LES SABLES FAUVES

DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE ET ÉVOLUTION MORPHOSTRUCTURALE DU BASSIN D'AQUITAINE AU MIOCÈNE MOYEN

Philippe GARDÈRE

Laboratoire de Dynamique des bassins sédimentaires
39 allées Jules Guesde
Université Paul-Sabatier - Toulouse III

Thèse de Doctorat
de l'Université Paul-Sabatier - Toulouse III
soutenue le 25 octobre 2002

STRATA Série 2, vol. 40 p. 1-217, 77 fig., 6 pl. **2002**

Avant-Propos

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ici ma reconnaissance aux nombreuses personnes qui, par une aide directe ou par un soutien moral, m'ont apporté un soutien précieux.

Monsieur le Professeur Gérard Moguedet, Professeur à l'Université d'Angers, que je remercie sincèrement de participer au jury et d'en être le rapporteur.
Monsieur le Professeur Francisco Serrano Lozano, m'a accordé son temps à de nombreuses reprises. Il m'a accueilli dans le Département de Géologie de l'Université de Malaga et m'a initié à la détermination des foraminifères planctoniques. Ses grandes compétences, agrémentées d'une extrême amabilité, ont joué un rôle déterminant dans l'aboutissement de cette étude. En acceptant d'être rapporteur, il m'honore à nouveau et me touche beaucoup ; j'espère ne pas décevoir sa confiance.
Monsieur Francis Duranthon, Conservateur au Muséum d'Histoire Naturelle de Toulouse. La passion que nous partageons pour l'histoire du bassin d'Aquitaine, sa disponibilité et son attention pour mon travail, m'ont été d'une aide très précieuse tout le long de ces années de recherche. Le compter dans mon jury est un plaisir et une chance.
Monsieur Gérard Hérail, Directeur de Recherche à l'IRD, que je remercie sincèrement de participer au jury.
Monsieur Jean-Pierre Saint-Martin, Maître de Conférence à l'Université d'Aix-Marseille I, dont le commentaire au sujet de mon précédent travail de DEA m'a touché. Je souhaite que cette étude réponde à la curiosité et à l'intérêt qu'ont suscité chez lui les Sables Fauves.
Il semble impossible de dire en quelques mots ce que je dois à Jacques Rey, Professeur à l'Université Paul Sabatier, tant l'aide qu'il m'a apportée fut permanente et multiforme. En formateur compétent, il a su me faire découvrir la stratigraphie séquentielle. L'acuité de ses conceptions géologiques a été pour moi un motif permanent d'intérêt et de persévérance. En directeur de thèse attentif, il a orchestré les réorganisations thématiques et suscité au bon moment les rencontres avec des spécialistes... Surtout, il a fait preuve d'une disponibilité sans défaut et a suscité un climat de confiance grâce auquel j'ai pu effectuer ce travail dans les meilleures conditions. J'espère qu'il trouvera dans cette étude enfin aboutie la récompense de ses efforts et de sa confiance.

Outre les personnalités appartenant au jury, plusieurs personnes ont joué un rôle majeur dans la réalisation de ce travail.

Au tout premier plan, les membres du Conseil Général du Département du Gers, Messieurs Claude Bourdil et Gérard Tournadre. Grâce à leur volonté de mettre en valeur le patrimoine géologique gersois et l'emploi qu'ils m'ont offert, cette étude a pu être menée à bien. Les membres du CDTL du Gers ont également joué un rôle important, par l'ambiance chaleureuse qui règne en ce lieu et par la disponibilité qu'ils m'ont accordée lors de la rédaction de ce travail. Tout ceci n'aurait pas été possible sans l'initiative de Monsieur Louis Lacoste, maire de Miélan, qui a su susciter l'intérêt du Département du Gers pour le passé de cette région. Qu'il soit ici remercié de la confiance qu'il m'a accordée depuis de nombreuses années et de son soutien sans faille.

Les personnalités ayant accepté de déterminer les différents organismes récoltés au cours de cette étude ont eu un rôle essentiel. Il s'agit de Messieurs Bernard Andreu, Maître de conférence à l'Université Paul Sabatier pour les ostracodes, Hugues Feinberg, Professeur à l'École Normale de Paris pour le nannoplancton, Jean Magné pour les foraminifères benthiques, Joao Pais, Professeur à l'Université de Lisbonne, pour les palynomorphes et Pascal Tassy, Professeur au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, pour les mammifères.

De multiples relations, essentiellement amicales mais n'excluant pas des excursions ou discussions scientifiques, se sont tissées au cours de ces années de travail dans le Laboratoire de Dynamique des bassins sédimentaires. Aux personnes déjà citées s'ajoutent Michel Bilotte, Joseph Canérot, Elie Debroas et Carine Lézin.
Le personnel efficace du secrétariat a été d'une aide précieuse quand il s'est agi de résoudre les petits soucis bassement matériels ; je remercie Mme Filhastre, Françoise et Vincent pour leur disponibilité

Des amitiés sont nées de mes relations professionnelles, nouées avec divers acteurs de la scène géologique aquitaine. Je pense notamment à Jean-Pierre Capdeville et Pierre-Olivier Antoine, dont le soutien et l'intérêt pour mon travail ont été une source permanente de réconfort et de persévérance.

Les amis, toujours dévoués, supportant stoïquement les émois existentiels d'un thésard dans le doute, ne seront pas oubliés. Merci à Claire, Dominique, François B., François C., David, Marie-Hélène, Nathalie, Pascal, Romain, Vanessa, Yann et à tous ceux que j'ai honte d'avoir oubliés.

Mes pensées iront aussi et surtout à mes parents et très proches, pour le soutien sans faille et la confiance qu'ils m'accordent depuis un quart de siècle. Ce résultat est aussi le leur.
Merci enfin à celle qui a choisi de joindre sa route à la mienne, qui sait patiemment expliquer à Salomé pourquoi papa ne peut pas venir jouer dehors.

Devant une telle accumulation de sollicitudes diverses, je ne puis qu'exprimer à nouveau toute ma reconnaissance à chacun.

RÉSUMÉ

Le Miocène moyen marque la dernière transgression importante de l'océan atlantique dans le domaine aquitain. L'ampleur de cet événement est illustrée par la répartition des sédiments marins, qui se retrouvent jusqu'au cœur du département du Gers, où ils forment un golfe dans les environs de la ville de Lectoure. Dans le secteur le plus oriental, les dépôts du Miocène moyen correspondent à des sables et des grès calcaires, jaunes ou roux, localement riches en macrofaune, regroupés sous le terme de « Formation des Sables Fauves ». Essentiellement détritiques, ils témoignent d'environnements très littoraux. La microfaune, rare et souvent mal conservée, est difficile à dater. Les travaux récents ont apporté une meilleure connaissance de l'histoire du bassin d'Aquitaine au cours du Miocène moyen et la possibilité de démontrer le caractère hétérochrone des Sables Fauves. Depuis ce moment, les recherches s'orientent vers une différenciation de cette formation en termes datant respectivement du Langhien et du Serravallien. A travers la révision des coupes connues et l'étude de nouveaux gisements, une nouvelle carte des affleurements en fonction de leur âge doit être dressée.

L'objectif de notre étude est de différencier les dépôts langhiens des dépôts serravalliens et de définir leurs relations. Quels sont les marqueurs stratigraphiques les plus appropriés, quelle elle est la précision du découpage chronologique obtenu ? La géométrie des dépôts est-elle constante ou permet-elle de caractériser plusieurs ensembles ? Quels facteurs commandent l'évolution de la paléogéographie ? Comment ces événements s'intègrent-ils dans un cadre plus large, à l'échelle de la région et de la façade océanique ?

La zone étudiée se situe au centre du bassin d'Aquitaine, aux confins des départements du Gers, des Landes et du Lot-et-Garonne ; elle correspond au secteur le plus oriental dans lequel affleurent les Sables Fauves. L'ensemble des affleurements se situe à l'Est d'un axe Mont-de-Marsan / Roquefort.

L'étude de la Formation des Sables Fauves à travers 33 coupes révèle deux unités de dépôt aux lithofaciès proches. Leur datation par les foraminifères planctoniques aboutit à la mise en évidence d'éléments nouveaux concernant leurs conditions de mise en place et l'évolution paléogéographique :

- **Découpage séquentiel**

Les Sables Fauves sont organisés en deux unités distinctes : le Membre de Peyrecrechen, constitué des dépôts datés du Langhien et le Membre de Matilon, constitué des dépôts datés du Serravallien. Le Membre de Peyrecrechen, caractérisé par la présence de *Praeorbulina glomerosa*, représente le cortège transgressif et le cortège de haut niveau marin d'une séquence de dépôt de troisième ordre assimilée au cycle Bur 5 – Lan 1. 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. Dans la partie septentrionale de la région, les mammifères continentaux semblent indiquer que le sommet de l'unité serravallienne correspond à un ou plusieurs cortèges de haut niveau marin plus récents, compris entre les cycles Ser 2 et Ser 4 – Tor 1.

- **Géométrie des dépôts**

Du Sud vers le Nord, l'unité serravallienne s'emboîte progressivement dans l'unité langhienne et dans le substratum continental du Miocène inférieur. La géométrie des dépôts est contrôlée par deux facteurs principaux : l'eustatisme et la tectonique.

Les variations eustatiques sont à l'origine des deux cycles T-R exprimés par les Sables Fauves. La chute du niveau marin relatif d'au moins 35 mètres au passage Langhien / Serravallien, puis sa remontée d'au moins 20 mètres commandent notamment l'encaissement du Membre de Matilon dans la partie septentrionale (secteur Sos-Gabarret).

L'activité orogénique se manifeste simultanément, par le rejeu en distension de structures liées à bordure méridionale de la Flexure celtaquitaine. Elle provoque l'abaissement relatif - sur une trentaine de mètres de hauteur - de la partie méridionale du domaine centre-aquitain et entraîne la superposition du Membre de Peyrecrechen et du Membre de Matilon. Cette phase de déformation est reliée à des ondulations lithosphériques et à la reprise de l'halocinèse dans le Sud de l'Aquitaine.

- **Evolution paléogéographique**

La combinaison de ces facteurs aboutit à des reconstitutions paléogéographiques très différentes au Langhien et au Serravallien. Durant le Langhien, la mer occupe l'ensemble du domaine centre-aquitain, sa limite orientale correspond au Golfe de Lectoure. Au Serravallien, le domaine marin est restreint dans les secteurs les plus occidentaux. Dans le secteur de Sos-Gabarret, seules les vallées les plus profondes sont envahies par la mer, formant un système de rias. Dans les secteurs Manciet-Nogaro et plus à l'Ouest, la mer forme un golfe assez réduit : le golfe de Nogaro.

Les conditions climatiques régionales apparaissent assez stables durant le Miocène moyen, elles décrivent un environnement du type subtropical ayant connu une dégradation par rapport au Miocène inférieur.

Ces résultats participent à la définition de marqueurs stratigraphiques régionaux fiables. Ils mettent également en évidence une activité tectonique dans le domaine centre-aquitain au cours du Miocène moyen.

Mots clés : stratigraphie, stratigraphie séquentielle, paléogéographie, tectonique, dynamique sédimentaire, foraminifères planctoniques, Sables Fauves, Miocène moyen, bassin d'Aquitaine (SW France).

ABSTRACT

Middle Miocene marks the last important transgression of Atlantic ocean in Aquitaine. The wideness of this event is represented by the distribution of the marine deposits, present until Lectoure in the Gers, where they form a gulf. In the most eastern zone, these sediments are sands and calcareous sandstones, yellow or orange, sometimes with abundant macrofauna, known as "Formation des Sables Fauves", they represent very coastal environments. Microfauna is often rare and it is difficult to obtain dating with it. Recent works showed that the Sables Fauves are heterochronous, a main objectif is so to differentiate deposits from Langhian and from Serravallian. After a review of anterior biostratigraphic data, the discovery of new sites and a new study of planktic foraminifers, a new distribution map must be established.

The aim of this study is the recognition of langhian and serravallian deposits and the definition of their placing. What are the most indicated stratigraphic markers, how precise are the datings so obtained ? Is the deposits geometry constant, or is it possible to recognise several groups ? Which factors do command paleogeographical evolution ?

The studied sector is in the middle of the aquitan basin, in the districts of Gers, Landes and Lot-et-Garonne ; it corresponds to the most eastern repartition zone of Sables Fauves.
The study based on 33 outcrops shows two sedimentary units, with very close lithofacies. The dating thanks to planktic foraminifers points out new elements about the deposits geometry and the paleogeographical evolution :

- **Sequence stratigraphy**

The Sables Fauves are organised in two different units : the Peyrecrechen Member, formed by langhian deposits and the Matilon Member, formed by serravallian deposits. The Peyrecrechen Member, dated with *Praeorbulina glomerosa*, represents a trangressive system tract and a highstand system tract from a third order depositional sequence recognised as Bur 5 - Lan 1 cycle. The Matilon Member, dated with *Orbulina* group, represents in its main part the trangressive system tract and the highstand system tract from the following sequence, known as Lan 2 - Ser 1 cycle. In the north, continental mammals seem to indicate that the upper part of serravallian deposits could be younger and correspond to cycles between Ser 2 and Ser 4 - Tor 1.

- **Deposits geometry**

From north to south, serravalian unit is progressively embanked in the langhian unit and in the continental substratum (lower Miocene). The geometry is mainly controled by eustacy and tectonics.
Eustatic changes are at the origine of the two identified cycles. The relative sea level fall about 35 meters at the end of Langhian or basal Serravallian and the new rising about 20 meters induce the embankment of the Matilon Member in the northern zone.
Orogenic activity is simultaneous and concern distensive movements in structures related to the "Flexure celtaquitaine". This flexuration involves a relative falling of the southern part of the basin of up 30 meters and the superposition of Peyrecrechen and Matilon Members. This fact must be related with lithospheric undulations and with a new halocinetic activity in south Aquitaine.

- **Paleogeographical evolution**

The combination of these factors involves very different paleogeographical reconstructions between Langhian and Serravallian. During Langhian, the sea invades widely to the east, and gives form to « Lectoure Gulf ». The serravallian transgression takes place only on the western sector. In the South, it gives form to a little gulf (« Nogaro Gulf ») ; in the North, this transgression is indicated by embanked deposits in valleys fillings.
Climate conditions appear relatively steady during middle Miocene and seem to be subtropical, but less warm than conditions described for lower Miocene.

These results aloud to define good regional stratigraphic markers. They also point out tectonic movements in Aquitaine during middle Miocene.

Key-words : stratigraphy, sequence stratigraphy, paleogeography, tectonics, sedimentary dynamics, planktic foraminifers, Sables Fauves, middle Miocene, Aquitaine (South West France).

