

# Enregistrement sédimentaire de cycles astronomiques dans le Portlandien et Purbeckien du Salève (Haute-Savoie, France)

Autor(en): **Strasser, André**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences et compte rendu des séances de la Société**

Band (Jahr): **41 (1988)**

Heft 1

PDF erstellt am: **30.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-740377>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# ENREGISTREMENT SÉDIMENTAIRE DE CYCLES ASTRONOMIQUES DANS LE PORTLANDIEN ET PURBECKIEN DU SALÈVE (HAUTE-SAVOIE, FRANCE)

PAR

**André STRASSER**<sup>1</sup>

---

## ABSTRACT

Continuous outcrop of Portlandian and Purbeckian strata (Upper Tithonian to Lower Berriasian) on Mount Salève in France allows for a detailed analysis of sedimentary sequences. The elementary units are small-scale shallowing-upward sequences comprising shallow-subtidal, intertidal, supratidal and terrestrial facies. Emergence surfaces, erosion and reworking are common. Most sequence boundaries can be correlated with those of other sections in the Jura Mountains. Three orders of shallowing-upward sequences could be distinguished, corresponding to the precession cycle (about 20 000 years) and to the two eccentricity cycles (100 000 and 400 000 years) of the Earth's orbit. The vertical evolution of the depositional environment, including sedimentary and diagenetic processes, can thus be monitored on a very precise time scale. Furthermore, superposition of Milankovitch-type cycles on global cycles of the Vail type puts the studied section into the chronological framework of large-scale sealevel fluctuations.

## INTRODUCTION

Les falaises du versant ouest du Salève présentent des conditions d'affleurement exceptionnelles. Une coupe continue peut être levée à partir des calcaires récifaux du Kimméridgien jusqu'au Calcaire roux du Valanginien. Dans le Portlandien et le Purbeckien, la stratification est particulièrement bien visible et permet une analyse détaillée des séquences sédimentaires.

Le Purbeckien du Jura suisse et français a suscité l'intérêt de nombreux géologues. Une première étude complète a été effectuée par MAILLARD en 1884. JUKOWSKY et FAVRE (1913), dans leur monographie sur le Salève, donnent une excellente description des coupes. CAROZZI (1948) et DONZE (1958) ajoutent des précisions sur la sédimentologie, les microfaciès et la micropaléontologie. Dans la région de Bienne, HÄFELI (1966) a introduit la dénomination de Formation de Goldberg pour l'ensemble des faciès laguno-lacustres typiques du Purbeckien. Des travaux plus

---

<sup>1</sup> Département de Géologie et Paléontologie, 13, rue des Maraîchers, CH-1211 Genève 4.

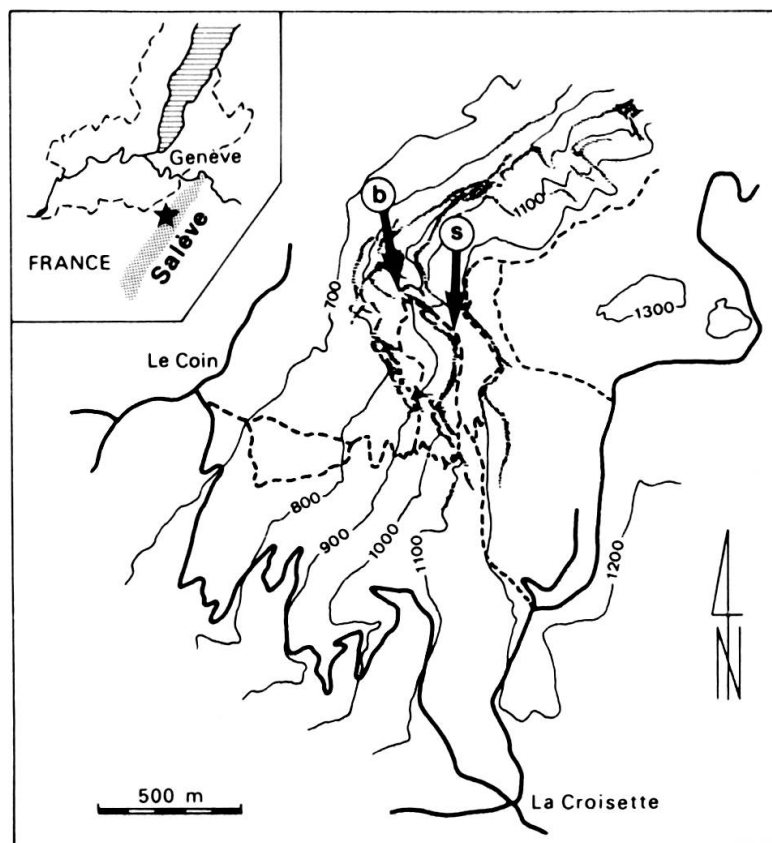


FIG. 1.

Localisation de la coupe du Salève (b: base; s: sommet) le long du sentier de la Grotte de la Mule.

récents traitent du milieu de dépôt (AINARDI 1977), des calcrètes et galets noirs (STRASSER et DAVAUD 1982 et 1983), des ooïdes (STRASSER 1986), de la faune et la flore d'eau douce (MOJON et STRASSER 1987), et des marnes vertes (DECONINCK et STRASSER 1987). Les séquences du type «shallowing-upward» qui composent la série purbeckienne sont discutées par STRASSER (1988).

La base de la Formation de Pierre-Châtel, sus-jacente, correspond à la base de la Zone à *Occitanica* du Berriasien moyen (CLAVEL *et al.* 1986) et peut être considérée comme isochrone dans tout le Jura. La limite inférieure des faciès purbeckiens, par contre, est diachrone, et l'absence d'ammonites rend une datation difficile. Je propose ici le terme de Formation de Goldberg pour la partie de la série qui présente des faciès typiques du Purbeckien (marnes vertes à charophytes et ostracodes, galets noirs, calcrètes), et dont les séquences sont corrélables d'une coupe à l'autre. Le Purbeckien du Jura correspond à la partie supérieure des Lulworth Beds de l'Isle of Purbeck, dans le Dorset en Angleterre (STRASSER 1987). La formation sous-jacente est comparable aux Tidalites de Vouglans définies par BERNIER (1984) et attribuées au Portlandien. La limite entre les Tidalites de Vouglans et les Couches de Chailley (BERNIER 1984) correspond probablement à la limite entre le Portland Group et les Lulworth Beds du Dorset.

