

Stratigraphie isotopique (^{13}C) de l'Aptien inférieur de Provence (SE France) : application aux corrélations plate-forme/bassin

Autor(en): **Masse, Jean-Pierre / El Albani, Abderrazzak / Erlenkeuser, Helmut**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **92 (1999)**

Heft 2

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-168667>

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.

Stratigraphie isotopique ($\delta^{13}\text{C}$) de l'Aptien inférieur de Provence (SE France): Application aux corrélations plate-forme/bassin

JEAN-PIERRE MASSE¹, ABDERRAZZAK EL ALBANI² & HELMUT ERLLENKEUSER³

Keywords : Cretaceous, Aptian, carbonate platform, basin, stable isotopes, Stratigraphy, SE France
Mots-clés : Crétacé, Aptien, plate-forme carbonatée, bassin, isotopes stables, Stratigraphie, SE de la France

RESUME

La stratigraphie isotopique du carbone ($\delta^{13}\text{C}$) des calcaires urgoniens des Monts-de-Vaucluse comparée à celle du stratotype historique de l'Aptien inférieur de La Bédoule montre que les courbes correspondantes sont similaires. On note deux excursions positives séparées par une excursion négative. La première excursion positive correspond, dans la série urgonienne, au membre à rudistes, qui a donc pour équivalent les calcaires du Bédoulien inférieur de La Bédoule (zones à Tuarkyricus et Weissi). L'excursion négative marque la base du membre urgonien bioclastique dont le sommet enregistre l'excursion positive majeure, centrée sur la zone à Grandis, de La Bédoule. Le hard-ground sommital de l'Urgonien et les marnes qui le recouvrent se placent donc dans la zone à Furcata. La datation des formations urgoniennes provençales, ainsi réalisée à l'échelle des zones d'ammonites, a des implications sur l'interprétation stratigraphique des séries homologues du SE de la France. La qualité du calibrage isotopique des séries de plate-forme et de bassin ouvre des perspectives intéressantes pour la corrélation des aspects fonctionnels des écosystèmes correspondants.

ABSTRACT

Carbon isotope stratigraphy ($\delta^{13}\text{C}$) of the Urgonian limestones from the Monts-de-Vaucluse, compared to those of the Lower Aptian historical stratotype of La Bédoule, shows that the corresponding curves are similar. Two positive excursions separated by a negative one are observed. The first positive excursion covers, in the Urgonian sequence, the lower member with rudists, which is consequently considered equivalent to the Lower Bedoulian limestones of La Bédoule (Tuarkyricus and Weissi zones). The negative excursion marks the base of the overlying bioclastic member, the upper part of which records the main positive excursion, centered on the Grandis zone, at La Bédoule. The hard-ground which caps the Urgonian sequence and the overlying marls correlate with the Furcata zone. Dating of the Urgonian sequences from Provence, at ammonite zone level, has significant relevant implications on the stratigraphic interpretation of time equivalent platform successions in SE France. The good quality of the isotope calibration between platform and basinal sequences has an important bearing on forthcoming correlations of functional aspects of the corresponding ecosystems.

I. Introduction

La stratigraphie isotopique du carbone, appliquée aux sédiments de bassin du Crétacé a fait l'objet de travaux assez nombreux (Weissert et al. 1985, Weissert & Lini, 1991, Lini et al., 1992, Channell et al., 1993, Follmi et al., 1994, Weissert & Breheret, 1991, Hennig et al., 1999) qui ont mis en évidence des excursions significatives à fort potentiel chronostratigraphique. Ces variations ont également été reconnues dans les séries carbonatées de plate-forme du Pacifique central (Jenkyns, 1995) du Moyen-Orient (Vahrenkamp 1996, Grötsch et al., 1998) et d'Italie méridionale (Ferreri et al., 1997) établissant ainsi la possibilité de réaliser des corrélations entre bassin et plate-forme.