SOMMAIRE

I INTRODUCTION GÉNÉRALE 1

I.A Problématique et objectifs de l'étude 3
I.B Le bassin d'Aquitaine - cadre structural 3
I.C Le Miocène de l'Armagnac – cadre stratigraphique 6
I.D Travaux antérieurs sur la Formation des Sables Fauves 10
I.E Cadre biostratigraphique 12
I.F Méthodologie 18
I.G Définition des milieux de dépôt 19
I.H Déroulement de l'étude 20

DESCRIPTION DES COUPES

Légende des coupes 24

II PARTIE SEPTENTRIONALE 25

II.A SECTEUR I (SOS – GABARRET) 27
II.A.1 Coupe de Sansot 29
Ii.A.2 Coupe de Peyrecrechen 37
II.A.3 Coupe de Matilon 40
II.A.4 Coupe de Menjoy 48
II.A.5 Coupe du Cayron 51
II.A.6 Coupe du Pont du Rimbez 56
II.A.7 Coupe de Lapeyrie 59
II.A.8 Coupe du Ruisseau du Cocut 63
II.B SECTEUR II (CONDOM–LECTOURE) 69
II.B.1 Coupe de Maubet 71
II.B.2 Affleurement de Roques 73
II.B.3 Coupe de Castay 75
II.B.4 Coupe de Jean Péré 78
II.B.5 Carrière de la Brasserie 81
II.C DONNÉES COMPLÉMENTAIRES 83
II.C.1 Gisement de Liet 85
II.C.2 Affleurement de Lasbadies 86
II.C.3 Affleurement du Pélat 87
II.C.4 Affleurements de Courrensan 87
II.C.5 Affleurements du Moulin de Mestres et de Castelnau d'Arbieu 88
II.D CORRÉLATION DES AFFLEUREMENTS SEPTENTRIONAUX 89
II.D.1 Affleurements langhiens 89
II.D.2 Affleurements serravalliens 89

III PARTIE MÉRIDIONALE 91

III.A SECTEUR III (MANCIET – NOGARO) 93
III.A.1 Coupe de Manciet Pouyouet 95
III.A.2 Coupe de Manciet Laubuchon 98
III.A.3 Coupe de Couloumet 102

III.A.4 Coupe de Sauboires 107
III.B SECTEUR IV (ESTANG – SALLES) 109
III.B.1 Coupe de Campet 111
III.B.2 Coupe de Broqua 116
III.B.3 Coupe de Dufran 121
III.B.4 Coupe de Joutan 128
III.B.5 Coupes de Naude et Paillot 132
III.B.6 Coupe de Monge 135
III.C DONNÉES COMPLÉMENTAIRES 141
III.C.1 Coupe du Houga 143
III.C.2 Affleurement de Panjas 145
III.C.3 Affleurement de Labastide d'Armagnac 145
III.C.4 Affleurement de Tasque 145
III.C.5 Affleurements du Frêche 145
III.D CORRÉLATION DES AFFLEUREMENTS MÉRIDIONAUX 146
III.D.1 Dépôts langhiens 146
III.D.2 Dépôts serravalliens 146

IV CORRÉLATIONS RÉGIONALES 149

SYNTHÈSE DES DONNÉES

V STRATIGRAPHIE SÉQUENTIELLE 155

V.A APPORTS DE LA STRATIGRAPHIE SÉQUENTIELLE 156
V.A.1 Notion d'espace disponible 156
V.A.2 Évolution des dépôts sur la plate-forme continentale 156
V.A.3 Découpage séquentiel 158
V.A.4 Cortèges sédimentaires 160
V.A.5 Conclusion 161
V.B SÉQUENCES DE FACIÈS - ÉCOSÉQUENCES 164
V.B.1 Définition des milieux de depot 164
V.C ORGANISATION SÉQUENTIELLE DES SABLES FAUVES 167
V.C.1 Zone septentrionale (secteurs Sos-Gabarret et Condom-Lectoure) 167
V.C.2 Zone méridionale (secteurs Estang-Salles d'A. et Manciet-Nogaro) 170
V.C.3 Discontinuités et limites de séquences 171
V.C.4 Synthèse régionale 173
V.D CONTRÔLE EUSTATIQUE 175

VI TECTONIQUE 178

VI.A ÉVOLUTION MORPHO-STRUCTURALE APRÈS LE MIOCÈNE MOYEN 179
VI.B ÉVOLUTION MORPHO-STRUCTURALE AU COURS DU MIOCÈNE MOYEN 179
VI.B.1 Langhien – Membre de Peyrecrechen 181
VI.B.2 Serravallien – Membre de Matilon 181
VI.C NATURE ET ORIGINE DES MOUVEMENTS OROGÉNIQUES 183
VI.D COMPARAISON AVEC L'ÉVOLUTION GÉNÉRALE DU BASSIN D'AQUITAINE 183

VII PALÉOGÉOGRAPHIE 185

VII.A EXTENSION DU DOMAINE MARIN 187
VII.A.1 Langhien (Membre de Peyrecrechen) 187
VII.A.2 Serravallien (Membre de Matilon) 188
VII.A.3 Discussion des résultats 188
VII.B CONDITIONS CLIMATIQUES RÉGIONALES 192
VII.B.1 Foraminifères planctoniques 192
VII.B.2 Intégration au contexte régional 197
VII.B.3 Palynomorphes 199
VII.B.4 Intégration au contexte régional 200

VIII CONCLUSION GÉNÉRALE 203

VIII.A RAPPEL DES RÉSULTATS 205
VIII.A.1 Datation des dépôts - Biostratigraphie 205
VIII.A.2 Géométrie des dépôts – Contrôle eustatique et contrôle tectonique 205
VIII.A.3 Extension du domaine marin – Données paléoécologiques 206
VIII.B PERSPECTIVES 207

BIBLIOGRAPHIE 209

DOCUMENTS ANNEXES

ANNEXE 1 FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES

ANNEXE 2 FORAMINIFÈRES BENTHIQUES

ANNEXE 3 OSTRACODES

ANNEXE 4 PALYNOMORPHES

ANNEXE 5 DOCUMENTS PHOTOGRAPHIQUES

LISTE DES FIGURES

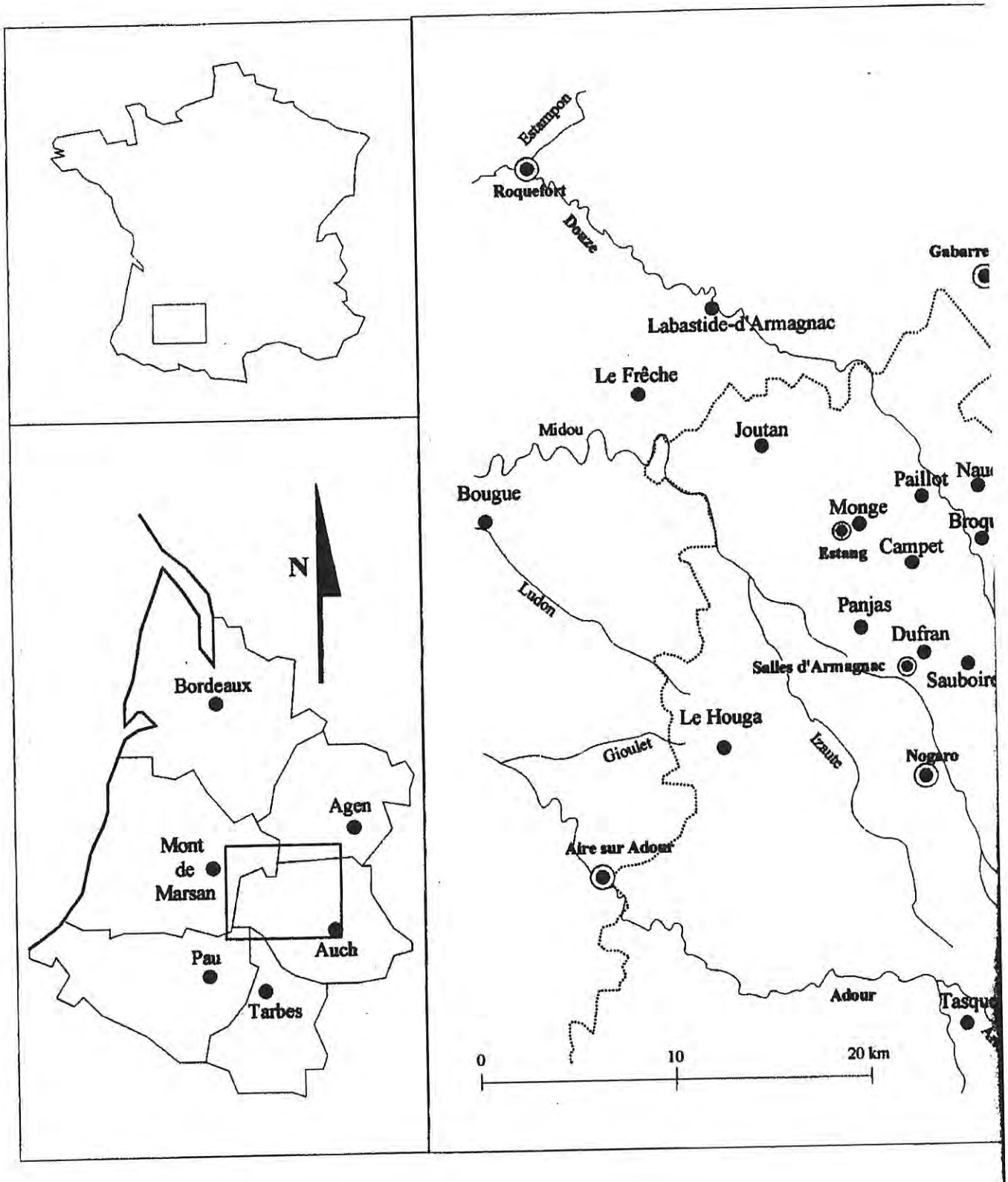
FIGURE 1 : CADRE GÉOGRAPHIQUE ET LOCALISATION DES AFFLEUREMENTS. 4
FIGURE 2 : CADRE STRUCTURAL DU BASSIN D'AQUITAINE, MODIFIÉ D'APRÈS GÉLY ET SZTRÀKOS (2000). 5
FIGURE 3 : CARTE GÉOLOGIQUE DU BASSIN D'AQUITAINE (BRGM, 1996). 7
FIGURE 4 : COUPE SYNTHÉTIQUE DES CALCAIRES ET MOLASSES DE L'ARMAGNAC, CROUZEL (1957) 8
FIGURE 5 : LES PRINCIPALES ÉCHELLES BIOSTRATIGRAPHIQUES DU MIOCÈNE MOYEN 15
FIGURE 6 : BIOSTRATIGRAPHIE DU MIOCÈNE MOYEN, D'APRÈS BOLLI ET SAUNDERS (1985). 16
FIGURE 7 : BIOSTRATIGRAPHIE DU MIOCÈNE MOYEN, D'APRÈS IACCARINO, 1985. 17
FIGURE 8 : DÉFINITION DES PRINCIPAUX MILIEUX DE DÉPÔT MARINS. 20
FIGURE 9 : DÉCOUPAGE GÉOGRAPHIQUE DE LA RÉGION ÉTUDIÉE 21
FIGURE 10 : SUCCESSION DES MILIEUX SUR LA COUPE DE SANSOT 33
FIGURE 11 : COUPE DE LA CARRIÈRE DE SANSOT. 36
FIGURE 12 : COUPE DE PEYRECRECHEN 39
FIGURE 13 : SUCCESSION DES MILIEUX DE DÉPÔT SUR LA COUPE DE MATILON. 43
FIGURE 14 : ENCAISSEMENT DES DÉPÔTS DE MATILON REPRÉSENTÉ PAR TOUNOÜER (1874). 46
FIGURE 15 : REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE DE L'ENCAISSEMENT DES DÉPÔTS DE MATILON. 46
FIGURE 16 : COUPE DE MATILON. 40
FIGURE 17 : SUCCESSION DES MILIEUX DE DÉPÔT SUR LA COUPE DE MENJOY 50
FIGURE 18 : COUPE DE LA CARRIÈRE DE MENJOY. 50
FIGURE 19 : SUCCESSION DES MILIEUX DE DÉPÔT SUR LA COUPE DU CAYRON. 53
FIGURE 20 : COUPE DE LA CARRIÈRE DU CAYRON 55
FIGURE 21 : ENCAISSEMENT DES SABLES FAUVES DANS LE SECTEUR DU PONT DU RIMBEZ, TOURNOÜER (1874). 57
FIGURE 22 : COUPE DU PONT DU RIMBEZ. 58
FIGURE 23 : SUCCESSION DES MILIEUX DE DÉPÔT SUR LA COUPE DE LAPEYRIE 61
FIGURE 24 : COUPE DE LA CARRIÈRE DE LAPEYRIE. 62
FIGURE 25 : SUCCESSION DES MILIEUX DE DÉPÔT SUR LA COUPE DE CASTELNAU D'AUZAN. 65
FIGURE 26 : COUPE DU RUISSEAU DU COCUT. 67
FIGURE 27 : SUCCESSION DES MILIEUX DE DÉPÔT SUR LA COUPE DE ROQUES. 74
FIGURE 28 : COUPE DU VILLAGE DE ROQUES. 74
FIGURE 29 : SUCCESSION DES MILIEUX DE DÉPÔT SUR LA COUPE DE CASTAY. 76
FIGURE 30 : COUPE DE CASTAY RELEVÉE PAR B. CAHUZAC ET J. MAGNÉ *IN* CROUZEL *ET AL.* (1989). 77
FIGURE 31 : SUCCESSION DES MILIEUX DE DÉPÔT SUR LA COUPE DE JEAN PÉRÉ. 79
FIGURE 32 : COUPE DE JEAN PÉRÉ. 80
FIGURE 33 : COUPE DE LA CARRIÈRE DE LA BRASSERIE, RELEVÉE PAR F. DURANTHON EN 1995. 82
FIGURE 34 : COUPE DE CASTELNAU D'APRÈS CROUZEL (1957). 88
FIGURE 35 : DISTRIBUTION DES DÉPÔTS LANGHIENS ET SERRAVALLIENS DANS LA PARTIE SEPTENTRIONALE 90
FIGURE 36 : SUCCESSION DES MILIEUX DE DÉPÔT SUR LA COUPE DE POUYOUET. 96
FIGURE 37 : COUPE DE POUYOUET. 97
FIGURE 38 : SUCCESSION DES MILIEUX DE DÉPÔT SUR LA COUPE DE LAUBUCHON. 99
FIGURE 39 : CONTEXTE TOPOGRAPHIQUE ET COUPE DE LAUBUCHON. 101
FIGURE 40 : SUCCESSION DES MILIEUX DE DÉPÔT SUR LA COUPE DE COULOUMET. 104
FIGURE 41 : COUPE DE COULOUMET. 106
FIGURE 42 : COUPE DE SAUBOIRES. 108
FIGURE 43 : SUCCESSION DES MILIEUX DE DÉPÔT SUR LA COUPE DE CAMPET. 113
FIGURE 44 : COUPE DE CAMPET. 115
FIGURE 45 : SUCCESSION DES MILIEUX DE DÉPÔT OBSERVÉS SUR LA COUPE DE BROQUA. 118
FIGURE 46 : COUPE DE BROQUA. 120
FIGURE 47 : DIAGRAMME DE SUCCESSION DES MILIEUX DE DÉPÔT SUR LA COUPE DE DUFRAN. 125
FIGURE 48 : COUPE DE DUFRAN. 127
FIGURE 49 : SUCCESSION DES MILIEUX DE DÉPÔT SUR LA COUPE DE JOUTAN 130
FIGURE 50 : COUPE DE JOUTAN. 131
FIGURE 51 : COUPE DE NAUDE. 134
FIGURE 52: EVOLUTION DES MILIEUX DE DÉPÔTS SUR LA COUPE DE MONGE. 137
FIGURE 53 : COUPE DE MONGE. 139
FIGURE 54 : COUPES DU HOUGA. 1 : D'APRÈS CAPDEVILLE, 1991 ; 2 : D'APRÈS CAHUZAC ET POIGNANT, 2000. 144
FIGURE 55 : DISTRIBUTION DES DÉPÔTS LANGHIENS ET SERRAVALLIENS DANS LA PARTIE MÉRIDIONALE 148
FIGURE 56 : REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE DE LA GÉOMÉTRIE DES SABLES FAUVES 150
FIGURE 57 : DISTRIBUTION DES DÉPÔTS LANGHIENS ET SERRAVALLIENS SUR L'ENSEMBLE DU DOMAINE 151
FIGURE 58 : PRINCIPAUX PARAMÈTRES AFFECTANT LA GÉOMÉTRIE DES CORPS SÉDIMENTAIRES 157

