

Découverte de deux gisements à micromammifères du Burdigalien supérieur dans la Molasse Marine du bassin de Digne (Alpes de Haute-Provences, SE France) : implications stratigraphiques et tectoniques

Autor(en): **Couëffé, Renaud / Maridet, Olivier**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **96 (2003)**

Heft 2

PDF erstellt am: **19.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-169015>

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.

Découverte de deux gisements à micromammifères du Burdigalien supérieur dans la Molasse Marine du bassin de Digne (Alpes de Haute-Provence, SE France): Implications stratigraphiques et tectoniques

RENAUD COUËFFÉ^{1,2*} & OLIVIER MARIDET^{3*}

Key words: Miocene, Digne basin, Marine Molasse, Rodents, mammalian biostratigraphy, Upper Burdigalian

RESUME

Deux nouveaux gisements à micromammifères découverts dans la partie sommitale de la Molasse Marine des ravins de St Symphorien et de Maurel remettent en cause les âges classiquement admis pour la série marine du bassin de Digne et apportent de nouvelles informations concernant la chronologie du remplissage sédimentaire. Les espèces de rongeurs identifiés au sein des deux gisements indiquent un âge burdigalien supérieur pour la partie médiane du membre 4. La révision de l'âge des principaux repères biostratigraphiques existants ainsi que l'âge déduit des nouvelles données présentées dans cet article permettent de proposer un cadre stratigraphique affiné et mettent en évidence d'importantes variations des vitesses de subsidence / accumulation au cours du remplissage du bassin de Digne. Les âges proposés impliquent notamment une importante accélération de la subsidence au cours du Burdigalien supérieur, hypothèse en accord avec les abondants indices d'une tectonique synsédimentaire très active affectant les membres 3 et 4 de la Molasse Marine.

ABSTRACT

Two new micromammal localities, discovered in the Marine Molasse of the St Symphorien and Maurel gullies upper parts, cast doubt on the widely accepted age for the Digne basin sediments and on its filling chronology. Identified rodent species indicate a late Burdigalian age for the middle part of member 4. A biochronological revision and the age deduced from new data suggest a refined stratigraphic setting and evidence important subsidence/accumulation rate variations during the Digne basin filling. Among major rate increases, new interpreted ages notably indicate a subsidence acceleration during the late Burdigalian as synsedimentary evidence can be found in Marine Molasse members 3 and 4, leading to the same conclusion.

Introduction

Parmi les bassins tertiaires péri-alpins, le bassin d'avant-chaîne de Digne, qui correspond à la partie septentrionale du bassin mio-pliocène de Digne-Valensole, est l'un des moins bien documentés en termes de chronologie du remplissage sédimentaire. Ainsi, la partie marine du remplissage n'est-elle précisément datée que par quelques niveaux fossilifères (micromammifères, pectinidés et nannoplancton) dont on ne déduit que des informations stratigraphiques de faible résolution. En revanche, les séries continentales miocènes de la bordure orientale du bassin (secteur de Chateaufort) disposent de nombreuses données bio- et chimio-stratigraphiques qui fournissent des informations précieuses concernant la chronologie du remplissage (Lopez et al. 2000) et permettent d'envisager une corrélation des signaux séquentiels préservés avec les évène-

ments eustatiques globaux (Bialkowski 2002). Du fait de nombreux et rapides changements de faciès d'un secteur à l'autre du bassin, il apparaît difficile de tenter des corrélations entre des coupes distantes de seulement quelques dizaines de km, ce qui rend impossible tout essai de reconstitutions paléogéographiques précises.

Dans cet article, nous présentons les résultats de l'analyse paléontologique de deux niveaux fossilifères synchrones découverts dans la partie sommitale de la Molasse Marine affleurant sur la bordure nord-occidentale du bassin de Digne. Ces gisements à micromammifères apportent de nouveaux éléments à la connaissance de la chronologie des dépôts marins miocènes et mettent en évidence d'importantes variations de vitesses de subsidence/accumulation au cours du remplissage du bassin de Digne.

¹ UMR 6143 M2C, Département de Géologie, Université de Caen, Esplanade de la Paix, F-14000 Caen, France.

² CGES Sédimentologie, Ecole des Mines de Paris, 35 rue St Honoré, F-77305 Fontainebleau, France.

³ UMR 5125, CNRS, Université Cl. Bernard Lyon 1, 43 boulevard du 11 novembre, F-69622 Villeurbanne, France. E-mail: olivier.maridet@univ-lyon1.fr

* E-mail: Correspondance: r_coueffe@voilà.fr

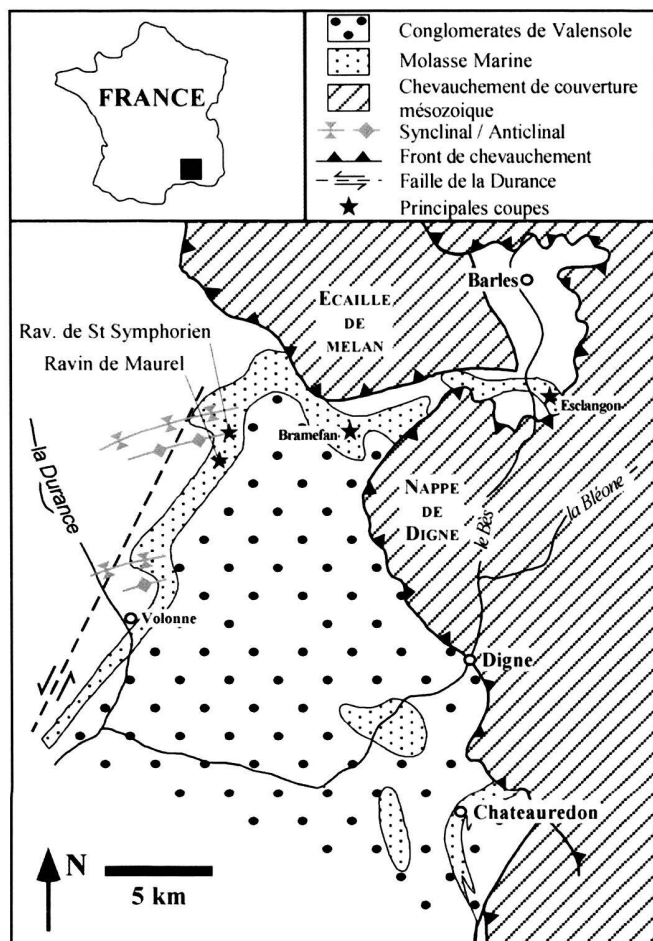


Fig. 1. Carte géologique simplifiée du bassin d'avant-chaine de Digne. Localisation des deux coupes où ont été découverts les gisements à micromammifères.

Cadre géologique

Le bassin de Digne: contexte tectonique et remplissage sédimentaire

La Molasse Marine compose pour partie le remplissage sédimentaire du bassin mio-pliocène de Digne (Fig. 1). Ce bassin est un élément du bassin d'avant-chaine des Alpes occidentales qui s'étend depuis le domaine rhodano-provençal jusqu'à la Suisse. Paléogéographiquement, ce domaine est le témoin d'un étroit bras de mer reliant Paratethys et Méditerranée, développé en périphérie du front orogénique, appelé sillon molassique péri-alpin (Allen et al. 1985).