L'étude isotopique ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{18}\text{O}$) de la série du stratotype historique de La Bédoule, à la Gare de Cassis (Moullade et al.,

1998) a montré que la courbe de variation du $\delta^{13}\text{C}$ présentait des inflexions, comparables ou originales par rapport à ce que l'on connaissait dans d'autres bassins. L'intérêt du site est que les variations isotopiques sont précisément repérées par rapport aux divers index biostratigraphiques: ammonites, foraminifères planctoniques et nannofossiles calcaires notamment.

La pertinence des corrélations plate-forme/bassin obtenues à partir des isotopes, en Italie méridionale et au Moyen-Orient, nous a déterminé à aborder par cette méthode la corrélation de la série hémipélagique de La Bédoule-Gare de Cassis avec la série urgonienne des Monts de Vaucluse (Fig. 1). Au-delà du test méthodologique, cette approche était susceptible d'apporter au problème de la position stratigraphique des calcaires urgoniens du Sud-Est de la France dans le cadre des zones d'ammonites du Bédoulien, une contribution intéressante.

¹ Centre de sédimentologie-paléontologie, CNRS UPRESA 6019, Université de Provence, F-13331 Marseille Cedex 03, France

² Universität zu Kiel Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum Olshausenstr. 40, D-24118 Kiel, Germany

³ Leibniz Labor für Altersbestimmung und Isotopenforschung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Olshausenstr. 40, D-24118 Kiel, Germany

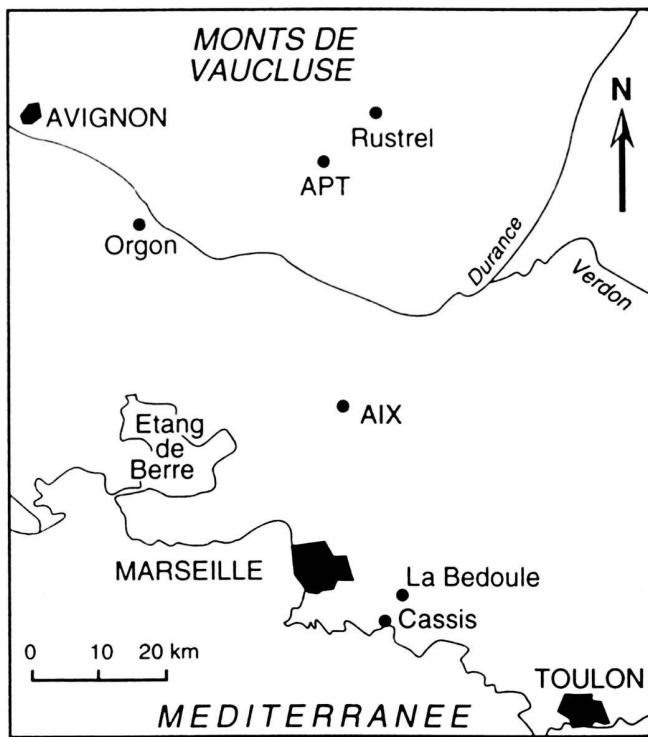


Fig. 1. Carte de localisation des coupes étudiées / Location map showing the studied sections.

II. Méthode d'étude

Les mesures ont été effectuées sur roche totale, il s'agit pour l'essentiel de calcaires purs allant des grainstones aux wackestones bioclastiques ou à pellets, représentant 46 échantillons. Cinq échantillons proviennent de marno-calcaires superposés aux calcaires. La position des échantillons correspond aux points de la courbe du $\delta^{13}\text{C}$ (Fig. 2).

L'appareil utilisé est le spectromètre de masse Finigan MAT 351 du laboratoire d'analyses isotopiques de Kiel, il est couplé à un dispositif de préparation de CO_2 (Carbo-Kiel), produit par attaque acide des échantillons, sur lequel sont réalisées les analyses isotopiques. Ce système fonctionne en routine avec une précision de $\pm 0,07\text{‰}$ pour l'oxygène et $\pm 0,04\text{‰}$ pour le carbone. Les résultats sont calibrés par référence au National Bureau of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland (NBS 20 et NBS 18 et 19) et exprimés selon l'échelle de référence PDB (Pee Dee Belemnite). Chaque échantillon a fait l'objet de deux mesures, destinées à éviter les problèmes liés à l'homogénéisation des poudres. Les échantillons sont issus de roches préalablement sciées, broyées et homogénéisées avec soin au mortier d'agate. La reproductibilité des mesures est de l'ordre de $0,02\text{‰}$ pour le carbone et $0,04\text{‰}$ pour l'oxygène.