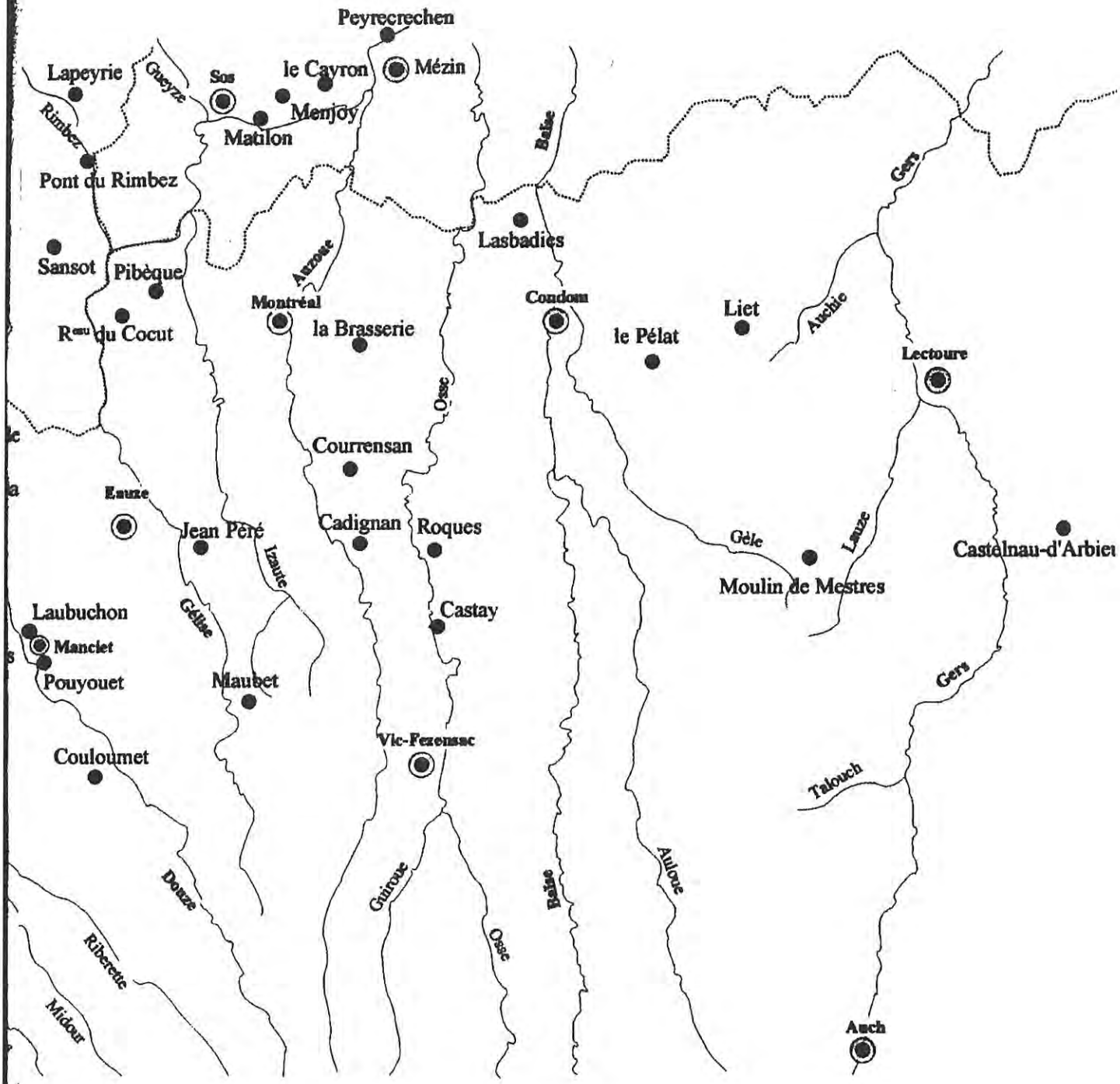
FIGURE 59 : CONSTRUCTION D'UN CADRE CHRONOSTRATIGRAPHIQUE (D'APRÈS VAIL *ET AL.*, 1987).....159
FIGURE 60 : PRINCIPE DU PARTITIONNEMENT VOLUMÉTRIQUE (D'APRÈS HOMEWOOD *ET AL.*, 2000).....162
FIGURE 61 : COMPARAISON DES CONCEPTS ENTRE STRATIGRAPHIE SÉQUENTIELLE ET GÉNÉTIQUE.....163
FIGURE 62 : POSITION DU FRONT DE MÉLANGE DES EAUX DOUCES ET SALÉES. 165
FIGURE 63 : SÉQUENCE VIRTUELLE ET ÉCOSÉQUENCE DE LA FORMATION DES SABLES FAUVES. 166
FIGURE 64 : GÉOMÉTRIE DE LA PREMIÈRE SÉQUENCE DU MEMBRE DE MATILON DANS LA RÉGION DE SOS. 168
FIGURE 65 : DÉCOUPAGE SÉQUENTIEL DE LA FORMATION DES SABLES FAUVES DANS LE SECTEUR NORD 169
FIGURE 66 : DÉCOUPAGE SÉQUENTIEL DE LA FORMATION DES SABLES FAUVES DANS LE SECTEUR SUD 172
FIGURE 67 : DIAGRAMME CHRONOSTRATIGRAPHIQUE GÉNÉRAL DE LA FORMATION DES SABLES FAUVES.....174
FIGURE 68 : POSITION DES SÉQUENCES MAJEURES DU MIOCÈNE MOYEN, D'APRÈS VAKARCS *ET AL.* (1998).....177
FIGURE 69 : PROFIL NORD-OUEST / SUD-EST MONTRANT LA DÉFORMATION APRÈS LE MIOCÈNE MOYEN.....180
FIGURE 70 : PROFIL NORD-EST / SUD-OUEST MONTRANT LE CONTACT AVEC LE SUBSTRATUM 182
FIGURE 71 : PRINCIPALES STRUCTURES TECTONIQUES REPÉRÉES DANS LE DOMAINE CENTRE-AQUITAIN.....184
FIGURE 72 : EXTENSION DU DOMAINE MARIN D'APRÈS CAHUZAC *ET AL.* (1995). 190
FIGURE 73 : RECONSTITUTIONS PALÉOGÉOGRAPHIQUES DANS LE DOMAINE CENTRE-AQUITAIN (CETTE ÉTUDE)..191
FIGURE 74 : RÉPARTITION ACTUELLE DE *GLOBIGERINOIDES* GR. *TRILOBUS* ET *GLOBIGERINA* GR. *BULLOIDES*. 196
FIGURE 75 : GÉOMÉTRIE GÉNÉRALE DE LA FORMATION DES SABLES FAUVES 207
FIGURE 76 : EXTENSION DU DOMAINE MARIN, PRINCIPALES STRUCTURES TECTONIQUES. 208
FIGURE 77 : SYNTHÈSE DE L'ÉVOLUTION DE L'AQUITAINE CENTRALE AU COURS DU MIOCÈNE MOYEN. 208

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES DE SANSOT _____35
TABLEAU 2 : POLLENS DU NIVEAU 14 DE SANSOT _____35
TABLEAU 3 : POLLENS DE MATILON _____45
TABLEAU 4 : FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES DE MATILON _____45
TABLEAU 5 : POLLENS DU NIVEAU 9 DU CAYRON _____54
TABLEAU 6 : FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES DU PONT DU RIMBEZ _____58
TABLEAU 7 : FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES DU RUISSEAU DU COCUT _____65
TABLEAU 8 : POLLENS DU RUISSEAU DU COCUT _____66
TABLEAU 9 : FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES DE MAUBET _____72
TABLEAU 10 : POLLENS DE POUYOUET _____97
TABLEAU 11 : FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES DE POUYOUET _____97
TABLEAU 12 : FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES DU NIVEAU 4 DE LAUBUCHON _____100
TABLEAU 13 : POLLENS DE COULOUMET _____105
TABLEAU 15 : FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES DE SAUBOIRES _____108
TABLEAU 16 : FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES DES NIVEAUX 2 ET 6 DE CAMPET _____114
TABLEAU 17 : POLLENS DU NIVEAU 6 DE CAMPET _____114
TABLEAU 18 : FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES DES NIVEAUX 1 ET 2 _____119
TABLEAU 19 : SPECTRE POLLINIQUE COMPLET DU NIVEAU 2 _____119
TABLEAU 19: POLLENS DU NIVEAU 3 DE DUFRAN _____126
TABLEAU 21 : FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES DE DUFRAN _____126
TABLEAU 21 : POLLENS DU NIVEAU 2 DE JOUTAN _____130
TABLEAU 22 : FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES DU NIVEAU 2 DE JOUTAN _____131
TABLEAU 23 : FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES DE NAUDE _____134
TABLEAU 24 : FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES DES NIVEAUX 2A ET 4 DE MONGE _____138
TABLEAU 25 : POLLENS DU NIVEAU 2 DE MONGE _____138
TABLEAU 26 : CLASSIFICATION DES FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES RECUEILLIS AU COURS DE CETTE ÉTUDE _____193
TABLEAU 27 : COMPOSITION DES POPULATIONS DE FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES _____195
TABLEAU 28 : COMPARAISON DES FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES ENTRE LANGHIEN ET SERRAVALLIEN _____198
TABLEAU 29 : PROPORTION SPORES - POLLENS DANS LES ÉCHANTILLONS LES PLUS RICHES _____201
TABLEAU 30 : EXIGENCES THERMIQUES DES TAXONS IDENTIFIÉS (D'APRÈS BESSEDIK, 1985) _____202

I INTRODUCTION GÉNÉRALE


Estampon
Roquefort
Douze
Gabarre
Labastide-d'Armagnac
Le Frêche
Midou
Joutan
Bougue
Paillot
Monge
Estang
Campet
Ludon
Panjas
Dufran
Salles d'Armagnac
Le Houga
Gioulet
Izaute
Nogaro
Aire sur Adour
Adour
0
10
20 km
N
Bordeaux
Agen
Mont
de
Marsan
Auch
Pau
Tarbes



Limite de département

Principales villes

Affleurements étudiés

Figure 1 : Cadre géographique et localisation des affleurements.

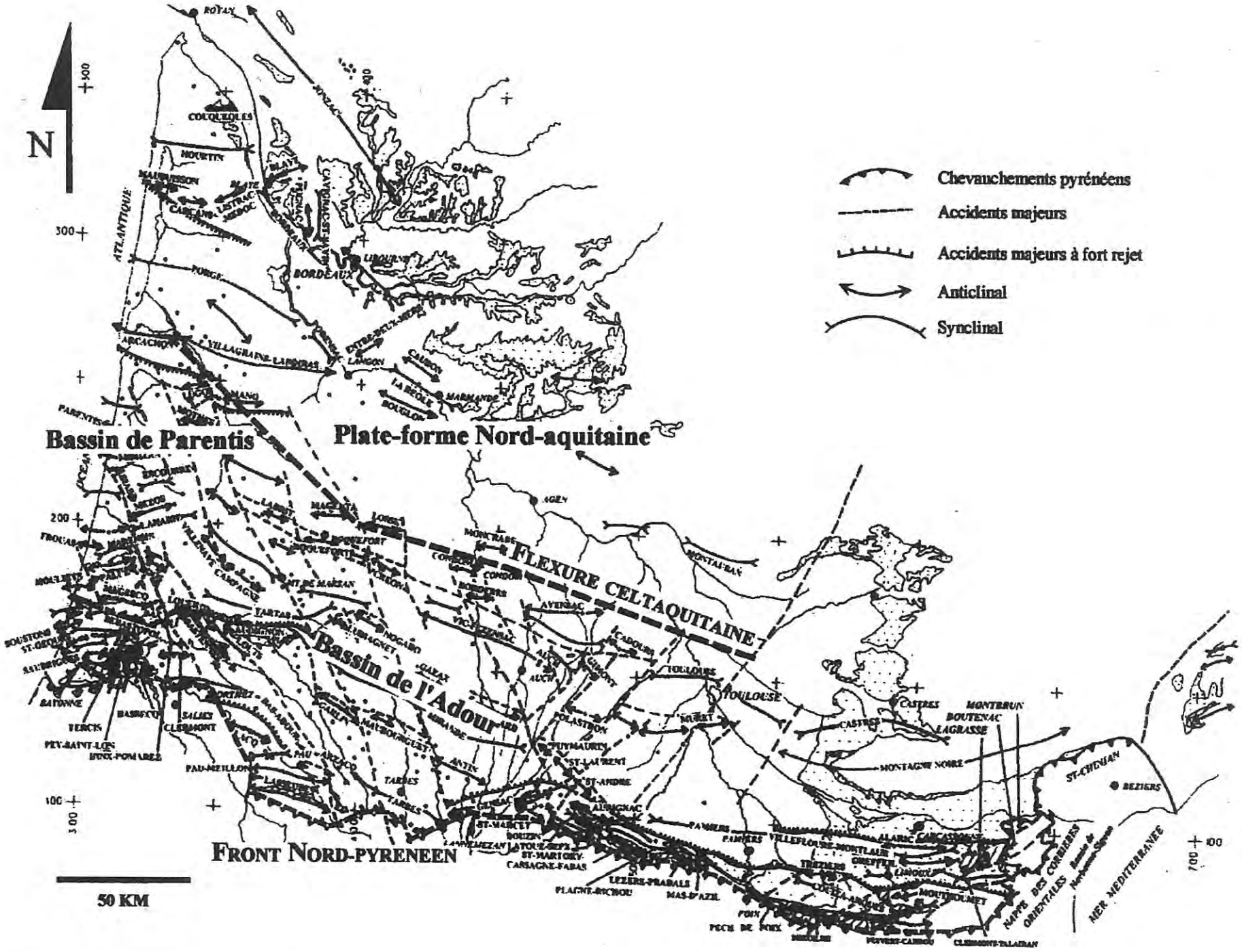


Figure 2 : Cadre structural du Bassin d'Aquitaine, modifié d'après Gély et Sztrákos (2000).

phases d'activité tectonique ont été reconnues, notamment vers la limite Oligocène-Miocène (Gély et Sztràkos, 2000). De tels phénomènes, souvent répétés jusqu'au Miocène moyen, ont fortement influé sur la paléogéographie et la subsidence, qui se sont combinées pour remodeler les côtes à chaque regain d'activité. Certaines structures anticlinales sont restées émergées tout le long du Miocène moyen (Cahuzac *et al.*, 1995).

Après le Miocène moyen, l'Aquitaine devient essentiellement continentale. Une légère phase tectonique postérieure a provoqué le rejeu de divers accidents structuraux. La conséquence de cette phase tardive est une flexuration de l'Armagnac suivant une direction générale Est-Ouest qui se traduit par l'abaissement progressif vers l'Ouest du contact entre la Formation des Sables Fauves et la molasse continentale du Burdigalien (Kieken, 1973 ; Dubreuilh *et al.*, 1995).

I.C LE MIOCÈNE DE L'ARMAGNAC – CADRE STRATIGRAPHIQUE (Figure 3)

a Le Miocène continental (Figure 4)

Les dépôts continentaux du Miocène aquitain sont constitués de matériel détritique d'origine pyrénéenne. Le Miocène continental affleure principalement dans le département du Gers, il s'étend au Nord vers le Lot-et-Garonne et les Landes, à l'Est vers la Haute-Garonne et au Sud vers les Hautes-Pyrénées. Chaque étage est caractérisé par un gisement de référence :

- Tortonien : Saint-Gaudens (Haute-Garonne)
- Langhien : Sansan (Gers)
- Burdigalien : La Romieu (Gers)
- Aquitanien : Laugnac (Lot-et-Garonne).

Les dépôts correspondant à l'Aquitanien sont les plus étendus. Ils forment ce qui est communément appelé la « Trilogie agenaise ». Cette unité est constituée par deux couches de calcaires lacustres (calcaire blanc et calcaire gris de l'Agenais) séparées par un ensemble plus argilo-sableux (marnes à *Ostrea aginensis*). En direction de l'Ouest, les différents niveaux sont remplacés par un dépôt molassique ; au Sud, ils s'enfoncent sous les molasses de l'Armagnac et se retrouvent à l'affleurement dans le secteur d'Auch. La trilogie agenaise est diachrone, elle date de l'Aquitanien à l'Ouest et du Burdigalien à l'Est (Ringeade, 1978 ; Hugueney et Ringeade, 1990 ; Duranthon et Tassy, 1994).

La série stratigraphique plus récente est définie à partir des travaux de Crouzel (1957) dans le département du Gers. Elle se compose d'un ensemble de dépôts fluvio-lacustres, baptisés « Calcaires et Molasses de l'Armagnac », découpé en « séquences sédimentologiques ». Chaque « séquence » est constituée par un horizon calcaire, représentant une phase de sédimentation plus calme, surmonté de molasses ou de sables. Elle porte le nom de la couche de calcaire qui lui est attachée et chacune est associée à un gisement paléontologique, situé la plupart du temps dans la partie supérieure. Vers le sommet de la série, le terme calcaire peut être absent. Le découpage aboutit à l'identification de 12 horizons calcaires et 17 séquences distinctes. Cette succession idéale est compliquée par d'importantes variations d'épaisseur, pouvant conduire à la disparition de certains niveaux, et par le passage à des faciès latéraux différents. De plus, les unités ne sont pas isochrones (Crouzel *et al.*, 1988 ; Ginsburg et Bulot, 2000) ; elles permettent néanmoins de séparer de façon claire les différents horizons à l'échelle du département (Antoine *et al.*, 1997).

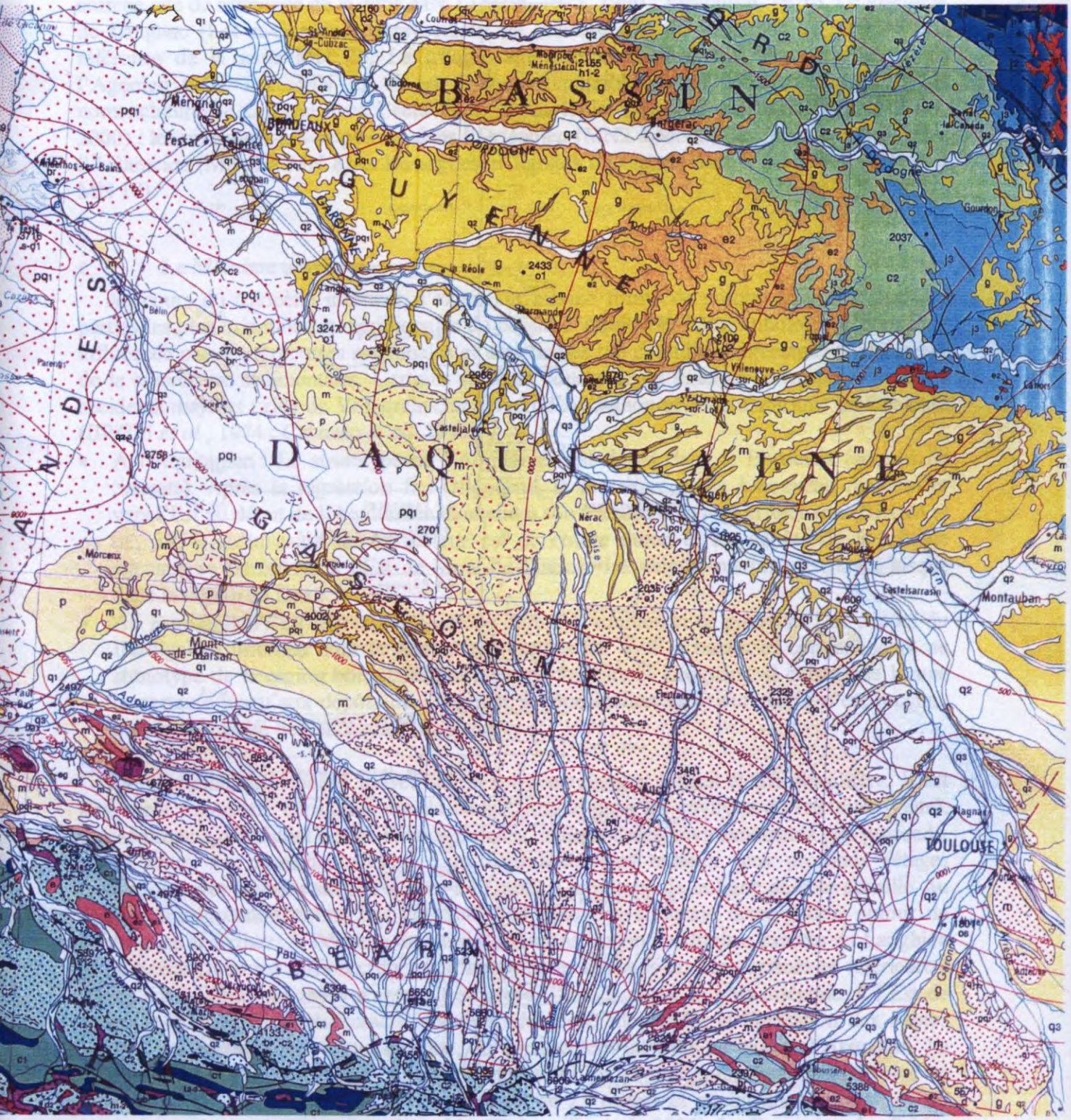


Figure 3 : Carte géologique du bassin d'Aquitaine (BRGM, 1996).

