neuchâtel.
- RÉVIL, J. — (1911). Géologie des chaînes jurassiennes et subalpines de la Savoie. *Mém. Acad. Savoie*, 5/1, 622 p.
- (1913). Géologie des chaînes jurassiennes et subalpines de la Savoie. *Mém. Acad. Savoie*, 5/2, 301 p.
- SCHARDT, H. — (1891). Etudes géologiques sur l'extrémité méridionale de la première chaîne du Jura (chaîne du Reculet-Vuache). *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* 27: 69-158 (B. 103).
- VIÉBAN, F. — (1983). Installation et évolution de la plate-forme urgonienne (Hauterivien à Bédoulien) du Jura méridional aux chaînes subalpines (Ain, Savoie, Haute-Savoie). Sédimentologie, minéralogie, stratigraphie et paléontologie. *Thèse* 3^e cycle, Univ. Grenoble, 222 p.

<i>Mémoires de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles</i>	Tome XI	p. 299-305, 2 fig.	Neuchâtel, 1989
---	---------	--------------------	-----------------

CORRÉLATION DES FORMATIONS HAUTERIVIENNES DU JURA MÉRIDIONAL AU JURA NEUCHÂTELOIS

par

Bernard CLAVEL et Jean CHAROLLAIS

Recherche subventionnée

par le Fonds national suisse de la recherche scientifique (crédit N° 2.434.075 et 2.315-0.84)

ABSTRACT. — Hauterivian formations of Jura mountains exhibit lithological variability linked to Urgonian platform progradation. The faunistic associations being characteristic of distinct environments, cannot be directly compared. Correlations are nevertheless attempted on the basis of a sequential model, the terms of which can be identified both in Northern and Southern domains.

ZUSAMMENFASSUNG. — Die Hauterivian-Formationen des Jura zeigen Variationen in der Lithologie, welche an die Progradation der Urgon-Plattform gebunden sind. Die Faunenvergesellschaftungen gehören verschiedenen Ablagerungsbereichen an und sind deshalb nicht direkt vergleichbar. Korrelationen können jedoch aufgrund eines sequentiellen Schemas durchgeführt werden, dessen Elemente im Norden wie im Süden eindeutig erkennbar sind.

RÉSUMÉ. — Les formations hauteriviennes du Jura présentent des variations lithologiques liées à la progradation de la plateforme urgonienne. Caractéristiques de milieux différents, les associations faunistiques ne sont alors plus directement comparables. Des corrélations peuvent toutefois être établies à partir d'un schéma séquentiel dont les termes sont clairement identifiables au N comme au S.

1. INTRODUCTION

De nombreuses et nouvelles données paléontologiques et sédimentologiques ont pu être réunies dans le Jura vaudois et neuchâtelois, lors de la révision des stratotypes historiques qui fait l'objet de ce volume, aussi bien que dans le Jura méridional (CHAROLLAIS et al., ce vol., CLAVEL et al., ce vol.). Ces deux domaines géographiques, mitoyens, appartiennent à un ensemble morphologiquement homogène, sans accident tectonique majeur, où les faciès du Crétacé inférieur, partout bien représentés dans les chaînons jurassiens les plus externes, permettent des observations très rapprochées les unes des autres. Les nombreuses coupes étudiées dans le cadre de ce travail ne seront pas citées dans le texte : mais leur succession continue du N au S est illustrée dans la carte des localisations (fig. 1).

Les corrélations proposées ici reposent sur la collecte d'une faune caractéristique abondante et sur l'existence d'une organisation séquentielle dont la cohérence a pu être vérifiée en de nombreux points dans la région considérée aussi bien que dans le bassin subalpin. Elles sont résumées dans la fig. 2, qui regroupe de manière synthétique les observations et les conclusions détaillées par ailleurs dans ce volume.

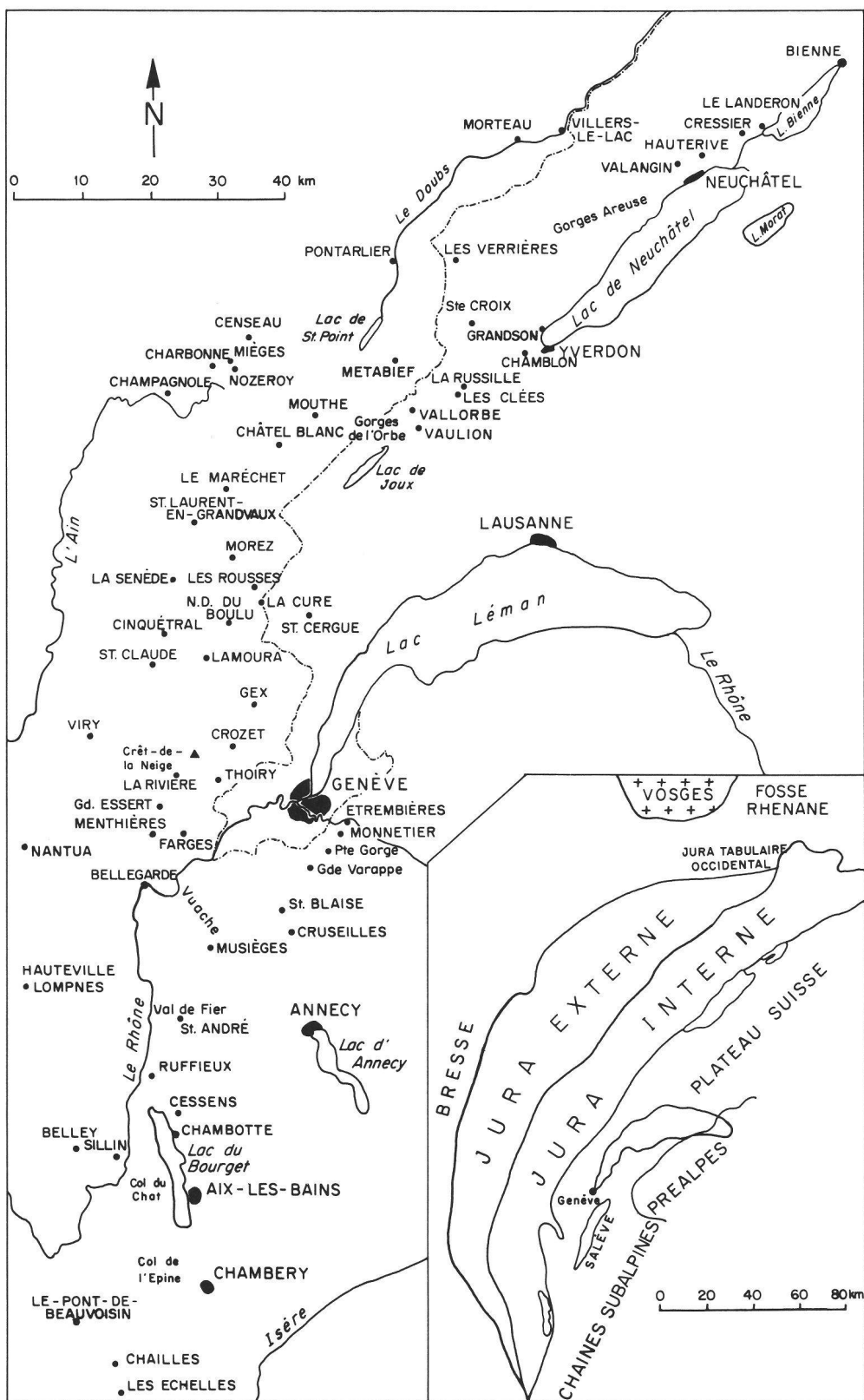


FIG. 1. — Localisation géographique des principales coupes étudiées.

2. DONNÉES PALÉONTOLOGIQUES

Les nombreuses ammonites et les nombreux échinides collectés (BUSNARDO & THIEULOY; CLAVEL; CHAROLLAIS et al., ce vol.) ont permis d'identifier, dans le Jura neuchâtelois et vaudois comme dans le Jura méridional, la partie sommitale du Valanginien, la limite Valanginien-Hauterivien, ainsi que les trois premières Zones de l'Hauterivien inférieur (Radiatus, Loryi, Nodosoplicatum). Les corrélations reposent donc sur quatre horizons-repères biostratigraphiquement isochrones, représentant les «séries marneuses» de la région stratotypique.

Il en va différemment des séries carbonatées sises au-dessus. En effet, dans le Jura neuchâtelois, les associations d'échinides (CLAVEL, ce vol.) et l'analyse sédimentologique montrent que les faciès de plate-forme infralittorale s'installent définitivement dès le sommet de la Pierre jaune de Neuchâtel avec des calcaires oolitiques, bioclastiques, intercalés de petits niveaux de marnes grumeleuses à faune elle aussi infralittorale (notamment échinides, bryozoaires).

Dans le S par contre, les échinides caractéristiques du milieu circalittoral persistent jusqu'à la base de la falaise urgonienne massive («Urgonien blanc»), ceci en raison de la progradation N-S des faciès de plate-forme. Dès «l'Urgonien jaune» (et son équivalent dans le Jura méridional), la corrélation paléontologique directe qui a pu être utilisée dans les séries marneuses sous-jacentes s'avère donc impossible, les milieux et les faunes étant différents.

Alors que des ammonites ont été collectées dans le Jura méridional jusqu'à la base de «l'Urgonien blanc», il est vain d'espérer en trouver en même position dans le Jura neuchâtelois, dès le sommet de la Pierre jaune de Neuchâtel. On n'en connaît d'ailleurs aucune, malgré l'ampleur des collections anciennes de cette région. C'est donc par le biais d'une corrélation séquentielle étroitement liée à l'analyse de faunes que les datations des séries carbonatées du N et du S peuvent être réconciliées.

3. DONNÉES SÉQUENTIELLES

La corrélation séquentielle, basée sur l'identification de discontinuités majeures supposées isochrones, peut être légitimement utilisée entre les domaines mitoyens que sont le Jura neuchâtelois et vaudois et le Jura méridional. Marquées par un brutal contact entre des sédiments d'environnements différents, ces discontinuités définissent un certain nombre de séquences régressives au sens klupfélien du terme. Généralement représentées par la superposition de marnes hémipélagiques sur des calcaires bioclastiques infralittoraux, elles se traduisent sur la plate-forme urgonienne, par l'apparition de faciès nettement plus externes.

Du sommet du Valanginien à la base de la masse de «l'Urgonien blanc» (fig. 2), cinq discontinuités majeures sont aisément repérables dans le S (A-F, CLAVEL & CHAROLLAIS, ce vol.), quatre seulement dans le N (β - ϵ , CONRAD & MASSE, ce vol.). En effet, dans le Jura méridional, (sauf à Menthrières et au Mont-de-Musièges, en raison du jeu synsédimentaire de la faille du Vuache démontré par CHAROLLAIS et al., 1983), les marnes du Valanginien sommital — Zone à Callidiscus — (= base des Marnes bleues *auct.*) reposent sur les calcaires bioclastiques infralittoraux à *Alectryonia rectangularis* attribués à la Zone à Trinodosum. Dans le Jura neuchâtelois et vaudois, par contre, ces mêmes marnes (Marnes bleues dites d'Hauterive, ou marnes jaunes) se poursuivent sans modification notable jusqu'au toit du Calcaire roux du Valanginien inférieur. Tout au plus à Sainte-Croix (Vaud) comme à Censeau (Doubs), le sommet de la Zone à Trinodosum est-il marqué par un épisode légèrement plus calcaire, mais à faune toujours circalittorale. A Valangin et au Landeron, par contre, aucune augmentation du taux des carbonates n'a jusqu'à présent été mis en évidence dans les quelques dizaines de centimètres de marnes plastiques qui représentent l'ensemble du Valanginien supérieur.

La limite Valanginien-Hauterivien ayant été définie paléontologiquement dans les deux domaines, la reconnaissance formelle de la conformité équivalant dans le N à la discontinuité A du S n'est pas d'un grand intérêt stratigraphique.