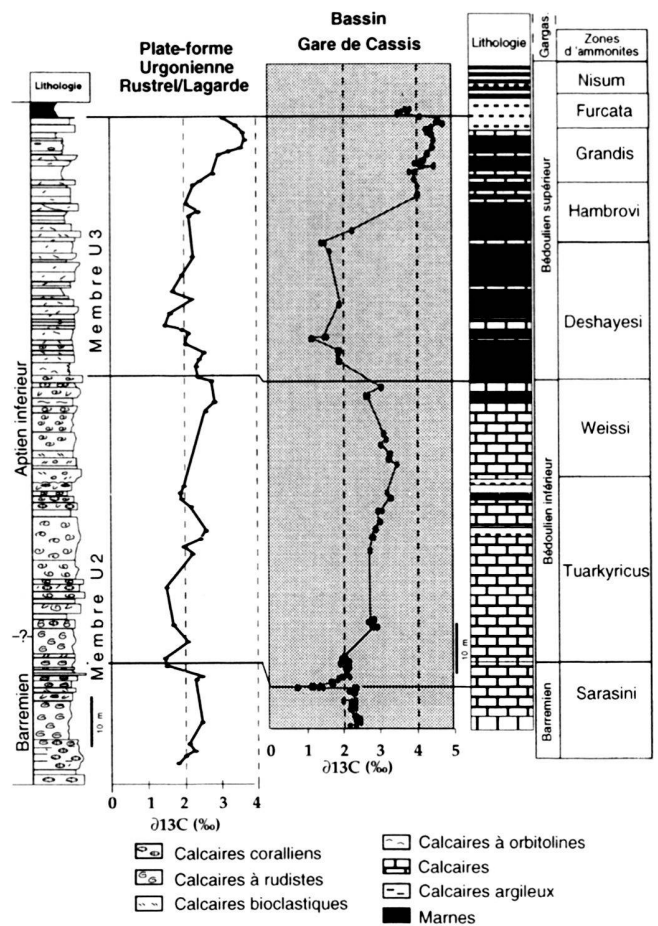


Fig. 2. Corrélations des Courbes du $\delta^{13}\text{C}$ obtenues pour les coupes de La Bédoule (bassin) (d'après Moullade et al., 1998) et de Rustrel-Lagarde (plate-forme) / Correlation of $\delta^{13}\text{C}$ record of La Bédoule (basin) (after Moullade et al., 1998) and Rustrel-Lagarde (platform) sections.

III. Le problème de l'âge des calcaires urgoniens rapportés à l'Aptien inférieur, dans le sud-est de la France

A la fin du XIX^{ème} siècle Leenhardt (1883), Kilian (1889) et Paquier (1900) ont montré qu'une partie importante des calcaires urgoniens de Provence et du domaine sub-alpin devait être attribuée à l'Aptien inférieur. Cette attribution se fondait principalement sur l'étude des passages latéraux des calcaires en question aux formations marno-calcaires datées par des ammonites. Ultérieurement, les progrès réalisés dans la micropaléontologie des foraminifères benthiques et des algues calcaires des formations urgoniennes (Masse 1976, Arnaud-Vanneau 1980, Clavel et al., 1995) ont permis de préciser les schémas biostratigraphiques antérieurs. L'âge de l'interruption de la sédimentation urgonienne a fait néanmoins l'objet de plusieurs hypothèses.