La répartition des dépôts à l'intérieur du bassin de Digne a été fortement conditionnée par une tectonique synsédimentaire liée à trois éléments structuraux (Fig. 1):

- à l'Est, le chevauchement de la Nappe de Digne;
- au Nord, le chevauchement de l'Eclaire de Mélan - Clamensane;

- à l'Ouest, la Faille décro-chevauchante sénestre de la Durance matérialisée, dans la partie nord du bassin, par une succession de plis coniques en-échelon d'axe NE - SW.

L'activité de ces éléments structuraux a généré une forte subsidence conduisant au dépôt d'une série molassique mio-pliocène, puissante d'environ 3000m, composée de deux formations (Fig. 1): la Molasse Marine d'âge miocène inférieur à moyen et les Conglomerats de Valensole, molasse continentale d'âge miocène moyen à pliocène constituant le terme ultime du comblement du bassin de Digne.

Cette série molassique mio-pliocène repose:

- le long de la bordure occidentale du bassin de Digne, sur des dépôts continentaux d'âge éocène supérieur (Gigot 1973) à aquitainien (Bialkowski 2002), mis en place dans le contexte du *rifting* ouest-européen;
- le long de la bordure nord-orientale du bassin, sur une série molassique continentale (la Molasse Rouge; Haccard et al. 1989), d'âge éocène supérieur à aquitainien, mise en place dans le domaine d'avant-pays du bassin d'avant-chaine périalpin.

La Molasse Marine: description générale, contexte de dépôt

Dans la coupe du ravin de St Symphorien, coupe de référence pour la bordure ouest du bassin, la Molasse Marine qui comprend 1250m de dépôts est subdivisée en quatre membres lithostratigraphiques, chacun d'eux témoignant d'environnements de dépôt différents et se caractérisant par une dynamique sédimentaire propre (Beaudoin & Gigot, 1971) (Fig. 2). Ces quatre membres enregistrent une évolution globalement transgressive puis régressive, induite par le fonctionnement même du bassin d'avant-chaine.

La phase transgressive est enregistrée au travers des membres 1 et 2. Le membre 1 (150m) est constitué de sédiments grésocalcaréniques mis en place en domaine intertidal à subtidal, soumis à l'action dominante d'une dynamique de houle. Le membre 2 (100m) qui enregistre un approfondissement de l'environnement de dépôt, correspond à des dépôts marno-gréseux d'*offshore* mis en place par décantation.

La phase régressive débute par le membre 3 (500m) constitué de dépôts grésomarneux de domaine deltaïque à dynamique tidale prépondérante. La régression s'affirme à l'intérieur du membre 4 (500m) où les dépôts marno-gréseux témoignent d'un domaine deltaïque interne, soumis à une dynamique mixte fluviale et tidale.

Au sommet, l'intercalation de crachées congolomératiques fluviales annonce l'envahissement progressif du bassin par les Conglomerats de Valensole et la continentalisation de l'environnement de dépôt.

Chacun des membres est constitué d'une superposition de séquences plurimétriques à pluridécamétriques qui sont interprétées comme des séquences de progradation deltaïque de 5^{ème} ordre, d'une durée moyenne de 100 Ka (Tessier 1990);

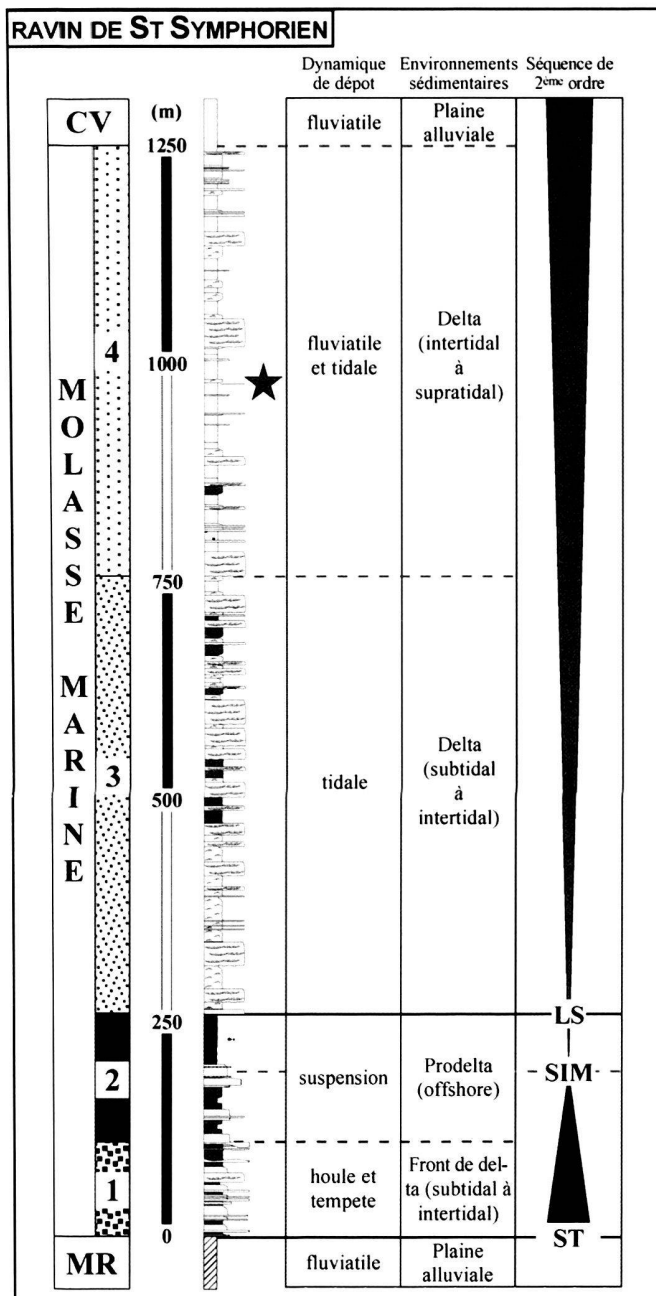


Fig. 2. Colonne stratigraphique synthétique de la coupe de référence de la Molasse Marine pour la bordure ouest du bassin de Digne. L'étoile figure la position du gisement à micromammifères dans la coupe du ravin de St Symphorien.

Légende: MR: Molasse Rouge / 1, 2, 3, 4: membres de la Molasse Marine / CV: Conglomérats de Valensole / SB: Limite de séquence / TS: Surface de transgression / MFS: Surface d'inondation maximale.

Crumeyroille et al. 1991; Wonham 1996; Couëffé et al. 2001a). C'est au sein d'une même séquence de 5^{ème} ordre du membre 4 qu'ont été découverts les deux gisements à micromammifères.