Les données séquentielles concordent avec les conclusions paléontologiques dans les horizons de discontinuité existant au milieu des «Marnes d'Hauterive» (B = β , Zone à Radiatus), et à la base de la partie supérieure

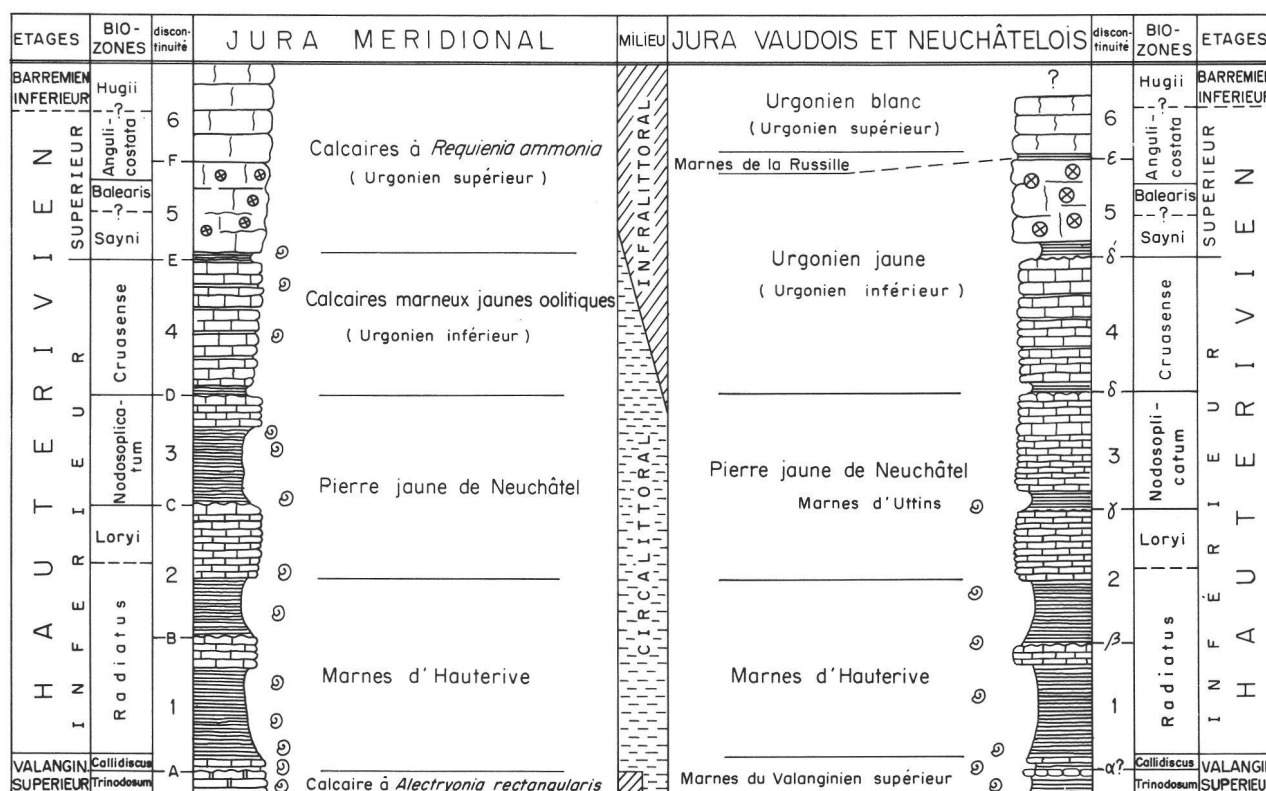


FIG. 2. — Corrélations séquentielles et biostratigraphiques entre le Jura méridional et le Jura neuchâtelois. En l'absence d'éléments plus précis, les limites de zones ont été assimilées aux limites de séquences.

de la « Pierre jaune de Neuchâtel » (= Marnes d'Uttins) (C = γ , Zone à *Nodosoplicatum*). Ce dernier horizon de discontinuité, C dans le S, γ dans le N, est daté de part et d'autre par des ammonites de la Zone à *Nodosoplicatum*: il constitue un repère biostratigraphique sûr qui servira de base à l'étude stratigraphique des séries carbonatées sus-jacentes.

A partir de cet horizon, l'évolution séquentielle se poursuit avec une remarquable identité dans l'ensemble du Jura:

- La discontinuité D = δ , au sommet des faciès « Pierre jaune de Neuchâtel », marque la base de la séquence 4 (« Urgonien jaune »).
- La discontinuité E = δ' , du Jura méridional correspond dans le Jura neuchâtelois et vaudois à une discontinuité non signalée dans ce volume par CONRAD & MASSE, nommée ici δ' . Parfaitement identifiable dans les gorges de l'Orbe et à Vaulion, elle est plus difficile à déceler dans les autres coupes de référence. C'est pourquoi CONRAD & MASSE ne l'ont pas retenue dans leur schéma séquentiel. De l'avis de ces auteurs, elle existe cependant de façon indubitable (communication orale; mai 1985).

Tout comme dans le S, elle se situe au-dessous des calcaires à cnidaires qui constituent dans le Jura neuchâtelois et vaudois la partie supérieure de l'« Urgonien jaune » des auteurs, dans le Jura méridional la base de la falaise urgonienne massive traditionnellement considérée comme représentant la base de l'« Urgonien blanc ».

- La discontinuité $F = \varepsilon$, à la base des calcaires massifs à rudistes et uniquement identifiable par l'analyse sédimentologique dans le S, correspond dans le N à un niveau marneux d'épaisseur décimétrique ou à un épisode légèrement plus argileux que les calcaires encaissants, qui sépare les calcaires à cnidaires (sommet de «l'Urgonien jaune») des calcaires à rudistes («Urgonien blanc»). Ce dernier niveau est déterminé par CONRAD & MASSE comme niveau des «Marnes de La Russille».

L'incertitude qui régnait depuis JACCARD sur la position stratigraphique exacte de ces marnes au sein de «l'Urgonien jaune» a conduit nombre d'auteurs à des assimilations malencontreuses, tant dans le N que dans le S du Jura. Les travaux de CONRAD & MASSE (ce vol.), ont le mérite de lever cette incertitude. Il faut, d'autre part, constater que la faune d'échinides récoltée autrefois dans ce niveau n'a qu'une signification paléocéologique (environnement de plate-forme) et que l'argumentation des auteurs (non JACCARD lui-même), qui ont voulu en faire le «Russilien» ne repose sur aucune donnée paléontologique significative.

4. CORRÉLATIONS BIOSTRATIGRAPHIQUES

Les trois premières séquences ayant fourni des ammonites caractéristiques tant dans le Jura neuchâtelois que dans le Jura méridional, leur corrélation biostratigraphique ne présente pas la moindre difficulté.

Il faut cependant noter que la partie supérieure de la séquence 3 (= partie supérieure de la «Pierre jaune de Neuchâtel»), essentiellement bioclastique, a cependant fourni au Landeron *Toxaster retusus*, échinide circalittoral immédiatement surmonté de l'association *Pseudocidaris clunifera*, *Goniopygus peltatus*, *Cidaris lardyi*. Ces derniers échinides sont exclusivement cantonnés dans les faciès infralittoraux de la plate-forme urgonienne dont ils constituent l'association classique. Ils font leur apparition dès le sommet de la Pierre jaune de Neuchâtel dans le Jura neuchâtelois, tandis qu'ils n'apparaissent au S qu'au sein de «l'Urgonien blanc», un peu en dessous des Calcaires marneux de la Rivière.

Leur apparition progressive du N au S de plus en plus haut dans les séries, en remplacement des *Toxaster* circalittoraux permet de suivre pas à pas la progradation de la plate-forme urgonienne (CLAVEL, ce vol.).

Séquence 4 (D - E; δ - δ')

Elle a été attribuée dans le S à la Zone à Cruasense, sommet de l'Hauterivien inférieur, avec une faune circalittorale (ammonites, *Toxaster retusus*).

Dans le Jura neuchâtelois et vaudois, elle correspond à des milieux infralittoraux où la macrofaune, échinides notamment, est liée au faciès et n'est plus stratigraphiquement significative: association à *Pseudocidaris clunifera* connue en milieu de plate-forme de l'Hauterivien inférieur au Barrémien supérieur, *Eucymatoceras* gr. *plicatum* primitif actuellement sans signification stratigraphique (TINTANT, communication orale, 31.1.1983). La microfaune caractéristique en est également absente. Par contre, les algues, bien représentées, y constituent l'association A2 (CONRAD & MASSE, ce vol.), reconnue ailleurs comme existant dans l'Hauterivien inférieur.

Aucun argument paléontologique ne permet donc une datation précise dans le N. Mais aucun non plus ne s'oppose à sa mise en équivalence, pour des raisons séquentielles, avec la Zone à Cruasense identifiée dans le Jura méridional.

Séquence 5 (E - F; δ' - ε)

Dans le Jura méridional, sa base commence dans la Zone à Sayni, base de l'Hauterivien supérieur, sa partie sommitale dans la Zone à Angulicostata, sommet de l'Hauterivien supérieur. Dans le Jura neuchâtelois et vaudois, cette séquence correspond à la partie supérieure de «l'Urgonien jaune», principalement constituée de faciès à cnidaires.

La macrofaune y est identique à celle de la séquence précédente. Par contre, l'association d'algues A3 ajoutée à l'ensemble déjà présent, de nouvelles espèces, également reconnues hauteriviennes ailleurs.

Les premiers orbitolinidés y font aussi leur apparition, dans la partie supérieure, avec trois espèces: *Paracoskinolina sunnilandensis*, *Paleodictyoconus* sp. 1, *Dictyorbitolina ichnusae* (ARNAUD-VANNEAU & MASSE, ce vol.). Dans la Chartreuse et le Vercors, leur répartition stratigraphique a pu être nouvellement précisée grâce à la récolte de nombreuses ammonites à la base des calcaires urgoniens (CLAVEL et al., 1986, 1987): *Dictyorbitolina ichnusae* y est limitée à l'Hauterivien supérieur (Sayni - Angulicostata), *Paleodictyoconus* sp. 1 est connu de la Zone à Sayni (Hauterivien supérieur) à la Zone à Hugii (base du Barrémien inférieur), *Paracoskinolina sunnilandensis* va de la Zone à Sayni à la Zone à Astieri (Barrémien supérieur). Dans le Jura neuchâtelois et vaudois comme dans le Jura méridional, en fonction des éléments obtenus des deux côtés, cette séquence doit donc être attribuée à l'Hauterivien supérieur *pro parte*, sa base représentant la Zone à Sayni, son sommet la base de la Zone à Angulicostata. Aucune observation ne permet actuellement de singulariser la Zone à Balearis au sein de cet ensemble.

Séquence 6 (au-dessus de F, au-dessus de ε)

Le début de la séquence 6 est représenté dans le N par les Marnes de La Russille, à la base des faciès à rudistes de «l'Urgonien blanc». Sa discontinuité sommitale n'a pu être identifiée en raison d'importantes lacunes, soit d'affleurement soit de sédimentation ou d'érosion, qui affectent l'Urgonien de cette région. Dans les coupes étudiées, «l'Urgonien blanc» n'affleure sur plus de quelques mètres qu'à Eclépens (15 m) et Vaulion (23 m), au-dessus de l'horizon de discontinuité.

Les orbitolinidés de la séquence précédente s'y retrouvent, aux côtés de formes nouvelles: *Cribellopsis* aff. *elongata*, *Urgonina alpillensis-protuberans* (ARNAUD-VANNEAU & MASSE, ce vol.), *Paleodictyoconus* sp. 2; *Paracoskinolina?* *reicheli*.

Leur répartition stratigraphique dans les coupes de la Chartreuse et du Vercors nouvellement datées par ammonites (CLAVEL et al., 1987) a dû être révisée; elle est la suivante:

- *Cribellopsis* aff. *elongata*: partie supérieure de la Zone à Angulicostata (Hauterivien supérieur terminal) — Zone à Hugii (Barrémien inférieur basal).
- *Urgonina alpillensis-protuberans*: partie supérieure de la Zone à Angulicostata (Hauterivien supérieur terminal) — Zone à Moutoni (Barrémien inférieur basal).
- *Paleodictyoconus* sp. 2: Zone à Angulicostata (Hauterivien supérieur) — Zone à Barremense (Barrémien supérieur basal).
- *Paracoskinolina reicheli*: Zone à Angulicostata (Hauterivien supérieur? — Bédoulien inférieur?) A La Chambotte (Jura méridional), cette espèce a été déterminée par A. ARNAUD (VIÉBAN 1983) en compagnie de *Dictyorbitolina ichnusae*, au-dessous de *Valserina primitiva*. Cette dernière forme apparaît dans l'Hauterivien supérieur et disparaît dans la partie basale de la Zone à Hugii (Barrémien basal) pour laisser place à une espèce plus évoluée — *Valserina brönnimanni* — [communication orale R. SCHROEDER, travaux en cours sur des coupes datées par ammonites].

