

Les « Sables fauves », témoins de mouvements tectoniques dans le bassin d'Aquitaine au Miocène moyen

Philippe Gardère^a, Jacques Rey^{a,*}, Francis Duranthon^b

^a *Laboratoire de dynamique des bassins sédimentaires, université Paul-Sabatier, Toulouse 3, 39, allées Jules Guesde, 31062 Toulouse cedex, France*

^b *Muséum d'histoire naturelle, 27, rue Bernard-Délicieux, 31200 Toulouse, France*

Reçu le 28 mai 2002 ; accepté le 23 septembre 2002

Présenté par Michel Durand-Delga

Abstract – The ‘Sables fauves’, showing tectonic deformations in the Aquitaine Basin during Middle Miocene. New data about the ‘Sables fauves’ clearly show two different kinds of organisations: stratigraphic superposition of Langhian and Serravallian units to the south and embankment of Serravallian sediments in Langhian deposits to the north. The result consists in two different palaeogeographic schemes. The Langhian Sea is widely extended, forming the ‘Lectoure Gulf’, whereas the Serravallian Sea is much more reduced, with valleys fillings to the north and a little gulf to the south. This involves a tectonic activity along a structure which orientation is N120°E (‘flexure de la Douze’) and a relative rising of the northern part, of about 30 m. **To cite this article: P. Gardère et al., C. R. Geoscience 334 (2002) 987–994.**

© 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

Aquitaine / ‘Sables fauves’ / Middle Miocene / planktic Foraminifera / sequence stratigraphy / tectonics / France

Résumé – De nouvelles données concernant la formation des Sables fauves ont permis de mettre en évidence deux dispositifs différents : superposition stratigraphique normale entre unités langhiennes et serravalliennes, au sud, et emboîtement des dépôts serravalliens au sein des dépôts langhiens, au nord. Il en résulte deux dispositifs paléogéographiques différents. La mer Langhienne est largement étendue, formant le « golfe de Lectoure », alors que la mer Serravallienne est beaucoup plus réduite, en remplissage de vallées, au nord, et formant un petit golfe au sud. Ceci implique une activité tectonique le long d’une structure orientée N120°E (« flexure de la Douze ») et un soulèvement relatif du compartiment septentrional de l’ordre d’une trentaine de mètres. **Pour citer cet article : P. Gardère et al., C. R. Geoscience 334 (2002) 987–994.**

© 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

Aquitaine / Sables fauves / Miocène moyen / Foraminifères planctoniques / stratigraphie séquentielle / tectonique / France

Abridged version

1. Introduction

The ‘Sables fauves’ succession [9, 16] is a complex of marine, ochre sands and sandstones, known throughout much of the central Aquitaine area [18]. The succession was recently raised to formation level [11], with two

reference sections: the Houga and Papin quarries. The Sables fauves Formation has been dated as Langhian–Serravallian [11], as confirmed by continental [1, 2, 12, 14, 20, 21] and marine faunas [6, 14, 17, 21]. The shallowness of these deposits makes precise dating difficult, due to lack (or absence) of usual markers.

Our study is mainly based on eastern repartition zones. A review of anterior biostratigraphic data, the discovery

* Correspondance et tirés à part.
Adresses e-mail : ph.gardere@worldonline.fr (P. Gardère),
jrey@cict.fr (J. Rey).

of new sites, a new study of planktic foraminifera and the analysis of geometric relations with substratum give new information about geodynamic evolution of the central part of the Aquitaine Basin during Middle Miocene.

2. Sections of reference

2.1. Zone of Nogaro, section of Laubuchon (Manciet)

This section is located in the valley of the Douze (Fig. 1) [10]. Basal layer consists in coarse sand, very shelly, known as the ‘Falun de Manciet’. Planktic foraminifera are not significant (Table 1), but the presence of *Praeorbulina* gr. *glomerosa* [17] and of nannoplankton [6] in a next classic site allows its attribution to the Langhian. This unit is surmounted by continental marls and limestones. The upper part of this outcrop is formed by a second ‘Sables fauves’ unit. Planktic foraminifera are abundant (Table 1). The presence of *Orbulina suturalis* and the disappearance of *Praeorbulina* make it possible to place this unit in the upper part of N9. On comparing this data with other outcrops and samples, it is possible to place this level in Serravallian (zone N10 and following). Indeed, the presence of *Orbulina* in Aquitaine before the Serravallian is not clearly established. Moreover, this chronostratigraphic attribution is due thanks to *Globorotalia praemenardii* in other samples (Monge). The only *Globoquadrina langhiana* in these levels appears due to sedimentary rehandlings.

This section shows continental sediments intercalated between two marine units, the first one being Langhian and second one Serravallian. A similar organisation has been described in Le Houga. This outcrop is a regional reference [5, 7]. Unfortunately, this site is nowadays inaccessible. According to authors, the same succession (Langhian–continental sediments–Serravallian) was recognised. Moreover, transition from marine Langhian to continental marls can be observed in the section of Couloumet. All observations show that in this sector, the Langhian unit is placed in the lowest topographical zones.