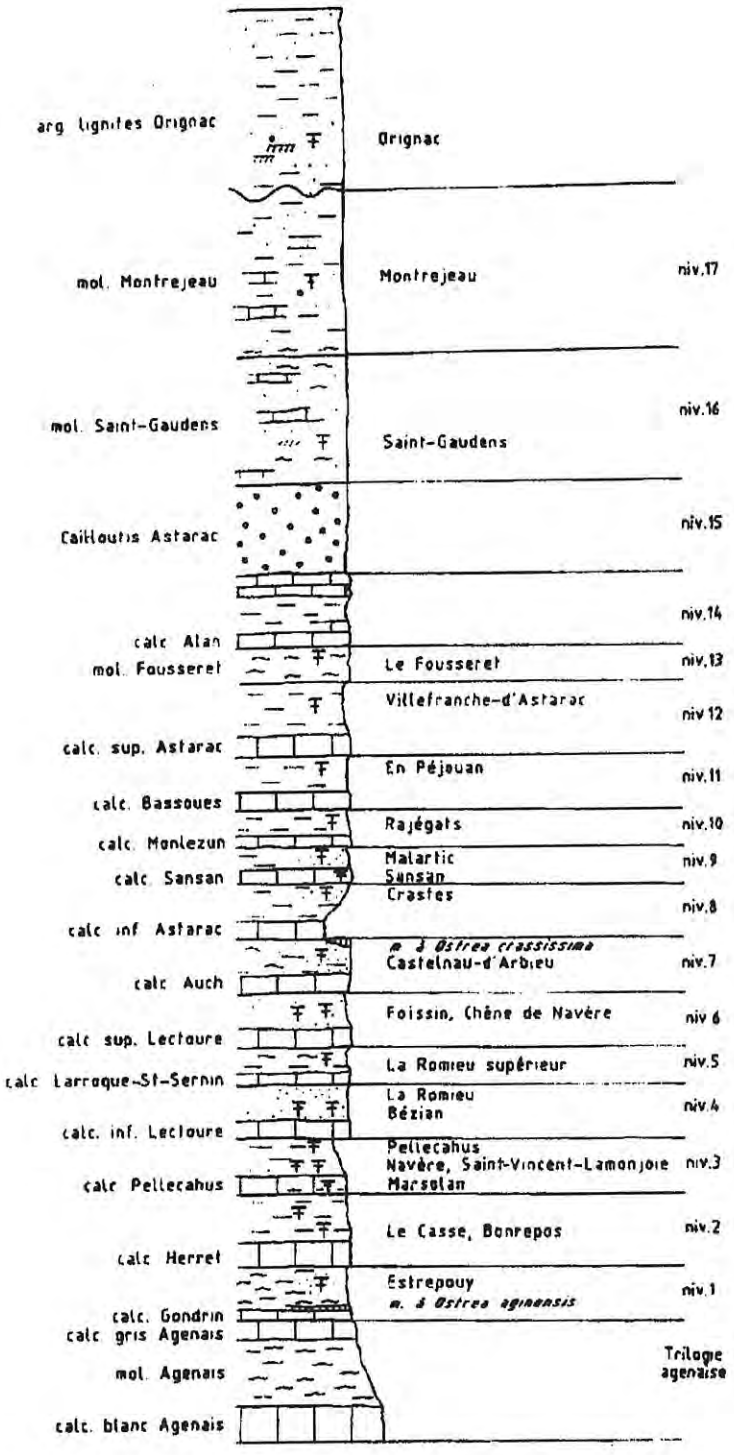


Figure 4 : Coupe synthétique des Calcaires et Molasses de l'Armagnac, découpage selon la nomenclature de Crouzel (1957), *in* Ginsburg et Bulot (2000).

b Corrélations biochronologiques des gisements continentaux

Le gisement de Pauilhac (Lot-et-Garonne), dans le calcaire blanc de l'Agenais a été choisi comme site de référence de la zone MN 1 (Mein, 1975, 1990 ; Fahlbusch, 1976). Le gisement de Laugnac (Lot-et-Garonne), représentatif du calcaire gris de l'Agenais est pris comme référence de la zone MN 2b. La trilogie agenaise correspond à l'étage continental de l'Agénien (MN 1 et MN 2). Il est également possible de corréler les niveaux de la nomenclature de Crouzel avec l'échelle biochronologique continentale (Ginsburg et Bulot, 2000) : les niveaux 1 à 8 se placent dans l'Orléanien (MN2 à MN 5), les niveaux 9 à 17 dans l'Astaracien (MN 6 à MN 8) et les argiles et lignites d'Orignac dans le Vallésien (MN 9 et MN 10).

c Le Miocène marin

Au cours du Miocène inférieur, l'extension marine forme de nombreux golfes dans les parties les plus orientales et méridionales du bassin d'Aquitaine. La morphologie générale est influencée par des structures synclinales et anticlinales qui contrôlent directement l'épaisseur de la couverture sédimentaire. Certains secteurs constamment émergés correspondent à des accidents majeurs : ride de Villagrains, anticlinal d'Audignon et zone diapirique de Chalosse (BRGM *et al.*, 1974 ; Cahuzac *et al.*, 1995).

- A l'Aquitanien : Le stratotype de l'Aquitanien est défini dans le Bordelais (secteur de Saucats). Après la régression fini-Oligocène, la mer transgresse à nouveau rapidement vers l'Est au début de l'Aquitanien et atteint à son maximum la région agenaise (BRGM *et al.*, 1974). L'invasion de ce secteur est de courte durée et les dépôts de la trilogie agenaise se retrouvent à l'Est de Mont-de-Marsan. Les dépôts marins s'étendent jusque dans la région de Dax.
- Au Burdigalien : La régression amorcée durant l'Aquitanien se poursuit. Les dépôts du Burdigalien inférieur sont largement représentés sur tout le bassin et correspondent au stratotype de la région bordelaise (secteurs de Saucats et Léognan). Il existe une lacune importante jusqu'aux dépôts du Langhien, le Burdigalien supérieur marin n'est reconnu que dans le golfe de Saubrigues (Cahuzac *et al.*, 1995).

En Aquitaine, le Miocène moyen marin est généralement littoral et très fossilifère. Il est largement représenté dans le centre du bassin, jusque dans les environs de Lectoure (Gers). Les sédiments présentent des faciès très proches, indiquant des environnements peu profonds, situés entre les domaines shoreface et backshore. Les milieux plus profonds (étages circalittoraux et épibathyaux) se situent à l'Ouest, à proximité de la ligne de côte actuelle Au Sud, la transgression donne des contours très découpés et forme deux golfes, autour de Saubrigues et Orthez. A l'échelle du bassin, la reconstitution des limites exactes du Langhien et du Serravallien est difficile, du fait d'importantes érosions contemporaines et ultérieures. Ainsi, aucun dépôt langhien n'apparaît au Nord. Dans la partie la plus orientale, à l'Est de Mont-de-Marsan, le faciès caractéristique du Miocène moyen est la Formation des Sables Fauves, qui recouvre une vaste étendue, du département du Gers au bassin d'Arcachon. Ils affleurent de la Chalosse à la région de Lectoure à l'Est et sont connus par forages plus au Nord et à l'Ouest. Leur épaisseur moyenne est de 25 mètres et atteint un maximum de 40 mètres entre Mont-de-Marsan et Cazaubon (Dubreuilh *et al.*, 1995). La Formation des Sables Fauves doit être distinguée du faciès couramment décrit comme « sables fauves ». Ce dernier ensemble, fréquent en Chalosse, constitue en effet un groupe hétérogène de sédiments plus récents ayant pour principaux points communs une origine fluviatile et une couleur ocre (Crouzel, 1957 ; Capdeville, 1991).

Pour le secteur étudié, la Formation des Sables Fauves est essentiellement représentée par des sables et grès calcaires, jaunes ou roux, témoins de milieux littoraux. Ils contiennent de nombreux mollusques (notamment *Crassostrea*, *Glycymeris* et *Megacardita*), la microfaune y est rare et mal conservée. Certains dépôts marno-sableux, regroupés sous le terme de faluns, se caractérisent par une abondance et une variété plus élevées de leurs macro- et microfaunes.

La Formation des Sables Fauves repose le plus souvent en discordance régionale sur les molasses continentales du Miocène (trilogie agenaise et niveaux 1 à 7 des molasses de l'Armagnac). Le substratum peut également être constitué de terrains mésozoïques dans certains secteurs très structurés, comme les anticlinaux de Roquefort et Créon-d'Armagnac. Les Sables Fauves marquent la dernière transgression majeure de l'océan Atlantique en Aquitaine. A ces niveaux marins succèdent en conformité apparente les niveaux continentaux postérieurs (niveaux 8 à 17 des molasses de l'Armagnac) puis la Formation des Glaises Bigarrées datées du Messinien (faciès « pontiens »). Ils peuvent également être recouverts en discordance par des formations détritiques plus récentes, principalement pliocènes.

I.D TRAVAUX ANTÉRIEURS SUR LA FORMATION DES SABLES FAUVES

a Travaux anciens

Le terme de « Sables Fauves » est créé par **Jacquot** en 1870, qui place cette Formation dans « l'étage supérieur de l'Armagnac ». Dès ces premiers travaux, leur âge donne lieu à des débats.

Tournouër (1874) étudie en détails plusieurs coupes dans la région de Sos (Lot-et-Garonne) et dresse l'inventaire complet de la faune récoltée, dans laquelle il mentionne des restes de mammifères terrestres, qu'il rapproche de celles des sites de Sansan et Simorre (Gers). Il constate que les Sables Fauves constituent le remplissage d'une topographie accidentée. La comparaison de la faune marine avec celles du Bordelais et du bassin de la Loire lui permet de placer les Sables Fauves dans le Miocène moyen. **Dollfus** (1915) remet en cause leur position stratigraphique par rapport aux Molasses de l'Armagnac. Selon ses travaux, les Sables Fauves se rapportent à l'Helvétien et ravinent les molasses dans tout le secteur compris entre le Gers et la Baïse. Les terrains continentaux seraient donc anté-helvétiens et l'auteur situe les sites de Sansan et Simorre dans le Burdigalien, appuyant cette affirmation sur la malacofaune de Sansan. **Depéret** (1917) réfute la thèse de Dollfus par des arguments paléontologiques et stratigraphiques. Selon cet auteur, les gisements de Sansan et Simorre sont helvétiens et les Sables Fauves pratiquement contemporains de Sansan. L'érosion quaternaire est invoquée afin d'expliquer la disparition de la terminaison en biseau des sables marins dans la molasse continentale. **Astre** (1925) étudie les relations entre les dépôts marins et continentaux dans la région de Lectoure (Gers). Il constate que les Sables Fauves ravinent dans tous les affleurements connus les dépôts burdigaliens et même la base de l'Helvétien. L'auteur discute et réfute les hypothèses de **Répelin** (Répelin, 1920) qui prône, à l'instar de Depéret, un passage latéral des Sables Fauves à la molasse continentale. Astre distingue deux ensembles : d'une part le falun de Manciet, placé à la base de l'Helvétien, et d'autre part le faciès détritique des Sables Fauves, rapporté à un Helvétien plus récent.

b Travaux récents

Crouzel (1957, 1989) distingue deux faciès : le premier correspond au « Falun de Manciet » datant de l'Helvétien inférieur, le second correspond aux ensembles supérieurs

faciès (Sables Fauves *s.s.*), moins fossilifères et souvent meubles, rapportés au Tortonien. Cette attribution stratigraphique se base sur les observations effectuées dans la région de Manciet (Gers). Dans ce secteur, des marnes continentales séparent les deux unité marines et sont ravinées par la base des Sables Fauves *s.s.* Selon Crouzel, la sédimentation continentale a été continue dans le bassin d'Aquitaine jusqu'au Tortonien inférieur ; les Sables Fauves qui ravinent la série continentale sont donc nécessairement postérieurs à cette époque. **Ginsburg** (1967) révise les faunes de mammifères anciennement récoltées dans le secteur de Sos (Lot-et-Garonne) et Rimbez (Landes). Il prend pour principe que les ossements proviennent tous des carrières de Matilon et Lapeyrie, admet le synchronisme des Sables Fauves dans les différents affleurements et propose un âge helvétien inférieur, antérieur au niveau de Sansan. Il constate par ailleurs que les dépôts de Matilon se situent au pied d'une falaise taillée dans la molasse continentale du Burdigalien. **Magné *et al.*** (1985) proposent pour l'ensemble des Sables Fauves et le site de Sansan un âge correspondant au Langhien inférieur. Cette attribution s'appuie sur la comparaison des faunes de micro-mammifères et un âge numérique de 16,0 ± 0,3 Ma est obtenu par grade-datation de *Globigerinoides trilobus* (foraminifères planctoniques). **Aguilar et Michaux** (1995) réfutent cet âge numérique. En s'appuyant sur l'étude des rongeurs, ils placent les sables de la carrière de Matilon dans le Serravallien moyen ou supérieur. Par comparaison avec Sansan, les auteurs proposent un âge d'environ 15 Ma. **Cahuzac *et al.*** (1995) distinguent deux phases transgressives dans la Formation des Sables Fauves, l'une au Langhien et l'autre au Serravallien. D'après les nannofossiles calcaires, le falun bleu situé à la base des dépôts de Matilon se place dans les zones NN6-8 (Serravallien moyen à supérieur), le niveau est daté de 12,5 ± 0,6 Ma à partir du dosage isotopique du Strontium. Simultanément, une corrélation entre domaines continental et marin est proposée dans les faciès sableux de Matilon, les biozones MN 7-8 et NN 7-8 sont mises en parallèle (Duranthon et Cahuzac, 1995). **Rey *et al.*** (1997) définissent dans la région de Sos deux sous-unités dans les Sables Fauves : le Membre de Peyrecrechen correspondant aux dépôts langhiens et le Membre de Matilon correspondant aux dépôts serravalliens. Ils constatent l'encaissement des Sables Fauves les plus récents dans la molasse continentale burdigalienne.

c État des connaissances

Les travaux les plus récents portant sur la Formation des Sables Fauves ont mis en évidence deux phases transgressives majeures dans le domaine centre-aquitain au cours du Miocène moyen. La première invasion marine importante se situe dans le Langhien, la seconde dans le Serravallien. Dans le Nord et l'Ouest du bassin d'Aquitaine, les macro- et microfaunes sont bien documentées et ont été l'objet de révisions récentes. Ces études ont abouti à la révision de l'âge de nombreux gisements et à l'établissement d'échelles biostratigraphiques, à valeur régionale, basées sur les principales faunes benthiques. Au Sud et dans le domaine le plus oriental (secteur concerné par notre étude) les faciès très détritiques se prêtent mal à cette analyse, les microfossiles étant beaucoup plus rares et les affleurements difficiles d'accès. Les résultats contradictoires de différents travaux rendent compte de la difficulté de dater les dépôts. Les implications les plus importantes concernent les reconstitutions paléogéographiques, les domaines d'extension du Langhien et du Serravallien marins varient en fonction de l'âge attribué aux affleurements. Autant les limites des dépôts marins du Miocène moyen en général et de la Formation des Sables Fauves en particulier sont connues, autant les répartitions respectives du Langhien et du Serravallien restent à définir.

I.E. CADRE CHRONOLOGIQUE

a Âges numériques

Deux méthodes ont été employées afin d'obtenir directement des âges numériques dans les Sables Fauves. La première utilise le dosage isotopique du Strontium et le rapport $^{87}Sr/^{86}Sr$, la seconde, nommée grade-datation, se base sur l'évolution d'indices biométriques de la lignée *Globigerinoides trilobus* (foraminifère planctonique).