La partie inférieure de «l'Urgonien blanc» du Jura neuchâtelois et vaudois, base de la séquence 6, doit donc être assignée à la partie supérieure de la Zone à Angulicostata (Hauterivien terminal), tout comme dans le Jura méridional. Là encore, les faunes ne sont pas en contradiction avec les données de la corrélation séquentielle.

La limite Hauterivien-Barrémien est cependant impossible à préciser. Elle est ici placée provisoirement dans les derniers mètres de l'Urgonien observable à Vaulion, quelque 20 m au-dessus de la discontinuité. Mais, il faut admettre qu'on ne possède aucun argument paléontologique pour étayer cette hypothèse. Aucune des coupes étudiées n'a fourni de faune caractéristique du Barrémien (les foraminifères autres que les orbitolines ne possédant pas actuellement de crédibilité suffisante), et la seule orbitoline exclusivement hauterivienne dans le Vercors et la Chartreuse (*Dictyorbitolina ichnusae*), n'existe pas dans la coupe de Vaulion et est présente jusqu'au sommet à Eclépens: on ne peut donc arguer de sa disparition pour admettre l'apparition du Barrémien.

La découverte récente de *Paracoskinolina?* *reicheli* à Eclépens inciterait à abaisser cette limite à la partie basale de la séquence 6.

Les observations effectuées dans le Massif des Bornes ne permettent pas pour l'instant de lever cette incertitude: si *Dictyorbitolina ichnusae* y est connue à la base de la Zone à Hugii, *Paracoskinolina ? reicheli* y est peut-être déjà présente au sommet de l'Hauterivien (travaux en cours).

Comme l'ont relevé CLAVEL & CHAROLLAIS (ce vol.), la même incertitude demeure pour l'instant dans le Jura méridional où, en l'absence de faune caractéristique du Barrémien, la limite Hauterivien-Barrémien a été également fixée provisoirement dans la partie moyenne de la séquence 6. Eu égard à la progradation N-S de la plate-forme urgonienne, on doit cependant admettre que les faciès à rudistes s'installent plus tôt dans le Jura neuchâtelois et vaudois que dans le Jura méridional et le domaine présubalpin. Leur datation précise dans ces dernières régions permettra seule de définir la limite Hauterivien-Barrémien dans le N du Jura.

5. CONCLUSION

A l'issue des travaux dont il est rendu compte dans ce volume, un fait doit être tenu pour acquis: l'apparition à l'Hauterivien inférieur des faciès de plate-forme carbonatée (Urgonien) dans l'ensemble du Jura.

La progradation de ces faciès, dans le sens NW-SE en direction du bassin subalpin, se fait durant l'intervalle Nodosoplicatum-Sayni. Après une brève période de mise en place définitive de la plate-forme (disparition des ingressions circalittorales dans le S, généralisation des faciès à cnidaires), les calcaires à rudistes (Urgonien s. str.) s'installent dès le sommet de l'Hauterivien supérieur (partie supérieure de la Zone à Angulicostata). Ces conclusions sont en accord avec les datations récemment obtenues dans le domaine présubalpin des Bauges, de la Chartreuse et du Vercors, où les faciès urgoniens apparaissent également dans l'Hauterivien supérieur (CLAVEL et al., 1986, 1987).

Les opinions communément admises jusqu'à la mise en route de la révision des stratotypes historiques doivent donc être abandonnées au profit de conclusions nouvelles basées sur l'identification du schéma séquentiel général et sa datation par une faune caractéristique des biozones d'ammonites.

Nous adressons nos vifs remerciements au Fonds national suisse de la recherche scientifique (projets Nos 2.434-0.75 et 2.315-0.84), sans le soutien duquel nous n'aurions pas pu mener à bien cette étude.

6. BIBLIOGRAPHIE

- ARNAUD-VANNEAU, A. & MASSE, J.-P. — (1989). Les foraminifères benthiques des formations carbonatées de l'Hauterivien et du Barrémien p.p. du Jura vaudois et neuchâtelois. *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 11: 257-276, Neuchâtel.
- BUSNARDO, R. & THIEULOUY, 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., AMATO, E., ESCHER, A., BUSNARDO, R., STEINHAUSER, N., MACSOTAY, O. & DONZE, P. — (1983). Etude préliminaire de la faille du Vuache (Jura méridional). *Bull. Soc. Vaud. Sci. nat.* 363, 76/3: 217-256.
- 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.
- CLAVEL, B. — (1989). Echinides du Crétacé inférieur jurassien: stratigraphie, paléoécologie, paléontologie. *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 11: 149-182, Neuchâtel.
- CLAVEL, B. & CHAROLLAIS, J. — (1989). Biostratigraphie de l'Hauterivien du Jura méridional. *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 11: 291-298, Neuchâtel.
- CLAVEL, B., BUSNARDO, R. & CHAROLLAIS, J. — (1986). Chronologie de la mise en place de la plate-forme urgonienne du Jura au Vercors (France). *C.R. Acad. Sci. Paris* 302, II, 8: 583-586.
- CLAVEL, B., CHAROLLAIS, J. & BUSNARDO, R. — (1987). Données biostratigraphiques nouvelles sur l'apparition des faciès urgoniens du Jura au Vercors. *Eclogae geol. Helv.*, 80: 59-68.
- CONRAD, M.-A. & MASSE, J.-P. — (1989). Corrélations des séries carbonatées de l'Hauterivien et du Barrémien p.p. dans le NW vaudois. *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 11: 307-322, Neuchâtel.
- CONRAD, M.-A. & MASSE, J.-P. — (1989). Les algues calcaires des formations carbonatées de l'Hauterivien-Barrémien p.p. du Jura vaudois et neuchâtelois. *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 11: 277-290, Neuchâtel.
- JACCARD, A. — (1893). Deuxième supplément à la Description géologique du Jura neuchâtelois, vaudois, des districts adjacents du Jura français et de la plaine suisse. *Mat. Carte géol. Suisse*, 7^e livre.
- VIÉBAN, F. — (1983). Installation et évolution de la plate-forme urgonienne (Hauterivien à Bédoulien) du Jura méridional aux chaînes subalpines (Ain, Savoie, Haute-Savoie). Sédimentologie, minéralogie, stratigraphie et paléontologie. *Thèse* 3^e cycle, Univ. Grenoble, 222 p.

CORRÉLATIONS DES SÉRIES CARBONATÉES DE L'HAUTERIVIEN ET DU BARRÉMIEN PRO PARTE DANS LE NORD-OUEST VAUDOIS (SUISSE)

par

Marc A. CONRAD et J.-P. MASSE

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

ABSTRACT. — Semi-detailed investigations were made on Hauterivian limestones and marls cropping out in north-west Canton of Vaud. Following upward shoaling sequences are described:

- sequence H2 includes the upper half of the Marnes d'Hauterive, and the lower Pierre jaune de Neuchâtel. The age is Early Hauterivian.
- sequence PJ includes the Marnes d'Uttins and the upper Pierre jaune de Neuchâtel. Based on one ammonite found at the bottom of the sequence and correlations established with the southern Jura, the age has now been assigned to the Early Hauterivian.
- sequence UJ corresponds approximately to the "Urgonien inférieur" (lower urgonian limestones). Based on correlations established with the southern Jura, the age has now been assigned to the early and/or Late Hauterivian.
- sequence UB starts close to the bottom of the "Urgonien supérieur" (upper urgonian limestones), whose upper part contains Barremian orbitolinids. The 10 cm-thick, fossiliferous Marne de La Russille lies at bottom of the sequence. Several molluscs, gastropods and brachiopods are found in this level and were first described in the 19th century. The age of the Marne de La Russille has now been assigned to the Hauterivian.

RÉSUMÉ. — L'étude des calcaires et marnes hauteriviens dans le NW du canton de Vaud nous a permis de mettre en évidence les séquences régressives suivantes:

- La séquence H2 comprend la partie supérieure des Marnes d'Hauterive et la Pierre jaune de Neuchâtel inférieure. Son âge est Hauterivien inférieur.
- La séquence PJ inclut les Marnes d'Uttins et la Pierre jaune de Neuchâtel supérieure. Grâce à une ammonite trouvée à la base de cette séquence et aux corrélations établies avec le Jura méridional, son âge a pu être déterminé comme Hauterivien inférieur.
- La séquence UJ correspond à peu près à «l'Urgonien inférieur» (calcaires urgoniens inférieurs). Sur la base des corrélations avec le Jura méridional, nous plaçons cette séquence dans l'Hauterivien inférieur et/ou supérieur.
- La séquence UB débute près de la base de «l'Urgonien supérieur» (calcaires urgoniens supérieurs) dont la partie supérieure renferme des orbitolinidés barrémiens. Les 10 cm fossilifères de la Marne de La Russille se situent à la base de cette séquence. Divers mollusques, gastéropodes et brachiopodes se trouvent dans le niveau et furent décrits pour la première fois au XIX^e siècle. Nous attribuons désormais la Marne de La Russille à l'Hauterivien.

1. INTRODUCTION

L'objet de cet article est de préciser l'âge et d'étudier succinctement le contenu des sédiments compris entre la Mergelkalkzone (ou la Marne bleue), datée du Valanginien supérieur et de l'Hauterivien inférieur, et les calcaires urgoniens à rudistes datés en partie du Barrémien. L'étude portera sur la Pierre jaune, «l'Urgonien inférieur» et «l'Urgonien supérieur» des auteurs dans le nord-ouest du canton de Vaud. Cette région présente en effet l'avantage de fournir plusieurs coupes fondamentales relativement proches les unes des autres et qui se complètent mutuellement.

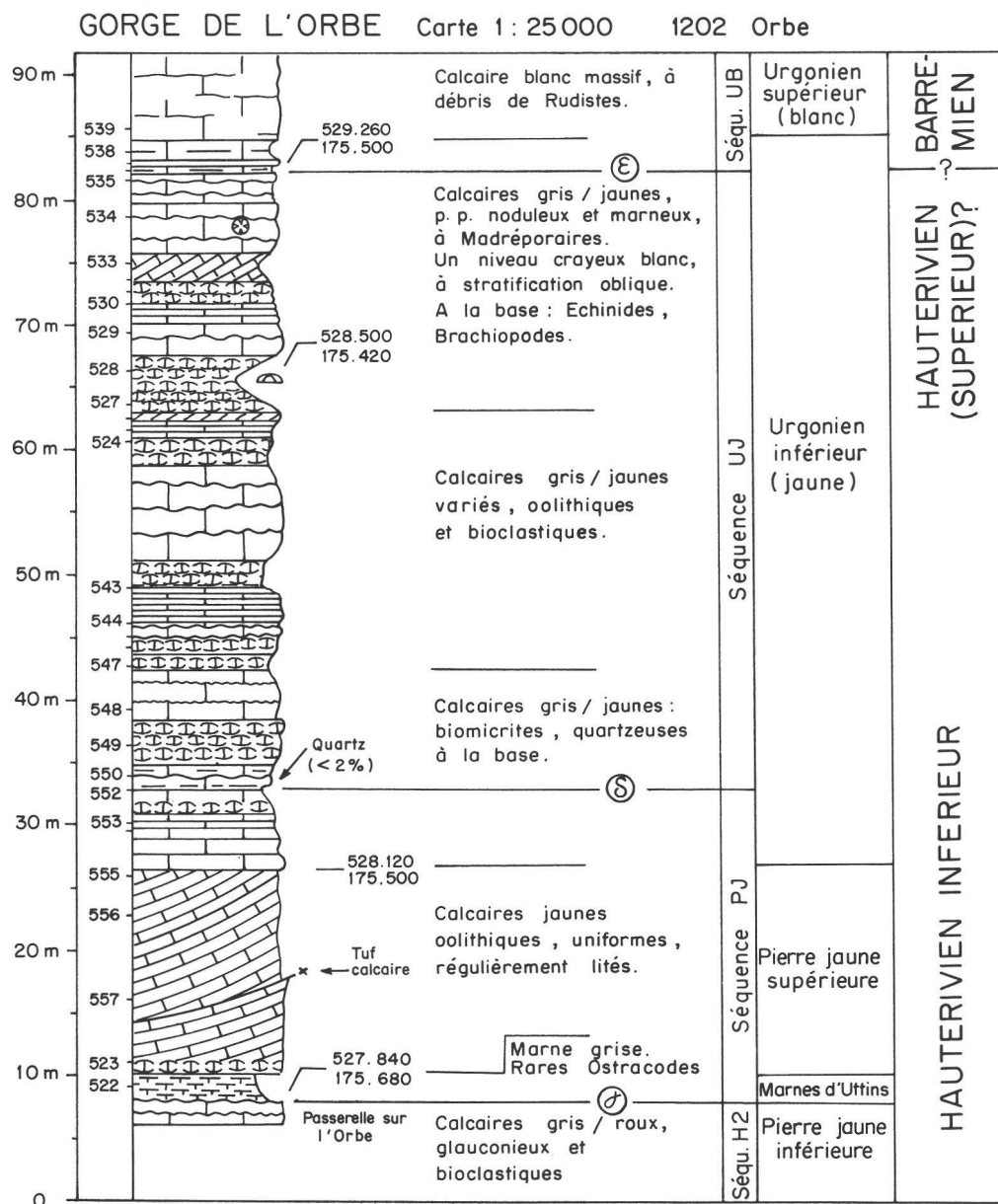


FIG. 1. — Coupe des gorges de l'Orbe.