2.2. Zone of Salles-d’Armagnac, section of Dufran

In this ancient quarry, the ‘Sables fauves’ deposited on a slightly irregular topography (Fig. 3, right). The sediments are 6 m high and arranged in two sequences. The base of the first one does not appear; the following one is bounded with thin clayey beds. Each sequence has been dated thanks to planktic foraminifera, found in this section, and another one, close and very similar (section of Broqua). *P. gr. glomerosa* is present in the first sequence of Broqua and allows dating this latter to the Langhian (Table 1). In Dufran, the last sequence contains notably *O. suturalis*. On coupling this argument with *G. praemenardii* in correlated levels (Monge, upper sample), we can place this unit in Serravallian. Thereby, one sequence is in the Langhian and one is in the Serravallian. The deposits are in stratigraphic superposition, without continental sediments intercalated. This system is recognised in the central area, on the left side of the Douze, on sections of Broqua, Campet, Joutan and Monge.

2.3. Zone of Sos

2.3.1. Section of Peyrecrèchen

This ancient quarry is in the Northeast of the area, near Sos. It is located on the plate-land formed by regional substratum (clays and limestones of Armagnac and Agenais [9]), at an altitude of 150 m (Fig. 4). The ‘Sables fauves’ Formation is a 1-m layer, with a conglomeratic base. Continental mammals indicate the MN5 zone [12]. This attribution to the Langhian is confirmed thanks to *Praeorbulina sicana* [19].

2.3.2. Section of Matilon

This quarry is close to Peyrecrèchen (2 km in SSW), in the lower part of the valley of the Gélise (Fig. 4). The sediments are deeply embanked in the regional substratum [14, 21]. The base of the series is a blue clay layer (‘Falun’), at an altitude between 115 and 120 m. Plankton is abundant (Table 1) [19] and indicates the first part of the Serravallian, thanks to *Orbulina universa*. This dating is supported by isotopic data ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$): 13.1 and 13.3 ± 0.72 Myr (D. Mercier, École des Mines, Paris). The rest of the section consists in 20 m of coarse sand, with cross stratifications. Also found were some planktic foraminifera (Table 1). Dating was made possible thanks to continental mammals [1, 12, 17, 19], notably *Megacricetodon fournasi* and *Aceratherium cf. incisivum*, which indicate the MN7–8 zones, and even MN9, i.e., Upper Serravallian.

Southwest to northeast, we can characterise two different units of ‘Sables fauves’, the first from the Langhian and the second from the Serravallian. In the zone of Nogaro, the marine units are separated by continental sediments. In the zone of Salles, they are in direct stratigraphic superposition, without continental sediments. And, lastly, in the zone of Sos, Serravallian deposits, forming valley fillings (Matilon), are embanked in the Langhian unit located on plate-lands (Peyrecrèchen). This involves two very different palaeogeographic dispositions.

3. Palaeogeographic evolution

During the Langhian transgression, the sea invades widely to the east, and gives form to the ‘Lectoure Gulf’ [18] (Fig. 2A). Very constant lithofacies indicate a regular palaeotopography. In the upper part of the Langhian, a regressive phase involves lagoon and continental deposits, nowadays preserved in the South and the West of the basin. The Serravallian transgression takes place only on the western sector (Fig. 2B). In the South, it gives form to a little gulf (‘Nogaro Gulf’), where the Serravallian unit is in stratigraphic succession with the Langhian unit. In the North (sector of Sos), this transgression is indicated by embanked deposits in valley fillings (see Matilon).

The palaeogeographic changes involve relative rising of the northern sector, according to a direction of N120°E, along a flexuration zone that we call ‘Flexure de la Douze’ (Fig. 2B). This direction coincides with pre-existent anti-

cline structures: Roquefort, Barbotan, Créon [3], along an axis between Roquefort and Eauze.

4. Eustatic control

This reconstitution is at odds with usual interpretations [4–6], indicating that the Serravallian transgression used to be more important than the Langhian one. Depositional sequences usually described in Miocene show a major discontinuity between Langhian and Serravallian and a transgression more important in Langhian than in Serravallian, as is shown in our study. However, different studies, notably in the Pannonian basins [22], show four eustatic cycles of third order in Middle Miocene, one in the Langhian and three in the Serravallian. Sequential analysis of Sables fauves allows distinguishing at least one sequence in the Langhian – which corresponds to Bur 5–Lan 1 cycle – and one in the Serravallian – which corresponds to a Lan 1–Ser 2 cycle [22]. In the northern zone, mammals could indicate the presence of a more recent sequence, between Ser 2 and Ser 4–Tor 1 cycles.

5. Tectonic control

The activation of the ‘Flexure de la Douze’ between the Upper Langhian and Lower Serravallian indicates a partial tectonic control of the deposit systems. On comparing relative altitudes of Langhian and Serravallian outcrops showing similar deposit conditions, we can consider that the flexuration involved a relative rising of the northern part of the basin of up to 30 m. Though precise causes are still not known, it seems plausible to summon movements due to a major structure, called ‘Flexure celtaquitaine’. The origin of this activity is related with lithospheric undulations [23, 24] and halocinetic activity [8], implying a Pyrenean influence on old structures reactivation. In Aquitaine, the Miocene is used to be considered as stable, from a tectonic point of view. However, the inclination, about 8° west, of limestones near Sos though the Serravallian is horizontal. This indicates a deformation during late Lower Miocene or early Middle Miocene. Our study shows that this deformation occurred at the end of the Langhian.