- (1) Pour Kilian & Reboul (1915) l'Urgonien de Provence, d'une partie au moins du Languedoc et du domaine subalpin (Chartreuse, Vercors) correspondrait au Bédoulien inférieur (niveau à *Deshayesites consobrinus* (d'Orb.) et *Deshayesites weissii* (N. et Uhl.). Le Bédoulien supérieur (avec *Deshayesites deshaysi* (Leym.) s.s.) serait représenté par des marno-calcaires en différents points de la vallée du Rhône. Ainsi donc l'Urgonien serait interrompu antérieurement à l'apparition de *D. deshaysi*.
- (2) L'inventaire des ammonites récoltées en Provence et dans le Vercors au sommet au toit des calcaires urgoniens par Arnaud-Vanneau, Arnaud & Masse (1978) conduit ces auteurs à l'idée que «les derniers bancs urgoniens appartiendraient à la zone à *Deshaysi* (sensu Casey, 1961), puisque ce fossile se rencontre à ce niveau aussi bien dans la région de Toulon et les Monts-de-Vaucluse qu'au nord du Diois, dans la région de Glandage». De fait *D. deshaysi* n'a été reconnue avec certitude jusqu'au-dessus des calcaires urgoniens ou dans des niveaux de faciès différents.
- (3) Pour Clavel et al. (1995) la disparition de la plate-forme urgoniennne du Sud-Est interviendrait au Bédoulien moyen, c'est-à-dire au milieu de la zone à Matheroni (sensu Busnardo, 1984) qui pourrait coïncider avec la limite des zones à Weissi/*Deshaysi* (voir Fig. 2 de Clavel et al., 1995). La sédimentation serait interrompue (dans la Chartreuse et le Vercors septentrional au moins) durant l'intervalle correspondant aux zones à Matheroni p.p. (= *Deshaysi* p.p.), Hambrovi et Grandis et réapparaîtrait dans la zone à Bowerbanki. Cette hypothèse n'est cependant pas argumentée de manière convaincante du point de vue paléontologique.
- (4) Les résultats acquis dans le Languedoc oriental (Gard principalement) par Conte (1988) sur les faunes d'ammonites des marno-calcaires coiffant les calcaires urgoniens, apportent un éclairage original au problème de l'âge de la discontinuité sommitale de cette formation. La faune citée par cet auteur comprend: *Cheloniceras diolense* Conte, *Cheloniceras cornuelianum* (d'Orb.), *Cheloniceras crassum*, Spath, et des *Deshayesites* dont le niveau d'évolution indique la zone à *Deshaysi*. Conte (1988) note que *C. diolense* pourrait se situer au niveau de la sous-zone basale à Parinodum de la zone à *Deshaysi*.

Les données qui précèdent suggèrent donc que les calcaires urgoniens pourraient s'interrompre à la base de la zone à *Deshaysi*. On notera cependant que cette hypothèse n'est bien argumentée que dans les régions du Gard, du Vercors et de la Chartreuse, où les marno-calcaires à *Cheloniceras* reposent sur la surface sommitale, émergitive, des formations à rudistes. Dans les régions du Ventoux, des Monts-de-Vaucluse, une partie du Gard et de l'Ardèche, en effet, aux formations à rudistes (U2 sensu Leenhardt 1883, Masse 1976) se superposent des calcaires bioclastiques (membre U3 sensu Leenhardt 1883, Masse 1976) se terminant par un hard-ground non émergitif. Ces observations montrent que l'interruption des calcaires urgoniens ne suivrait pas les mêmes modalités et n'aurait pas le même âge dans les massifs subalpins et une partie du Languedoc d'une part et la Provence d'autre part. Il en résulte notamment, que le membre U3 pourrait appartenir p.p. à la zone à *Deshaysi* comme suggéré par Masse (1976) et Arnaud Vanneau, Arnaud & Masse (1978).

IV. Les données de la stratigraphie isotopique

a. Signification des valeurs isotopiques

Les valeurs du $\delta^{13}\text{C}$ varient de 1,06 à 3,65‰, celles du $\delta^{18}\text{O}$ de -4,56 à -3,10‰. Comparées à celles mesurées dans la série stratotypique de la Gare de Cassis, on note :

- un resserrement des valeurs du $\delta^{13}\text{C}$ lié principalement à l'abaissement des maxima qui atteignent et dépassent 4‰ dans le stratotype alors qu'ils ne dépassent guère 3,5‰ dans les Monts de Vaucluse.
- un net abaissement du $\delta^{18}\text{O}$ qui n'atteint qu'exceptionnellement des valeurs inférieures à -2,5‰ dans le stratotype, celles de la série urgoniennne sont donc décalées d'environ 2 unités.