Description et interprétation des gisements à micromammifères

Localisation stratigraphique

Les deux gisements à micromammifères ont été découverts au sein de la partie supérieure de la Molasse Marine affleurant sur la bordure ouest du bassin de Digne, dans les coupes des ravins de St Symphorien et de Maurel, distantes d'environ 2 km (Fig. 1). Les positions exactes des prélèvements effectués sont:

- pour le gisement du ravin de St Symphorien:
x = 898,94 / y = 3218,26 (Lambert zone III; Carte IGN: Digne-les-Bains, 1: 25 000);
- pour le gisement du ravin de Maurel: x = 899,25;
y = 3216,51 (Lambert zone III; Carte IGN: Digne-les-Bains, 1: 25 000).

Les deux gisements à micromammifères, suivis latéralement, sont localisés dans le même intervalle lithostratigraphique affleurant dans la partie médiane du membre 4 de la Molasse Marine. Les deux gisements appartiennent à deux horizons situés au même niveau d'une séquence de 5^{ème} ordre comprenant:

- en base, une barre gréseuse métrique à indices d'une dynamique mixte fluvio-tidale, déposée en domaine intertidal;
- en partie médiane, une succession plurimétrique à décimétrique de marnes marmorisées et de grès fluviaux à traces de racines, faciès caractérisant un environnement supratidal de schorre, puis de plaine alluviale;
- dans la partie sommitale, un horizon noir pluridécimétrique, riche en matière organique, où ont été découverts les restes de micromammifères.

Des faciès grés-argileux intertidaux à empreintes de pattes d'oiseaux et fentes de dessiccation surmontent directement l'horizon sommital et marquent la base d'une nouvelle séquence.

Les deux gisements ont fait l'objet de prélèvements importants (350 kg pour le gisement de la coupe du ravin de St Symphorien; 150 kg pour celui de la coupe du ravin de Maurel) nécessaires à l'obtention d'une quantité de matériel fossile suffisante pour dater ces gisements.

Contexte sédimentologique et contenu paléontologique des gisements à micromammifères

Les descriptions macroscopiques et microscopiques présentées dans la suite de l'article sont communes aux gisements identifiés dans les coupes des ravins de St Symphorien et de Maurel.

La couche fossilifère a une épaisseur pluridécimétrique (jusqu'à 50 cm d'épaisseur) et s'étend latéralement sur plusieurs centaines de mètres. Le suivi latéral de la couche met en

évidence une géométrie lenticulaire liées à d'assez fortes variations d'épaisseur.

Les fossiles de gastéropodes ainsi que les débris bioclastiques et ligniteux sont très abondants. Ces horizons se caractérisent par une odeur fétide à la cassure témoignant d'une relative richesse en matière organique.

Le détritisme est faible. Les galets et graviers sont inexistants. Les lavages ont fourni de fréquents grains de quartz dont les populations sont réparties en deux principaux ensembles:

- la population prépondérante est constituée de grains subanguleux, translucides à légèrement mats dont la taille est comprise entre 100 et 400 microns;
- l'autre population, plus rare, est composée de grains de quartz de taille comprise entre 0,4 et 1 mm. Ces grains sont tous de forme subarrondis à sphériques, mats et parfois luisants. Surfaces et arêtes des grains présentent généralement un aspect poli.

D'abondants micas et des lithoclastes d'origine locale (silex, calcaires siliceux néocomiens) complètent la liste des éléments détritiques.

La macrofaune abondante est constituée de nombreux fossiles de gastéropodes parmi lesquels sont reconnus les genres *Hydrobia*, *Planorbis*, *Cerithium* et *Oliva*. Quelques débris de lamellibranches chétifs non déterminables ont également été observés.

Les lavages ont révélé la présence de fréquents foraminifères benthiques monospécifiques de l'espèce *Ammonia beccarii* (communication orale E. Goubert), en excellent état de conservation, ainsi qu'une ostracofaune monospécifique avec exclusivement *Candona* sp. (communication orale P. Carbone). Les restes de vertébrés relativement abondants dans les deux gisements sont constitués de dents, de débris d'os et de vertèbres appartenant à des poissons (*Sparidae* indet.; communication orale M. Gayet et A. Belouze) ou à des rongeurs dont les déterminations seront présentées dans la partie suivante.

Les éléments végétaux et les débris ligniteux très fréquents sont composés de gyrogonites de charophytes avec notamment *Chara* sp. et *Lychnothamnus barbatus* var. *antiquus* SOULIE-MÄRSCH 1989 (communication écrite I. Soulié-Märsche) et de nombreuses graines (indéterminées).

Environnement de dépôt des gisements à micromammifères

La position lithostratigraphique des gisements au sommet de la séquence de 5^{ème} ordre, la nature et la géométrie des dépôts suggèrent un milieu de sédimentation confiné, toujours immergé, d'extension latérale limitée appartenant à un domaine de plaine alluviale. Le matériel détritique et bioclastique alimentant ce milieu provient de deux sources principales:

- les lithoclastes, les gyrogonites de characées et l'ostracofaune monospécifique indiquent de fréquents apports d'eaux douces par un distributeur fluvial;

- les gastéropodes du genre *Cerithium* et les foraminifères témoignent d'apports biogéniques d'origine estuarienne (eaux saumâtres à marines).

Le bon état de préservation des fossiles excluant l'hypothèse de longs transports ou de remaniements de dépôts antérieurs, l'environnement sédimentaire peut être placé à la limite entre domaine estuarien et domaine fluvial.

La morphoscopie des grains de quartz les plus grossiers démontre l'influence de processus éoliens (Le Ribault 1975). Ce stock détritique éolisé, la présence de fossiles continentaux (rongeurs et gastéropodes) non remaniés, en bon état de conservation (impliquant un transport sur de courtes distances) et la richesse en débris végétaux suggèrent un milieu de dépôt proche du domaine continental.

L'environnement de dépôt des gisements à micromammifères peut être assimilé, comme l'attestent les caractéristiques sédimentologiques, à un milieu très peu profond situé dans un domaine de plaine alluviale, alimenté à la fois par un distributeur fluvial (la paléo-Durance) et par des apports estuariens. La découverte de dents de *Sparidae* – famille comprenant notamment les daurades – est un point de comparaison intéressant avec les environnements actuels: certaines espèces actuelles de ces vertébrés marins peuvent vivre à l'interface entre eau douce et eau marine et sont observées épisodiquement dans les étangs situés en arrière de certains lidos (barrière littorale séparant un domaine marin ouvert d'un milieu lagunaire) méditerranéens du Sud-Est de la France.

Description des espèces de micromammifères – Age des gisements

Les deux gisements ont fourni une importante quantité de restes de micromammifères, principalement constitués de fragments d'ossements ou d'ossements complets. Parmi ces fragments, les dents ont permis l'identification de deux espèces de rongeurs:

- *Megacricetodon lalai-bavaricus* AGUILAR et al. 1999 - FAHLBUSCH 1964
- *Miodymys* aff. *biradiculus* MAYR 1979, présents dans les deux gisements. Le gisement du ravin de Maurel a également livré un fragment de dent de lagomorphe - ordre comprenant les lapins et les lièvres - indéterminé de petite taille.