1. Introduction

Les Sables fauves [9, 16] correspondent à un ensemble hétérogène de sables et de grès roux à ciment calcaire. Cette formation est connue sur une grande partie du domaine centre-aquitain [11, 18] ; elle a été récemment érigée en unité lithostratigraphique formelle, avec deux coupes de référence : les carrières du Houga et de Papin. Les Sables fauves sont rapportés au Langhien–Serravallien [11], les faunes continentales [1, 2, 12, 14, 20, 21] et marines [6, 14, 17, 21] s’inscrivant effectivement dans cet intervalle de temps. Leur datation précise reste délicate, les faciès littoraux ainsi que l’extrême rareté (voire l’absence) des marqueurs planctoniques impliquant un enregistrement sédimentaire très discontinu.

Notre étude porte essentiellement sur les affleurements de la partie orientale du domaine d’extension des Sables fauves. La révision des données biostratigraphiques disponibles, la découverte de nouveaux affleurements, une nouvelle étude des foraminifères planctoniques et l’analyse des relations géométriques avec l’encaissant permettent d’apporter un éclairage nouveau sur l’évolution géodynamique du centre du bassin d’Aquitaine au Miocène moyen.

2. Description de quelques coupes types

2.1. Région de Nogaro, coupe de Laubuchon (hippodrome de Manciet)

Cette coupe (Fig. 1) est visible au bas du versant oriental de la vallée de la Douze (Fig. 2) [10]. Au Mio-

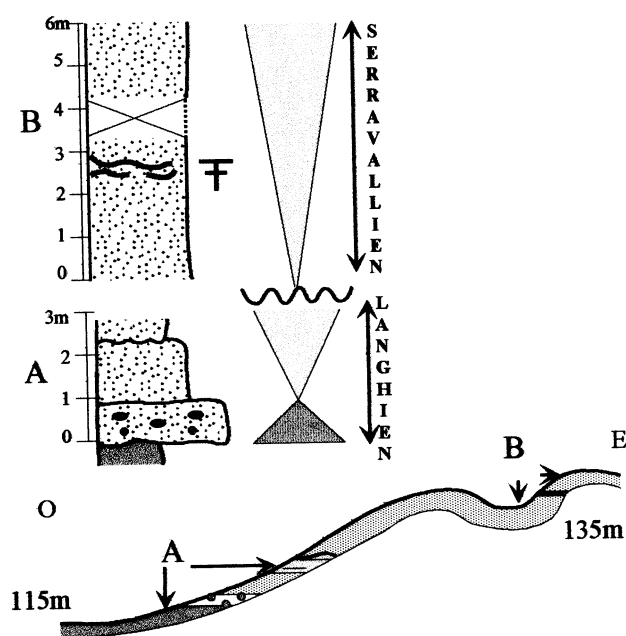


Figure 1. Coupe schématique de Manciet (Laubuchon), d’après Couzél, 1989 [8]. 1 : Molasses et calcaires de l’Armagnac ; 2 : sables fauves langhiens (falun de Manciet) ; 3 : terrains continentaux ; 4 : sables fauves serravalliens.

Figure 1. Schematic section of Manciet (Laubuchon), after Couzél (1989) [8]. 1: Clays and limestones of Armagnac; 2: Langhian ‘Sables fauves’ (‘Falun de Manciet’); 3: continental sediments; 4: Serravallian ‘Sables fauves’.

cène inférieur continental (« Molasses et Calcaires de l’Armagnac » [10]) succède un premier niveau de Sables fauves, épais d’environ 1 m. Il est constitué de sable grossier à galets et plaquettes gréseuses, très coquillier et appelé « falun de Manciet ». La micro-

Tableau 1. Foraminifères planctoniques des Sables fauves.**Table 1.** Planktic Foraminifera from the 'Sables fauves'.

Affleurement Séquence	Laubuchon/Pouyouet		Dufran		Broqua	Matilon
	Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.	Base
<i>Globigerina bulloides</i>	2	1	36	1	6	5
<i>Globigerina praebulloides</i>	1	1	22	3	2	7
<i>Globigerina falconensis</i>	–	–	1	–	–	–
<i>Globigerina woodi</i>	4	–	3	2	3	5
<i>Globigerina druryi</i>	1	–	2	–	1	–
<i>Globigerina concinna</i>	–	–	2	1	–	–
<i>Globigerinella obesa</i>	3	–	6	–	–	5
<i>Globigerinita juvenilis</i>	–	–	–	2	1	1
<i>Globigerinoides gr. trilobus</i>	21	32	32	18	19	17
<i>Globoquadrina baroemoenensis</i>	15	16	8	6	2	7
<i>Globoquadrina globosa</i>	1	1	1	–	1	1
<i>Globoquadrina langhiana</i>	–	1	–	–	1	–
<i>Globoquadrina dehiscens</i>	–	2	–	–	–	–
<i>Neogloboquadrina continuosa</i>	–	1	3	–	3	3
<i>Neogloboquadrina mayeri</i>	5	–	2	–	–	–
<i>Neogloboquadrina siakensis</i>	1	1	4	1	1	2
<i>Turborotalita quinqueloba</i>	–	–	2	–	1	–
<i>Praeorbulina glomerosa</i>	*	–	–	–	7	–
<i>Orbulina suturalis</i>	–	1	–	5	–	–
<i>Orbulina universa</i>	–	–	–	–	–	1

*: D'après Magné et al. [17]. Les chiffres indiquent le nombre d'exemplaires observés.