Les corrélations s'appuient sur des observations faites essentiellement sur sept coupes (nouvelle carrière d'Eclépens, synclinal de Vaulion, gare de Vallorbe, localité historique de La Russille, gorges de l'Orbe, carrière d'Uttins au Mont-de-Chamblon, cascade du Dard près de Croy), toutes situées dans le périmètre de la carte nationale de la Suisse, feuille 251, La Sarraz (1:50 000).

Les affleurements de Buttes, dans le Jura neuchâtelois, de Gellin-Rochejean et d'Oye-et-Pallet, dans le Jura franc-comtois et la vallée du Doubs, comprennent des intercalations de biostromes de *Pachytraga tubiconcha* (Rudistes) dans l'Hauterivien; ils font l'objet d'articles séparés (MASSE et al., ce vol.; REMANE et al., ce vol.).

2. HISTORIQUE

Une synthèse des observations faites par les auteurs ayant travaillé dans le nord-ouest vaudois du XIX^e siècle à nos jours permet de dresser le tableau récapitulatif suivant. Les âges indiqués étaient communément acceptés, jusqu'aux découvertes récentes faisant l'objet de cette publication.

Urgonien supérieur

(DESOR & GRESSLY, 1859)

40 m de calcaires blancs à rudistes

Synonymes: Urgonien II, Calcaire à *Requienia* (SCHARDT, 1891), Urgonien blanc (CUSTER, 1928), Barrémien supérieur (NOLTHENIUS, 1921; AUBERT, 1963)

BARRÉMIEN

SUPÉRIEUR

(Auct.)

Urgonien inférieur

(DESOR & GRESSLY, 1859)

30-50 m de calcaires jaunes, grumeleux, marneux, oolithiques, fossilifères

Synonymes: Calcaire jaune urgonien (CAMPICHE & TRIBOLET, 1858), Couche de La Russille (JACCARD, 1869), Urgonien I (SCHARDT, 1891), Faciès Russillien (SCHARDT & DUBOIS, 1903), Zone de La Russille (JORDI, 1955)

BARRÉMIEN

INFÉRIEUR

(Auct.)

*Marne de La Russille

(JACCARD, 1861)

0,1 m de marne fossilifère

Pierre jaune, Pierre de Neuchâtel

(MARCOU, 1859)

Synonymes: Néocomien calcaire (JACCARD, 1869), Hauterivien III (SCHARDT, 1891).
Subdivisé au Mont-de-Chamblon par JORDI (1955) de la façon suivante:

- Obere Pierre jaune, calcaires ocres, très oolithiques, en petits bancs (10-15 m)
- Marnes d'Uttins, fossilifères (4-5 m)
- Untere Pierre jaune, calcaire glauconieux, peu oolithique

HAUTERIVIEN

SUPÉRIEUR

(Auct.)

Marnes, marno-calcaires, etc.:

«Marnes d'Hauterive»

HAUTERIVIEN

INFÉRIEUR

(Auct.)

* Actuellement placée au sommet de l'Urgonien inférieur.

3. DESCRIPTION DES COUPES

Une description détaillée des coupes sort du cadre de ce travail. Les profils ont donc été dessinés de manière à présenter l'aspect des terrains à l'affleurement. En regard des profils on a noté les principaux événements sédimentaires et paléontologiques susceptibles de faire l'objet d'études ultérieures plus approfondies.

3.1. Coupe des gorges de l'Orbe (fig. 1)

La coupe est localisée dans la partie inférieure des gorges de l'Orbe, à l'amont de la centrale électrique de Montcherand. A notre connaissance, elle est ici relevée pour la première fois et son intérêt est de présenter un affleurement naturel et continu de «l'Urgonien inférieur». On remarquera que les limites de formations (informelles) proposées ici ne correspondent que partiellement aux limites cartographiées par AUBERT (1963): les «calcaires oolithiques uniformes», placés par cet auteur (Notice explicative, p. 8) dans la partie supérieure de la Pierre jaune de Neuchâtel, ont été cartographiés (tout au moins dans les gorges de l'Orbe) à la base du «Barrémien inférieur», c'est-à-dire de «l'Urgonien inférieur».

AUBERT (1963: 8) donne une épaisseur de 30-40 m pour la Pierre jaune de Neuchâtel, et de 30 m pour le «Barrémien inférieur». Nous verrons qu'au total la Pierre jaune mesure environ 28 m, et que «l'Urgonien inférieur» a une épaisseur proche de 57 m.

3.1.1. Pierre jaune inférieure

1. 3-4 m visibles de calcaire gris bioclastique (grainstone), glauconieux, peu oolithique et très échinodermique. Alentours de la passerelle sur l'Orbe, coord. 175,7/527,8. Au toit: hard-ground formant le lit de l'Orbe (discontinuité γ).

L'ensemble de la Pierre jaune inférieure, couronnée par le même hard-ground, affleure 5 km plus au sud, au lieu-dit cascade du Dard, dans la vallée du Nozon. Là, la Pierre jaune inférieure a une épaisseur d'environ 9,5 m et correspond probablement aux niveaux N° 20, 21 et 22 relevés par CUSTER (1928).

3.1.2. Marnes d'Uttins

2. 2 m de marnes grises, affleurant immédiatement à l'aval de la passerelle. Un lavage a fourni des ostracodes déterminés par OERTLI (ce vol.): *Schuleridea clunicularis*, *Cythereis?* sp.

Dans la carrière d'Uttins, au Mont-de-Chamblon, les mêmes marnes ont fourni un *Lyticoceras nodosoplicatum*, ce qui les place dans l'Hauterivien inférieur (REMANE et al., ce vol.). Au-dessus de la cascade du Dard, les Marnes d'Uttins correspondent au niveau N° 23 de la coupe relevée par CUSTER (1928).

3.1.3. Pierre jaune supérieure

3. 17 m environ de calcaires jaune paille, très homogènes, en plaquettes stratifiées obliquement, faiblement glauconieux, oolithiques et bioclastiques (grainstones), affleurant à l'aval de la passerelle. L'affleurement est interrompu au niveau d'une zone faillée et couverte d'un tuf calcaire cartographié par AUBERT (1963). Le toit de la Pierre jaune est visible sur la rive gauche de l'Orbe aux coord. 528,12/175,50, l'épaisseur réelle ayant été mesurée par recoupements.

La Pierre jaune supérieure correspond aux «calcaires oolithiques uniformes, régulièrement lités» attribués à l'Hauterivien supérieur par AUBERT (1963).

3.1.4. «Urgonien inférieur» (jaune)

4. 6,2 m de calcaires gris ou jaunes, en partie grumeleux, oolithiques et bioclastiques, formant la partie inférieure d'une paroi subverticale, dominant la rive gauche de l'Orbe (coord. 528,12/175,50). Au toit, environ 10 cm de calcaire marneux gris forment une petite vire en pleine paroi, au-dessus de la discontinuité δ .

5. 16 m de calcaires variés (gris, jaunes, grumeleux, massifs, plaquetés), oolithiques et bioclastiques, relevés en paroi, toujours au même endroit. A la base, le calcaire contient environ 2% de quartz détritique atteignant 200 microns.
6. Non échantillonné. 10 m de calcaires tout d'abord grumeleux, puis massifs, formant une paroi surplombant la rive droite de l'Orbe, environ 150 m à l'aval du point 528,12/175,50.
7. 6,7 m de calcaires gris grumeleux, bioclastiques et oolithiques, relevés le long du sentier sur la rive droite de l'Orbe (528,50/175,42). Au milieu: première intercalation de calcaires bioclastiques (grainstones) blancs, à stratification oblique. Au toit: calcaire marneux fossilifères (brachiopodes, échinides) et noduleux formant une vire prononcée au niveau du sentier.
8. 7,5 m de calcaires gris ou jaunes, successivement grumeleux, massifs, plaquetés et grumeleux, bioclastiques et oolithiques (packstones), relevés le long du sentier à l'aval du point 528,50/175,42. Quelques wackestones à cnidaires.
9. 2,3 m de grainstones blancs crayeux et peu résistants, à stratification oblique, formant un niveau repère visible de loin et relevés aux coord. 529,15/175,50.
10. 6,2 m de calcaires gris massifs (wackstones, packstones) à cnidaires, résistants, relevés à l'aval des coord. 529,26/175,50.
11. 2,7 m de wackestones peu marneux riches en foraminifères benthiques (essentiellement *Choffatella decipiens*), séparés par un banc plus résistant, à cnidaires. La discontinuité ϵ est placée à la base de ce motif séquentiel (deux niveaux tendres séparés par un banc résistant) qui couronne «l'Urgonien inférieur» aux coord. 529,26/175,50 et dont la présence a aussi été reconnue à La Russille et à la gare de Vallorbe, mais non dans la carrière d'Eclépens.

3.1.5. «Urgonien supérieur» (blanc)

12. 40 m (visibles dans les gorges de l'Orbe) de calcaires blancs à débris de rudistes. Non relevé.

3.2. Coupe de la Russille

L'Urgonien inférieur affleure sur environ 900 m le long de la route cantonale, au sud-ouest de La Russille, entre le lieu dit Vieille-Morte et le nœud routier du point 674. L'affleurement est signalé dès 1861 par JACCARD, qui l'attribuait alors au «Néocomien oolithique».

La coupe de La Russille, a fait l'objet d'un relevé détaillé montrant l'existence de répétitions d'origine tectonique. L'épaisseur affleurante de «l'Urgonien inférieur» atteint 100 m, sans que la base ne pénètre dans la Pierre jaune de Neuchâtel. A 2 km de là, dans les gorges de l'Orbe, l'épaisseur mesurée de «l'Urgonien inférieur» est de 57 m environ.

Comme dans les gorges de l'Orbe, la partie inférieure des calcaires jaunes de «l'Urgonien inférieur» est essentiellement oolithique et bioclastique, et contient un peu de quartz détritique. Des cnidaires apparaissent puis se développent dans la partie supérieure de la formation, où ils sont liés à des discontinuités sédimentaires.

Au sommet de «l'Urgonien inférieur» (coord. 526,54/176,05), on remarque un niveau marneux fossilifère épais de 10 cm environ, dont nous pensons qu'il correspond au niveau historique de la Marne de La Russille (JACCARD, 1869). La Marne de La Russille surmonte une surface durcie, au toit d'un banc résistant à cnidaires, épais de 1 m, lui-même précédé par 1,2 m de calcaire tendre, à cnidaires également. On retrouve donc, grosso modo, le motif séquentiel rencontré au toit de «l'Urgonien inférieur», dans les gorges de l'Orbe et à la gare de Vallorbe.

Au-dessus de la Marne de La Russille ont été relevés 6 m de calcaire bioclastique (grainstone à stratification oblique) rattachés à «l'Urgonien supérieur» et auxquels font suite quelques pointements de calcaires à rudistes, visibles au lieu dit «Bois-à-Grivaz», à l'ouest du nœud routier.

3.3. Coupe de Vaulion (fig. 2)

La coupe a été relevée à 1 km au sud-ouest de Vaulion, le long de la route cantonale, entre les coord. 519,00/170,60 et 518,90/170,18. Elle offre l'avantage d'un affleurement à peu près continu entre la Pierre jaune supérieure et le haut de «l'Urgonien inférieur». L'épaisseur de ce dernier est estimée à 50 m, soit du même ordre de grandeur que dans les gorges de l'Orbe (57 m). Les caractéristiques de la coupe sont les mêmes que dans cette dernière localité.

3.3.1. Pierre jaune inférieure

1. 3 m de calcaire roux glauconieux, affleurant le long de la route.
2. 7-8 m. Lacune.

3.3.2. Pierre jaune supérieure

- 3 2,5 m de calcaire oolithique jaune paille (grainstone).
4. 8 m. Lacune.
5. 5 m de calcaire brun, oolithique et bioclastique (grainstone), terminé par une petite faille couverte (1 m).