Au Salève, JOUKOWSKY et FAVRE (1913) placent la limite entre le Portlandien et le Purbeckien au premier niveau conglomératique à galets noirs (limite a, fig. 2). Par contre, la corrélation avec d'autres coupes du Jura suisse et français montre que le changement séquentiel le plus important a lieu au sommet de la séquence 12 (limite b; STRASSER 1988). Finalement, la limite qui ressort le mieux sur le terrain au Salève se situe au niveau de la séquence 16 (limite c; figs 4 et 5b).

Le but de cet article est de présenter les Tidalites de Vouglans et la Formation de Goldberg dans une coupe du Salève, de discuter de leur évolution séquentielle, et de démontrer que les séquences sont liées à des cycles astronomiques. La coupe a été levée le long du sentier qui passe devant la Grotte de la Mule (fig. 1).

## LES SÉQUENCES SÉDIMENTAIRES

L'étude détaillée de la coupe (fig. 2) montre que toute la série est composée de petites séquences marquant une tendance à l'émersion («shallowing-upward»), avec des faciès subtidaux à la base et des faciès intertidaux à supratidaux au sommet (STRASSER 1988). Les surfaces des séquences montrent fréquemment des indices d'arrêt de sédimentation et d'émersion (bioturbation, particules remaniées, marnes vertes, fissures de dessiccation). Une petite séquence correspond normalement à un banc, mais elle peut localement être subdivisée en plusieurs bancs. Les épaisseurs varient entre 20 cm et 6 m. Ces petites séquences représentent les unités élémentaires de la série et sont comparables aux «punctuated aggradational cycles» de GOODWIN et ANDERSON (1985). Des séquences similaires ont été décrites dans de nombreuses formations carbonatées qui se sont déposées sur des plates-formes peu profondes (par exemple FISCHER 1964, GOLDHAMMER et ELMORE 1984, GROTZINGER 1986, WRIGHT 1986).

On constate également que dans beaucoup de cas, des surfaces d'émersion importantes apparaissent après 5 séquences élémentaires. Ces surfaces sont caractérisées par des conglomérats à galets noirs, des évaporites ou des calcrètes et définissent des séquences de dimension moyenne (épaisseurs de 1 à 9 m). Les coupures morphologiques qui résultent de l'érosion des marnes associées sont bien visibles sur le terrain (figs 3 et 4). En plus, des arrêts de sédimentation, des remaniements ou des érosions importants se manifestent souvent après 4 séquences moyennes (figs 2 et 4).

Le caractère «shallowing-upward» des séquences élémentaires est dû à une réduction continue de la tranche d'eau sous laquelle le sédiment se dépose. La tranche d'eau elle-même est une fonction de la production de sédiment, du niveau de la mer et de la subsidence. La répétition de séquences suggère donc des changements cycliques d'un ou de plusieurs de ces trois paramètres. Dans le cas du Portlandien et du Purbeckien, une subsidence cyclique (CISNE 1986) peut être exclue (STRASSER 1988). L'abondance de surfaces d'émersion, par contre, indique des abaissements répétitifs

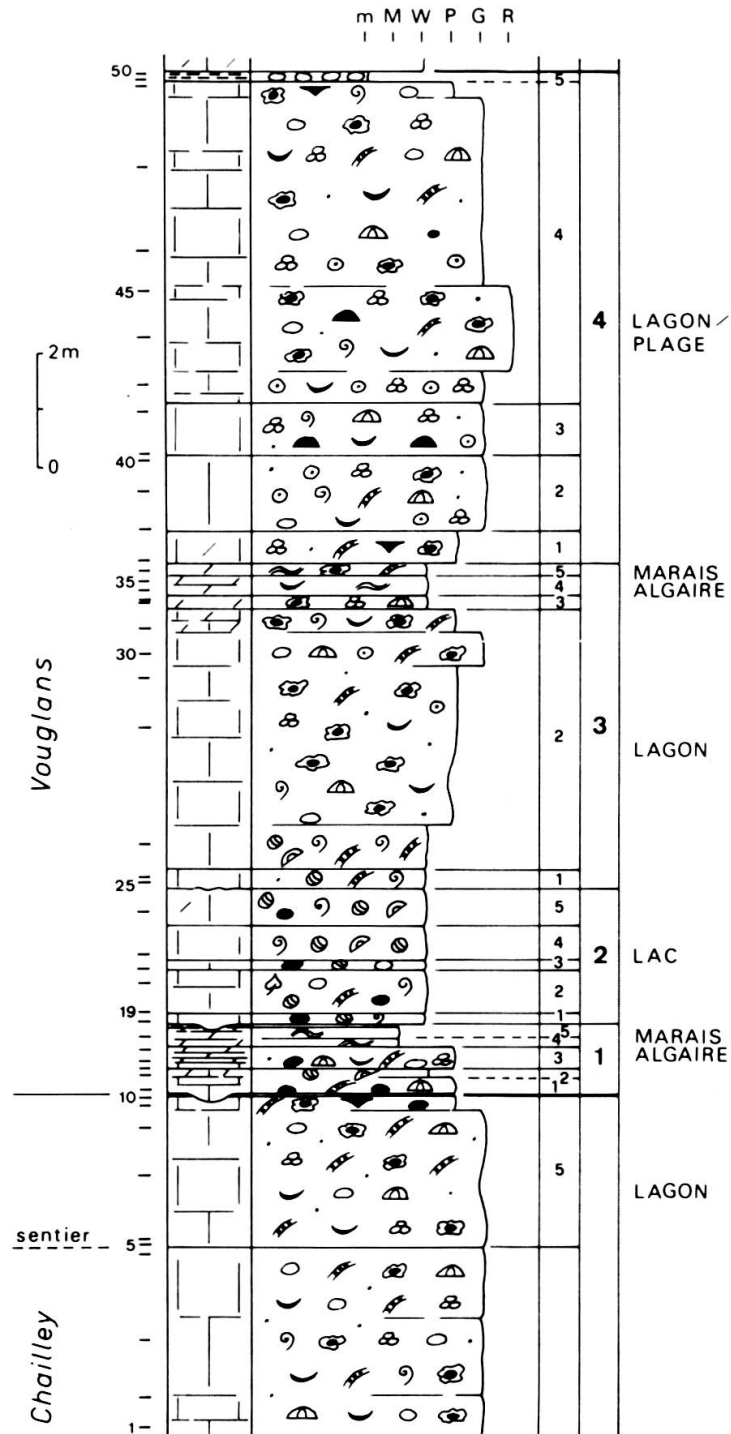


FIG. 2a.