*: After Magné et al. [17]. Numbers correspond to the observed quantities.

faune que nous avons recueillie n'est pas significative. Toutefois, la mention de *Praeorbulina gr. glomerosa* sur le site classique de Manciet–Pouyouet [17] permet de rattacher clairement ce niveau au Langhien (zones N8 et N9), âge confirmé par le nannoplankton [6] (zone NN5). Cet ensemble est surmonté par une couche de molasse argileuse grise ou de calcaire continental. Le sommet de la coupe montre un niveau supérieur de Sables fauves différents, plus fins et d'épaisseur variable (5 m maximum). Le contenu macropaléontologique se résume à *Crassostrea crassissima* et *Pecten* sp. Un lit d'argile, situé au milieu du niveau, s'est avéré riche en foraminifères planctoniques, dont *Orbulina suturalis*. La disparition des *Praeorbulina* dans ce niveau et la présence de *O. suturalis* indiquent un âge fini-Langhien à Serravallien (à partir de la moitié supérieure de la zone N9). Toutefois, la présence en Aquitaine d'orbulines avant le Serravallien n'est pas clairement établie et, par comparaison avec les autres coupes examinées (cf. ci-dessous), nous attribuons ce niveau supérieur de Sables fauves au Serravallien (zone N10 et suivantes). *G. langhiana* apparaît en un seul exemplaire, mal conservé, et est considéré comme témoin du remaniement de sédiments langhiens.

La coupe de Manciet montre donc une molasse continentale, intercalée entre deux niveaux de Sables fauves marins. Le niveau inférieur est daté du Langhien et le niveau supérieur est attribué au Serraval-

lien. Un dispositif identique se retrouve dans la carrière du Houga, située plus à l'ouest. Cet affleurement constitue une coupe de référence souvent décrite [5, 7]. Il est malheureusement inaccessible à l'heure actuelle. D'après la bibliographie, on retrouve la succession Langhien marin–argiles continentales–Serravallien marin. La série est plus dilatée, ce qui est à mettre en rapport avec sa position plus occidentale, vers un domaine marin plus ouvert. Le passage, vers le haut, de la séquence inférieure langhienne à des terrains continentaux est également visible sur la coupe de Couloumet. Toutes les observations indiquent que les dépôts langhiens se sont mis en place sur une paléotopographie subhorizontale, armée par les marnes et calcaires lacustres du Miocène inférieur.

2.2. Région de Salles-d'Armagnac, coupes de Dufran et de Broqua

Dans cette région, les sédiments marins se sont probablement déposés sur une topographie légèrement irrégulière. Dans l'ancienne carrière de Dufran, les Sables fauves, épais de 6 m (Fig. 3, à droite), sont agencés en deux séquences de dépôt. La séquence inférieure, dont la base n'affleure pas, est constituée de sable grossier, à stratifications obliques entrecroisées orientées vers l'est. La base de la séquence suivante correspond à de fins lits d'argilites grises.

Les dépôts ont pu être datés grâce aux foraminifères planctoniques recueillis sur cette coupe et dans