- **Rapport $^{87}Sr/^{86}Sr$** : Dans des milieux très côtiers, tels que ceux qui dominent dans la Formation des Sables Fauves, la concentration en Strontium des eaux est anormalement élevée par rapport au niveau de l'océan global, à partir de laquelle est construite la courbe de calibration utilisée dans l'estimation des âges. De plus, la courbe isotopique du Strontium est non-linéaire tout au long du Miocène moyen et les points sont très dispersés, rendant les estimations de l'âge très délicates (Hodell *et al.*, 1991 ; Hodell et Woodruff, 1994 ; Oslick *et al.*, 1994). Dans le cadre de notre étude, quatre datations ont été effectuées par D. Mercier (Ecole des Mines de Paris) à Sansot (p.25) et Matilon (p. 39). Les résultats obtenus sont cohérents dans le second cas et en désaccord avec les marqueurs biostratigraphiques dans le premier. Les données publiées par Duranthon et Cahuzac (1995) et Cahuzac et Tassy (1999) ne sont pas en accord avec nos données, aussi bien du point de vue des âges obtenus à partir du Strontium (Matilon) que du point de vue de la microfaune (Sansot). De même, il apparaît que, dans le secteur septentrional du bassin d'Aquitaine, les données concernant le dosage du Strontium dans les dépôts du Miocène moyen sont plus difficiles à interpréter que celles concernant des séries plus anciennes (Cahuzac et Turpin, 1999).
- **Grade-datation** : Les âges numériques sont déduits de l'évolution du rapport hauteur/largeur de l'ouverture principale des organismes de la lignée *Globigerinoides trilobus* (Gourinard, 1983, 1984 ; Magné *et al.*, 1985).Cette méthode a permis d'attribuer des âges numériques aux termes les plus orientaux des Sables Fauves, les plaçant tous dans le Langhien (Magné *et al.*, 1985). Cependant, à partir du Miocène moyen, la vitesse d'évolution de ce groupe ralentit fortement et la méthode devient inopérante (Gourinard, 1992). La comparaison avec la microfaune et les mammifères ultérieurement recueillis sur les affleurements de Sables Fauves grade-datés met en évidence des contradictions, notamment à Matilon (Aguilar et Michaux, 1995), et tend à privilégier les données issues des marqueurs biostratigraphiques classiques.

Devant les contradictions soulevées par l'application de ces méthodes aux dépôts du Miocène moyen, nous avons choisi de privilégier l'utilisation des marqueurs biostratigraphiques classiques (mammifères et foraminifères planctoniques) que nous considérons comme plus fiables.

b Les mammifères continentaux (Figure 5)

L'abondance de gisements continentaux en Aquitaine et les récoltes effectuées depuis le 19e siècle dans les niveaux marins (Antoine *et al.*, 1997 ; Duranthon et Cahuzac, 1997 ; Ginsburg et Bulot, 2000) permettent l'utilisation des échelles stratigraphiques basées sur les mammifères : zones MN *sensu* Mein (1975, 1990). Les corrélations et les datations basées sur les données mammalogiques sont facilitées par la proximité de gisements continentaux très bien documentés et utilisés comme niveaux-repères internationaux. C'est notamment le cas du site de Sansan (De Brujin *et al.*, 1992), situé dans la première partie de la zone MN6.

c Les nannofossiles calcaires (Figure 5)

Nos données étant trop fragmentaires, l'utilisation des nannofossiles calcaires comme marqueurs stratigraphiques est impossible. D'une manière générale, leur utilisation dans le Miocène moyen est délicate, du fait du découpage stratigraphique des zones NN *sensu* Martini (1970), qui ne trouve aucune correspondance avec les limites définies entre le Langhien et le Serravallien. Le cas de la zone NN5, située de part et d'autre de ces deux étages, est très significatif. Les travaux de Cahuzac *et al.* (1995) sur le bassin d'Aquitaine font apparaître la nécessité d'un calage stratigraphique préalable basé sur les foraminifères planctoniques.

d Les foraminifères planctoniques (Figure 5, Figure 6 et Figure 7)

L'intérêt majeur des foraminifères planctoniques réside dans leur valeur stratigraphique. En ce qui concerne la Formation des Sables Fauves, l'utilisation en parallèle de plusieurs échelles biostratigraphiques s'avère nécessaire (Bolli et Saunders, 1985 ; Iaccarino, 1985). En effet, les mêmes espèces ne sont pas utilisées dans les différentes zones géographiques prises comme références dans l'établissement d'un système de biozonation. De plus, l'extension stratigraphique d'une même espèce peut varier en fonction du domaine géographique concerné, voire d'un auteur à l'autre. Les espèces identifiées dans notre domaine d'étude (Annexe 1) ont une distribution chronologique souvent trop large pour permettre de différencier les dépôts langhiens des dépôts serravalliens. Ce phénomène est encore accentué par la rareté des foraminifères dans les environnements de plate-forme interne qui constituent la majorité des faciès rencontrés dans les Sables Fauves. A la difficulté que représente la rareté des foraminifères planctoniques dans les Sables Fauves s'ajoute le problème de la définition de la limite entre Langhien et Serravallien, qui est encore mal fixée (discussions dans Iaccarino, 1985 ; Berggren *et al.*, 1995). Elle est en relation avec la zone N9 *sensu* Blow (1969), située entre 15,1 et 14,8 Ma[1] et dont la base est reliée à l'apparition des premières *Orbulina suturalis*. Cette limite est fixée dans la zone N9 par Iaccarino (1985) et Bolli et Saunders (1985) ou à son sommet par Berggren *et al.* (1995) et Hardenbol *et al.* (1998).

En Aquitaine, la majorité des travaux ont adopté le premier point de vue. Ce repère correspond en effet à la disparition de *Praeorbulina* et l'apparition d'*Orbulina universa*. Plus précisément, trois parties sont à distinguer : un Langhien inférieur (zone N8) situé entre 16,4 Ma et 15,1 Ma[1], dans lequel ne se rencontre que *Praeorbulina* ; un Langhien supérieur (partie inférieure de N9, à partir de 15,1 Ma), dans lequel les dernières *Praeorbulina* sont associées aux premières *Orbulina suturalis* ; un Serravallien basal (partie supérieure N9, jusqu'à 14,8 Ma), dans lequel seule persiste *O. suturalis* accompagnée des premières *O. universa*. Etant donnée la très courte durée de la zone N9 (0,3 Ma), il est difficile de situer précisément le moment durant lequel *Praeorbulina* et *Orbulina* coexistent. Dans le bassin d'Aquitaine, l'essentiel des recherches menées n'a pas vérifié de façon claire la présence du groupe *Orbulina* dans le Langhien (notamment Szöts, 1968 ; Kieken, 1975 ; Müller et Pujol, 1979). Nos propres résultats vont dans ce sens, puisque nous n'avons jamais identifié simultanément *P. glomerosa* et *O. suturalis*. Par contre, les niveaux à *O. suturalis* ont été ponctuellement corrélés d'autres affleurements (Monge, Matilon), ayant livré *Globorotalia praemenardii* et *Orbulina universa*, marqueurs caractéristiques du Serravallien (zone N10 et suivantes).

Il existe toutefois des cas exceptionnels dans lesquels *O. universa* a été signalée simultanément avec *P. glomerosa* (Estévez *et al.*, 1985) sans que des remaniements aient été constatés. L'explication de cette coexistence pourrait résider dans l'intervention de facteurs éco-phénotypiques qui, dans des faciès littoraux (tels que ceux fréquemment rencontrés dans

[1] Datations absolues d'après Hardenbol *et al.* (1998).

les Sables Fauves), empêcheraient le développement ontogénique complet d'*Orbulina*, bloquant leur croissance à un stade morphologiquement très proche de celui de *Praeorbulina* (Bizon, 1985).
Enfin, les organismes assimilés à *Globoquadrina langhiana* ne revêtent dans notre étude aucune signification biostratigraphique. Ils décrivent simplement une morphologie particulière du groupe *Globoquadrina* et sont présents durant tout le Miocène moyen.

Sur la base d'une exclusion mutuelle toujours vérifiée, nous avons choisi d'utiliser comme marqueurs régionaux les groupes *Praeorbulina* pour le Langhien (zones N8 et base N9) et *Orbulina* pour le Serravallien (partie supérieure de la zone N9 et zones suivantes).

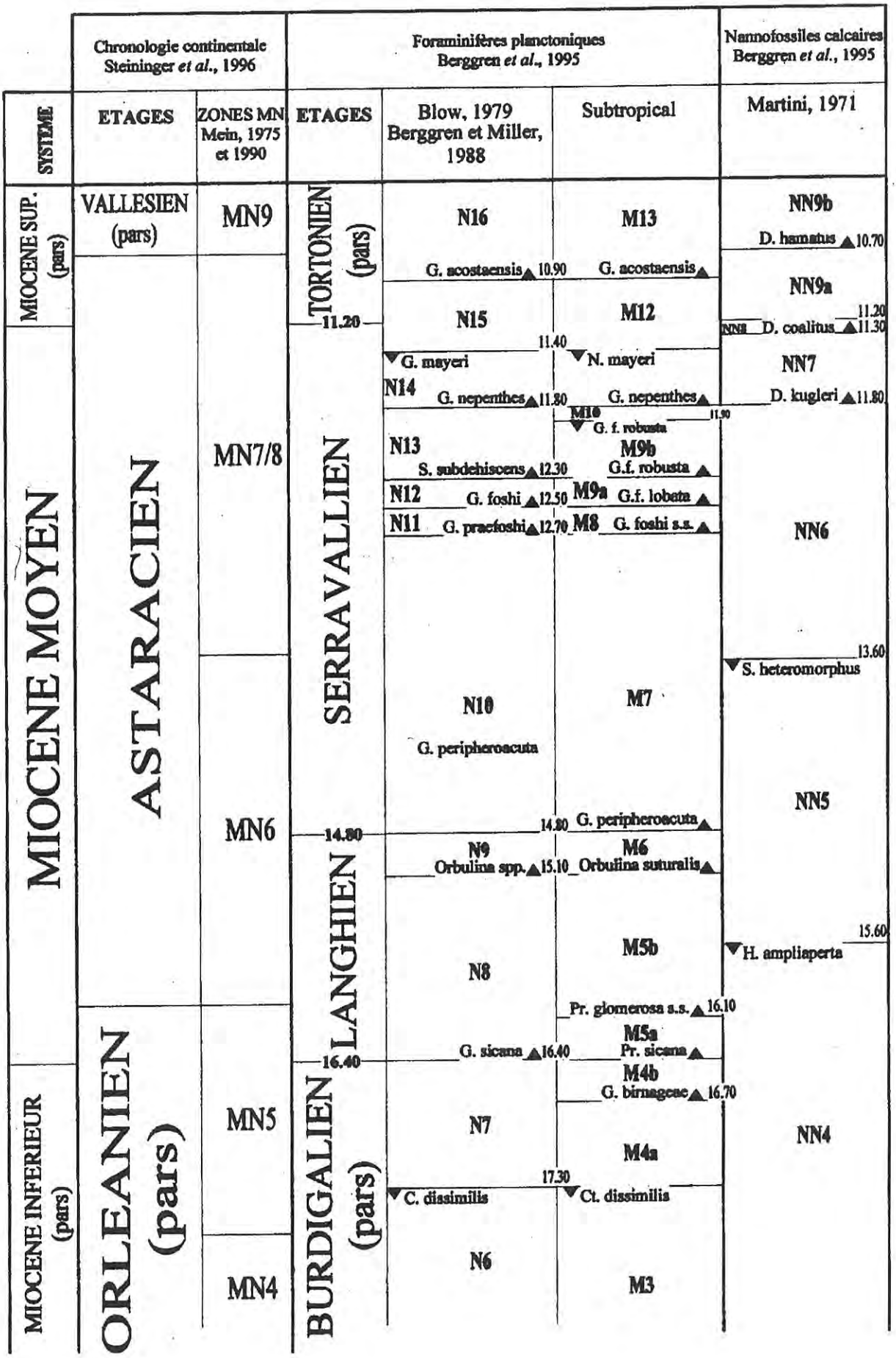


Figure 5 : Les principales échelles biostratigraphiques du Miocène moyen, d'après Berggren *et al.* (1995), Steininger *et al.* (1996) et Hardenbol *et al.* (1998).

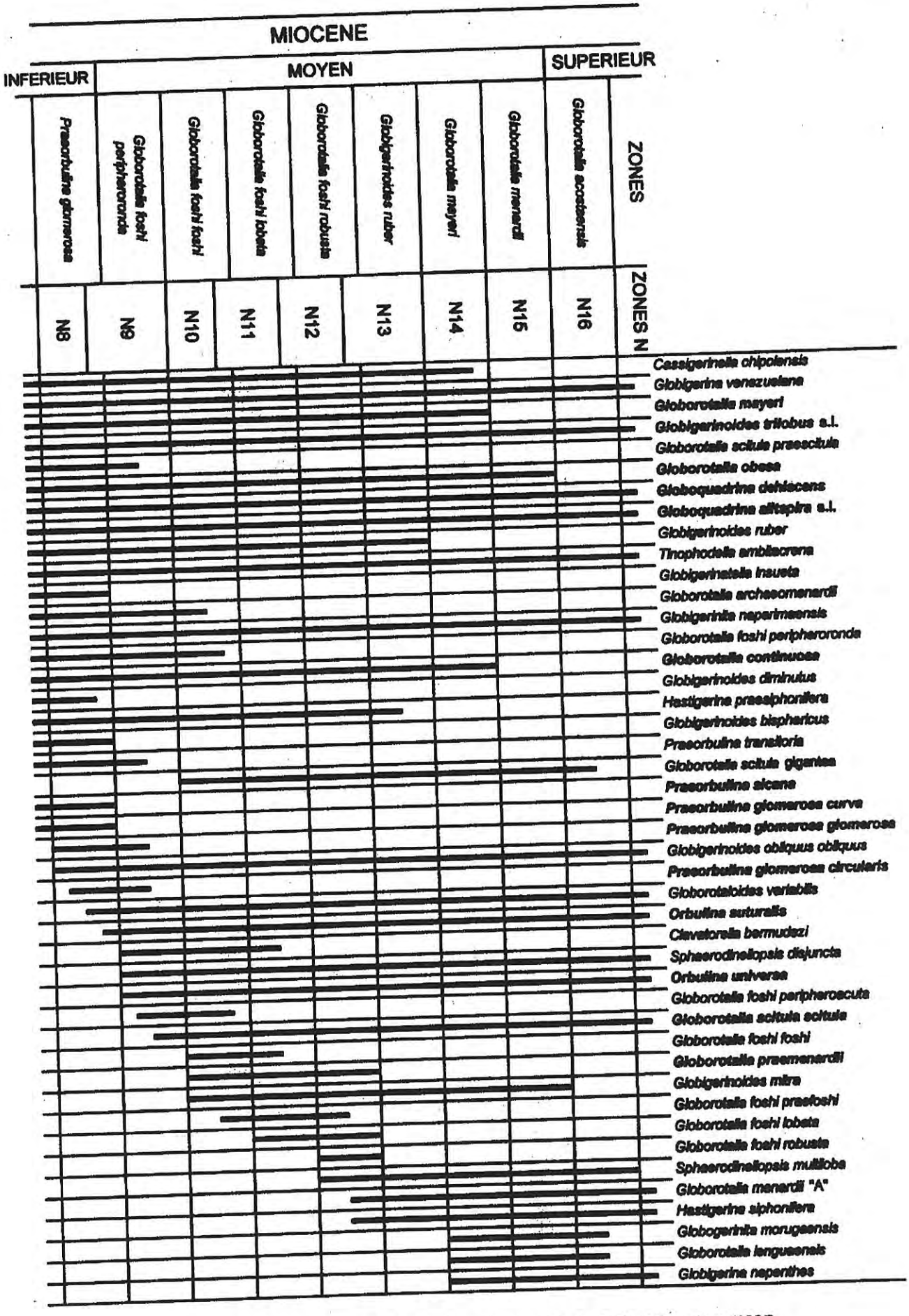


Figure 6 : Biostratigraphie du Miocène moyen, d'après Bolli et Saunders (1985).

Figure 7 : Biostratigraphie du Miocène moyen, d'après Iaccarino, 1985.

I.F MÉTHODOLOGIE

a Recensement des affleurements et échantillonnage

38 affleurements, répartis sur une zone d'environ 70 kilomètres de long sur 50 kilomètres de large, sont répertoriés dans notre travail. Ils ont tous été l'objet d'un examen sur le terrain, complété d'une revue bibliographique la plus complète possible. 33 coupes, dont certaines inédites, ont été relevées dans le détail et seront décrites au cours de cette étude. Les affleurements supplémentaires présentent en général des conditions d'affleurement très dégradées par rapport à leur dernière mention bibliographique. Dans ce cas, la description stratigraphique s'appuie sur les données les plus complètes, auxquelles viennent s'ajouter nos prélèvements et observations. Sur la totalité des affleurements, le contexte topographique a été vérifié, l'altitude des premiers dépôts marins a été relevée de façon précise grâce un altimètre électronique.