Les valeurs de $\delta^{18}\text{O}$ sont plus basses que celles des carbonates de plate-forme d'âge équivalent d'Italie du Sud (Ferreri et al., 1997) et de Grèce (Grötsch et al., 1998). Elles ont un décalage comparable avec les mesures effectuées dans les carbonates pélagiques, situées autour de -2‰ (Renard, 1985). La gamme des valeurs n'atteint cependant pas le seuil critique de -5‰ qui dans les sédiments récents marque la limite des dépôts carbonatés marins (James et Choquette, 1990). Les valeurs du $\delta^{13}\text{C}$, en revanche, sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans les carbonates de plate-forme et leurs équivalents pélagiques qui gravitent autour de +2‰ (Renard 1985, Lohman 1988 in Grötsch et al., 1998).

De ces observations il résulte que des changements diagenétiques (principalement d'origine météorique, si l'on se réfère aux diagrammes de James & Choquette, 1990b) ont dû affecter la teneur en $\delta^{18}\text{O}$ mais sans altérer de manière significative le message géochimique initial, notamment en ce qui concerne le carbone.

b. La série hémipélagique de la Gare de Cassis (Fig. 2)

La courbe du $\delta^{13}\text{C}$ obtenue à la Gare de Cassis (Moullade et al., 1998) montre les variations suivantes:

- une excursion négative d'environ 1‰ observée dans la zone à Sarasini avant la limite Barremien/Aptien, amorce un cycle positif, atteignant des valeurs de 3‰, qui couvre les zones à Tuarkyricus et Weissi (i.e. Bédoulien inférieur), c'est-à-dire essentiellement la „formation calcaire“.
- une séquence marquée par une nette tendance négative (valeurs chutant de 2‰) correspondant à la zone à *Deshaysi* p.p. c'est-à-dire l'équivalent probable de la sous-

zone à Parinodum sensu Casey, (1961), à la base de la formation marno-calcaire,

- une forte excursion positive, atteignant des valeurs de l'ordre de 4‰ dans les zones à Grandis et Furcata p.p., pour décroître à la fin de cette sous-zone, c'est-à-dire au passage avec les marnes du Gargasien. Cette excursion majeure est enregistrée dans de nombreuses séries des régions téthysiennes (Weissert et al., 1985, Weissert et Lini, 1991, Weissert et Breheret, 1991, Föllmi et al., 1994, Jenkyns 1995, Erba 1996, Vahrenkamp 1996, Grötsch et al., 1998).

c. La série urgonienne de Rustrel-Lagarde d'Apt (Fig. 2)

La courbe du $\delta^{13}\text{C}$ est obtenue à partir de l'analyse des échantillons appartenant à deux coupes stratigraphiquement complémentaires : Rustrel et Lagarde d'Apt, qui présentent la trilogie lithostratigraphique classique des Monts-de-Vaucluse (Masse 1976) avec un membre inférieur U1, constitué de calcaires bioclastiques (non analysé ici), un membre moyen U2, constitué de calcaires à rudistes (avec niveaux coralliens à la base) et un membre supérieur U3 faciologiquement homologue de U1. La limite U2/U3 est émergitive, la limite supérieure de U3 est un hard-ground sous-marin. L'ensemble U2/U3 et une partie du membre U1 étaient attribués à l'Aptien inférieur (Masse 1976) sur des bases micro- et macropaléontologiques. Les valeurs isotopiques du $\delta^{13}\text{C}$ montrent l'évolution suivante:

- une excursion négative de l'ordre de 1‰ est enregistrée à la base du membre U2,
- au sommet de ce membre les valeurs augmentent de 1.4‰ pour atteindre 2.8‰ (1.4‰ de décalage) et chutent progressivement après la limite U2/U3,
- au sommet du membre U3 une excursion positive relativement forte avec des valeurs de 3.6‰ qui s'abaissent assez rapidement au niveau du hard-ground terminal et dans les marnes sus-jacentes (échantillonnées à Murs au toit du hard-ground) où les valeurs oscillent entre 2 et 2.4‰.