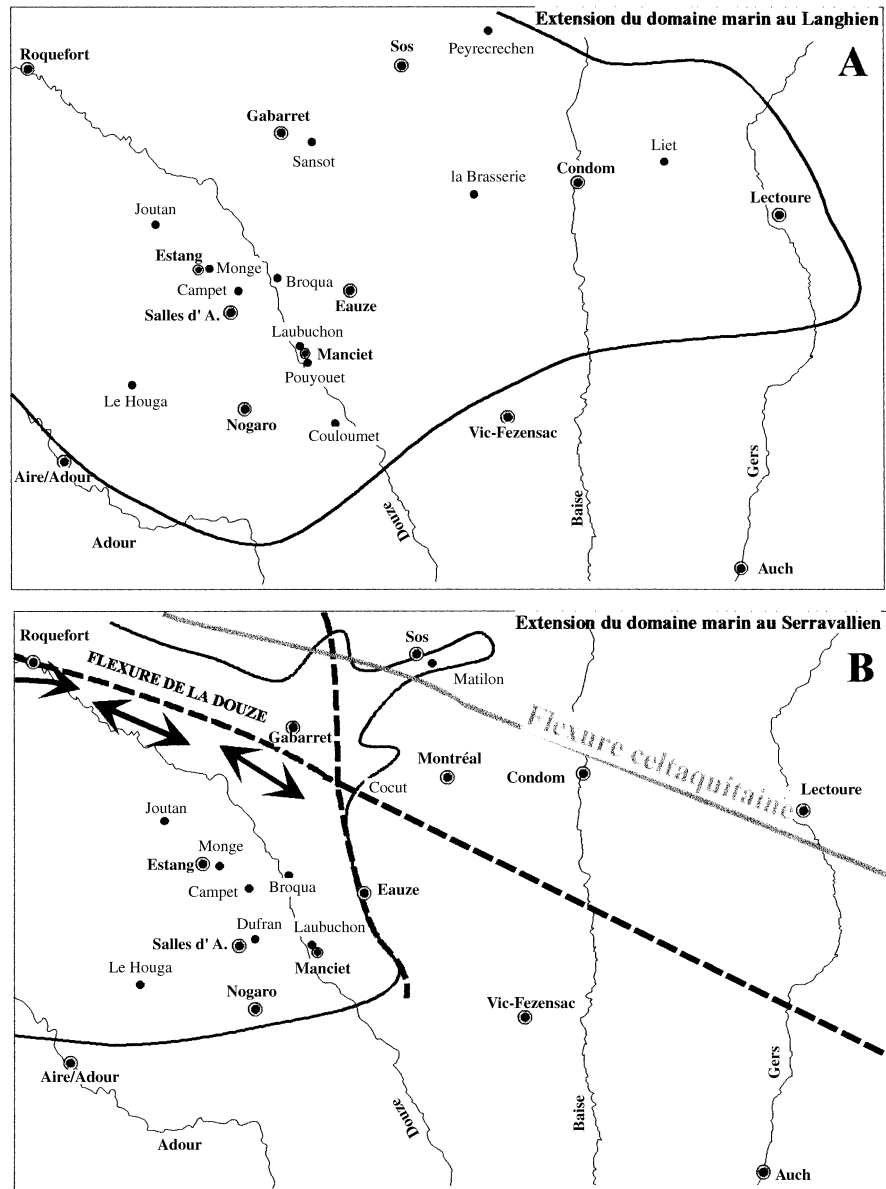


Figure 2. Esquisses paléogéographiques du domaine centre-aquitain au Langhien (A) et au Serravallien (B).

Figure 2. Schematic palaeogeography of Aquitaine Basin central zone during the Langhian (A) and the Serravallian (B).

la coupe voisine de Broqua (Fig. 3, à gauche). Ainsi, la séquence inférieure a livré à Broqua *Praeorbulina* gr. *glomerosa* et la séquence supérieure a livré *Orbulina suturalis* à Dufran.

La première séquence, renfermant *P. glomerosa*, date du Langhien ; la seconde, dépourvue de *Praeorbulina* et relativement riche en *O. suturalis* (12,5%), date du Serravallien et est corrélée avec un niveau contenant *Globorotalia praemenardii* à Monge.

Nous avons donc mis en évidence, aux environs de Salles-d’Armagnac, deux unités de Sables fauves superposées. Les niveaux marins langhien sont ici directement surmontés par les niveaux marins serravallien. Ce dispositif a été aussi reconnu, sur plusieurs coupes, dans la partie centrale de la région étudiée, sur la rive gauche de la Douze (Fig. 2).

2.3. Région de Sos

2.3.1. Coupe de Peyrecrèchen

Cette petite carrière abandonnée se situe à 3500 m au nord-est de Sos (Fig. 2). Elle se trouve sur un plateau, à une altitude moyenne de 150 m (Fig. 4). L’excavation entaille un calcaire lacustre blanc à jaunâtre, appartenant au complexe des Molasses et Calcaires de l’Agenais. Ce niveau, karstifié au sommet, est surmonté par un mince lit de conglomérat emballant des galets de calcaire lacustre, puis par 50 cm de sable calcaire, riche en débris coquilliers et partiellement induré. La faune de mammifères indique un âge placé dans la zone MN5, dans le Langhien. Cet âge est confirmé par la présence de rares *Praeorbulina sicana* [19].

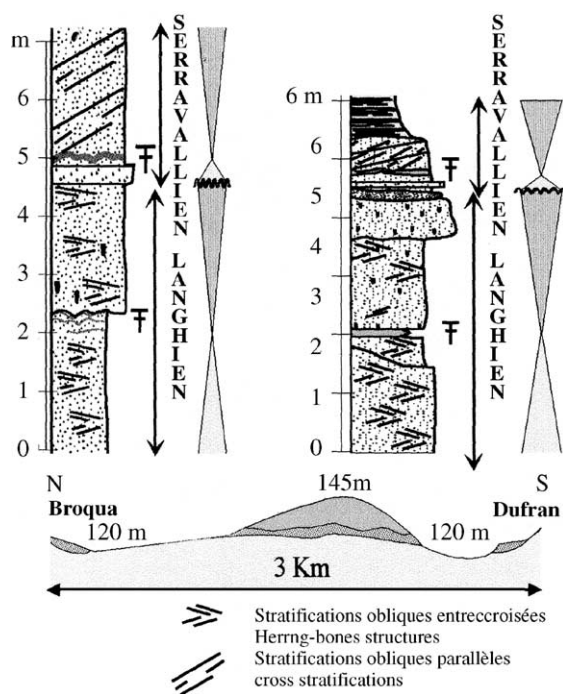


Figure 3. Coupes de Broqua (gauche) et Dufran (droite), avec découpage séquentiel.

Figure 3. Sections of Broqua (left) and Dufran (right), with sequential interpretation.

2.3.2. Coupe de Matilon

La carrière de Matilon est située à 2 km au sud-sud-ouest de Peyrecrèchen, dans le vallon du Bosc (Fig. 4). La série est encaissée dans les Molasses et Calcaires de l’Agenais [14, 19, 21], à une altitude moyenne de 115 à 120 m. À la base de la coupe apparaît un falun argileux gris-bleu (30 cm), très fossi-

lifère. Le nannoplancton compte notamment *Sphenolithus heteromorphus* [19], les foraminifères planctoniques sont abondants et comprennent *Orbulina universa*. L’association de *S. heteromorphus* et *O. universa* permet de situer cette unité dans le premier tiers du Serravallien (partie supérieure de la zone NN5; zone N10). Des datations isotopiques basées sur le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (D. Mercier, comm. pers., École des mines, Paris) vont dans ce sens et indiquent $13,1 \pm 0,72$ et $13,3 \pm 0,72$ Ma.