147 prélèvements ont été effectués sur l'ensemble des coupes. Les niveaux marneux ont été systématiquement étudiés en raison d'une meilleure conservation et d'une plus grande abondance du matériel paléontologique. Les lavages ont été effectués au Laboratoire de Dynamique des bassins sédimentaires de l'Université de Toulouse 3. Ce traitement a été appliqué à 132 échantillons (sables et marnes). Un premier examen a permis de tester le contenu paléontologique de chaque prélèvement et d'écarter les plus pauvres. Un volume moyen de 30cm^3 (correspondant aux refus de tamis compris entre les mailles 250 µm et 80 µm) a été examiné pour chaque échantillon retenu afin d'en recueillir la microfaune. Un traitement particulier a été réservé aux échantillons marneux concernés par la recherche de nannoplancton et de pollens.

L'aboutissement de ce travail est le suivant :

- Foraminifères benthiques : 43 prélèvements répartis sur 23 coupes ont livré des foraminifères benthiques. La détermination des foraminifères hyalins, assurée par J. MAGNÉ, a permis de reconnaître 26 espèces ou genres parmi les formes dominant les assemblages (Annexe 2).
- Ostracodes : ils ont été récoltés dans 20 prélèvements, répartis sur 14 coupes ; les déterminations ont été effectuées par B. ANDREU. Une trentaine de formes a été identifiée (Annexe 3).
-

L'objectif de ces récoltes n'est pas l'inventaire exhaustif de la microfaune des Sables Fauves, d'autant plus que ce dernier est déjà actuellement mené sur le Miocène moyen du bassin d'Aquitaine (Cahuzac *et al.*, 1993 ; 1996 ; 2000 ; Ducasse et Cahuzac, 1996 ; 1997). Dans le cadre de notre étude, il s'agit de caractériser les populations en donnant un aperçu de l'abondance et de la diversité des associations, à travers l'examen des espèces les plus fréquentes.

- Foraminifères planctoniques : globalement rares ou très rares dans les ensembles silicoclastiques, ils sont un peu plus fréquents dans les niveaux marneux, plus marins. En tout, 920 foraminifères planctoniques ont été identifiés, répartis en 10 genres et 22 espèces. Ils proviennent de 25 échantillons prélevés sur 15 affleurements (Annexe 1). Les déterminations ont été effectuées après un stage de 7 semaines dans le département de Géologie de l'Université de Malaga (Espagne). Elles ont été confirmées par F. SERRANO (Université de Malaga). Les photographies en microscopie électronique ont été réalisées dans le département de Recherche scientifique de l'Université de Malaga.

Les données concernant les foraminifères planctoniques de la Formation des Sables Fauves apparaissent parmi les mieux documentées actuellement. Ils revêtent donc une importante valeur, tant du point de vue des paléoenvironnements que de la biostratigraphie.

- Nannofossiles calcaires : sur 23 prélèvements analysés, seuls 3 ont livré du nannoplancton. Les déterminations ont été faites par H. FEINBERG (Ecole Normale Supérieure, Paris).
- Palynomorphes : 13 prélèvements sur 23 ont donné des résultats positifs. En ce qui concerne les dinoflagellés, 26 taxons sont présents, 10 pour les spores et 39 pour les pollens (Annexe 4). Les sédiments ont été préparés selon la méthode utilisée pour les sédiments à dominante minérale. Les carbonates et silicates ont été éliminés par l'action de l'acide chlorhydrique et de l'acide fluorhydrique, la matière organique a été dissociée par une base (KOH) diluée à chaud. Après concentration par centrifugation ou filtration, les pollens ont été étudiés en microscopie optique. Les déterminations ont été assurées par J. PAÍS (Université Nouvelle de Lisbonne, Portugal).

L'analyse des microfaciès a permis de compléter les descriptions sédimentologiques des coupes en précisant le contenu paléontologique des couches indurées ainsi qu'en décrivant les modalités de la diagenèse. Cette analyse a été faite à partir de 18 lames minces, taillées dans les faciès indurés (concrétions, lamines, bancs continus). Elles ont été réalisées au laboratoire de Dynamique des bassins sédimentaires et l'étude a été menée en collaboration avec C. LÉZIN (laboratoire de Dynamique des bassins sédimentaires, Toulouse 3).

b Dépôt du matériel

A l'issue de cette étude, afin d'assurer l'accessibilité aux données, les ossements seront regroupés avec l'ensemble le plus complet déjà existant, au Muséum d'Histoire naturelle de Toulouse. L'ensemble des lames minces et de la microfaune sera confié au laboratoire de Dynamique des bassins sédimentaires, Toulouse 3. Dans la plupart des cas, les cellules seront accompagnées d'un petit volume de sédiment préalablement lavé, en vue de vérifications ultérieures.

I.G DÉFINITION DES MILIEUX DE DÉPÔT (Figure 8)

Les faciès sédimentaires définissent différents milieux de dépôt caractérisés par leur position sur la plate-forme. La Formation des Sables Fauves représente des environnements littoraux peu profonds de plate-forme interne, parfois intermédiaire. Quatre principaux domaines marins ont été distingués, auxquels s'ajoutent localement des lithofaciès d'origine continentale.

- **Domaine offshore** : Seule la partie supérieure de ce domaine est connue sur les coupes étudiées, correspondant aux environnements les plus profonds mis en évidence. Ce domaine se place sous le niveau de base de l'action des vagues. La dynamique sédimentaire est dominée par les dépôts par décantation des particules les plus fines en suspension dans l'eau, à l'abri des variations de l'hydrodynamisme affectant les milieux plus côtiers. La profondeur à partir de laquelle se développe ce type de dépôts varie en fonction de l'intensité de la houle. Elle se situe généralement en dessous de 10 mètres, par exemple 12 mètres en Mer du Nord (Homewood *et al.*, 2000). Les dépôts du domaine offshore supérieur peuvent être affectés par les tempêtes. Ils sont alors remobilisés et ramenés vers la côte par washover (Inden et Moore, 1983).

- **Domaine shoreface** : La limite inférieure de ce domaine se situe au-dessus du niveau de base de l'action des vagues et marque le seuil de l'énergie d'avant-côte. Cette limite correspond à la profondeur à laquelle les courants (houle, dérive littorale) transportent du sable plus ou moins en permanence (Homewood *et al.*, 2000). Le domaine shoreface se compose d'environnements constamment immergés, la limite supérieure délimite la zone d'avant-plage.

- **Domaine foreshore** : Le domaine foreshore correspond à la plage. Du côté de la mer, la partie la plus basse correspond à la zone d'avant-plage, constamment immergée. Le secteur compris entre le niveau de basse mer et le niveau 0 forme le bas de plage, prolongé vers le continent par le haut de plage, situé entre le niveau 0 et le niveau de haute mer. Les dépôts sont sableux (cordon littoral) ou graveleux (grève) mais non vaseux, soumis au rythme des marées et au brassage des vagues.

- **Domaine backshore** : situé en arrière de la plage, il est divisé en deux parties : au-dessus du niveau de haute mer, il correspond aux milieux constamment émergés (dunes éoliennes par exemple) ; en arrière des cordons littoraux, il correspond aux baies marines protégées, où l'influence marine est restreinte. La salinité est anormale, les eaux étant sursalées ou saumâtres (estuaires). La sédimentation est en partie commandée par les apports fluviatiles, les dépôts sont sableux ou vaseux.

A partir de l'observation de l'ensemble des coupes, huit types de faciès se distinguent. Chacun est défini par une dynamique sédimentaire et des données paléoécologiques, dont le contenu est précisé en synthèse (p. 164). Ils sont baptisés du plus distal au plus proximal : OFF1, SH1, SH2, SH3, FOR1, FOR2, BAC1 et CON1 (Figure 8).

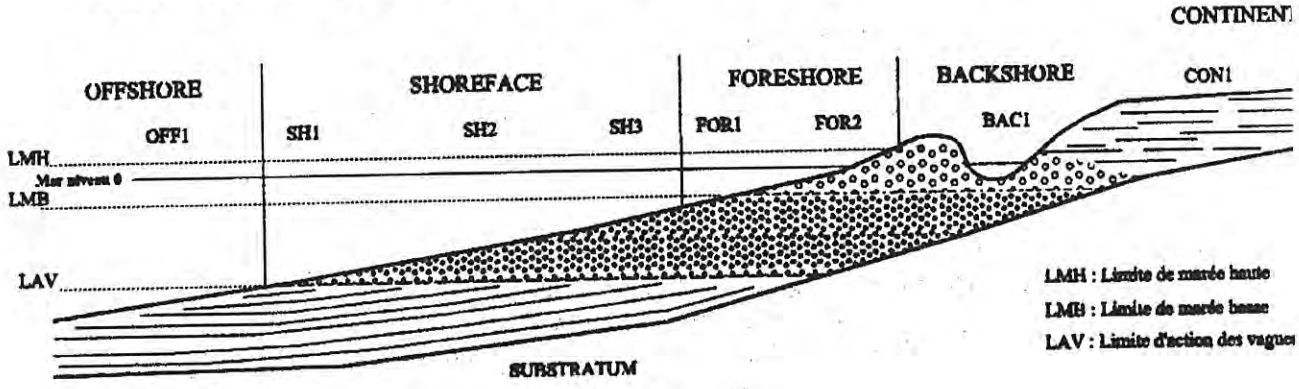


Figure 8 : Définition des principaux milieux de dépôt marins.

I.H DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE

La zone étudiée est divisée en deux domaines géographiques (Figure 9), chacun étant constitué de deux sous-unités. La limite schématique des deux secteurs principaux correspond à un axe Roquefort / Auch. Le domaine septentrional est séparé en deux zones, situées de part et d'autre d'un axe Eauze / Mézin. La première correspond au secteur Sos-Gabarret (secteur I), la seconde au secteur Condom-Lectoure (secteur II). Le domaine méridional est composé de deux zones, dont la limite schématique suit un axe Eauze / Salles d'Armagnac. La première zone correspond au secteur Manciet-Nogaro (secteur III), la seconde au secteur Estang – Salles d'Armagnac (secteur IV).

a Description stratigraphique

Chaque unité est caractérisée par des coupes de référence, l'étude stratigraphique est précisée par les observations issues des coupes annexes. L'examen de chaque secteur également complété par une série de données complémentaires, correspondant à des affleurements décrits par la bibliographie et à des affleurements secondaires, utilisés comme jalons géographiques.

b Corrélations stratigraphiques

A l'issue de l'étude de chaque secteur, des corrélations stratigraphiques sont effectuées, afin de relier les différents affleurements.

c Corrélations régionales

L'établissement de corrélations regroupant l'ensemble des coupes étudiées permet la caractérisation de la géométrie générale des dépôts langhiens et serravalliens.

d Synthèse des données

Notre travail aboutit au découpage séquentiel de la Formation des Sables Fauves, permettant de préciser la dynamique sédimentaire ainsi que le rôle des variations propres du niveau marin et des déformations d'origine tectonique dans l'organisation des dépôts. L'ensemble des données permet la restitution de l'extension du domaine marin au Langhien et au Serravallien. Les reconstitutions paléogéographiques sont complétées par les données paléoenvironnementales issues de l'étude du contenu micropaléontologique. Les résultats sont discutés.

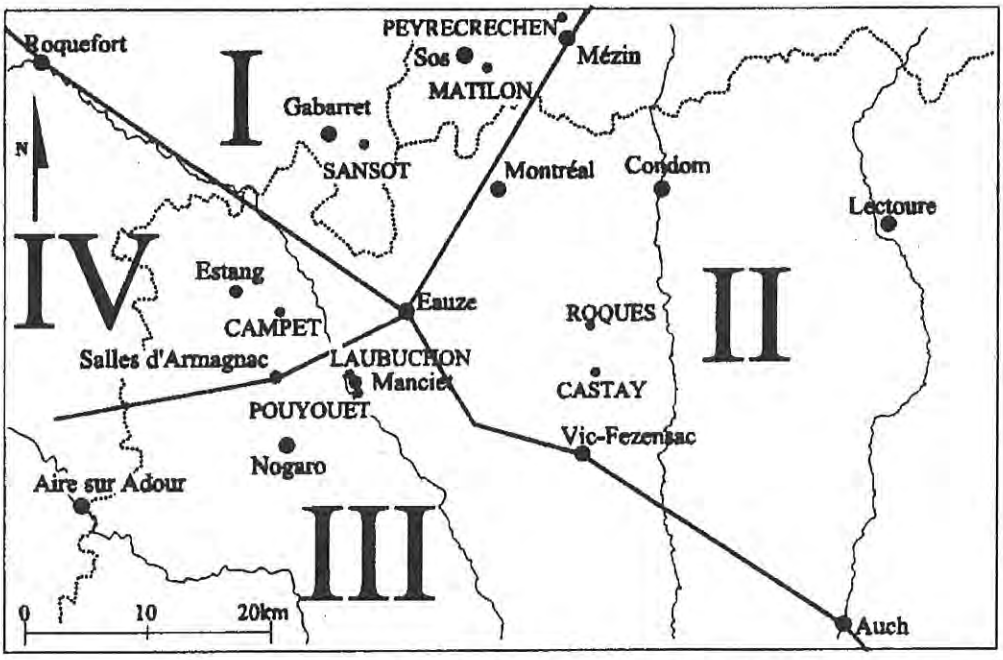
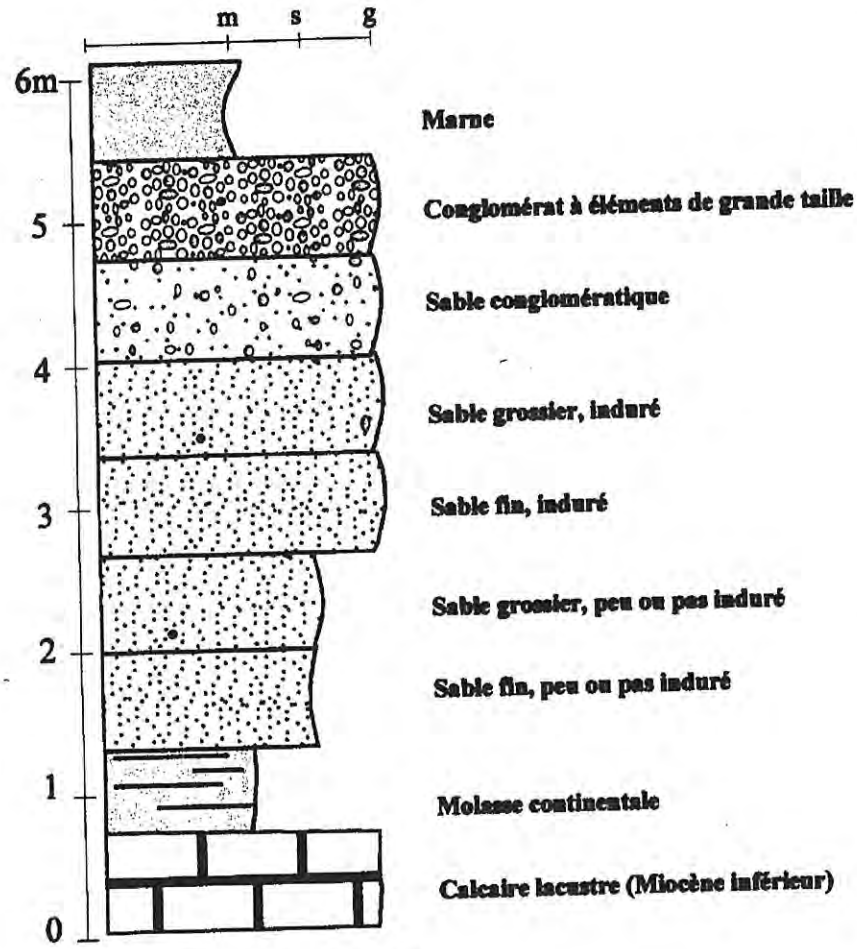


Figure 9 : Découpage géographique de la région étudiée. En lettres minuscules : villes repères ; en lettres majuscules : coupes de référence.