Coupe détaillée du Salève. A gauche les numéros d'échantillon, à droite les numéros de séquence (séquences de 20 000 et de 100 000 ans) et les milieux de dépôt prédominants.

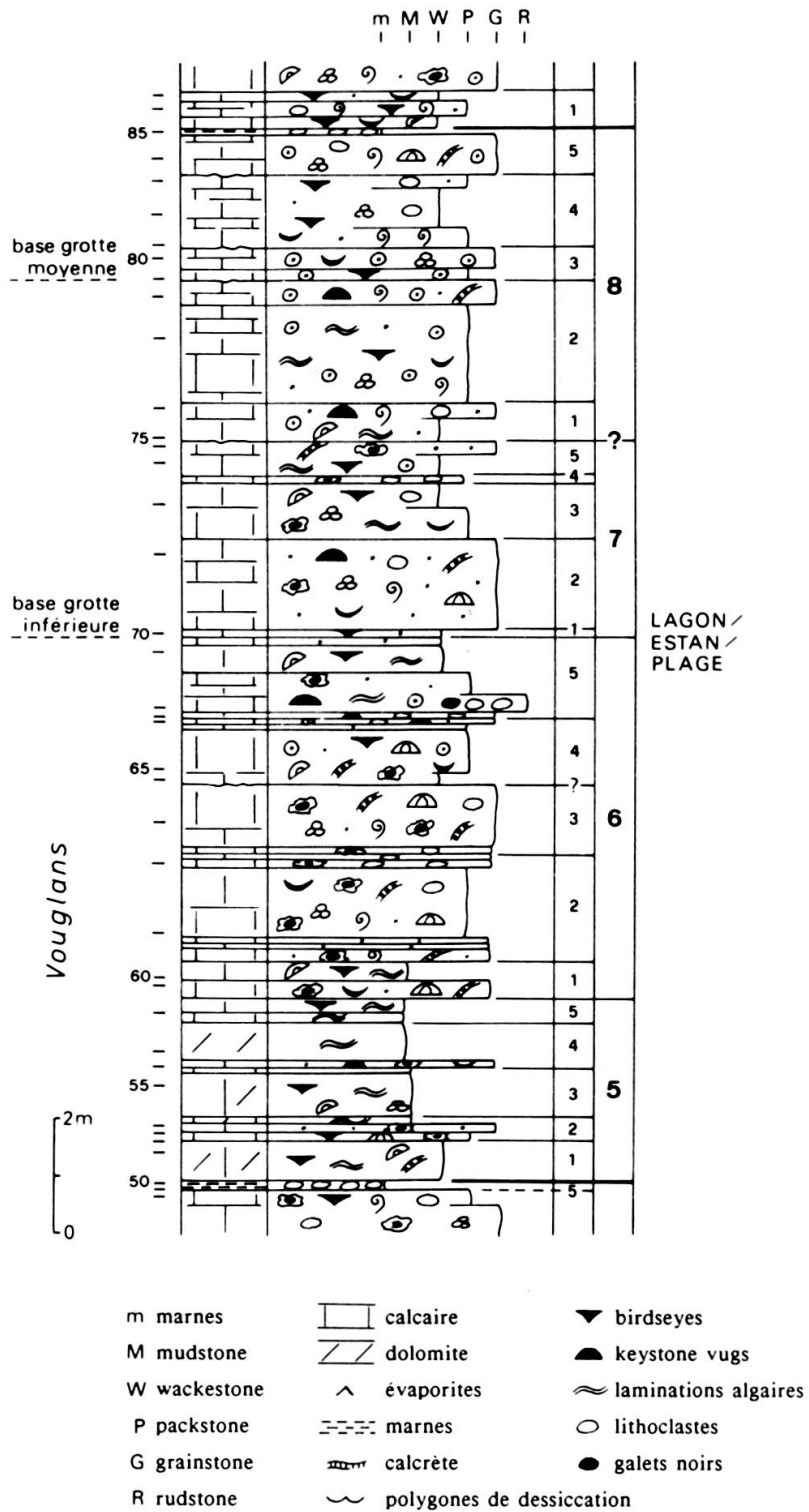


FIG. 2b (cont.)