Au falun argileux succède une vingtaine de mètres de sables grossiers coquilliers, à stratifications obliques (pendage 15° vers le sud-ouest). Les foraminifères planctoniques collectés à 4,20 m de la base sont mal conservés et extrêmement rares. Nous avons trouvé, dans la même couche, un uniforme d’*Aceratherium cf. incisivum*. La partie haute de ces sables a été datée à partir des mammifères, plusieurs auteurs signalant des vestiges osseux [1, 17, 19], la révision la plus récente [12] mentionnant *Megacrictodon fournasi*. L’association de *M. fournasi* et *A. cf. incisivum* s’accorde avec une position dans les zones MN7–8, voire MN9, partie haute du Serravallien. Les Sables fauves de la carrière de Matilon s’étendent donc sur la majeure partie du Serravallien.

On observe donc, dans la région de Sos, deux unités de Sables fauves d’âges différents, emboîtées. La première correspond à l’unité langhienne (carrière de Peyrecrèchen) en recouvrement discontinu sur le plateau de calcaires et marnes du Miocène inférieur, alors que la seconde, serravallienne (carrière de Matilon), est topographiquement plus basse et encaissée dans ce même substratum régional. Des placages de Sables fauves ont été identifiés dans toute la partie orientale de la région étudiée (Fig. 2). Leur âge langhien

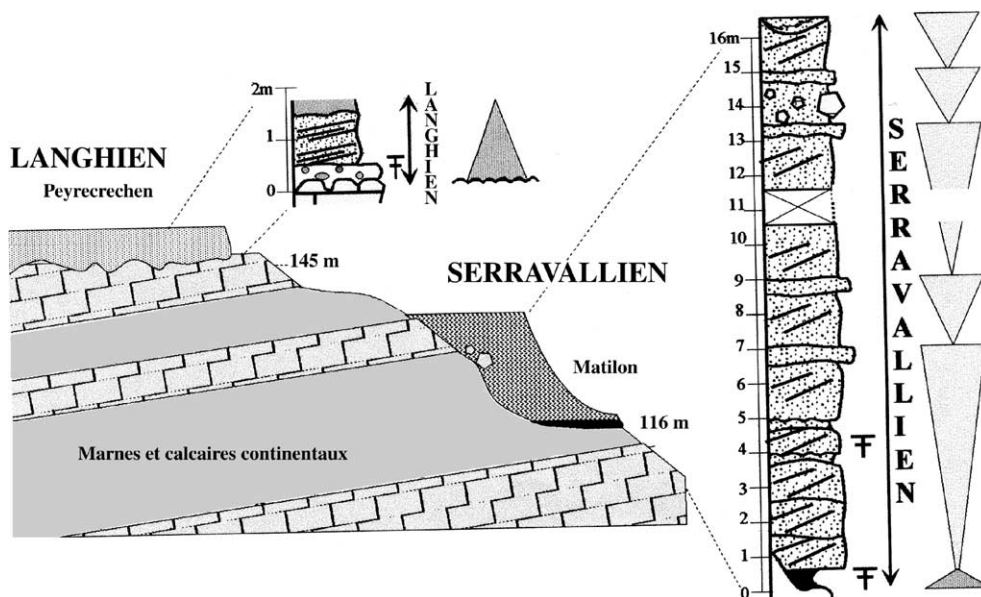


Figure 4. Relations topographiques entre dépôts langhiens de Peyrecrèchen (sur le plateau) et dépôts serravalliens de Matilon (en remplissage de vallée).

Figure 4. Topographic relations between Langhian deposits of Peyrecrèchen (on tableland) and Serravallian deposits of Matilon (valley filling).

peut être déduit de la présence de rares *Praeorbulina* gr. *glomerosa* [17] et de leurs relations avec le gisement de Liet, situé dans la partie inférieure de la zone MN6 [12]. L'encaissement des Sables fauves serravalliens, en remplissage de vallée du type ría, est de règle dans la partie nord-orientale (Fig. 2).

En résumé, il existe, dans toute la partie orientale de leur domaine d'extension, deux unités de Sables fauves, l'une langhienne et l'autre serravallienne. Elles sont séparées par des dépôts continentaux au sud-ouest (région de Nogaro); elles se superposent directement au centre (région de Salles-d'Armagnac), alors qu'elles s'emboîtent au nord-est (région de Sos). Il en résulte deux dispositifs paléogéographiques très différents au Langhien et au Serravallien.

3. Évolution paléogéographique

La transgression langhienne s'étend largement vers l'est, sur les molasses du Miocène inférieur (Fig. 2A). Elle couvre une vaste région, constituant le « golfe de Lectoure » [18]. L'uniformité des faciès indique une surface de sédimentation régulière et subhorizontale. Au cours ou à la fin du Langhien, la mer régresse, entraînant la mise en place de dépôts lagunaires à continentaux, qui ont été préservés au sud et à l'ouest du bassin. Le meilleur exemple de cet épisode marin est celui de Sansot, où les Sables fauves, épais de 20 m et passant vers le haut à des marnes lagunaires, ont pu être datés du Langhien grâce à la présence de *Praeorbulina* gr. *glomerosa* dans plusieurs niveaux. La chute du niveau marin relatif d'au moins 35 m au passage Langhien/Serravallien, puis sa remontée d'au moins 20 m, commandent notamment l'encaissement du membre de Matilon dans la partie septentrionale (secteur Sos–Gabarret).