d. Corrélations

Les courbes établies pour la série de plate-forme des Monts-de-Vaucluse et la série de la Bédoule présentent des analogies remarquables qui permettent les corrélations suivantes:

- l'excursion négative de la zone à Sarasini aurait un équivalent à la base du membre U2; en conséquence la base de cette formation, à Rustrel au moins, appartiendrait au Barrémien terminal et non à l'Aptien inférieur comme on l'admettait jusqu'ici (Masse, 1976),
- la discontinuité émergitive U2/U3 pourrait correspondre à la limite des membres calcaire et marno-calcaire de la Gare de Cassis, qui correspond à la limite des zones à Weissi et Deshayesi, eu égard à la position de la zone d'inflexion négative des courbes dans les deux séries,
- l'excursion positive majeure qui marque à la Gare de Cas-

sis, la zone à Hambrovi p.p., la zone à Grandis et la base de la zone à Furcata est bien identifiée à Rustrel-Lagarde d'Apt, au sommet du membre U3, les marnes sus-jacentes qui enregistrent une nouvelle phase négative, correspondraient donc à la partie supérieure de la zone à Furcata.

V. Discussion

Les corrélations isotopiques apportent donc à la datation des formations urgoniennes des Monts-de-Vaucluse une contribution importante. Il s'agit en premier lieu des modifications qu'il conviendrait d'apporter à l'âge de la base de la formation à rudistes dont on sait cependant, en raison de la progradation des faciès correspondants qu'elle est éminemment diachrone. Les points essentiels concernent cependant le repérage chronologique:

- de la discontinuité émergitive du sommet des formations à rudistes (limite U2/U3) qui doit se placer à la limite des zones à Weissi et Deshayesi, comme suggéré par Masse (1976) et Arnaud Vanneau, Arnaud et Masse (1978),
- du hard-ground sommital de la trilogie urgonienne qui doit se localiser dans la zone à Furcata, comme l'avaient d'ailleurs suggéré les auteurs sus-mentionnés.

Il en résulte que le membre U3 recouvre les zones à Deshayesi, Hambrovi, Grandis et Furcata p.p. La durée des discontinuités basale et sommitale de cette formation est inférieure à celle des zones d'ammonites, étant donné que ces zones sont identifiables.

Ces interprétations montrent que la fin du régime urgonien n'a pas le même âge et ne suit pas les mêmes modalités en Provence, une partie du Languedoc et dans les massifs subalpins septentrionaux. La fin des formations urgoniennes à rudistes des régions subalpine et languedocienne p.p. correspond à peu près à la limite des zones à Weissi Deshayesi, comme indiqué par Arnaud (1981) et Clavel et al. (1995). En revanche, la trilogie urgonienne de Provence et du Languedoc p.p. se termine dans la zone à Furcata. On notera cependant que:

- les formations à rudistes s'interrompent bien au même niveau stratigraphique dans les deux domaines, avec la plupart du temps un événement émergitif,
- la couverture de cette discontinuité est assez variable suivant les secteurs, en premier lieu en raison de la lacune stratigraphique qui peut lui correspondre et en deuxième lieu par les faciès: marnes à orbitolines (Vercors), et/ou marnes à ammonites (Vercors, Jura, Languedoc p.p.) et enfin calcaires bioclastiques (i.e. membre U3) de Haute Provence et d'une partie du Languedoc.

Conclusions

La stratigraphie isotopique du carbone appliquée à la comparaison de la série stratotypique historique, hémipélagique, de La Bédoule-Gare de Cassis, dont le découpage biostratigra-

phique a fait l'objet de travaux récents intéressant les ammonites, les foraminifères planctoniques et les nannofossiles, et de la série urgonienne, des Monts-de-Vaucluse, apporte à la stratigraphie des dépôts de plate-forme une contribution originale. Cette démarche permet en effet de montrer:

- qu'au sein de la trilogie urgonienne classique, seuls les termes U2 p.p. et U3 appartiennent à l'Aptien inférieur,
- la limite U2/U3 correspond à la discontinuité calcaires/calcaires argileux de La Bédoule, soit à la limite des zones à Weissi et Deshayesi,
- le terme U3 correspond pour l'essentiel au Bédoulien supérieur, sa couverture marneuse est en partie équivalente à la zone à Furcata.