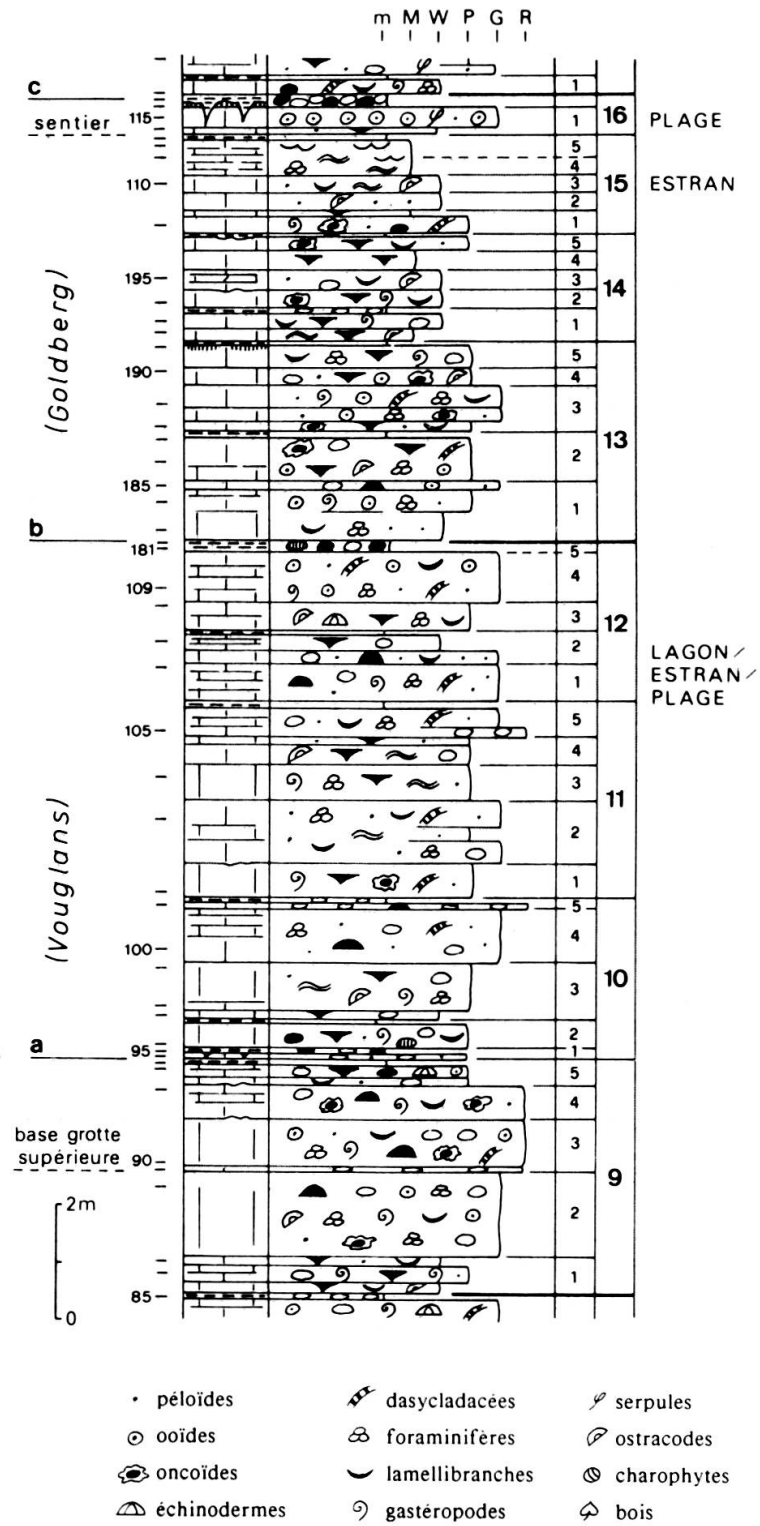


FIG. 2c (cont.)

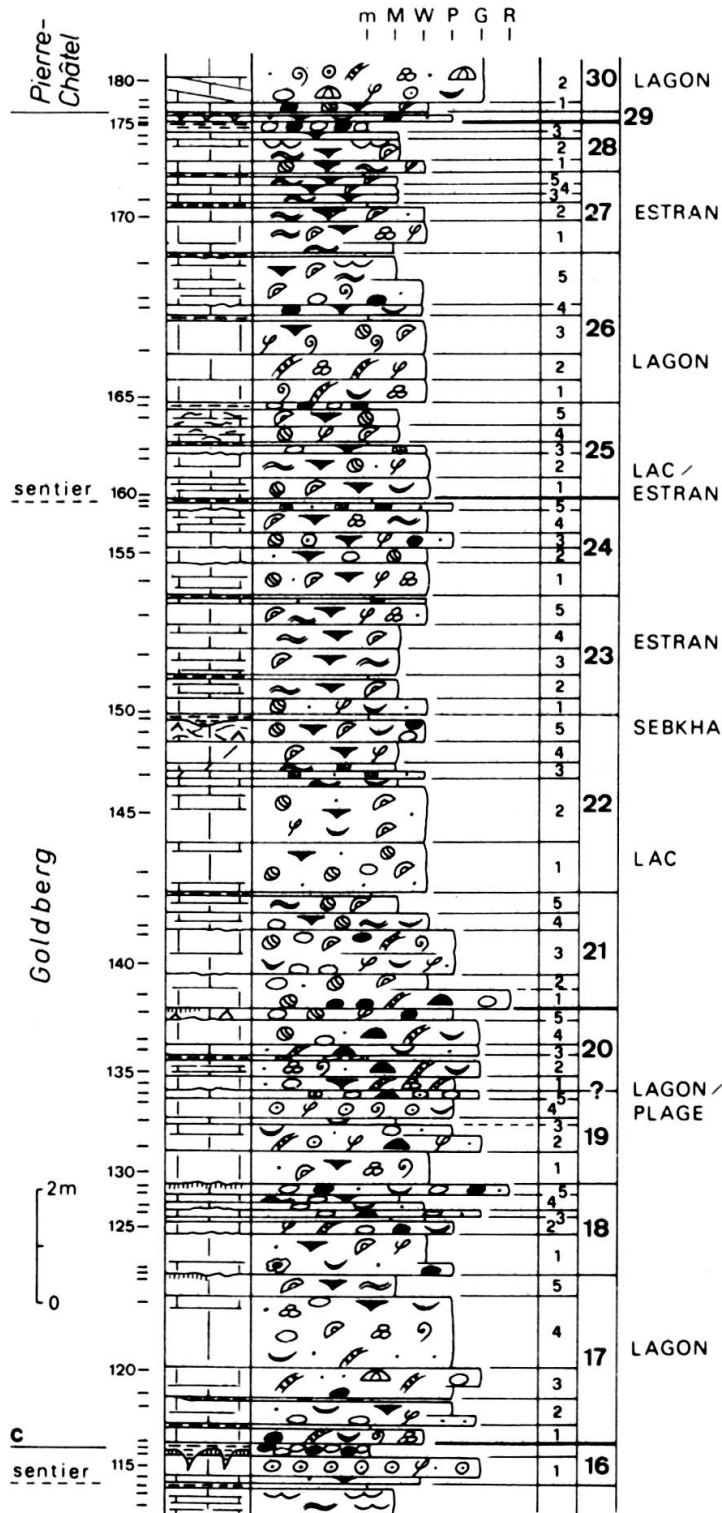


FIG. 2d (cont.)



du niveau marin. La production de carbonate peut être influencée par des changements climatiques. Des processus autocycliques (progradation) peuvent également amener à des séquences «shallowing-upward» (JAMES 1984), mais leur extension latérale est limitée.