La transgression serravallienne (Fig. 2B) se manifeste exclusivement dans la partie occidentale du domaine étudié. Au sud, la mer forme un petit golfe (golfe de Nogaro), où les Sables fauves serravalliens reposent en concordance sur des sables marins ou une molasse continentale langhienne. Au nord, cette ingression se traduit par le remplissage de vallées étroites et encaissées.

4. Contrôle eustatique

Nos reconstitutions paléogéographiques et l'évolution de la région au cours du Miocène moyen sont en contradiction avec certains travaux antérieurs [4–6], qui admettaient une transgression serravallienne plus importante que la transgression langhienne. Les cycles eustatiques généralement décrits dans le Miocène indiquent une discontinuité majeure entre Langhien et Serravallien, ainsi qu'une transgression plus

importante au Langhien qu'au Serravallien [15], ce qui est compatible avec nos observations. Quatre cycles eustatiques de troisième ordre – un au Langhien et trois au Serravallien – sont habituellement identifiés au Miocène moyen, en particulier dans les bassins pannoniens [22]. Le découpage séquentiel des Sables fauves permet de distinguer au moins deux séquences de dépôt de troisième ordre, l'une se situant dans le Langhien et l'autre dans le Serravallien. Le membre de Peyrecrèchen, caractérisé par la présence de *Praeorbulina glomerosa*, représente le cortège transgressif et le cortège de haut niveau marin d'une séquence assimilée au cycle Bur 5–Lan 1 [22]. Le membre de Matilon, daté par le groupe *Orbulina*, illustre en grande partie les cortèges transgressifs et de haut niveau marin du cycle suivant Lan 2–Ser 1. Au nord du domaine, les mammifères continentaux semblent indiquer que le sommet de l'unité serravallienne correspond à un cortège de haut niveau plus récent, entre les cycles Ser 2 et Ser 4–Tor 1.

5. Contrôle tectonique

L'importante modification de la paléogéographie entre le Langhien et le Serravallien implique la surrection relative d'environ 30 m de la partie septentrionale par rapport à la partie méridionale. Cet événement orogénique n'apparaît pas cisailant et est donc assimilé à une flexuration. La limite entre le compartiment septentrional relevé et le compartiment méridional abaissé sépare les dépôts emboîtés et les dépôts superposés. La zone de flexuration, que nous appelons « flexure de la Douze » (Fig. 2B), est orientée N120°E. Plusieurs structures anticlinales apparaissant au niveau de la limite septentrionale de la flexure de la Douze ont une orientation comparable à celle du basculement mis en évidence. Il s'agit principalement des anticlinaux de Roquefort, Créon-d'Armagnac et Barbotan (Fig. 2B). Ces « rides » ont une structuration d'origine pyrénéenne : ce sont des structures héritées, généralement d'origine diapirique, en relation avec une activité halocinétique. L'enchaînement forme un accident majeur, en bordure méridionale de la Flexure celtaquitaine [3], dont la flexure de la Douze est une manifestation de l'activité au cours du Miocène moyen ; son jeu plus intense se place à la limite Langhien–Serravallien.

Si la flexuration du domaine centre-aquitain peut être reliée à des structures anticlinales héritées, il est plus difficile de reconnaître les mécanismes à l'origine de cette réactivation. Le Miocène est généralement considéré comme une période stable, du point de vue tectonique, en Aquitaine. Seule une activité « continue » de la flexure celtaquitaine est évoquée, sans que les modalités en soient précisément décrites [3]. Des études récentes mettent en cause une

succession de déformations lithosphériques de grande longueur d'onde depuis le Crétacé. Le poinçonnement alpin aurait produit au Miocène des ondulations lithosphériques, en relation avec un flambage de la plaque européenne [23, 24]. Il est possible que la propagation de ces contraintes ait réamorçé le fonctionnement en extension de structures préexistantes dans le bassin d'Aquitaine, notamment de la flexure celtaquitaine et des anticlinaux qui lui sont directement liés, tels que les rides de Roquefort et Cézán–Lavardens. De récents travaux mettent en évidence une reprise de l'halocinèse dans le Sud de l'Aquitaine [8], ce qui témoignerait de l'influence de la chaîne pyrénéenne [13] sur

l'évolution de la région au cours du Miocène moyen. De plus, un pendage de 8° vers l'ouest est relevé dans le substratum (calcaires du Miocène inférieur) dans la région de Sos, alors que le Serravallien est horizontal. Les relations géométriques avec les Sables fauves langhiens, présents sous forme de placages résiduels, ne peuvent être précisées. En revanche, l'unité serravallienne, bien développée dans cette zone, apparaît horizontale. Ceci met en évidence une déformation dont l'âge se situe entre la fin du Miocène inférieur et le début du Miocène moyen. Nos observations tendent à le situer plus précisément à la fin du Langhien.

Remerciements. Les auteurs tiennent à remercier J.-P. Capdeville (BRGM, Pessac) et F. Serrano (professeur de micropaléontologie à l'université de Malaga), sans lesquels ce travail n'aurait pu être mené à bien.