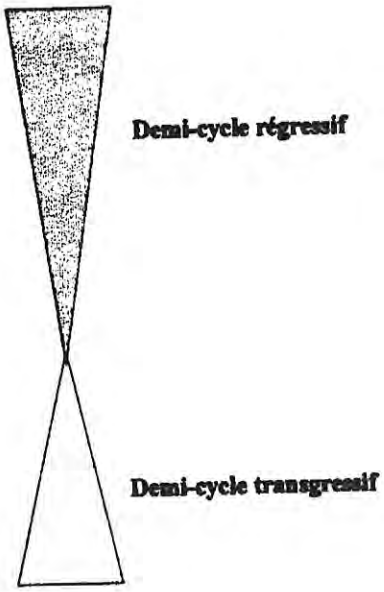
DESCRIPTION DES COUPES

LÉGENDE DES COUPES

DESCRIPTION STRATIGRAPHIQUE



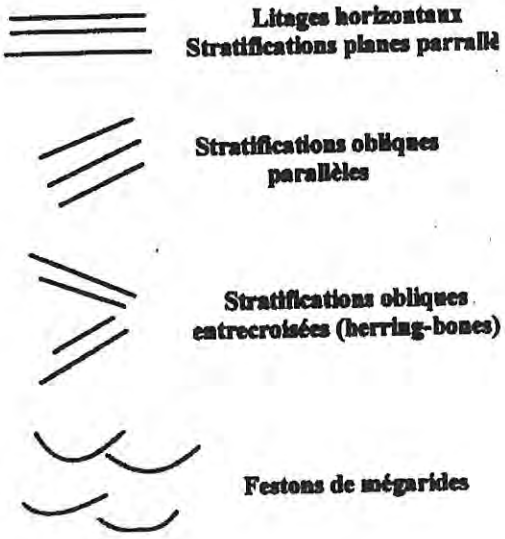
DECOUPAGE SEQUENTIEL



CONTENU PALEONTOLOGIQUE

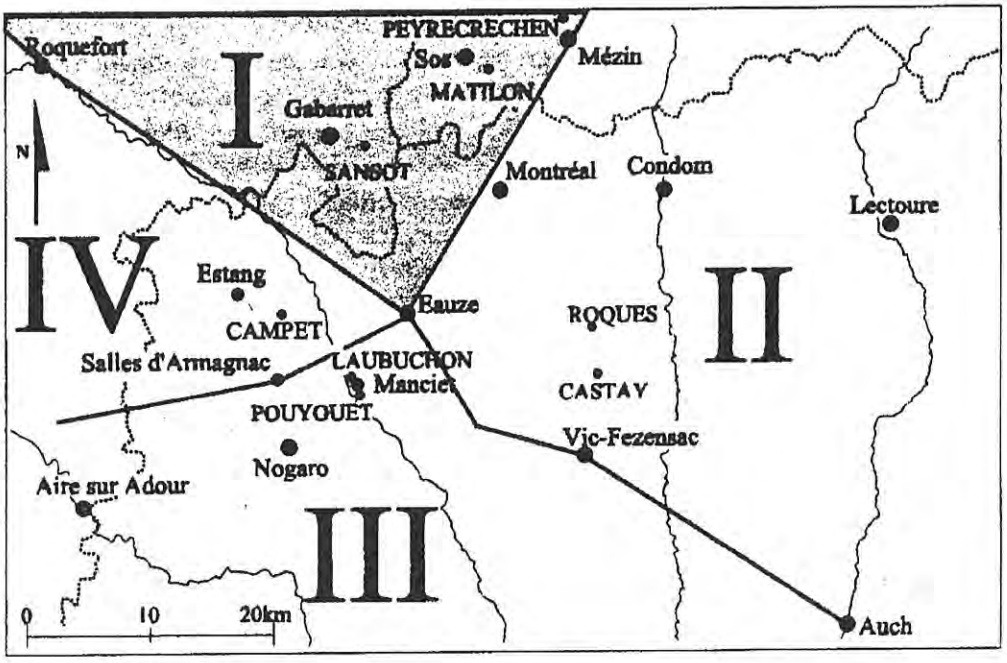
- **M** Etude du microfaciès
- Mammifères
- Echinodermes
- Palynomorphes (Spores, Pollens, Dinoflagellés)
- Microfaune benthique (Foraminifères, Ostracodes)
- Lamellibranches, Gastéropodes marins
- Terriers, bioturbations
- Foraminifères planctoniques
- Crassostrea en position de vie
- Crassostrea

PRINCIPALES STRUCTURES SEDIMENTAIR



II PARTIE SEPTENTRIONALE

II.A SECTEUR I (SOS – GABARRET)



II.A.1 COUPE DE SANSOT

a Situation géographique



La carrière de Sansot se trouve sur la commune d'Escalans (carte IGN 1/25000^{e}, Gabarret n° 1741 O). Remise en exploitation depuis 1995, elle se situe à 4 km au Nord-est de Gabarret, entre les lieux-dits Sansot et Maymie.

b Contexte topographique

Les dépôts marins affleurent à partir de 105 mètres d'altitude. La base des Sables Fauves n'a pas été atteinte dans la carrière et, selon l'exploitant, le bas de la formation sableuse se trouverait encore entre 8 et 10 mètres de profondeur, au contact du calcaire lacustre sous-jacent.

c Description stratigraphique (Figure 11)

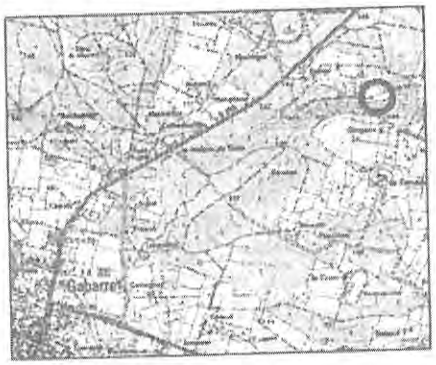
La série visible atteint une hauteur de 22 mètres, les niveaux du tiers supérieur de la coupe (niveaux 9 à 18) sont localement déformés. Ces structures sont interprétées comme marqueurs d'une activité tectonique.

- **Niveau 1** (visible sur 4,5 m) : Sable calcaire gris, à plaquettes et rognons gréseux et fins lits marneux. De grandes stratifications obliques subparallèles, espacées d'une cinquantaine de centimètres, sont visibles. Elles ont un pendage faible, de l'ordre de 10°, à peu près constant, et sont globalement orientées N80°E. Leur organisation interne consiste en des lamines épaisses d'une dizaine de centimètres, au pendage inverse et plus accentué. Les lits marneux sont très irréguliers, centimétriques et subhorizontaux. On observe de nombreuses bioturbations, sous la forme de tubes gréseux. De rares foraminifères planctoniques (*Globigerinoides* gr. *trilobus* et *Praeorbulina sicana*) et des foraminifères benthiques ont été identifiés : *Hanzawaia* sp., *Ammonia beccarii*, *Elphidiella falunica* et *Florilus boueanus*. Le nannoplancton est assez abondant mais peu varié : *Helicosphaera carteri*, *Reticulofenestra pseudoumbilica* et *Sphenolithus heteromorphus*.
  MICROFACIES : Grès immature à liant micritique. Il se caractérise par la présence de foraminifères planctoniques (*Globigerina* et *Globigerinoides*) ; de nombreux bioclastes sont ferruginisés, ce phénomène s'accompagne d'une micritisation et de la pyritisation d'une partie des éléments.

- **Niveau 2** (50 cm) : Conglomérat constitué d'éléments remaniés sous forme de galets gréseux centimétriques, roulés et perforés. La base du dépôt est irrégulière et érosive. Les fragments de coquilles retrouvés sont pour l'essentiel des *Crassostrea* et *Pecten*.
  MICROFACIES : Grès immature ; la cimentation est sparitique à microsparitique ; les cristaux sont isopaques et non fibreux ; les bioclastes, dont quelques uns sont en voie de micritisation, sont constitués de fragments de bivalves et d'échinodermes, autour desquels se développe un ciment syntaxique. Un épisode de diagenèse tardive cache les détails plus fins, les éléments apparaissant surtout sous forme de fantômes, du fait du « voile » formé par la calcite pœcelitique.

II.A.1 COUPE DE SANSOT

a Situation géographique



La carrière de Sansot se trouve sur la commune d'Escalans (carte IGN 1/25000e, Gabarret n° 1741 O). Remise en exploitation depuis 1995, elle se situe à 4 km au Nord-est de Gabarret, entre les lieux-dits Sansot et Maymic.

b Contexte topographique

Les dépôts marins affleurent à partir de 105 mètres d'altitude. La base des Sables Fauves n'a pas été atteinte dans la carrière et, selon l'exploitant, le bas de la formation sableuse se trouverait encore entre 8 et 10 mètres de profondeur, au contact du calcaire lacustre sous-jacent.

c Description stratigraphique (Figure 11)

La série visible atteint une hauteur de 22 mètres, les niveaux du tiers supérieur de la coupe (niveaux 9 à 18) sont localement déformés. Ces structures sont interprétées comme marqueurs d'une activité tectonique.

- **Niveau 1** (visible sur 4,5 m) : Sable calcaire gris, à plaquettes et rognons gréseux et fins lits marneux. De grandes stratifications obliques subparallèles, espacées d'une cinquantaine de centimètres, sont visibles. Elles ont un pendage faible, de l'ordre de 10°, à peu près constant, et sont globalement orientées N80°E. Leur organisation interne consiste en des lamines épaisses d'une dizaine de centimètres, au pendage inverse et plus accentué. Les lits marneux sont très irréguliers, centimétriques et subhorizontaux. On observe de nombreuses bioturbations, sous la forme de tubes gréseux. De rares foraminifères planctoniques (*Globigerinoides* gr. *trilobus* et *Praeorbulina sicana*) et des foraminifères benthiques ont été identifiés : *Hanzawaia* sp., *Ammonia beccarii*, *Elphidiella falunica* et *Florilus boueanus*. Le nannoplancton est assez abondant mais peu varié : *Helicosphaera carteri*, *Reticulofenestra pseudoumbilica* et *Sphenolithus heteromorphus*.
  MICROFACIES : Grès immature à liant micritique. Il se caractérise par la présence de foraminifères planctoniques (*Globigerina* et *Globigerinoides*) ; de nombreux bioclastes sont ferruginisés, ce phénomène s'accompagne d'une micritisation et de la pyritisation d'une partie des éléments.

- **Niveau 2** (50 cm) : Conglomérat constitué d'éléments remaniés sous forme de galets gréseux centimétriques, roulés et perforés. La base du dépôt est irrégulière et érosive. Les fragments de coquilles retrouvés sont pour l'essentiel des *Crassostrea* et *Pecten*.
  MICROFACIES : Grès immature ; la cimentation est sparitique à microsparitique ; les cristaux sont isopaques et non fibreux ; les bioclastes, dont quelques uns sont en voie de micritisation, sont constitués de fragments de bivalves et d'échinodermes, autour desquels se développe un ciment syntaxique. Un épisode de diagenèse tardive cache les détails plus fins, les éléments apparaissant surtout sous forme de fantômes, du fait du « voile » formé par la calcite pœcelitique.

- **Niveau 12a** (2 m) : Ensemble de corps sablo-marneux lenticulaires à stratifications obliques parallèles. L'aspect lenticulaire est dû à des biseaux entre surfaces de réactivation internes, des lambeaux marneux sont répartis irrégulièrement. Les foraminifères planctoniques (Tableau 1) sont caractérisés par la présence de *Praeorbulina* gr. *glomerosa* et sont dominés par *Globigerinoides* gr. *trilobus* ; ils sont associés à de fréquents foraminifères benthiques : *Ammonia beccarii Elphidiella falunica Elphidiella* cf. *vigneauxi, Elphidiella* sp., *Elphidium crispum Elphidium fichtelianum, Florilus boueanus, Florilus* cf. *commune, Heterolepa* sp., *Hanzawaia* sp. et *Stilostomella* sp. Le sable a livré des ostracodes : *Pokornyella* ?, *Paradoxostoma, Pontocythere* ? et *Leguminocythereis* ?

- **Niveau 12b** (1 m) : L'ensemble précédent est profondément entaillé par un chenal à remplissage marneux. Les huîtres en position de vie y sont très fréquentes. Quelques restes de siréniens ont été retrouvés, notamment des fragments de côtes.

- **Niveau 13** (50 cm) : Banc conglomératique et coquillier, à base fortement érosive. Les éléments du conglomérat sont issus du démantèlement sur place des bancs gréseux préexistants.

- **Niveau 14** (25 cm) : Marne sableuse beige, à lits horizontaux centimétriques. De très nombreux restes végétaux sont visibles. On distingue aisément des fragments de tiges et de feuilles rapportés à *Myrica* sp. Les spores et pollens sont très mal conservés, essentiellement représentés par les Gymnospermes (Tableau 2).

- **Niveau 15** (1,2 m) : Ensemble marno-sableux, non induré et disposé en stratifications horizontales.

- **Niveau 16** (25 cm) : Conglomérat dont la base est érosive, comparable au niveau 13.

- **Niveau 17** (20 cm) : Marnes marmorisées, de différentes couleurs allant du vert clair au rouge bordeaux, structures polyédriques.

- **Niveau 18** (50 cm) : Conglomérat coquillier à base érosive identique au niveau 13.

Le sommet de la coupe est un ensemble marneux marmorisé, observé sur environ 2 mètres de hauteur, au sein duquel on observe un chenal ravinant rempli de matériel sableux à évolution verticale granodécroissante. Il appartient à la Formation des « Glaises bigarrées », attribuée au Miocène supérieur.

d Faciès et milieux de dépôt

- **Faciès OFF1** (niveau 3) : Marne grise à cailloutis gréseux et microfaune diversifiée. La proportion élevée de foraminifères planctoniques évoque un milieu assez ouvert, dans lequel le matériel sablo-marneux s'est déposé par décantation, sous la limite d'action des vagues.

- **Faciès SH1** (niveaux 1, 5, 7 et base 9) : Sable assez fin, organisé en stratifications obliques angulaires à faible pente, évoquant une sédimentation dans des conditions hydrodynamiques moins intenses que les celles des autres milieux plus littoraux. Les

stratifications sont induites par un courant dominant venant de l'Ouest, donc du large. Ce courant peut avoir plusieurs origines : dérive littorale, houle, courants marins. Le biotope est infralittoral sans atteindre des profondeurs importantes (une vingtaine de mètres). Les données indiquent un milieu marin franc, au taux de sédimentation réduit.

- **Faciès SH2** (niveau 12 a) : Sable à stratifications obliques parallèles et nombreuses surfaces de réactivation. Il correspond à des rides de houle superposées (Johnson et Baldwin, 1996). La disposition lenticulaire est due à de fréquentes reprises sédimentaires traduisant un hydrodynamisme élevé. Les ostracodes indiquent un milieu intertidal à infralittoral interne. Les passées marneuses sont issues du démantèlement de dépôts formés en milieu plus ouvert. Ceci est corroboré par le caractère franchement marin de la microfaune recueillie (foraminifères benthiques abondants et foraminifères planctoniques).

- **Faciès SH3** (niveaux 2, 4, 6 et 8) : Conglomérat ou sable grossier à base érosive. Il se retrouve régulièrement tout le long de la série. La granulométrie grossière des éléments, leur arrondi ainsi que l'importante fragmentation des coquilles indiquent un milieu à l'hydrodynamisme élevé. Ces corps correspondent à des dépôts grossiers et coquilliers d'avant-plage en arrière de barres côtières ou tidales.

- **Faciès FOR1** (niveau 9) : Sable à *herring-bones structures*. Les stratifications entrecroisées témoignent de l'installation d'un milieu dominé par un courant bidirectionnel (Boothroyd, 1983). Ce régime de courant oscillant a donc disposé le sable en couches de directions opposées. Etant donné le caractère littoral de l'ensemble de la coupe, l'existence de mouvements pendulaires doit être attribuée à l'action des courants de marée.

  Faciès FOR2 (niveaux 10, 11, 13, 16 et 18) : Conglomérat à éléments fragmentés et roulés, microfaune appauvrie. Le contexte lagunaire des dépôts du sommet de la coupe tend à placer les dernier niveaux conglomératiques dans le domaine foreshore plutôt que shoreface. Ils sont considérés comme indices de washover ou d'épandages de chenaux de marée. Le niveau 10 s'est formé par diagenèse très précoce, en sub-surface, dans la zone phréatique par imbibition des pores du sédiment du niveau sous-jacent, dans la zone de battement des eaux douces et marines[2] : l'activité biologique mise en évidence caractérise une mer chaude très peu profonde (0 à 20 m). L'organisation en cristaux drusiques de la calcite et de la dolomite témoigne d'une diagenèse précoce. La dolomitisation au moins partielle, les croissances syntaxiales et la dissolution d'une partie des tests aragonitiques prouvent la présence d'eau douce en milieu phréatique où ces structures sont formées (Longman, 1980). La conservation partielle de l'aragonite indique que l'eau douce n'était pas la seule présente : l'eau de mer a également joué un rôle et protégé de la dissolution une partie des tests aragonitiques. Les cristaux de dolomite autour des grains de quartz confirment l'influence des eaux marines et douces.