La base des petites séquences élémentaires montre souvent des galets remaniés de la séquence sous-jacente ou des faunes mixtes d'origine marine, dulçaquicole et/ou saumâtre (faciès transgressif). Cela résulte d'une phase de production sédimentaire réduite («lag time», READ *et al.* 1986) après une émergence et avant que la tranche d'eau soit suffisamment importante pour permettre l'existence d'organismes producteurs de carbonate. Le même phénomène de production carbonatée réduite et de faciès transgressif se manifeste à la base des séquences moyennes (par exemple à la base des séquences 3, 4, 9, 10, 11; fig. 2). Les bancs les plus épais, qui indiquent la tranche d'eau la plus importante, s'observent souvent dans la première ou deuxième séquence moyenne après une émergence de longue durée (par exemple séquences 3, 17, 22, 26). Il fallait donc également un certain délai avant que l'eau soit relativement profonde et la production de carbonate maximale.

Les trois types de séquence observés au Salève impliquent trois cycles superposés de fluctuation du niveau marin et/ou de production de carbonate. La plupart des limites de séquence se corrélerent avec celles des autres coupes étudiées dans le Jura suisse et français (STRASSER 1988). Les cycles n'étaient donc pas des phénomènes locaux, mais influençaient toute la plate-forme carbonatée à la marge septentrionale de la Téthys. La nature allogène et la cyclicité composite des séquences suggèrent qu'il s'agit de cycles climatiques liés aux variations de l'orbite terrestre (MILANKOVITCH 1941). Les petites séquences élémentaires correspondraient aux cycles de précession des équinoxes (périodes de 19 000 et 23 000 ans; PISIAS et IMBRIE 1986), les séquences moyennes au premier cycle d'excentricité (100 000 ans), et les grandes séquences au deuxième cycle d'excentricité (400 000 ans). Les cycles climatiques provoquent des fluctuations du niveau marin par évaporation de l'eau dans des bassins fermés (DONOVAN et JONES 1979) ou par expansion thermique de la surface de la mer (GORNITZ *et al.* 1982). Des calottes polaires qui pourraient induire un eustatisme d'origine glaciaire ne sont pas connues à la limite jurassique-crétacée (BARRON 1983).

La coupe de la figure 2 représenterait donc à peu près 3 millions d'années. La courbe globale du niveau marin publiée par HAQ *et al.* (1987) indique une montée eustatique importante à la base de la Zone à *Occitanica* (à - 131 millions d'années) qui se traduit par les calcaires marins transgressifs de la Formation de Pierre-Châtel. Un abaissement du niveau global de la mer a eu lieu autour de - 132 millions d'années et pourrait être marqué par les séquences 22 à 25. La montée de la mer, signalée à - 133 m.a. est difficile à retrouver dans le Jura (entre les séquences 9 et 12). Un abaissement important à - 134 m.a. se trouve enregistré au sommet des Couches de Chailley et dans la séquence 1 (fig. 5a).