Des mesures ont pu être effectuées sur les dents (« Longueur » x « largeur »):

Ravin de St Symphorien

Megacricetodon lalai-bavaricus AGUILAR et al. 1999-FAHLBUSCH 1964

FSL 218601 (figuré)_1 M1: 1,60 x 1,02

FSL 218602 (figuré)_1 M1: 1,56 x 0,97

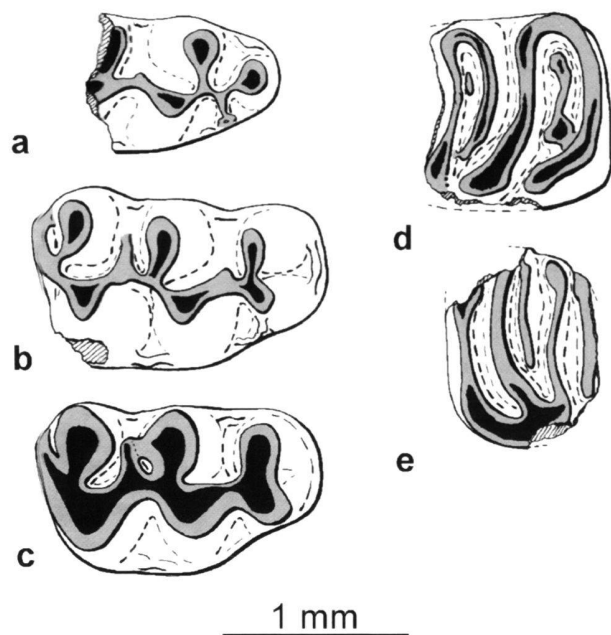


Fig. 3. Dents de *Megacricetodon lalai-bavaricus* AGUILAR et al. 1999 – FAHLBUSCH 1964 issues du gisement du ravin de St Symphorien: a: fragment de m1 dex. (FSL 218600); b: M1 dex. (FSL 218601); c: M1 dex. (FSL 218602). Dents de *Miodiromys* aff. *biradiculus* MAYR 1979 issues du niveau fossilifère du ravin de Maurel: d: fragment de m1 sen. (FSL 218614); e: fragment de M2 sen. (FSL 218615).

FSL 218610 _2 M2: 1,22 x 1,10; 1,14 x 1,02 _2 M3: 0,82 x 0,87; 0,80 x 0,83 _6 m2: - x 0,96; 1,20 x 1,00; - x 0,83; 1,23 x 0,96; - x 0,92; - x 0,90 _2 m3: 0,90 x 0,82; 1,02 x 0,79

Miodiromys aff. *biradiculus* MAYR 1979

FSL 218606 _1 d4: 0,70 x 0,66 _2 D4: 0,79 x 0,82; - x 0,86

Ravin de Maurel

Miodiromys aff. *biradiculus* MAYR 1979

FSL 218614 (figuré) _1 m1: - x 1,08
FSL 218615 (figuré) _1 M2: - x 1,10

Megacricetodon lalai-bavaricus AGUILAR et al. 1999-FAHLBUSCH 1964

FSL 218623 _1 M2: 1,16 x -

Description des rongeurs

Le *Megacricetodon lalai-bavaricus* se caractérise par un antérocône étroit et divisé sur les premières molaires supérieures (M1) et un antéroconide simple et fin sur la première molaire inférieure (m1). De plus, la m1 présente un éperon labial sur l'antérolophulide, ce qui exclu son appartenance à l'espèce

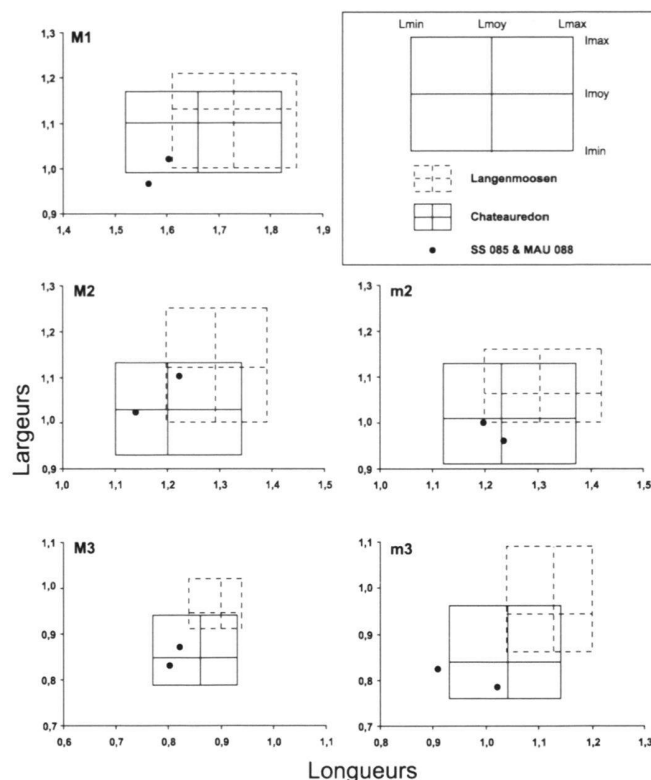


Fig. 4. Diagrammes de taille longueur-largeur des molaires de *Megacricetodon lalai-bavaricus*. Les intervalles et la moyenne des tailles sont données pour les gisements de Chateaudon et Langenmoosen. Chaque dent complète est présentée pour les niveaux fossilifères de St Symphorien et Maurel.

M. similis. L'ensemble des molaires inférieures possèdent des mésolophides courts alors que les molaires supérieures présentent des mésolophes variant de court à long. La comparaison avec *M. lalai* de Chateaudon (Lalai 1986) et *M. bavaricus* de Langenmoosen (Fahlbusch 1964) confirme l'appartenance de ce *Megacricetodon* à la lignée *M. lalai-bavaricus* (Aguilar et al. 1999) mais, du fait de la faible quantité de matériel, ne permet pas de faire une détermination plus précise de l'espèce (Fig. 3).

Même si le matériel disponible est peu abondant, il apparaît clairement que le *Miodiromys* aff. *biradiculus* ne présente aucune différence notable avec le *M. aff. biradiculus* de Chateaudon (Lalai 1986). Il se caractérise par une m1 large et arrondie dans sa partie distale et un métalophide rattaché au métaconide. La M2 présente un protolophe et un métalophe formant un coude en «V» ainsi qu'un centrolophus antérieure notablement long (Fig. 3).