3.3.3. «Urgonien inférieur»

6. 6 m de calcaire roux bioclastique et oolithique (grainstone).
7. 5 m. Lacune
8. 9 m de calcaire, calcaires marneux et marnes gris, en partie grumeleux, relevés au-dessus de la route, aux coord. 518,90/170,50). Sous le microscope: jusqu'à 2% de quartz détritique (diamètre inférieur à 200 microns).
- 9 11 m. Calcaires marneux et grumeleux gris, peu résistants (3,5 m), surmontés par des calcaires variés (grainstones et packstones, oolithiques et bioclastiques) stratifiés obliquement dans les derniers 2,5 m.
10. Environ 8,5 m de packstones gris-jaunes, grumeleux à la base, passant vers le haut à des grainstones massifs jaune-roux, à fraction oolithique. Base relevée sous la route (518,98/170,25); sommet relevé au niveau de la route cantonale, au sud de la bretelle forestière rejoignant la route de la Dent-de-Vaulion.
11. 0,5 m de marnes grises à échinides (piquants de *P. clunifera*), relevées au bord de la route, coord. 518,95/170,37.
12. 6,5 m de calcaires variés, en partie marneux et noduleux, bioclastiques et oolithiques (packstones, grainstones), terminés par 2 m de grainstones résistants, à stratification oblique.
13. 11,5 m de calcaires subaffleurants, gris et résistants (packstones), à madréporaires.
14. 10 m. Lacune.
15. 2,5 m de calcaires un peu crayeux blancs (packstones, grainstones), formant une petite falaise au bas de la route cantonale, au sud de l'embranchement avec la route de la Dent-de-Vaulion.
16. 12,5 m de calcaires subaffleurants blancs à débris de rudistes. Quelques *Requieniidae* dans les derniers 5 mètres.

3.4. Coupe d'Eclépens (fig. 3)

La coupe a été relevée dans la nouvelle carrière de la Société des Chaux et Ciments de la Suisse romande, entre Cinq-Sous et le Haut-de-Mormont (carte nationale de la Suisse au 1 : 25 000, feuille 1222 Cossonay). Elle offre l'avantage d'un affleurement continu entre la Pierre jaune supérieure et «l'Urgonien supérieur» à rudistes.

Les caractéristiques essentielles de la coupe sont les mêmes qu'à Vaulion et dans les gorges de l'Orbe. A Eclépens toutefois, la partie moyenne de «l'Urgonien inférieur» est caractérisée par une forte épaisseur (14 m) de grainstones oolithiques clairs, à stratification oblique, susceptibles d'être confondus avec la Pierre jaune supérieure. En outre, le motif séquentiel présent au toit de «l'Urgonien inférieur» à Vallorbe et dans les gorges de l'Orbe manque à Eclépens, où «l'Urgonien supérieur» repose directement sur les calcaires à cnidaires.

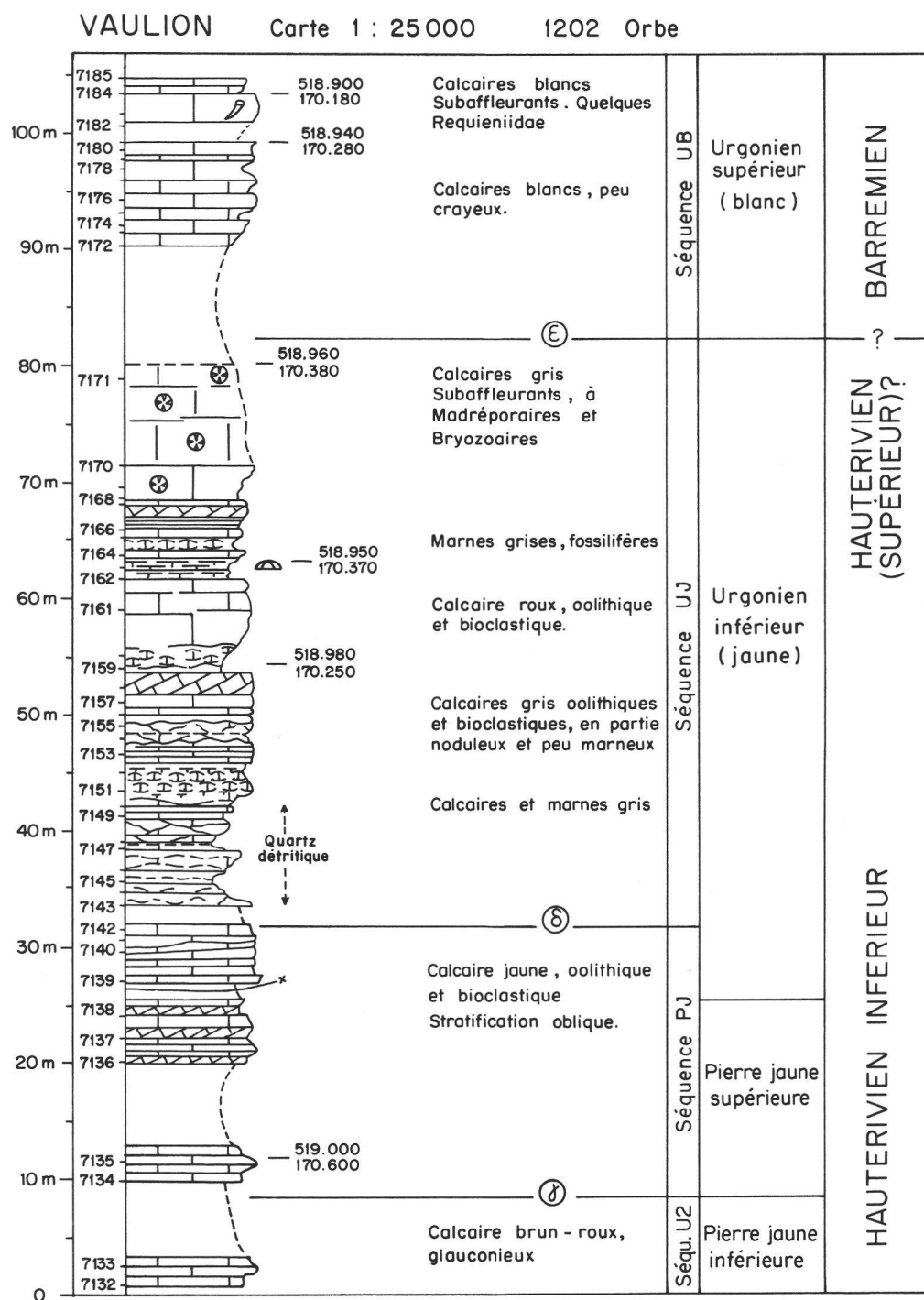


FIG. 2. — Coupe de Vaulion.

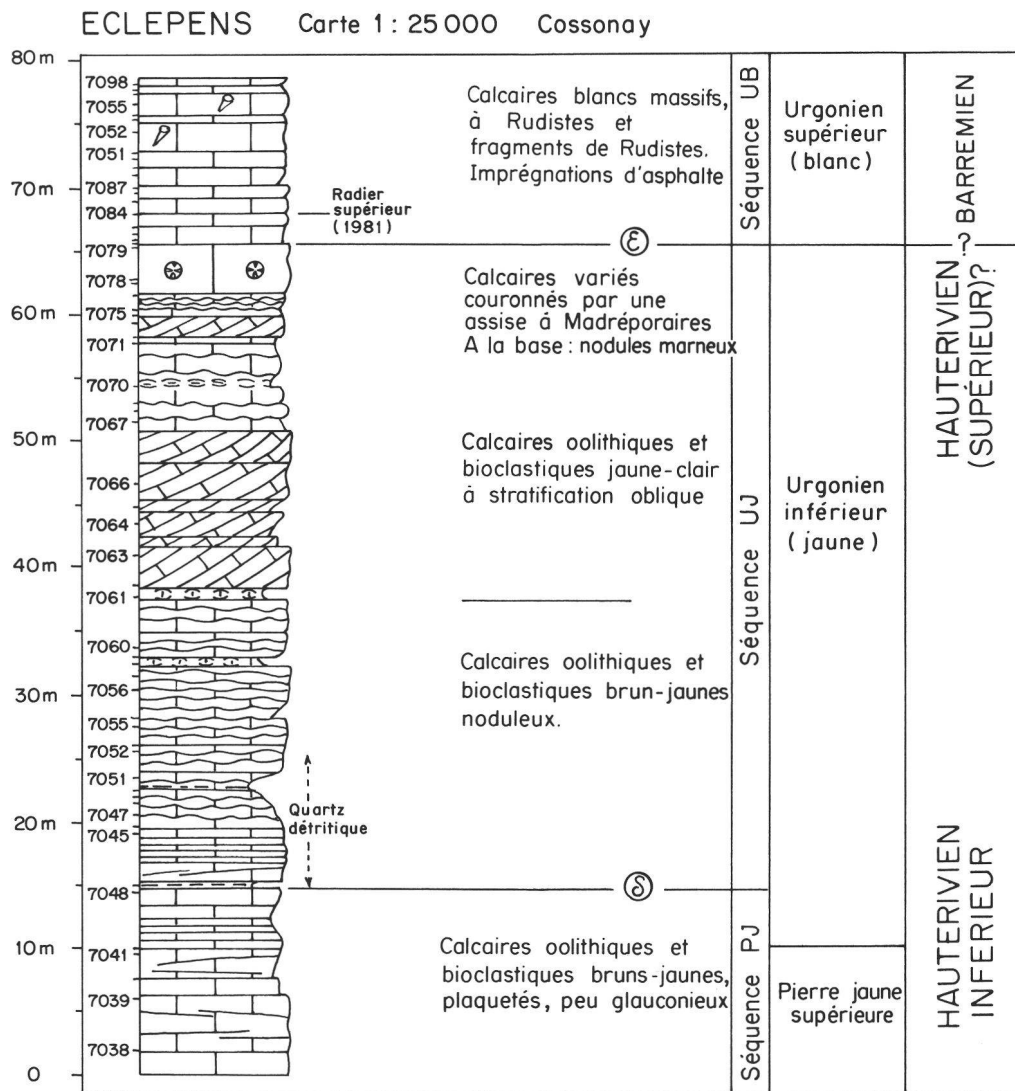


FIG. 3. — Coupe d'Eclépens.

3.4.1. Pierre jaune supérieure

1. 10 m de calcaires jaunes oolithiques et bioclastiques (grainstones) faiblement glauconieux, à stratification oblique.

3.4.2. «Urgonien inférieur» (jaune)

2. 5 m de calcaire roux (grainstone) à stratification plane parallèle, passant à des wackestones grumeleux vers le haut.
3. 30 cm de calcaires marneux et noduleux, faiblement quartzeux.
4. 4 m de calcaires compacts (grainstones) jaune clair, à fraction oolithique, un peu quartzeux. A la base: stratification oblique.
5. 7 m de calcaires peu marneux et grumeleux, gris-brun, bioclastiques (packstones peu glauconieux, à fraction oolithique, contenant jusqu'à 2% de quartz détritique. A 3 m au-dessus de la base: 50 cm de calcaires à lithoclastes, coiffés par 25 cm de marne grise.

6. 12 m de calcaires bruns grumeleux à délit marneux, bioclastiques (packstones) et oolithiques. Lithoclastes de calcaires blancs à 2 m au-dessus de la base. Deux niveaux de calcaire marneux et noduleux, à 6,5 m et 11,5 m de la base.
7. 14 m de calcaire jaune compact (grainstone), oolithique et bioclastique, à stratification oblique.
8. 7,5 m de calcaires plus tendres, grumeleux, oolithiques et bioclastiques, formés de grainstones suivis de packstones et grainstones. A 3,5 m au-dessus de la base: 50 cm de marnes noduleuses.
9. 4 m Grainstone oolithique jaune-clair, à stratification oblique (2 m), surmonté par des packstones et wackestones plus tendres, grumeleux.
10. 3,5 m. Environ 2 m de packstones et wackestones gris à cnidaires en place, surmontés par des calcaires coquillers, très altérés (karst).

3.4.3. «Urgonien supérieur» (blanc)

11. 13 m de calcaire blanc fortement altéré et imprégné d'asphalte. Nombreux fragments de rudistes.