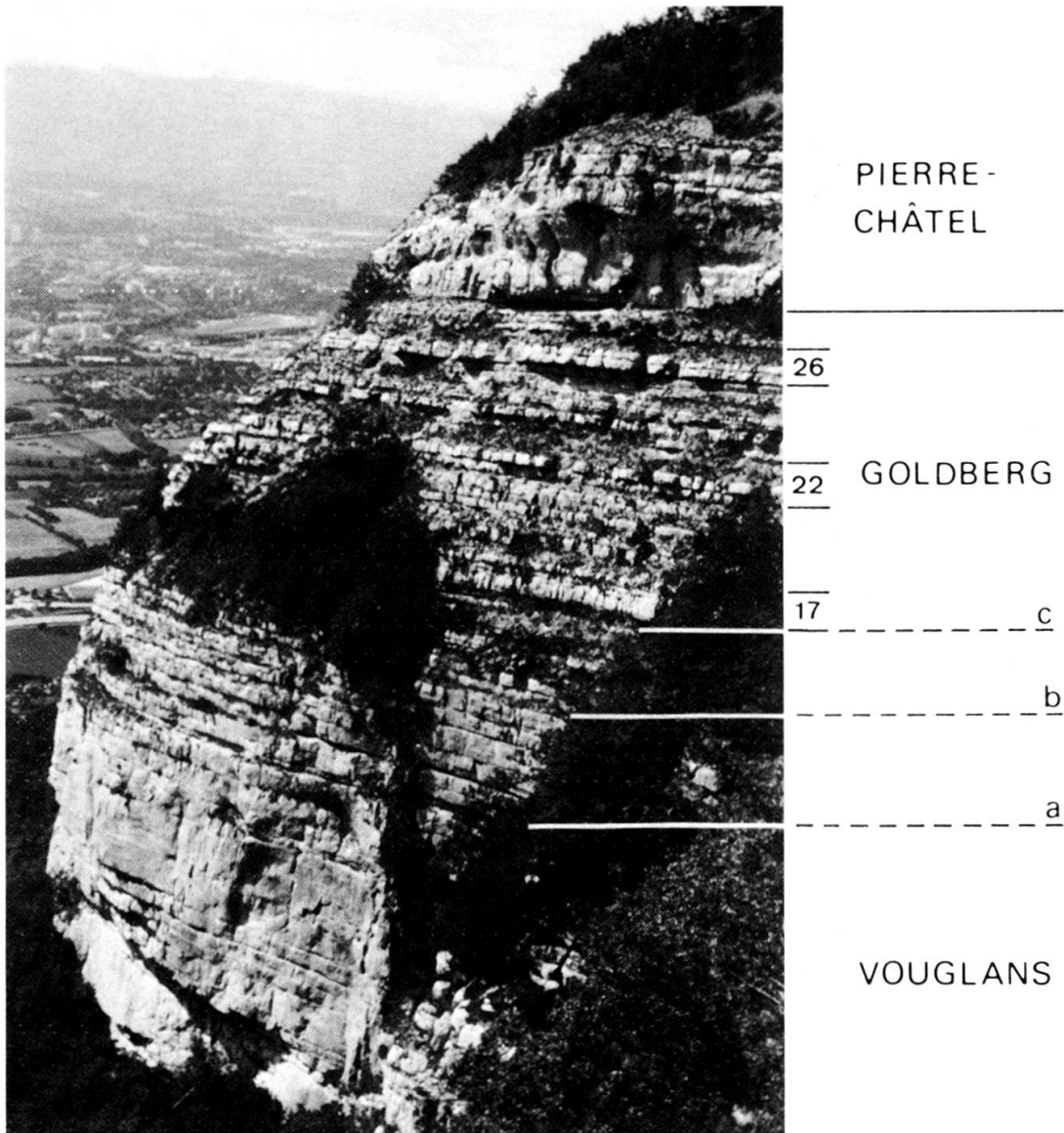


FIG. 3.

Vue du versant ouest du Salève (Genève à l'arrière-plan).

Quelques séquences de 100 000 ans bien visibles sont numérotées. Les traits a, b et c sont des limites possibles entre les Tidalites de Vouglans et la Formation de Goldberg.

L'évolution verticale des milieux de dépôt est indiquée dans la figure 2. Les milieux dominants sont: lagon marin à restreint, plage de haute énergie, estran, marais algaire avec dolomitisation, lac ou flaque d'eau douce. Un milieu de sebkha avec brèche de collapse est représenté au sommet de la séquence 22. A cette tendance générale de la sédimentation sont superposées des ingressions marines, des expositions dans la zone inter- à supratidale et des émerSIONS en milieu terrestre, qui sont toutes liées aux cycles climatiques et astronomiques. Les 20 000 ans attribués à une petite séquence élémentaire (dont souvent une grande partie se passe en émerSION)

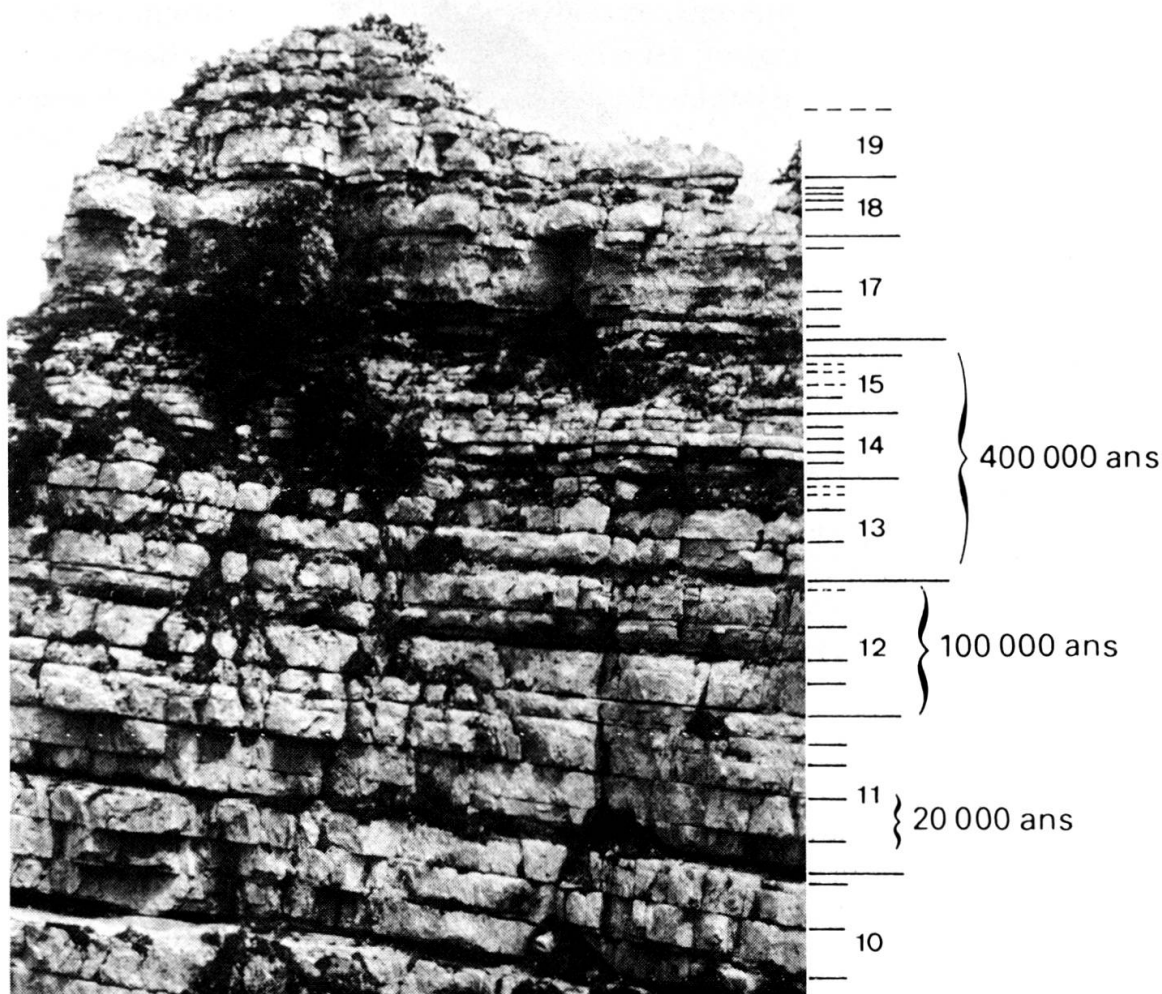


FIG. 4.