Biochronologie

L'évolution de la lignée *M. lalai-bavaricus* (Aguilar et al. 1999) se caractérise principalement par une augmentation de taille

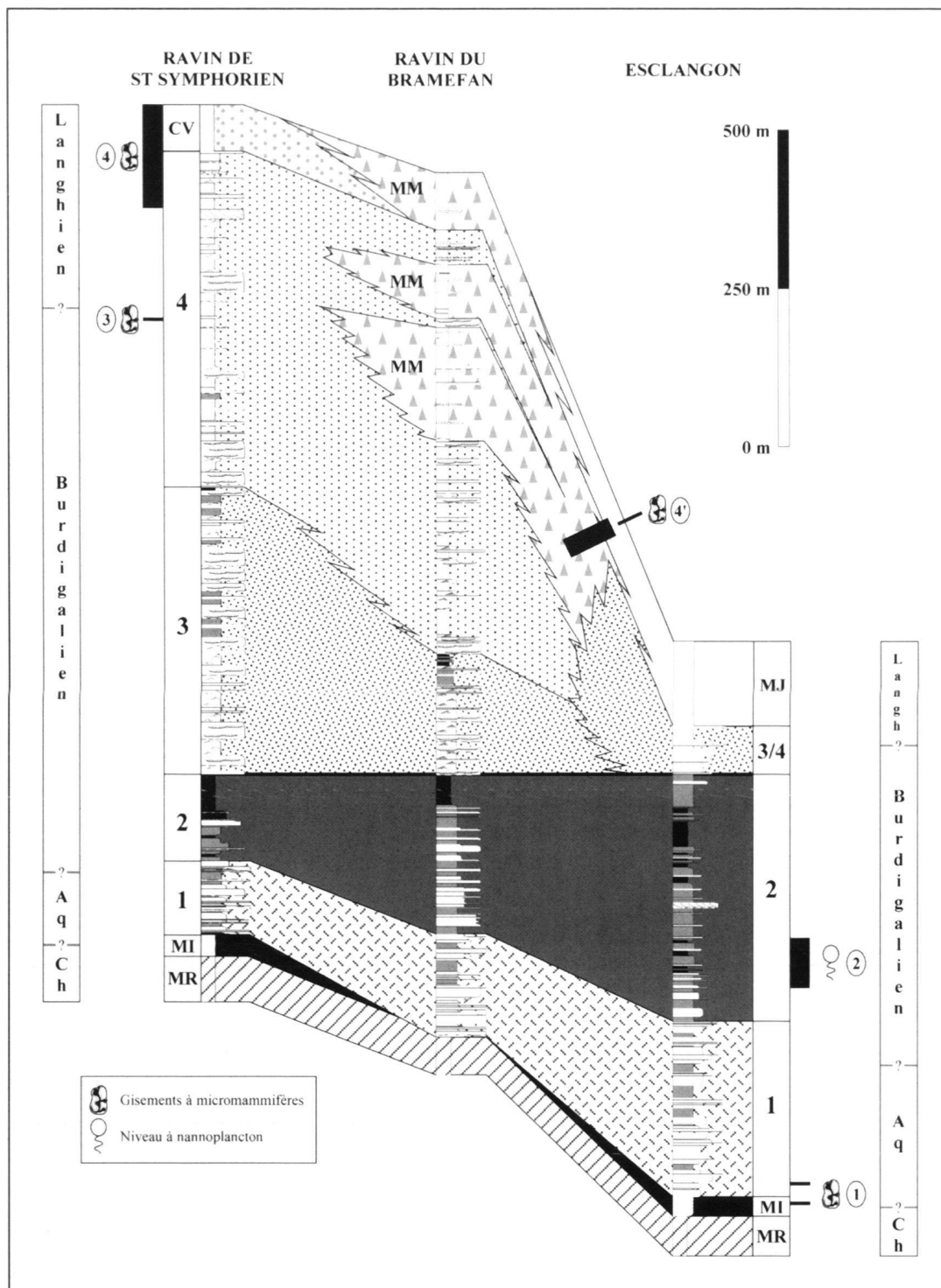


Fig. 5. Schéma des corrélations lithostratigraphiques entre les coupes de la Molasse Marine du secteur nord du bassin de Digne (ravin de St Symphorien, ravin du Bramefan et Esclangon). Position des principaux repères stratigraphiques, avec: 1 = Gisements de Lambert et de Barles (Gigot & Mein 1973); 2 = Niveau à nannoplancton d'Esclangon (Crumeyroille et al. 1991); 3 = Gisements de St Symphorien et de Maurel (*cet article*); 4 = Gisements de Grande Combe et de Vallon des Plaines (Clauzon et al. 1987); 4' = Gisements de Pré Foran (Clauzon et al. 1987). Les colonnes situées de part et d'autre du schéma de corrélation figurent les âges proposés pour chacun des membres de la Molasse Marine.

Légende: MR: Molasse Rouge / CV: Conglomerats de Valensole / 1, 2, 3, 4: membres de la Molasse Marine / MJ: Molasse Jaune / MM: Molasses de Mauduech / Ch: Chattien / Aq: Aquitanien / Langh: Langhien.

ainsi que par une augmentation de la fréquence de division de l'antéroconide de la m1.

Les dents des gisements des ravins de St Symphorien et de Maurel présentent une taille parfois intermédiaire entre la taille du *M. lalai* de Chateaufort et celle du *M. bavaricus* de Langenmoosen. Le plus souvent, les dents sont plus petites que celles de Langenmoosen (Fig. 4) et, dans quelques cas, plus petites que celles de Chateaufort. Cela laisse supposer que les niveaux de St Symphorien et Maurel possèdent un âge plus ancien que Langenmoosen et probablement équivalent à Chateaufort. Cette observation est également concordante avec la morphologie de la seule m1 de *Megacricetodon*, qui présente un antéroconide simple et fin la rapprochant de l'espèce *M. lalai* de Chateaufort (Laläi 1986).

La position biochronologique de Chateaufort et Langenmoosen est clairement établie. Le gisement de Chateaufort appartient à la biozone burdigalienne MN4 (zonation des mammifères néogènes; De Bruijn et al. 1992; Mein 1999) alors que le gisement de Langenmoosen appartient à la biozone MN5, correspondant à un intervalle compris entre le Burdigalien terminal et le Serravalien inférieur (Kälin 1997). Par ailleurs, dans la série molassique bavaroise, le gisement de Langenmoosen présente une faune plus ancienne que les autres gisements de la biozone MN5 où l'on observe une augmentation importante de la taille des dents de *M. bavaricus*. Le gisement de Langenmoosen serait ainsi placé à la base de la biozone MN 5 (Heissig 1997).

Le calage chimio-stratigraphique de la série molassique de Chateaufort (Lopez et al. 2000) permet d'attribuer au gisement de Chateaufort un âge burdigalien compris entre 17,4 Ma et 17,6 Ma. Pour Langenmoosen, d'après les travaux de calage magnéto-stratigraphiques des séries molassiques des bassins d'avant-chaîne alpines, l'âge de la base de la biozone MN5 est de 16,5 Ma (Kempf et al. 1997; Berggren et al. 1995).

Pour les deux gisements découverts dans le membre 4 de la Molasse Marine du bassin de Digne, nous concluons ainsi à une position biochronologique correspondant uniquement à la deuxième moitié de la biozone MN4, intervalle de temps appartenant au Burdigalien supérieur et dont l'âge absolu est compris entre 17,6 et 16,5 Ma.