3.5. Coupe de la gare de Vallorbe (fig. 4)

La coupe a été levée à proximité immédiate du dépôt CFF de locomotives, dans un contexte tectonique particulier décrit par NOLTHENIUS (1921, p. 90; fig. 13, p. 88, «Affleurement 3»). Son principal intérêt est d'offrir une coupe complète de «l'Urgonien supérieur», dont l'étude détaillée sort du cadre de ce travail. Au toit de «l'Urgonien inférieur» on rencontre le motif séquentiel déjà décrit dans les gorges de l'Orbe. «L'Urgonien supérieur» est couronné par un hard-ground, surmonté à son tour par une argile jaune et des calcaires rubéfiés, que nous attribuons à la marne jaune datée en cette même localité de l'Aptien par SPRECHER (1917).

3.5.1. «Urgonien inférieur» (jaune)

1. 4 m. 1 m (visible) de calcaire jaune oolithique et bioclastique (grainstone), surmonté par 3 m de packstones plus tendres, légèrement marneux.
2. 21 m. Calcaires jaunes compacts, oolithiques et bioclastiques (packstones, grainstones). Un niveau grumeleux au sommet, coiffant de nombreuses colonies de cnidaires.
3. 2,2 m de calcaire massif jaune et bioclastique (grainstone), couronné par un hard-ground.
4. 70 cm de calcaire marneux jaune, tendre.
5. 45 cm de calcaire gris, peu marneux et noduleux. Wackestone à cnidaires et *Choffatella decipiens* (foraminifères benthiques).
6. 1,5 m de calcaire marneux gris, tendre.

3.5.2. «Urgonien supérieur» (blanc)

7. 68 m de calcaires jaunes clair, puis blancs, massifs et bioclastiques (essentiellement packstones et grainstones), localement à débris de rudistes, couronnés par un hard-ground prononcé. La partie supérieure de la formation supérieure de la formation est datée du Barrémien par des orbitolinidés (détermination A. ARNAUD).

3.5.3. Aptien (auct.)

8. 50 cm. Argile jaune.
9. 1,5 m (visibles). Calcaire jaune rubéfié et bréchiforme, par endroits lumachellique. Un peu de quartz détritique.

GARE DE VALLORBE Carte 1 : 25 000 1202 Orbe

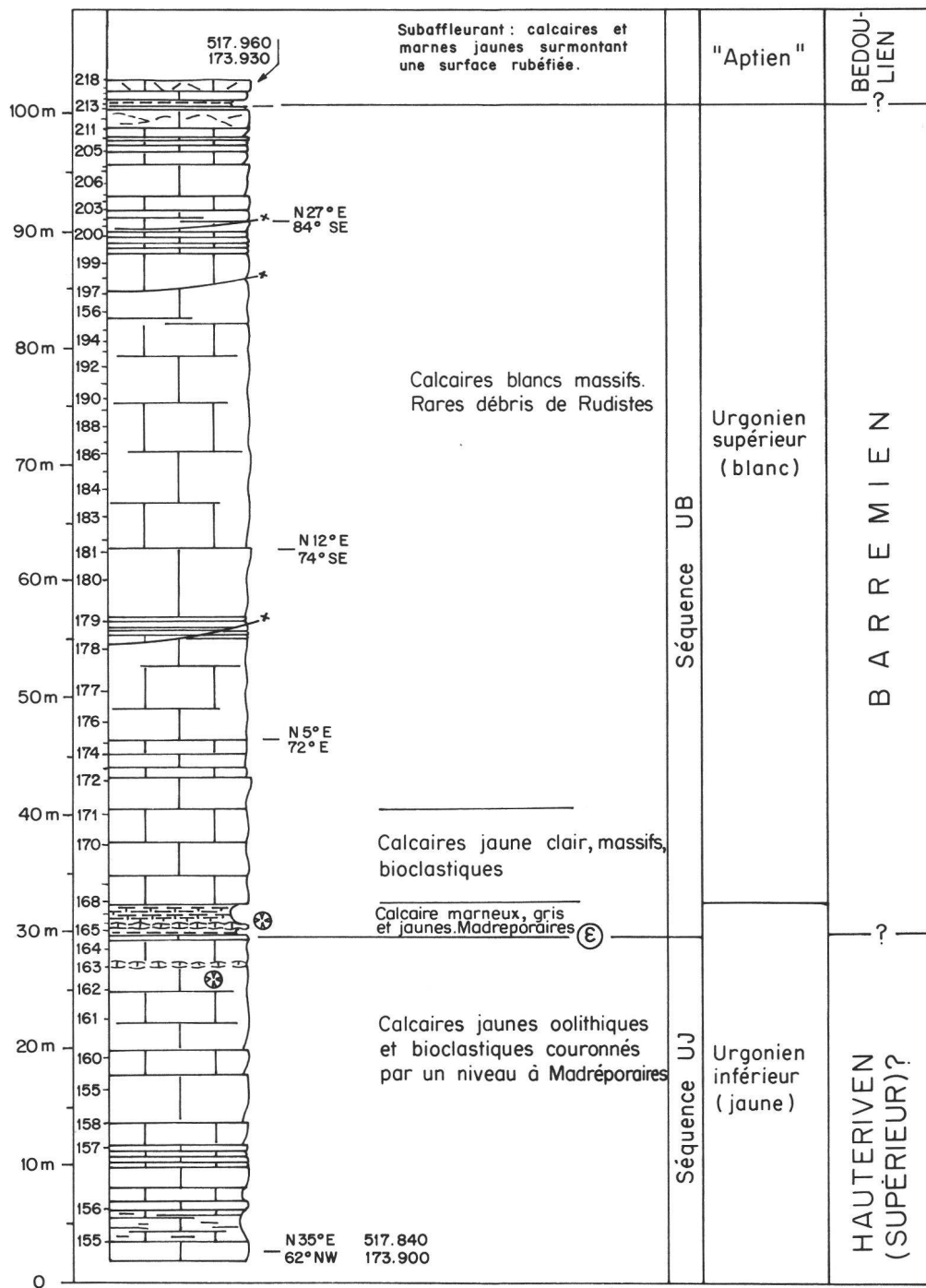


FIG. 4. — Coupe de la gare de Vallorbe.

4. DESCRIPTION STRATIGRAPHIQUE

4.1. Subdivisions lithostratigraphiques (fig. 5)

4.1.1. Pierre jaune de Neuchâtel. Données antérieures.

Dans la région située entre le Mont-de-Chamblon et Neuchâtel, la subdivision tripartite de la Pierre jaune, attribuée par les anciens auteurs à l'Hauterivien supérieur, en une assise inférieure spathique et glauconieuse, une assise intermédiaire marneuse, et une assise supérieure plus oolithique, est connue depuis longtemps grâce aux travaux de JACCARD (1869: 146-147) et de SCHARDT (1903: 418; 1906: 190). L'assise intermédiaire, souvent stérile, est parfois caractérisée par la présence de certains Brachiopodes: *Terebratula marcousana* (cf. JACCARD, 1869), *Eudesia semistriata* (cf. SCHARDT & DUBOIS, 1903).

Au Mont-de-Chamblon, les trois assises en question sont relevées en détail par JORDI (1955). L'assise intermédiaire reçoit le nom de «Marnes d'Uttins» et son extension régionale est démontrée.

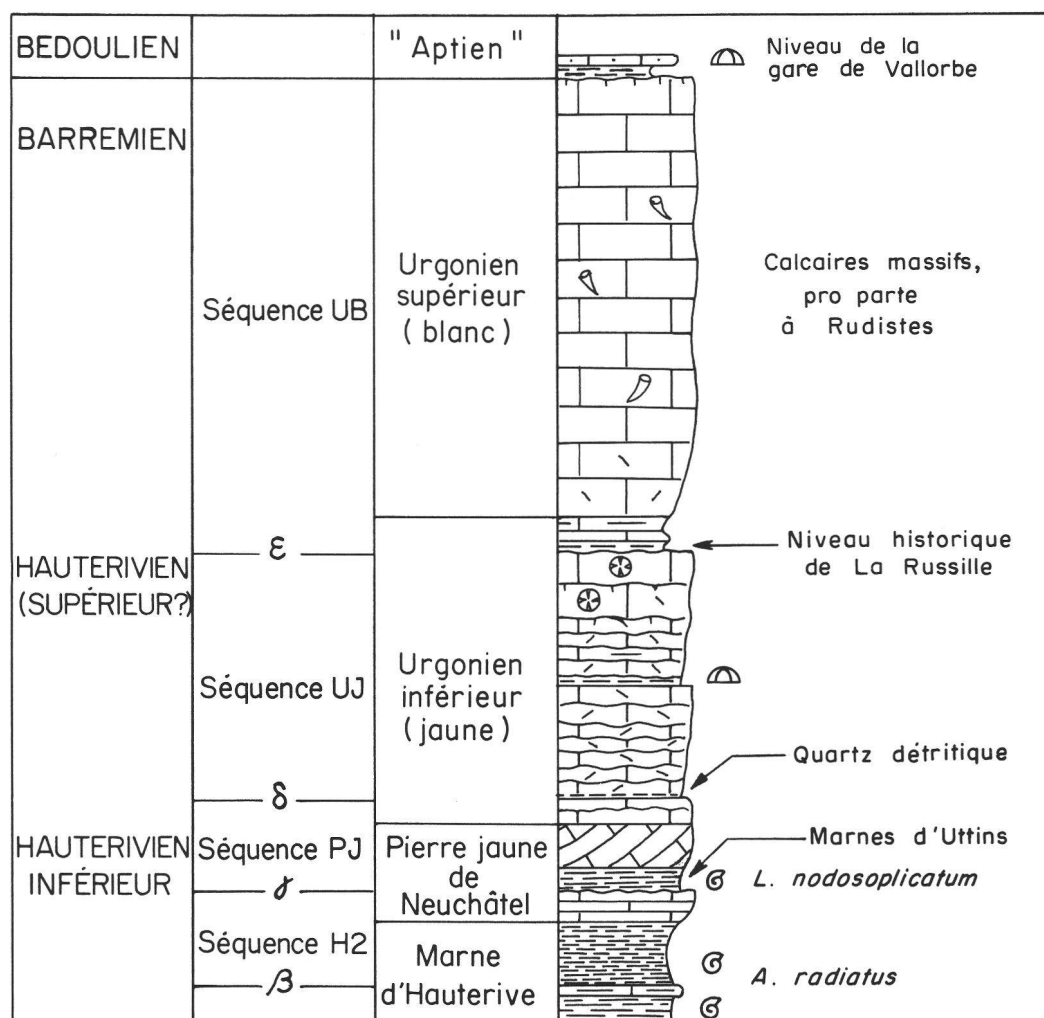


FIG. 5. — Limites stratigraphiques dans le nord-ouest vaudois.

Dans la région d'Orbe-La Sarraz par contre, la subdivision tripartite de la Pierre jaune n'est pas reconnue en tant que telle par CUSTER (1928: 12 et suivantes). L'auteur place le Calcaire jaune (15 m) uniquement, dans l'Hauterivien supérieur, alors que la marne (1,3 m), suivie des calcaires bleus sous-jacents (17 m au total) sont placés dans l'Hauterivien inférieur. Plus tard, et toujours dans la même région, AUBERT (1963: 8) reviendra à une conception classique avec un Hauterivien supérieur débutant par des calcaires spathiques glauconieux, auxquels succèdent des calcaires oolithiques uniformes, régulièrement lités. La présence des Marnes d'Uttins n'est toutefois pas mentionnée.

4.1.2. Données nouvelles sur la Pierre jaune de Neuchâtel

Les Marnes d'Uttins sont datées au Mont-de-Chamblon de la Zone à *Lyticoceras nodosoplicatum* (Hauterivien inférieur, CLAVEL et al., ce vol.).

La présence de Marnes d'Uttins et la subdivision tripartite de la Pierre jaune est reconnue dans la coupe des gorges de l'Orbe ainsi que 5 km plus au sud, au lieu dit Cascade du Dard. La corrélation lithostratigraphique est renforcée par la présence de la même association d'ostracodes (*Schulerida clunicularis*, *Cythereis* sp., OERTLI, ce vol.) dans la carrière d'Uttins et dans les gorges de l'Orbe. Enfin, la totalité de la Pierre jaune est placée dans l'Hauterivien inférieur.

Une comparaison des trois coupes de la Cascade du Dard, des gorges de l'Orbe et du Mont-de-Chamblon montre que l'ensemble de la Pierre jaune garde une épaisseur à peu près constante d'environ 35 m. En direction du sud-ouest, la Pierre jaune supérieure semble augmenter légèrement d'épaisseur, au détriment des Marnes d'Uttins. Quant à la Pierre jaune inférieure, elle se charge fortement en éléments terrigènes.