Le Sphinx vu depuis le sentier de la Grotte de la Mule. Les trois ordres de séquence sont bien visibles (à comparer avec la figure 2).

suffisent largement pour la formation, le transport et la sédimentation des particules, pour la cimentation, la fracturation et le remaniement du sédiment, pour la précipitation et dissolution d'évaporites, ainsi que pour les transformations minéralogiques des argiles (DECONINCK et STRASSER 1987).

Dans des eaux profondes, l'enregistrement sédimentaire de cycles climatiques et astronomiques est très régulier et permet des analyses statistiques (par exemple SCHWARZACHER et FISCHER 1982, WEEDON 1986). Sur la plate-forme peu profonde et partiellement émergée du Portlandien et du Purbeckien, par contre, la sédimentation était très discontinue. Quelques séquences élémentaires ne se sont jamais déposées ou ont été érodées et remaniées lorsque le niveau marin était très bas (par exemple séquence 16 et le sommet du Purbeckien; figs 2 et 5b). Certaines séquences, réduites au Salève, sont plus développées dans d'autres coupes du Jura, ce qui suggère l'activité de failles synsédimentaires (STRASSER 1988).

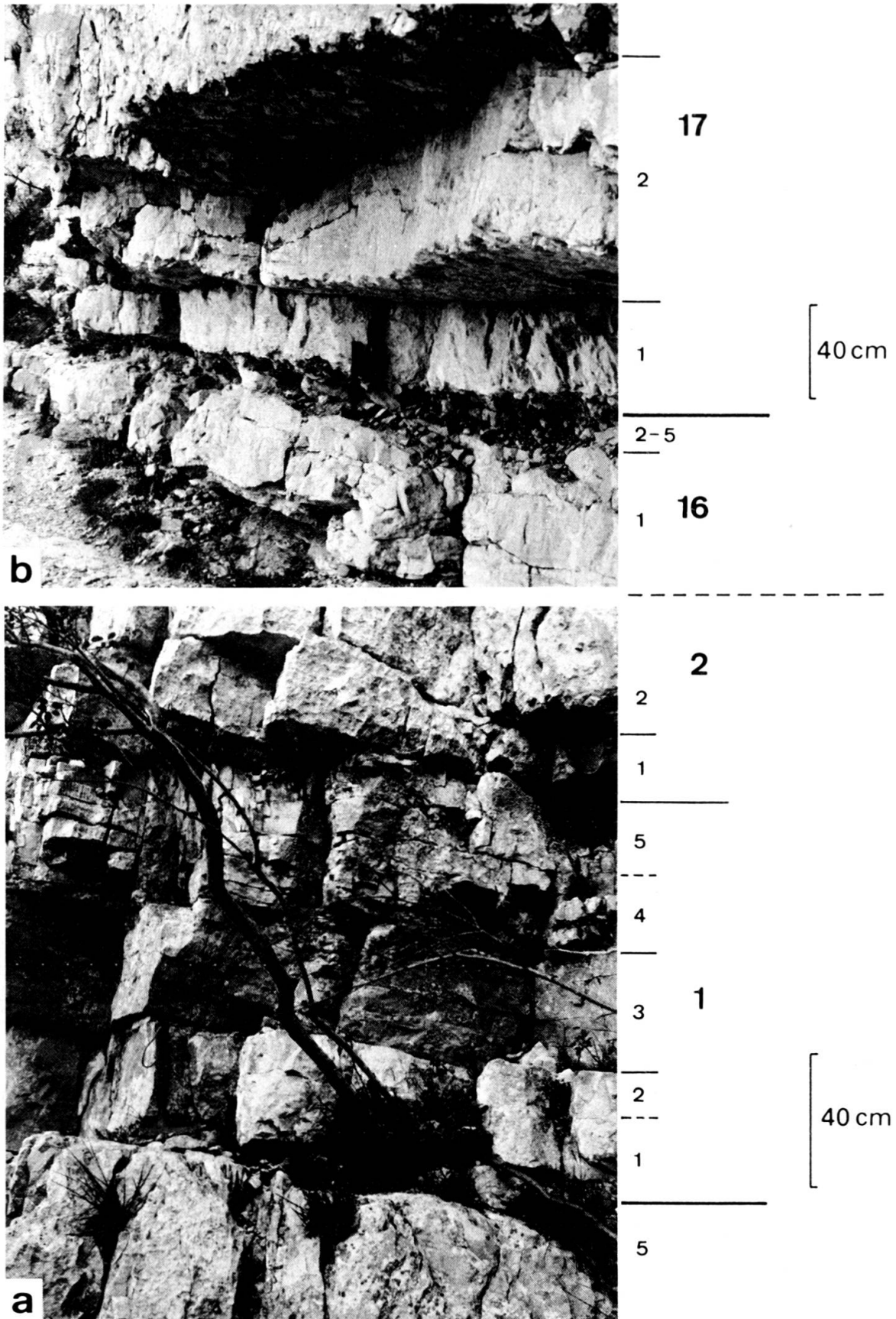


FIG. 5.

a) Limite entre les Couches de Chailley et les Tidalites de Vouglans, séquence 1 et base de la séquence 2 (à comparer avec la figure 2).

b) Séquence 16 et base de la séquence 17. Le banc 1 de la séquence 16 est fracturé et constitue un niveau ayant subi une cimentation précoce.

## CONCLUSIONS

L'étude détaillée de séquences, appliquée ici sur la coupe du Salève, permet de suivre l'évolution des faciès, de la sédimentologie et de la diagenèse sur une plateforme carbonatée dans un cadre chronologique très précis. Le fait que la majorité des limites de séquence se corrèle d'une coupe à l'autre prouve leur caractère allocyclique. La cyclicité des séquences correspond aux cycles de l'orbite terrestre dont les périodicités sont connues. Cela donne des indications sur le temps compris dans les processus sédimentologiques et diagénétiques. En plus, la superposition de cycles du type Milankovitch aux cycles globaux de HAQ *et al.* (1987) place la série étudiée dans le contexte chronologique des grandes fluctuations du niveau de la mer.