Implications stratigraphiques: Chronologie du remplissage marin du bassin de Digne

Ces nouvelles données biostratigraphiques remettent en cause l'âge langhien classiquement proposé pour les membres 3 et 4 de la Molasse Marine, déduit des âges proposés pour les ensembles sédimentaires sous- et sus-jacents (Haccard et al. 1989) ou d'essais de calage des séquences de dépôt sur la courbe eustatique globale de Haq et al. (1987 in Crumeyrolle et al. 1991). L'âge des deux gisements à micromammifères prouve qu'au moins la base du membre 4 est burdigalienne et exclut l'âge langhien proposé par Crumeyrolle et al. (1991) pour le membre 3.

A partir de ces nouvelles données et en révisant les don-

nées existantes sur la base des récentes chartes bio- et magnéto-stratigraphiques (Kempf et al. 1997; Berggren et al. 1995), le cadre stratigraphique pour la Molasse Marine du bassin de Digne peut être affiné et l'âge de chacun des membres constitutifs de la série précisé (Fig. 5).

MEMBRE 1 (Aquitaniens moyen – Burdigalien s. l.):

Les gisements de Barles et de Lambert découverts respectivement en base et juste sous la Molasse Marine (Fig. 5), ont révélé la présence de *Ritteneria molinae* ALVAREZ SIERRA 1987 et d'*Eucrietodon gerardianus* SCHAUB 1925 (Ringeade & Pagès 1990; Hugueney et al. 1992). Ces espèces situent le début du dépôt de la série marine à l'Aquitaniens moyen (biozone MN 2a; Kälin 1997; Kempf et al. 1997) (Fig. 6).

La présence de *Pecten subbenedictus* et de *Chlamys praescabriusculus* (Haccard et al. 1989) qui caractérisent le Burdigalien dans la vallée du Rhône (Demarcq & Barbillat 1971) indique que le sommet du membre 1 appartient au Burdigalien s. l.

MEMBRE 2 (Burdigalien s. l.):

Comme pour le membre 1, les pectinidés présents dans le membre 2 tendent à indiquer un âge burdigalien (Haccard et al. 1989). Crumeyrolle et al. (1991) y décrivent *Helicosphaera ampliaperta* BRAMLETTE & WILCOXON 1967, nannoflore caractéristique des nannozones NN3 et NN4 (Fig. 5). A l'ouest du bassin de Digne, dans le secteur de Montbrun-les-Bains, les Marnes de Mercuès, équivalents latéraux du membre 2 du bassin de Digne, ont fourni l'association *Helicosphaera ampliaperta* BRAMLETTE & WILCOXON 1967 et *Sphenolithus heteromorphus* DEFLANDRE 1953 (Montenat et al. 2001) caractéristique de la biozone burdigalo-langhienne NN4 (Perch-Nielsen 1985). Par recoupement des informations biostratigraphiques fournies par les pectinidés et par la nannoflore, un âge burdigalien moyen à burdigalien supérieur peut être proposé pour le sommet du membre 2 de la Molasse Marine.

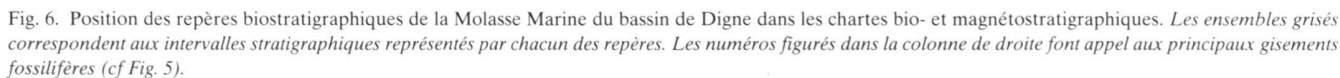
MEMBRE 3 (Burdigalien moyen à supérieur):

Il n'existe aucun repère stratigraphique propre à cet ensemble sédimentaire. Les données obtenues dans les membres 2 et 4 contraignent cependant l'intervalle de dépôt du membre 3 au Burdigalien moyen à supérieur.

MEMBRE 4 (Burdigalien supérieur – Langhien):

Les gisements à micromammifères découverts dans les ravins de St Symphorien et de Maurel indiquent que, sur la bordure ouest du bassin de Digne, la partie médiane du membre 4 est d'âge burdigalien supérieur (Figs 5 - 6).

Le sommet de la Molasse Marine est caractérisé par de nombreuses intercalations de dépôts continentaux annonçant les Conglomérats de Valensole. Les gisements de Pré Foran et de Reynier ont été découverts là où les passages latéraux entre



Implications tectoniques

Lors du dépôt des membres 1 et 2, les apports sédimentaires se font essentiellement *via* des distributaires fan-deltaïques localisés le long de la bordure orientale du bassin, au pied du front de chevauchement de la Nappe de Digne. Un changement radical de distributaire est enregistré lors du passage aux membre 3 et 4 où les apports sédimentaires sont alors pourvus par un grand système deltaïque (delta de la paléo-Durance) débouchant dans le secteur nord-occidental du bassin

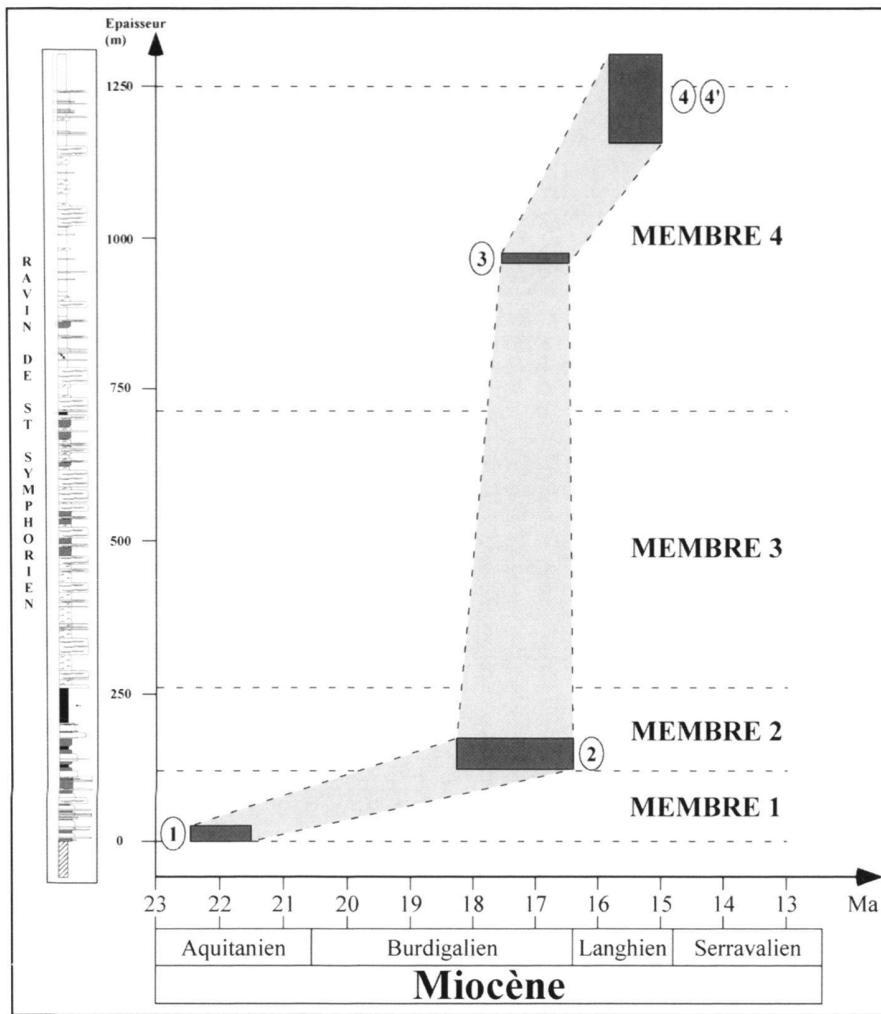


Fig. 7. Diagramme épaisseur – temps élaboré à partir de l'âge des principaux repères biostratigraphiques de la Molasse Marine. Cas de la coupe du ravin de St Symphorien, coupe de référence pour la bordure ouest du bassin de Digne. Les numéros figurés dans le diagramme font appel aux principaux gisements fossilifères (cf. Fig. 5).