4.1.3. «Urgonien inférieur». Données antérieures

«L'Urgonien inférieur» forme une puissante assise de calcaires jaunes, en grande partie grumeleux, ce qui permet de le distinguer de la Pierre jaune supérieure, beaucoup plus homogène. On notera:

- qu'en l'absence de rudistes, cette formation essentiellement bioclastique, oolithique et à cnidaires, ne peut être qualifiée d'«urgonienne» qu'au sens large;
- que la distinction entre la Pierre jaune et «l'Urgonien inférieur» n'est pas toujours facile, du fait que dans la région d'Yverdon, «l'Urgonien inférieur» présente fréquemment des termes oolithiques semblables à la Pierre jaune.

Dans le nord-ouest vaudois, l'épaisseur attribuée à «l'Urgonien inférieur» varie beaucoup d'un auteur à l'autre, ce qui reflète sans doute une certaine incertitude quant à la limite avec la Pierre jaune de Neuchâtel: 50 m au maximum à Vallorbe selon NOLTHENIUS (1921: 27); 13 m à Entreroches selon CUSTER (1928: 12); 30 m (Feuille 1202 Orbe) selon AUBERT (1963); 55 m dans le sondage de Cuarny selon JORDI (1955: 17).

4.1.4. Données nouvelles sur «l'Urgonien inférieur»

Trois coupes à peu près complètes de «l'Urgonien inférieur» ont été relevées dans les gorges de l'Orbe, à Vaulion et dans la nouvelle carrière du Mormont, à Eclépens. L'épaisseur est d'environ 60 m à Vaulion. Elle est de 59 m dans les gorges de l'Orbe et de 51 m au Mormont. Des coupes partielles ont également été relevées à La Russille, ainsi qu'à la gare de Vallorbe.

Au-dessus de la Pierre jaune supérieure, essentiellement constituée de grainstones oolithiques et bioclastiques, «l'Urgonien inférieur» débute par des packstones mal classés, noduleux, alternant avec des bancs de grainstones oolithiques. A la base, les termes micritiques contiennent 1-2% de quartz détritique atteignant 250 microns de diamètre (Eclépens, gorges de l'Orbe, Vaulion). Cet ensemble est affecté de petites discontinuités sédimentaires. La glauconie y est présente; les foraminifères benthiques et les Dasycladales sont peu nombreux et peu diversifiés.

La partie supérieure enregistre un développement plus important des grainstones oolithiques, tandis que le cortège des Dasycladales et des foraminifères s'enrichit. Corrélativement apparaissent dans la plupart des couches à cnidaires (packstones - wackestones légèrement argileux) qui surmontent des surfaces de lithification précoces coiffant les couches oolithiques sous-jacentes. Les couches à cnidaires sont à leur tour

fréquemment couronnées par une surface durcie pouvant supporter des marnes (Vallorbe, gorges de l'Orbe) localement fossilifères (La Russille). Il existe donc dans les derniers mètres de «l'Urgonien inférieur» deux ou trois discontinuités qui précèdent ou suivent les couches à cnidaires et qui peuvent être couvertes ou non par des marnes. C'est cet ensemble singulier qui a été désigné sous le nom de «Couches de La Russille» par JACCARD (1869) qui notait : «les couches sont fréquemment oolithiques, la couleur grise ou bleue remplace les teintes jaunes du Jura neuchâtelois». Les termes «faciès russillien» ou «zone de La Russille» introduits par la suite correspondent à tout ou partie de «l'Urgonien inférieur».

4.1.5. Marne de La Russille. Données antérieures

La Marne de La Russille est signalée pour la première fois par JACCARD en 1861 (p. 76-78). Entre Lignerolles et Orbe, par l'actuelle route cantonale, l'auteur décrit sans erreur possible l'affleurement situé entre le lieu dit Vieille-Morte (525,950/176,200) et le point 526,600/176,020 à 150 m du nœud routier. Une zone marneuse extrêmement fossilifère, épaisse de 10 cm, est située «dans la partie supérieure, à peu de distance de l'Urgonien à *Cidaris clunifera*» (p. 77), d'un puissant massif de calcaire oolithique d'affinité incertaine, le «Néocomien oolithique». Pour ce qui est de la position stratigraphique de ce dernier, JACCARD (1861) hésite entre trois possibilités : 1. équivalence avec le «Néocomien calcaire» (c'est-à-dire la Pierre jaune de Neuchâtel); 2. équivalence avec l'Urgonien inférieur; 3. passage entre les deux, cette dernière solution étant considérée comme la plus probable.

Nous verrons que le «Néocomien oolithique» de La Russille correspond en fait à «l'Urgonien inférieur» et sera cartographié comme tel par AUBERT (1963). La Marne de La Russille, telle que décrite par JACCARD en 1861 est donc située dans la partie supérieure de «l'Urgonien inférieur».

En 1869, la plupart des nombreuses espèces de mollusques, gastéropodes, brachiopodes (dont la célèbre *Terebratula ebrodunensis* Ag.) et échinides récoltées dans la Marne de La Russille sont déterminées. Les résultats incitent JACCARD (1869: 141) à considérer cette faune comme franchement urgonienne. L'auteur note en outre l'absence de certains échinides présents au sommet de «l'Urgonien inférieur» et place la Marne de La Russille à la base de «l'Urgonien inférieur» (p. 141 et pl. IV), interprétation malheureuse qui sera généralement retenue par la suite (WAIBEL et BURRI, 1961, in Lexique Stratigraphique International).

Notons pour être complets que dans les gorges de l'Areuse, SCHARDT et DUBOIS (1903: 422) signalent la présence d'une zone marno-calcaire contenant «*Eudesia ebrodunensis*», à la base de «l'Urgonien inférieur». JACCARD voyait en la faune de la Marne de La Russille une association locale d'espèces. En 1893 (p. 256) il s'opposera à la création d'un nouvel étage, le «Russillien».

4.1.6. Données nouvelles sur la Marne de La Russille

Le relevé d'une coupe à La Russille montre la présence d'un niveau marneux fossilifère épais de 10 cm que nous admettons représenter la Marne de La Russille. Son emplacement (526,540/176,050) est conforme aux indications fournies par JACCARD en 1861 (et non en 1869) et correspond à la partie sommitale de «l'Urgonien inférieur». A La Russille, l'horizon en question coiffe le dernier niveau à cnidaires (qui est d'ailleurs le plus important) et précède les calcaires bioclastiques massifs de «l'Urgonien supérieur». Une succession assez semblable se retrouve à la gare de Vallorbe et dans les gorges de l'Orbe; le niveau de La Russille peut y être identifié également, au toit du dernier banc à cnidaires. Notons que la Marne de La Russille manque à Eclépens où l'on reconnaît toutefois la discontinuité correspondant à son mur.

4.1.7. «Urgonien supérieur»

Il s'agit d'une puissante assise calcaire qui se distingue de «l'Urgonien inférieur» par son aspect massif et sa couleur blanche. Il débute soit par des calcaires à débris de rudistes (gorges de l'Orbe) soit par des calcaires bioclastiques à *Orbitolinidae* (La Russille). A la gare de Vallorbe, «l'Urgonien supérieur» mesure 68 m d'épaisseur. Il est coiffé par une surface durcie surmontée par 1,5 m d'argile et de calcaire jaunes, attribués à l'Aptien par les auteurs. Toujours à la gare de Vallorbe, les derniers mètres de «l'Urgonien supérieur» ont livré des *Orbitolinidae* indiquant un âge Barrémien (détermination A. ARNAUD).

4.2. Subdivisions séquentielles. Corrélations (fig. 5, 6)

Du Valanginien supérieur (base des Marnes d'Hauterive) au Barrémien pro parte («Urgonien supérieur»), la série étudiée dans le cadre du présent volume a fait l'objet d'un découpage séquentiel admettant la présence de cinq discontinuités régionales probablement synchrones, et qui ont été reconnues du Jura méridional à la région neuchâteloise, en passant par le nord-ouest vaudois. En ce qui concerne les formations carbonatées de cette dernière région on retiendra :

- la discontinuité γ à la base des Marnes d'Uttins;
- la discontinuité δ au toit de laquelle se situe l'épisode micritique à quartz détritique, et qui se situe dans les premiers mètres de «l'Urgonien inférieur»;
- la discontinuité ϵ à la base de la Marne de La Russille.

Notons qu'entre les discontinuités δ et ϵ s'interposent deux à quatre discontinuités moins importantes, dont la corrélation d'une coupe à l'autre présente des difficultés et qui n'ont pas fait l'objet d'une nomenclature particulière. Pour ce qui est des séquences, nous avons adopté une nomenclature tenant compte des unités lithologiques :

- la séquence H2 débute au toit d'un banc calcaire intercalé dans les Marnes d'Hauterive; elle comprend la partie supérieure de ces dernières ainsi que la Pierre jaune inférieure;
- la séquence PJ, comprise entre les discontinuités γ et δ , comprend les Marnes d'Uttins et la Pierre jaune supérieure;
- la séquence UJ, comprise entre les discontinuités δ et ϵ , correspond grosso modo à l'ensemble de «l'Urgonien inférieur» (jaune);
- la séquence UB, comprise entre la discontinuité ϵ et le toit des calcaires urgoniens (gare de Vallorbe), correspond à la Marne de La Russille et à «l'Urgonien supérieur».

La séquence H2 est en grande partie datée par ammonites de la Zone à *Acanthodiscus radiatus* (Hauterivien inférieur), dans le Jura vaudois et neuchâtelois (BUSNARDO & THIEULOY ce vol.). Dans le Jura méridional, elle équivaut à la séquence 2 de VIÉBAN (1983), également datée de la Zone à *Radiatus* (CLAVEL et al., ce vol.).

La base en tout cas de la séquence PJ est datée de la Zone à *Lyticoceras nodosoplicatum* (Hauterivien inférieur) dans la région vaudoise (BUSNARDO & THIEULOY, ce vol.). Dans le Jura méridional, elle équivaut à la séquence 3 de VIÉBAN (1983), également datée dans sa partie inférieure de la Zone à *Nodosoplicatum* (VIÉBAN, 1983: 132). On notera que les interprétations divergent en ce qui concerne l'âge de la partie supérieure de la séquence 3 de VIÉBAN. Selon cet auteur (VIÉBAN, 1983: 132), la trouvaille d'une *Subsajnella sayni* au Semnoz (domaine subalpin) permet de lui attribuer un âge Hauterivien supérieur (Zone à Sayni). La position séquentielle de cette ammonite est toutefois contestée par CLAVEL et al. (ce vol.) qui notent la présence d'une *Leopoldia* gr. *neocomiensis* (réputé limité à l'Hauterivien inférieur) au sommet de la séquence 4 ou au sommet de la séquence 5 (sensu VIÉBAN) à Menthrières, dans le Jura gessien. Nous attribuons par conséquent l'ensemble de la séquence PJ à l'Hauterivien inférieur.

La séquence UJ correspond grosso modo à «l'Urgonien inférieur» et n'a pas livré d'ammonites dans le Jura vaudois et neuchâtelois. Elle équivaut à la séquence 4 de VIÉBAN (1983), attribuée par cet auteur au Barrémien inférieur. Nous venons de voir qu'il convient de la placer dans l'Hauterivien, probablement dans l'Hauterivien inférieur.

La séquence UB correspond grosso modo à «l'Urgonien supérieur». Elle n'a pas non plus livré d'ammonites dans le Jura vaudois ou neuchâtelois. Elle équivaut à la séquence 5 de VIÉBAN (1983) placée par cet auteur dans le Barrémien supérieur. La découverte récente d'un *Crioceratites* aff. *nolani* au pied de la falaise urgonienne à Ruffieux (au nord du lac du Bourget, domaine subalpin, CLAVEL et al., ce vol.) permet désormais d'attribuer la base de la séquence 5 (sensu VIÉBAN) à l'Hauterivien, attribution renforcée par la présence, dans les mêmes niveaux, d'échinides inconnus dans le Barrémien daté par ammonites (CLAVEL, ce vol.).