## REMERCIEMENTS

E. Davaud et P. O. Mojon ont très aimablement lu et critiqué le manuscrit. Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet du Fonds national suisse de la recherche scientifique n° 2.897.083.

## RÉFÉRENCES

- AINARDI, R. (1977). Un paysage margino-littoral: le «Purbeckien» du Jura méridional. *Bull. Soc. géol. France* (7) 19, 257-264.
- BARRON, E. J. (1983). A warm, equable Cretaceous: the nature of the problem. *Earth Sci. Rev.* 19, 305-338.
- BERNIER, P. (1984). Les formations carbonatées du Kimméridgien et du Portlandien dans le Jura méridional. Stratigraphie, micropaléontologie et sédimentologie. *Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon* 92, 803 pp.
- CAROZZI, A. (1948). Etude stratigraphique et micrographique du Purbeckien du Jura suisse. *Kündig*, Genève, 175 pp.
- CISNE, J. L. (1986). Earthquakes recorded stratigraphically on carbonate platforms. *Nature* 323, 320-322.
- CLAVEL, B., J. CHAROLLAIS, R. BUSNARDO, et G. LE HEGARAT. (1986). Précisions stratigraphiques sur le Crétacé inférieur basal du Jura méridional. *Ecl. géol. Helv.* 79, 319-341.
- DECONINCK, J. F. et A. STRASSER. (1987). Sedimentology, clay mineralogy and depositional environment of Purbeckian green marls (Swiss and French Jura). *Ecl. géol. Helv.* 80, 753-772.
- DONOVAN, D. T. et E. J. W. JONES (1979). Causes of world-wide changes in sea level. *J. geol. Soc. London* 136, 187-192.
- DONZE, P. (1958). Les couches de passage du Jurassique au Crétacé dans le Jura français et sur les pourtours de la «fosse vocontienne». *Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon* (n.s.) 3, 221 pp.
- FISCHER, A. G. (1964). The Lofer cyclothems of the Alpine Triassic. *Bull. Kansas Geol. Survey* 169, 107-149.

- GOODWIN, P. W. et E. J. ANDERSON (1985). Punctuated aggradational cycles: a general hypothesis of episodic stratigraphic accumulation. *J. Geol.* 93, 515-533.
- GOLDHAMMER, R. K. et R. D. ELMORE (1984). Paleosols capping regressive carbonate cycles in the Pennsylvanian Black Prince Limestone, Arizona. *J. sedim. Petrol.* 54, 1124-1137.
- GORNITZ, V., S. LEBEDEFF et J. HANSEN (1982). Global sea level trend in the past century. *Science* 215, 1611-1614.
- GROTZINGER, J. P. (1986). Cyclicity and paleoenvironmental dynamics, Rocknest platform, northwest Canada. *Bull. Geol. Soc. Amer.* 97, 1208-1231.
- HÄFELI, C. (1966). Die Jura/Kreide-Grenzsichten im Bielerseegebiet (Kt. Bern). *Ecl. geol. Helv.* 59, 565-696.
- HAQ, B. U., J. HARDENBOL et P. R. VAIL (1987). Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic (250 million years ago to Present). *Science* 235, 1156-1167.
- JAMES, N. P. (1984). Shallowing-upward sequences in carbonates. In: Facies models (éd. R. G. Walker). *Geoscience Canada, Reprint Ser. 1* (2nd ed.), 213-228.
- JOUKOWSKY, E. et J. FAVRE (1913). Monographie géologique et paléontologique du Salève (Haute-Savoie, France). *Mém. Soc. Phys. Hist. nat. Genève* 37/4, 295-523.
- MAILLARD, G. (1884). Etude sur l'étage Purbeckien dans le Jura. *Thèse Univ. Zurich*, 78 pp.
- MILANKOVITCH, M. (1941). Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem. *Acad. Roy. Serbe spec. ed.* 133, 633 pp.
- MOJON, P. O. et A. STRASSER (1987). Microfaciès, sédimentologie et micropaléontologie du Purbeckien de Bienne (Jura suisse occidentale). *Ecl. geol. Helv.* 80, 37-58.
- PISIAS, N. G. et J. IMBRIE (1986). Orbital geometry, CO<sub>2</sub>, and Pleistocene climate. *Oceanus* 29, 43-49.
- READ, J. F., J. P. GROTZINGER, J. A. BOVA et W. F. KOERSCHNER (1986). Models for generation of carbonate cycles. *Geology* 14, 107-110.
- SCHWARZACHER, W. et A. G. FISCHER (1982). Limestone-shale bedding and perturbations of the Earth's orbit. In: Cyclic and event stratification (éd. G. Einsele et A. Seilacher). *Springer-Verlag*, Berlin, 72-95.
- STRASSER, A. (1986). Ooids in Purbeck limestones (lowermost Cretaceous) of the Swiss and French Jura. *Sedimentology* 33, 711-727.
- (1987). Detaillierte Sequenzstratigraphie und ihre Anwendung: Beispiel aus dem Purbeck des schweizerischen und französischen Jura. *Facies* 17, 237-244.
- (1988). Shallowing-upward sequences in Purbeckian peritidal carbonates (lowermost Cretaceous, Swiss and French Jura Mountains). *Sedimentology* 35 (sous presse).
- STRASSER, A. et E. DAVAUD (1982). Les croûtes calcaires (calcretes) du Purbeckien du Mont-Salève (Haute-Savoie, France). *Ecl. geol. Helv.* 75, 287-301.
- (1983). Black pebbles of the Purbeckian (Swiss and French Jura): lithology, geochemistry and origin. *Ecl. geol. Helv.* 76, 551-580.
- WEEDON, G. P. (1986). Hemipelagic shelf sedimentation and climatic cycles: the basal Jurassic (Blue Lias) of South Britain. *Earth Planet. Sci. Let.* 76, 321-335.
- WRIGHT, V. P. (1986). Facies sequences on a carbonate ramp: the Carboniferous Limestone of South Wales. *Sedimentology* 33, 221-241.