(secteur de St Symphorien). L'accélération des vitesses d'accumulation est synchrone de ce changement radical de position du principal distributeur sédimentaire, changement attribué à la mise en place de l'échelle chevauchante de Mélan - Clamensane en bordure nord du bassin (Haccard et al. 1989; Tessier 1990).

Le passage membre 2 – membre 3 est marqué par le retour à une sédimentation fan-deltaïque dans le secteur oriental du bassin (secteur d'Esclançon) où l'équivalent latéral des membres 3 et 4 est représenté par des faciès conglomératiques de piémont, peu épais. Ces dépôts signent une nouvelle période de démantèlement de la bordure orientale du bassin, conséquence probable d'une reprise brutale de l'activité tectonique près du chevauchement de la Nappe de Digne. Cette reprise d'activité tectonique pourrait également avoir participé à l'accélération des vitesses d'accumulation lors du dépôt des membres 3 et 4.

Enfin, la mise en place du membre 3 sur la bordure occidentale du bassin s'accompagne d'une activité tectonique syn-

sédimentaire marquée par d'importantes variations latérales d'épaisseur des dépôts. L'épaisseur des dépôts du membre 3 varie suivant leur position par rapport aux structures plicatives en-échelon, les dépôts puissants étant observés dans les axes de synclinaux, les dépôts peu épais dans l'axe des anticlinaux (Couëffé et al. 2001b). Ces variations d'épaisseur sont induites par des processus synsédimentaires rapides liés à la croissance des plis en-échelons issus de l'activité décrochevauchante de la Faille de la Durance.

Conclusion

De nouveaux éléments biostratigraphiques sont fournis par la découverte de deux gisements à micromammifères d'âge burdigalien supérieur, dans le membre 4 de la Molasse Marine du bassin de Digne. Ces nouvelles données vieillissent l'âge classiquement attribué à la partie supérieure de la série et permettent d'affiner notre connaissance sur la répartition du temps dans la Molasse Marine. Elles indiquent notamment une phase

d'accélération des vitesses de subsidence / accumulation lors du dépôt des membres 3 et 4, accélération synchrone d'une importante tectonique synsédimentaire affectant la marge nord-occidentale du bassin de Digne.

Remerciements

Nous tenons à remercier sincèrement Evelyne Goubert (Université de Vannes), Pierre Carbonel (CNRS Bordeaux), M. Gayet et A. Belouze (Université de Lyon) ainsi qu'Ingeborg Soulié-Märsche (Université de Montpellier) pour les déterminations concernant respectivement les foraminifères, l'ostracofaune, les restes de poissons et les characées.

Nous remercions également les deux re-lecteurs du manuscrit, S. Sen et J.-P. Berger, ainsi que P. Gigot, B. Tessier et C. Beaudouin, pour leurs commentaires qui ont grandement participé à l'amélioration du manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