Références

- [1] J.-P. Aguilar, J. Michaux, Chronologie mammalienne et gradation dans le Miocène inférieur et moyen français : une revue, *Géologie de la France* 1 (1995) 69–76.
- [2] S. Baudelot, A. Collier, Les faunes miocènes du Haut Armagnac (Gers, France). 1. Les gisements, *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse* 114 (1978) 194–206.
- [3] BRGM, ELF RE, Essorep, SNPA, *Géologie du bassin d'Aquitaine*, 1974.
- [4] B. Cahuzac, A. Poignant, Foraminifères benthiques et Microproblematica du Serravallien d'Aquitaine, *Géologie de la France* 3 (1996) 35–50.
- [5] B. Cahuzac, A. Poignant, Les foraminifères benthiques du Langhien du bassin d'Aquitaine (SW de la France), *Géobios* 33 (2000) 271–300.
- [6] B. Cahuzac, M.-C. Janin, E. Steurbaut, Biostratigraphie de l'Oligo-Miocène du bassin d'Aquitaine fondée sur les nannofossiles calcaires, *Géologie de la France* 2 (1995) 57–82.
- [7] J.-P. Capdeville, Notice, Carte géol. France (1:50 000), feuille Nogaro n° 952, 1991.
- [8] D. Chauvaud, J. Delfaud, Utilisation de l'analyse morphostructurale pour la mise en évidence de l'halocinèse durant le Mio-Plio-Quaternaire en Aquitaine méridionale, *Bull. Soc. géol. France* 173 (4) (2002) 317–335.
- [9] F. Crouzel, Le Miocène continental du bassin d'Aquitaine, *Bull. Serv. Carte Géol. France* 54 (1957).
- [10] F. Crouzel, Carte géol. France (1:50 000), feuille Eauze n° 953, 1989.
- [11] J. Dubreuilh, J.-P. Capdeville, G. Farjanel, G. Karnay, J.-P. Platel, R. Simon-Coinçon, Dynamique d'un comblement continental néogène et quaternaire : l'exemple du bassin d'Aquitaine, *Géologie de la France* 4 (1995) 3–26.
- [12] F. Duranthon, B. Cahuzac, Éléments de corrélation entre échelles marines et continentales : les données du bassin d'Aquitaine au Miocène, Actes du congrès Biochrom'97, Mém. et Trav. EPHE, institut de Montpellier 21 (1997) 591–608.
- [13] J.-P. Gély, K. Sztrákos, L'évolution paléogéographique et géodynamique du Bassin aquitain au Paléogène : enregistrement et datation de la tectonique pyrénéenne, *Géologie de la France* 2 (2000) 31–57.
- [14] L. Ginsburg, Une faune de mammifères dans l'Helvétien marin de Sos (Lot-et-Garonne) et de Rimbez (Landes), *Bull. Soc. géol. France* 7 (1967) 5–18.
- [15] J. Hardenbol, J. Thierry, M.B. Farley, T. Jacquin, P.C. de Graciansky, P.-R. Vail, Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European basins, Mesozoic and Cenozoic sequence stratigraphy of European basins, *SEPM Spec. Publ.* 60 (1998).
- [16] E. Jacquot, Carte géologique et agronomique du département du Gers au 20 000^e, 1869.
- [17] J. Magné, S. Baudelot, F. Crouzel, Y. Gourinard, M.-J. Wallez, La mer du Langhien inférieur a envahi le centre du bassin d'Aquitaine : arguments biostratigraphiques et géochronologiques, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* (1985) 961–964.
- [18] J. Répelin, Le bassin d'Aquitaine à l'époque Helvétienne, le Golfe marin, *C. R. Acad. Sci. Paris* 186 (1928) 708–709.
- [19] J. Rey, F. Duranthon, P. Gardère, Y. Gourinard, J. Magné, H. Feinberg, B. Muratet, Découverte d'un encaissement entre dépôts de Sables fauves dans la région de Sos (Miocène centre-Aquitain), *Géologie de la France* 2 (1997) 23–29.
- [20] M. Richard, Contribution à l'étude du bassin d'Aquitaine. Les gisements de mammifères tertiaires, *Mém. Soc. géol. France (N.S.)* 24 (1948).
- [21] R. Tournouer, Note sur les terrains miocènes des environs de Sos et de Gabarret (Lot-et-Garonne et Landes), *Actes Soc. Linn. Bordeaux* 29 (1874) 119–169.
- [22] G. Vakarcz, J. Hardenbol, V.S. Abreu, P.R. Vail, P. Várnai, G. Tari, Oligocene–Middle Miocene depositional sequences of the central Paratethys and their correlation with regional stages, in : P.C. de Graciansky, T. Jacquin, M.B. Farley, P.R. Vail (Eds.), *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*, *SEPM Spec. Publ.* 60 (1998) 209–231.
- [23] R. Wyns, Évolution tectonique du bâti armoricain oriental au Cénozoïque d'après l'analyse des paléosurfaces continentales et des formations géologiques associées, *Géologie de la France* 3 (1991) 11–42.
- [24] R. Wyns, Essai de quantification de la composante verticale de la déformation fini-cénozoïque en Poitou, Limousin occidental et dans la plate-forme nord-aquitaine d'après l'analyse des paléosurfaces continentales et des sédiments associés, in : Réunion ASF–AGF « Quantification de la tectonique et de l'eustatisme », Rennes, octobre 1996, p. 39.