Ces résultats soulignent :

- le relatif synchronisme, à l'échelle du S.E. de la France de la fin des formations à rudistes, dont l'épanouissement ne va donc pas au-delà du Bédoulien inférieur; l'émergence qui marque fréquemment cette interruption a donc une extension régionale remarquable,
- la variabilité des dépôts du Bédoulien supérieur et le caractère original de la Provence et d'une partie du Languedoc eu égard au développement d'importantes formations bioclastiques (i.e. formation U3) qui sont, semble-t-il, absentes au nord du Bassin Vocontien,
- que, réalisée dans un cadre biostratigraphique défini, la comparaison des données de la stratigraphie isotopique du carbone des séries de bassin bien datées, et des séries de plate-forme, à priori, moins bien datées, permet d'établir des corrélations stratigraphiques précises, à l'échelle de la zone d'ammonite. De telles corrélations sont dès lors utilisables pour la compréhension des interactions fonctionnelles entre les écosystèmes de plate-forme et de bassin.

REFERENCES

ARNAUD H. 1981: De la plate-forme urgonienne au bassin vocontien : le Barremo-bédoulien des Alpes occidentales entre Isère et Buech. Géol. Alp. (Grenoble), Mem. 12, 804 p.

ARNAUD-VANNEAU A. 1980: Micropaléontologie, paléocologie et sédimentologie d'une plate-forme carbonatée de la marge passive de la Tethys: l'Urgonien du Vercors septentrional et de la Chartreuse (Alpes occidentales). Géol. Alp. (Grenoble), Mem. 11, 874 p.

ARNAUD-VANNEAU A., ARNAUD H. & MASSE J.P. 1978: Les discontinuités sédimentaires du Barrémien supérieur et du Bédoulien sur le pourtour de la zone vocontienne. Livre jubilaire J. Flandrin; Doc. labo. géol. fac. Sci. Lyon, h.s. 4, 11-27.

BUSNARDO R. 1984: Echelles Biostratigraphiques (291-294). In: P. COTILLON, Crétacé inférieur, synthèse géol. SE France. Mém. Bur. Rech. Géol. Min., 125.

CASEY R. 1961: The stratigraphical paleontology of the Lower Greensand. Palaeontology 3, 4, 487-621.

CHANNELL J.E.T., ERBA E. & LINI A. 1993: Magnetostratigraphic calibration of the late Valanginian carbon isotope event in pelagic limestones from northern Italy and Switzerland. Earth and planet. Sci. Lett., 118, 145-166.

CLAVEL B., CHAROLLAIS J., SCHROEDER R. & BUSNARDO R., 1995: Réflexions sur la biostratigraphie du Crétacé inférieur et sur sa complémentarité avec l'analyse séquentielle: exemple de l'Urgonien jurassien et subalpin. Bull. Soc. géol. France 166, 6, 663-680.

CONTE G. 1988: Une nouvelle ammonite de l'Aptien inférieur: *Chelonicerias diolense* nov. sp. Bull. Soc. Sci. nat. Nîmes, Gard, 58, 59-62.

ERBA E. 1996: The Aptian Stage. Bull. Inst. Roy. Sci. Nat. Belgique Sci. Terre 66-Supp., 31-43.

FERRERI V., WEISSERT H., D'ARGENIO B. & BUONOCUNTO F.P. 1997: Carbon isotope stratigraphy: a tool for basin to carbonate platform correlation. Terra Nova 9, 57-61.

FÖLLMI K.B., WEISSERT H., BISPING M. & FUNK H. 1994: Phosphogenesis, carbon isotope stratigraphy, and carbonate platform evolution along the Lower Cretaceous northern Tethyan margin. Geol. Soc. Amer. Bull. 106, 729-746.