- AGUILAR J.-P., CLAUZON G. & MICHAUX J., 1999: Nouveaux Cridétidés (Rodentia, Mammalia) dans le Miocène moyen de la région de Digne (Alpes de Haute Provence). Systématique, biochronologie, corrélations. *Palaeontographica* 253, 1–25.
- ALLEN P., MANGE-RAJETZKY M., MATTER A., & HOMEWOOD P., 1985: Dynamic palaeogeography of open Burdigalian sea-way, Swiss Molasse Basin. *Eclogae geol. Helv.* 79, 351–381.
- ALVAREZ-SIERRA M.A., 1987: Estudio sistemático y bioestratigráfico de los Eomyidae (Rodentia) del Oligoceno superior y Mioceno inferior español. *Scripta. geol.* 86, 1–207.
- BEAUDOIN B. & GIGOT P., 1971: Figures de courant et traces de pattes d'oiseaux dans la Molasse Marine miocène de Digne, Basses Alpes (France). *Sedimentology* 17, 241–256.
- BERGGREN W.A., KENT D.V., SWISHER C.C. & AUBRY M.P., 1995: A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. *S. E. P. M. Sp. Publ.* 54, 129–212.
- BIALKOWSKI A., 2002: Stratigraphie isotopique (carbone et oxygène) des séries continentales d'un bassin d'avant-pays (Oligocène – Miocène du bassin de Digne-Valensole). Paléoenvironnements et séquences de dépôt. Thèse de doctorat, Ecole des Mines de Paris, 153 p.
- BRAMLETTE M. N. & WILCOXON J. A., 1967: Middle Tertiary calcareous nannoplankton of the Cipero Section, Trinidad, W. I. *Tulane Stud. Geol.* 5, 93–131.
- CANDE S.C. & KENT D.V., 1992: A new geomagnetic polarity timescale for the late Cretaceous and Cenozoic. *Journal of Geophysical Research* 100, 6093–6095.
- CANDE S.C. & KENT D.V., 1995: Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the Late Cretaceous and Cenozoic. *Journal of Geophysical Research* 100, 6093–6095.
- CLAUZON G., AGUILAR J.P. & MICHAUX J., 1987: Mise en évidence d'un diachronisme de 5 Ma au mur de la molasse miocène de Valensole (Alpes de Haute Provence, France). Révisions chronostratigraphiques et implications géodynamiques. *C. R. Acad. Sci. Paris* 305, 133–137.
- CLAUZON G., AGUILAR J.P. & MICHAUX J., 1989: Relation temps-sédimentation dans le Néogène méditerranéen français. *Bull. Soc. Géol. France* 8, 361–372.
- COUÉFFÉ R., TESSIER B., GIGOT P. & BEAUDOIN B., 2001a: Le temps préservé sous forme de sédiments: résultats semi-quantitatifs obtenus dans la Molasse Marine miocène du bassin de Digne (Alpes-de-Haute-Provence, Sud-Est de la France). *C.R. Acad. Sci. Paris* 332, 5–11.
- COUÉFFÉ R., GIGOT P., TESSIER B. & BEAUDOIN B., 2001b: Sedimentary record of a multi-frequential tectonic signal in a foreland basin: the example of the miocene *Marine Molasse* of Digne basin (Alpes of Haute Provence, SE France). Abstracts 21st IAS Meeting of Sedimentology, Davos, 36.
- CRUMEYROLLE P., RUBINO J.L. & CLAUZON G., 1991: Miocene depositional sequences within a tectonically controlled transgressive-regressive cycle. *I.A.S. Sp. Publ.* 12, 373–390.
- DE BRUIJN H., DAAMS R., DAXNER-HÖCK G., FAHLBUSCH V., GINSBURG L., MEIN P. & MORALES J., 1992: Report of the RCNMNS working group on fossil mammals, Reischensburg 1990. *Newsletters on Stratigraphy* 26, 65–118.
- DEFLANDRE G., 1953: Hétérogénéité intrinsèque et pluralité des éléments dans les coquilhes actuels et fossiles. *C. R. Séances Acad. Sci. Paris* 237, 1785–1787.
- DEMARCO G. & BARBILLAT R., 1971: Les Pectinidés néogènes du bassin rhodanien. *Docum. Lab. Géol. Univ. Lyon H. S.*, 45–60.
- FAHLBUSCH V., 1964: Die *Cricetodon* (Mamm.) der oberen Süßwasser-Molasse Bayerns. *Abhandlungen Bayerische Akademie der Wissenschaften, Mathematische-Naturwissenschaftliche Klasse* 118, 1–152.
- GIGOT P., 1973: Sur la présence de klippe sédimentaires et de mégabèches dans la partie basale des formations continentales d'âge éocène supérieur – oligocène du bassin tertiaire de Digne, dans la région de Volonne (Alpes de Haute-Provence). *Bull. B. R. G. M. IV*, 17–25.
- GIGOT P. & MEIN P., 1973: Découvertes de mammifères aquitaniens dans la molasse burdigalienne du Golfe de Digne. *C.R. Acad. Sci. Paris* 276, 3293–3294.
- HACCARD D., BEAUDOIN B., GIGOT P. & JORDA M., 1989: Notice explicative, Carte Géologique de la France (1 / 50 000), feuille la Javie (918), B.R.G.M., Orléans, 152 p.
- HAQ B.U., HARDENBOL J. & VAIL P. R., 1987: Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science* 235, 1156–1167.
- HEISSIG K., 1997: Mammal faunas intermediate between the reference faunas of MN 4 and MN 6 from the Upper freshwater molasse of Bavaria. In: *Actes du Congrès Biochrom'97* (Ed. by AGUILAR J.P., LEGENDRE S. & MICHAUX J.). *Mém. Trav. E.P.H.E., Inst. Montpellier*, 537–546.
- HUGUENEY M., MEIN P. & RINGEADE M., 1992: Nouvelles datations des gisements de mammifères du bassin de Digne (Lambert et Barles, SE de la France); extension probable de la transgression aquitanienne dans cette région. *Paleontologica i Evolucio* 24–25, 123–134.
- KÄLIN D., 1997: The mammal zonation of the Upper Marine Molasse of Switzerland reconsidered: a local biozonation of MN 2 – MN 5. In: *Actes du Congrès Biochrom'97* (Ed. by AGUILAR J.P., LEGENDRE S. & MICHAUX J.). *Mém. Trav. E.P.H.E., Inst. Montpellier*, 515–535.
- KEMPF O., BOLLIGER T., KÄLIN D., ENGESSER B. & MATTER A., 1997: New magneto-stratigraphic calibration of early to middle miocene mammal biozones of the North Alpine foreland basin. In: *Actes du Congrès Biochrom'97* (Ed. by AGUILAR J.P., LEGENDRE S. & MICHAUX J.). *Mém. Trav. E.P.H.E., Inst. Montpellier*, 547–561.
- LALAI D., 1986: Nouvelles faunes de rongeurs de la fin du Miocène inférieur en Provence: implications géologiques et paléogéographiques. *Palaeovertebrata* 16, 77–126.
- LARTET E., 1851: Notice sur la colline de Sansan. *Annuaire du département du Gers*, 47 p.
- LE RIBAULT L., 1975: L'exoscopie. Méthodes et applications. *Notes et Mémoires CFP* 12, 231p.
- LOPEZ S., COJAN I. & RENARD M., 2000: Corrélations chemostratigraphiques entre domaines marin et continental: application à une série du Miocène inférieur (Beynes-Châteaudon, Alpes-de-Haute-Provence, France). *C. R. Acad. Sci. Paris* 330, 837–843.
- MAYR H., 1979: Gebissmorphologische Untersuchungen an miozänen Gliedern (Mammalia, Rodentia) Süddeutschlands. Thesis Univ. München, 380 p.
- MEIN P., 1999: European Miocene Mammal Biochronology. In: *The Miocene Land Mammals of Europe* (Ed. by RÖSSNER G.E. & HEISSIG K.). Verlag Dr. Friedrich Pfeil München 1999, München, 25–38.
- MONTENAT C., BARRIER P. & GARNIER L., 2001: La sédimentation miocène au Nord des massifs de Ventoux-Lure (chaînes subalpines méridionales). *Géologie de la France* 3, 3–32.
- PERCH-NIELSEN K., 1985: Cenozoic calcareous nannofossils. In: *Plankton stratigraphy Volume 1* (Ed. by BOLLI H.M., SAUNDERS J.B. & PERCH-NIELSEN K.). Cambridge University Press, 427–554.

- RINGEADÉ M. & PAGES J.S., 1990: Position stratigraphique de la «Molasse Inter-médiaire» du gisement à Vertébrés de Lambert (Hte Provence). *Géol. Méd.* XVII, 101–106.
- SCHAUB S., 1925: Die hamsterartigen Nagetiere des Tertiärs und ihre lebenden Verwandten. *Abh. Schweiz. Palaeont. Ges.* 45, 1–110.
- SOULIÉ-MARSCHÉ I., 1989: Etude comparée des gyrogonites de charophytes actuelles et fossiles et phylogénie des genres actuelles. Thèse de doctorat, Université de Montpellier, 237 p.
- TESSIER B., 1990: Enregistrement des cycles tidaux en accréation verticale dans un milieu actuel (la baie du Mont-St-Michel) et dans une formation ancienne (la Molasse Marine Miocène du bassin de Digne). Mesure du temps et application à la reconstitution des paléoenvironnements. Thèse de doctorat, Université de Caen, 122 p.
- WONHAM J.P., 1996: Application of high-resolution sequence stratigraphy to study of shallow marine sandstone body architecture: examples from the Marine and Yellow Molasse (Miocene) of the Digne-Valensole Basin, SE France. In: Geological characterisation of shallow marine sands for reservoir modelling and high resolution stratigraphic analysis (Ed. by JOHNSON H.D., WONHAM J.P., GUPTA R., DONSELAAR M.E., VAN DE WEERD A.A., MUTTERLOSE J., STADLER A. & RUFFELL A.H.). Final Report for the European Commission Joule Programm (Advanced Fuel Technologies: Security of Supply of Hydrocarbons).

Manuscrit reçu le 19 juillet 2002

Révision acceptée le 15 avril 2003