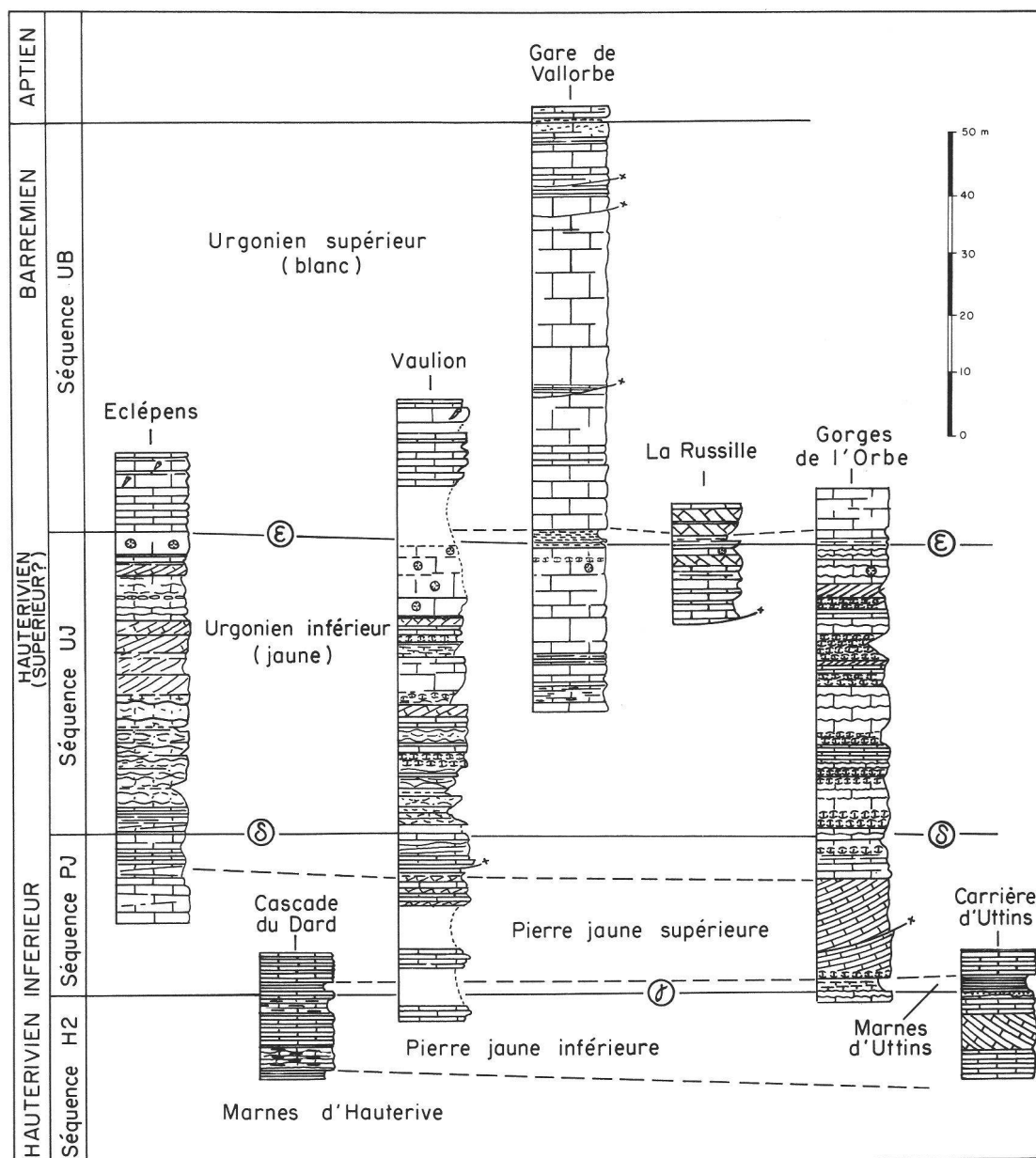


FIG. 6. — Corrélations dans l'Hauterivien et le Barrémien du nord-ouest vaudois.

5. CONCLUSIONS

Quatre coupes fondamentales et trois coupes partielles relevées dans le nord-ouest vaudois ont fait l'objet de corrélations basées sur des critères d'ordre lithologique, séquentiel et paléontologique. La série est datée par ammonites jusqu'à la Zone à *Nodosoplicatum* de l'Hauterivien inférieur; au-dessus, les âges attribués sont basés sur des corrélations avec les séries relativement mieux datées du Jura méridional.

Au toit des Marnes d'Hauterive, la Pierre jaune inférieure est d'âge Hauterivien inférieur, quelque part ou à cheval entre les Zones à *Radiatus* et *Nodosoplicatum*. Après une nette coupure séquentielle, les Marnes

d'Uttings qui la surmontent sont datées de la Zone à *Nodosoplicatum*, dans leur localité-type précisément. La Pierre jaune supérieure est placée dans l'Hauterivien inférieur, probablement dans la Zone à *Nodosoplicatum*.

«L'Urgonien inférieur» (jaune), jusqu'ici attribué au Barrémien inférieur, est placé dans l'Hauterivien. Une nouvelle coupure séquentielle est présente dans la partie inférieure de «l'Urgonien inférieur»; quoique peu marquée elle a pu faire l'objet de corrélations grâce à la présence de quartz détritique. Une autre, importante coupure séquentielle est située dans la partie tout à fait supérieure de «l'Urgonien inférieur» où elle est surmontée par la Marne de La Russille. Cette dernière est encore d'âge Hauterivien, un âge Hauterivien supérieur restant du domaine de l'hypothèse.

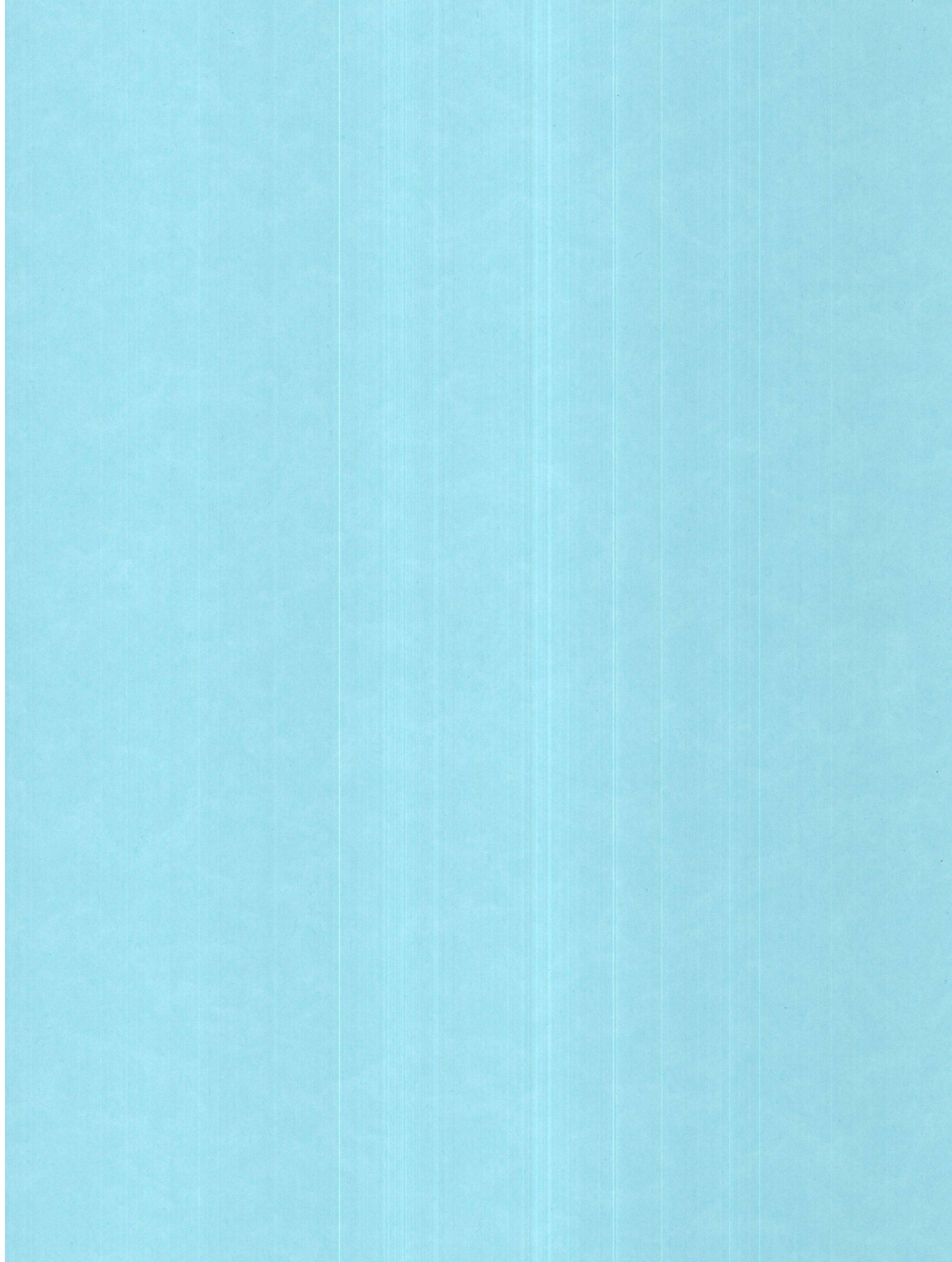
Les foraminifères permettent de placer les derniers bancs de «l'Urgonien supérieur» (blanc) dans le Barrémien. C'est donc au sein de cette formation que doit se situer la limite Hauterivien-Barrémien.

Remerciements

Les auteurs sont redevables à B. CLAVEL et J. REMANE, d'avoir entrepris la critique d'une première version de cet article, au vu des connaissances acquises récemment dans le Jura méridional et neuchâtelois. Ils remercient également MM. B. MASTRANGELO et B. POPESCU de leur aide sur le terrain.

6. BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT, D. — (1963). Atlas géol. de la Suisse au 1:25 000, feuille 1202 Orbe, notice explicative.
- 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.
- CAMPICHE, G. & TRIBOLET, G. — (1858). Description géologique des environs de Sainte-Croix. *Mat. pal. Suisse*, 2^e série, 1^{re} partie.
- CLAVEL, B. — (1989). Echinides du Crétacé inférieur jurassien: stratigraphie, paléoécologie, paléontologie. *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 11: 149-182.
- CLAVEL, B. & CHAROLLAIS, J. — (1989). Biostratigraphie de l'Hauterivien du Jura méridional. *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 11: 291-298.
- CUSTER, W. — (1988). Etude géologique du pied du Jura vaudois. *Matér. Carte géol. Suisse* [N.S.] 59.
- DESOR, E. & GRESSLY, A. — (1859). Etudes géologiques sur le Jura neuchâtelois. *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 4.
- JACCARD, A. — (1861). Sur quelques points de la géologie du Jura. *Actes Soc. helv. Sci. nat.* 74.
- (1869). Description géologique du Jura vaudois et neuchâtelois. *Matér. Carte géol. Suisse* 6.
- (1893). Deuxième supplément à la description géologique du Jura neuchâtelois et vaudois, des districts adjacents du Jura français et de la plaine suisse. *Ibid.* 7.
- JORDI, H. — (1955). Geologie der Umgebung von Yverdon. *Matér. Carte géol. Suisse* [N.S.] 99.
- MARCOU, J. — (1859). Sur le Néocomien du Jura. Bibliothèque universitaire de Genève, Archives.
- NOLTHENIUS, T. — (1921). Etude géologique des environs de Vallorbe. *Matér. Carte géol. Suisse* [N.S.] 78.
- OERTLI, H.-J. — (1989). Ostracoda from the historical type region of the Hauterivian stage in the Jura Mountains. *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 11: 205-222.
- 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.
- SCHARDT, H. — (1891). Etude géologique sur l'extrémité de la première chaîne du Jura (chaîne du Reculet-Vuache). *Bull. Soc. vaudoise Sci. nat.* 27: 69-161.
- SCHARDT, H. & DUBOIS, A. — (1903). Description géologique de la région des Gorges de l'Areuse (Jura neuchâtelois). *Eclogae geol. Helv.* 7: 367-476.
- SPRECHER, C. — (1917). Beitrag zur Kenntnis der Querstörung Mollens-Vallorbe-Pontarlier. *Thèse*. Burgdorf, Baumgartner.
- VIÉBAN, F. — (1983). Installation et évolution de la plate-forme urgonienne (Hauterivien à Bédoulien) du Jura méridional aux chaînes subalpines (Ain, Savoie, Haute-Savoie). Sédimentologie, minéralogie, stratigraphie et paléogéographie. *Thèse de doctorat de 3^e cycle*, Grenoble.
- WAIBEL, A. & BURRI, F. — (1961). Lexique stratigraphique international, vol. I (Europe); fasc. 7a, Suisse (Jura et Fossé du Rhin, direction P. PRUVOST); C.N.R.S., Paris.



Imprimé en Suisse