GRÖTSCH J., BILLING I. & VAHRENKAMP V. 1998: Carbon-isotope stratigraphy in shallow-water carbonates: implications for Cretaceous black-shale deposition. Sedimentology 45, 623-634.

HENNIG S., WEISSERT H. & BULOT L. 1999: C-isotope stratigraphy, a calibration tool between ammonite and magnetostratigraphy: the Valanginian-Hauterivian transition. Geol. Carpathica 50, 1 Bratislava, 91-96.

JAMES N.P. & CHOQUETTE P.W. 1990b: Limestones - The sea-floor diagenetic environment. In: Diagenesis, MCLRETH I.A. & MORROW D.W. Eds, Geosci. Canada, rep. ser. 4, 13-34.

JAMES N.P. & CHOQUETTE P.W. 1990a: Limestones - The meteoric diagenetic environment. In: Diagenesis, MCLRETH I.A. & MORROW D.W. Eds, Geosci. Canada, rep. ser. 4, 35-73.

JENKINS H.C. 1995: Carbon isotope stratigraphy and paleoceanographic significance of the Lower Cretaceous shallow water carbonates of Resolution Guyot, Mid-Pacific Mountains. In: E.L. WINTERER, W. SAGER, J. FIRTH and J.M. SINTON (Eds). Proc. Ocean Drilling Program, Scientific Results 143, 99-104.

KILIAN W. & REBOUL P. 1915: Contribution à l'étude des faunes paléocrétacées du Sud-Est de la France. I - La faune de l'Aptien inférieur des environs de Montélimar (Drôme). Explic. cart. géol. France 14, 1-221.

KILIAN W. 1889: Description géologique de la Montagne de Lure. Thèse Paris, Masson édit., 458 p.

LEENHARDT F. 1883: Etude géologique de la région du Mont-Ventoux. Thèse, Masson édit., 273 p.

LINI A., WEISSERT H. & ERBA E. 1992: The Valanginian carbon isotope event: a first episode of greenhouse climate conditions during the Cretaceous. Terra Nova 4, 374-384.

MASSE J.P. 1976: Les calcaires urgoniens de Provence (Valanginien - Aptien inférieur). Stratigraphie, paléontologie, les paléoenvironnements et leur évolution. Thèse Sci. Univ. Aix-Marseille II, 3 vol., 445 p.

MOULLADE M., KUHN W., BERGEN J.A., MASSE J.P. & TRONCHETTI G. 1998: Correlation of biostratigraphic and stable isotope events in the Aptian historical stratotype of La Bédoule (SE France). C.R. Acad. Sci. Paris 327, 693-698.

PAQUIER V. 1900: Recherches géologiques dans le Diois et les Baronnies orientales. Grenoble, 395 p.

RENARD M. 1985: Géochimie des carbonates pélagiques. Mise en évidence des fluctuations de la composition des eaux océaniques depuis 140 ma, essai de chemostratigraphie. Doc. Bur. Rech. géol. min. 85, 650 p.

VAHRENKAMP V.C. 1966: Carbon isotope stratigraphy of the Upper Kharai and Shuaiba Formations: implications for the Early Cretaceous Evolution of the Arabian Gulf region. AAPG Bulletin, 80, 647-662.

WEISSERT H. & LINI A. 1991: Ice age interludes during the time of Cretaceous greenhouse climate? In: Controversies in modern geology (Ed. by MUELLER D.W. et al.), London Academ. Press Ltd, 173-193.

WEISSERT H. and BRÉHERET J.-G. 1991: A carbonate carbon-isotope record from Aptian-Albian sediments of the Vocontian trough (SE France). Bull. Soc. géol. France 162, 1133-1140.

WEISSERT H., MCKENZIE J.A. & CHANNELL J.E.T. 1985: Natural variations of the carbon cycle during the Early Cretaceous. In: The carbon cycle and atmospheric CO₂: natural variations Archean to the Present. (Ed. by E.T. SUNDQUIST & W. BROECKER). Am. geophys. Union, Geol. Monogr. 32, 531-545.

Manuscrit reçu le 3 février 1999

Révision acceptée le 3 juillet 1999