- **Faciès BAC1** (niveaux 12b, 14, 15 et 17) : Marnes à nombreuses *Crassostrea crassissima*, pollens et restes végétaux. La lithologie implique un hydrodynamisme très

[2] Il faut remarquer que ces niveaux ne peuvent pas recevoir le nom formel de « *beach-rocks* ». En effet, d'après la définition stricte (Bernier et Dalongeville, 1996) la cimentation doit être dans ce cas formée par des cristaux aciculaires et salactitiques, dans un environnement vadose.

réduit, voire un dépôt de type vasière, à décantation dominante. La présence de d'huîtres bien conservées, souvent en position de vie témoigne d'influences saumâtres. Ces organismes euryhalins indiquent un environnement lagunaire à estuarien, sous l'influence de faibles marées ou en bordure de chenaux de marée remontant la zone d'estran des mangroves (Demarcq et Demarcq, 1989 ; Littlewood et Donovan, 1988). Les débris végétaux du niveau 14 et les marmorisations du niveau 17 prouvent la proximité du continent, sinon l'installation provisoire d'un environnement exondé en permanence ayant subi une pédogenèse.

e **Évolution des milieux de dépôt** (Figure 10)

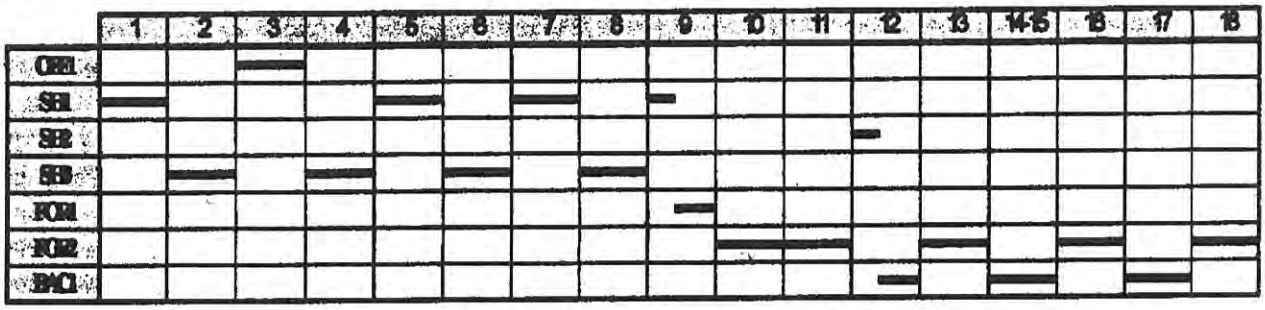


Figure 10 : Succession des milieux sur la coupe de Sansot.

Les niveaux sableux (1,5 et 7) de la première moitié de la coupe représentent les milieux les plus profonds en domaine shoreface. L'agencement en stratifications obliques figure des rides de vagues sur une plaine littorale à faible tranche d'eau et soumises à une dérive causée par un courant unidirectionnel. Un bref approfondissement permet l'installation d'un niveau marneux (niveau 3). La sédimentation est ponctuellement perturbée par une augmentation de l'énergie du milieu, qui a érodé le sommet des rides sableuses et provoqué la mise en place de niveaux conglomératiques (2, 4, 6 et 8), remobilisant une partie du matériel sous forme de galets. La présence de structures entrecroisées (niveau 9) indique ensuite une diminution de la tranche d'eau et l'installation d'un environnement directement contrôlé par les marées. Le banc gréseux à diagenèse précoce et le niveau qui lui est associé (niveaux 10 et 11) ainsi que les marnes situées au-dessus (niveaux 12, 14, 15 et 17) traduisent l'apparition de milieux au moins temporairement exondés, intertidaux à supratidaux, soumis à l'influence de l'eau douce. La partie supérieure de la coupe montre l'installation d'un chenal drainant des vasières, ravinant les lentilles de sable sous-jacentes (niveau 12a). Dans cet environnement très interne et protégé, les variations de faible amplitude de la tranche d'eau ou de l'énergie du milieu ont entraîné des changements sensibles de faciès. Ainsi, les niveaux conglomératiques supérieurs (13, 16 et 18) sont les témoins de tempêtes en domaine marin. Ils sont ramenés par washover dans le milieu de vie des colonies de *Crassostrea*, contenant des restes végétaux terrestres ou affecté par une marmorisation induite par une pédogenèse.

Les faciès passent d'un milieu infralittoral à un environnement intertidal puis très côtier, voire continental. L'examen de la coupe de Sansot révèle donc un processus de comblement progressif.

f **Découpage séquentiel**

La série peut être décomposée en six séquences de comblement : niveaux 1-2 ; 3-4 ; 5-6 ; 7-8 ; 9-11 ; 12-18. La succession traduit la diminution progressive de la tranche d'eau par comblement de l'espace disponible par progradation des dépôts. Ce processus ne s'effectue pas de façon linéaire. Chaque à-coup régressif entraîne la mise en place d'une séquence. Les

comblement de l'espace disponible par progradation des dépôts. Ce processus ne s'effectue pas de façon linéaire. Chaque à-coup régressif entraîne la mise en place d'une séquence. Les cinq premières sont granocroissantes (évolution *coarsening-up*). Le motif élémentaire est constitué par l'alternance de sable à stratifications obliques et de conglomérat. Chacune illustre un déplacement vers des milieux plus internes (*shallowing-up*), passant d'un milieu infralittoral à une zone de plage soumise à un brassage permanent. Au fur et à mesure de cette succession, les niveaux formant la base de chacune des séquences sont les témoins de milieux de plus en plus côtiers. La même hiérarchie et la même logique d'évolution en comblement, se retrouvent donc aussi bien à l'échelle de chacune des séquences élémentaires que dans leur succession sur la coupe. Elles caractérisent un environnement progradant, marin littoral à très côtier et s'intègrent dans un même demi-cycle régressif d'ordre supérieur.

g Âge des dépôts

La présence de *Praeorbulina sicana* dans le niveau 1 et *P. glomerosa* dans les niveaux 3 et 12 permettent de situer l'ensemble des dépôts dans les zones N8-9. Ce fait est appuyé par la présence *Sphenolithus heteromorphus* dans le niveau 1, situé dans les zones NN4-5.
Le *Zygolophodon turicensis* signalé par Cahuzac et Tassy (1999) dans la partie supérieure de la coupe doit dater des zones MN5 et MN6 *pars*, et non des zones MN7-8 comme il avait été envisagé dans un premier temps par ces auteurs. Cette espèce s'étendant de la MN4 (Burdigalien) à la MN9 (Tortonien), son association avec les foraminifères planctoniques et le nannoplancton tendrait à placer cet individu à la base du Miocène moyen.
Une série de datations a été tentée par dosage isotopique du Strontium dans les niveaux lagunaires supérieurs (D. Mercier, Ecole des Mines de Paris). Le premier rapport $^{87}Sr/^{86}Sr$ indique un âge de 13,1 Ma ± 0,72 sur une coquille de *Pecten*, alors que le second est aberrant (l'échantillon – un fragment de côte de mammifère marin – donne un âge dans l'avenir). Devant ces données contradictoires, aucun résultat n'a été retenu.

La présence de *Praeorbulina sicana* et de *P. glomerosa* dans différents niveaux ainsi que l'absence constante *d'Orbulina* permettent de placer l'ensemble de la série de la carrière de Sansot dans le Langhien (zone N8).

	SAN 3	SAN 12
Globigerina praebulloides Blow	6	-
druryi Akers	1	-
concinna	1	-
Globigerinoides gr. *trilobus* (Reuss)	19	13
Praeorbulina glomerosa (Blow)	5	2
Globigerinella obesa (Bolli)	2	-
mayeri (Cush. & Ellisor)	1	-
scitula Blow	1	-
Globigerinita juvenilis (Bolli)	1	-
Globoquadrina globosa Bolli	1	-
baroemoenensis (Le Roy)	12	5
langhiana Cita & Gelati	1	1
dehiscens (Ch. P. & Col.)	2	-
Effectif total	53	21

Tableau 1 : Foraminifères planctoniques de Sansot.

SAN 14		
POLLENS	Qté	%
Abietaceae	5	17,9
Pinaceae	5	17,9
Alnus	1	3,6
Castanea	1	3,6
Engelhardita	1	3,6
Quercus	8	28,6
Salix sp.	2	7,1
Tilia	1	3,6
Compositae	3	10,7
Graminae	1	3,6
TOTAL POLLENS	28	

Tableau 2 : Pollens du niveau 14 de Sansot.

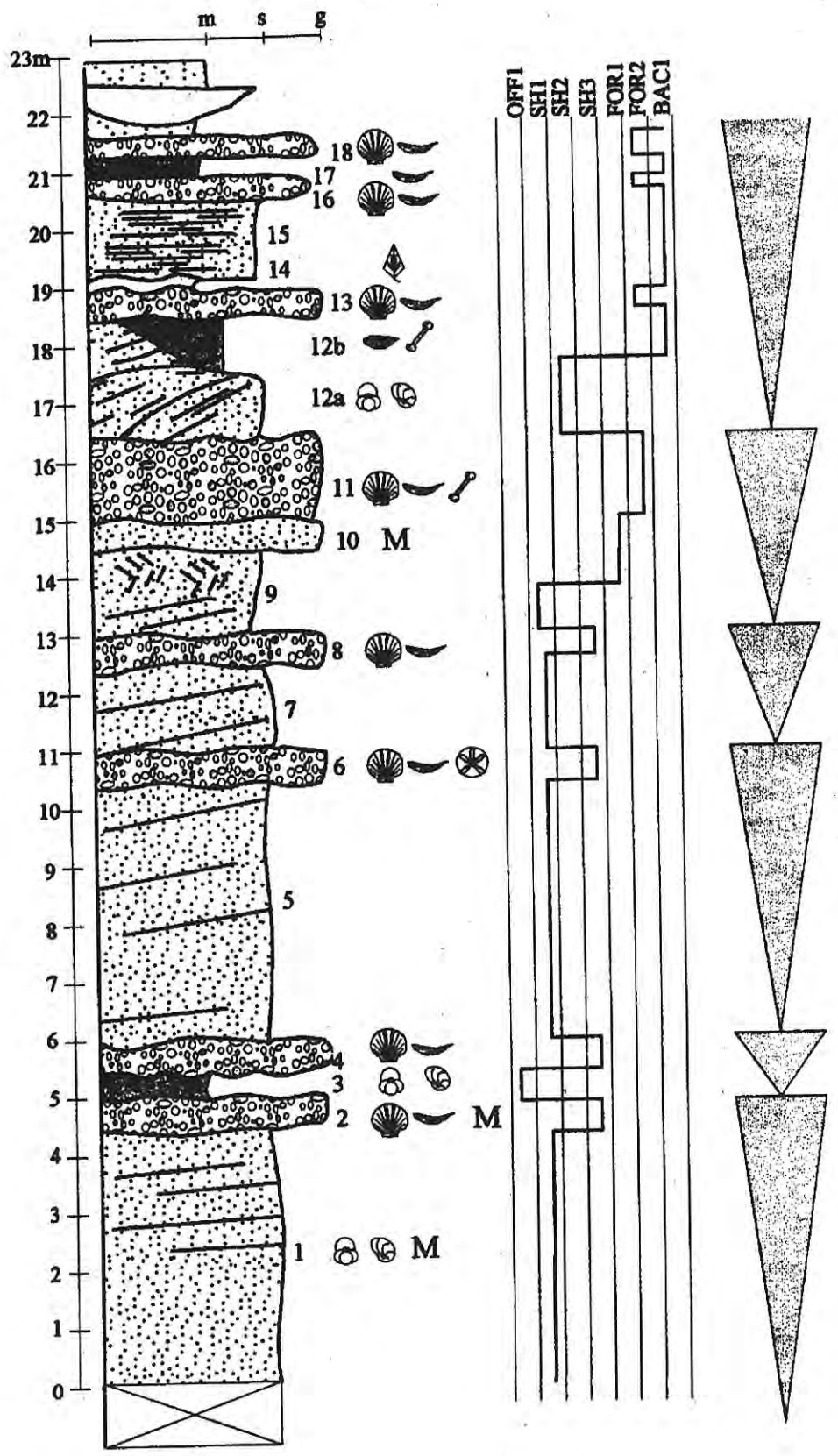
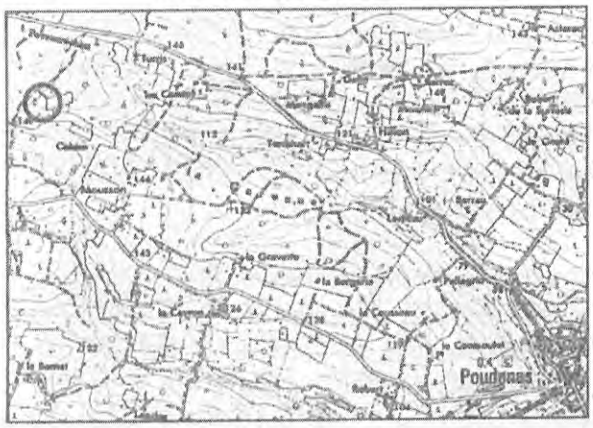


Figure 13 : Coupe de la carrière de Sansot.

II.A.2 COUPE DE PEYRECRECHEN

a Situation géographique



Il s'agit d'une ancienne carrière, longtemps perdue et récemment retrouvée par F. Duranthon et J. Rey (Rey *et al.*, 1997). Elle se situe dans un bois, 2500 mètres au Nord-ouest de Poudenas, entre les lieux-dits Turris et Cabiro (carte IGN 1/25000^{e} Mézin-Montréal, n°1741 E).

b Contexte topographique

Les sédiments marins reposent sur un banc calcaire appartenant aux molasses et calcaires de l'Agenais (Miocène inférieur), à une altitude moyenne de 150 mètres. Ces dépôts se rencontrent fréquemment dans tout le secteur, soit sous forme de placages résiduels, soit la plupart du temps sous forme d'altérites. On peut citer les environs de Cabalé, Cabiro et Menjoy.

c Description stratigraphique (Figure 12)

- **Niveau 1** (30 à 40 cm) : Conglomérat polygénique, dans lequel se retrouvent pour l'essentiel des fragments de calcaire lacustre du substratum ainsi que des galets gréseux, issus du démantèlement sur place des bancs marins péné-contemporains. Des fragments de coquilles de *Crassostrea* accompagnent ces éléments. La base est fortement érosive. Localement, ce niveau entaille très profondément le calcaire et forme alors des poches sableuses dans l'encaissant. De nombreux ossements de mammifères continentaux ont été mis au jour au 19ème siècle. Cette faune, récemment révisée par Duranthon et Cahuzac (1997), comprend *Dorcatherium naui*, *Lagomeryx parvulus*, *Procervulus dichotomus*, *Dicroceros elegans parviceros*, *Anchitherium aurelianense*, *Brachypotherium brachypus*, *Plesiaceratherium lumiarense*, *Prosantorhinus germanicus*, *Steneofiber depereti*, *Gomphotherium angustidens* et *Prodeinotherium bavaricum* ainsi que quelques restes de siréniens. Le nannoplancton est abondant mais peu diversifié. Nos prélèvements ont mis en évidence *Helicosphaera carteri*, *Reticulofenestra pseudoumbilica*, *Helicosphaera* sp. et *Sphenolithus* sp. Les foraminifères sont rares et souvent mal conservés. Les espèces benthiques les plus fréquentes sont *Ammonia beccarii* et *Elphidium crispum* ; ils sont accompagnés de *Nonion boueanum*, *Rotalia* sp. et *Heterolepa* sp. Les espèces planctoniques se résument à *Praeorbulina sicana* et *Globigerina* sp. (Rey *et al.*, 1997).

- **Niveau 2** (1 m) : Grès à ciment calcaire, peu induré. Les fragments de coquilles ne sont pas identifiables, excepté *Crassostrea*. Quelques grandes stratifications obliques ont été préservées. Ce niveau est recouvert par des placages sableux (altérites de Sables Fauves

ou dépôts éolisés de Sable des Landes). Une importante dissolution a entraîné la disparition de la microfaune.

d Faciès et milieux de dépôt

- **Faciès SH2** (niveau 2) : Grès à stratifications obliques parallèles, d'un pendage moyen de 15° vers l'Est. La composition de la microfaune, notamment la rareté des formes planctoniques, indique un environnement infralittoral interne. La taille élevée des grains, leur émoussé sont les témoins de reprises sédimentaires et indiquent des milieux de haute énergie. Les structures sédimentaires évoquent des cordons sableux à proximité immédiate du rivage, sous l'influence d'un courant de ressac ou de houle.

- **Faciès SH3** (niveau 1) : Conglomérat basal riche en restes de mammifères terrestres. Duranthon et Cahuzac (1997) citent : *Prodeinotherium bavaricum*, *Gomphotherium angustidens*, *Anchitherium aurelianense*, *Plesiaceratherium lumiarense*, *Prosantorhinus germanicus*, *Brachypotherium brachypus*, *Dorcatherium naui*, *Lagomeryx parvulus*, *Procervulus dichotomus*, *Dicroceros elegans parviceros* et *Steneofiber depereti*. La présence d'éléments de grande taille et roulés indique un milieu encore plus proximal et témoigne d'un brassage régulier et vigoureux sous une tranche d'eau réduite.

e Évolution des milieux de dépôt

Étant donnée la faible extension de cette coupe, le seul événement marquant dont elle témoigne est l'installation d'environnements marins sur des terrains continentaux plus anciens. Aucune évolution n'apparaît clairement, les deux niveaux identifiés indiquant seulement le passage d'un faciès littoral très grossier (niveau 1) à un faciès côtier, fréquemment rencontré dans la Formation des Sables Fauves (niveau 2).

f Découpage séquentiel

Des placages de Sables Fauves comparables à ceux de Peyrecrechen se retrouvent dans tous les alentours sur les points topographiquement les plus élevés, en position de plateau. Leur contact avec les calcaires de l'Agenais indique une surface de transgression assez régulière située à une altitude oscillant entre 145 et 150 mètres. Les deux niveaux de l'ancienne carrière peuvent être assimilés à une séquence d'approfondissement et font donc partie d'un demi-cycle transgressif.

g Âge des dépôts

La présence de *Praeorbulina sicana* permet de placer ce demi-cycle transgressif dans les zones N8, ce qui correspond au Langhien. Le même âge est obtenu à partir des mammifères continentaux, qui indiquent une position dans la zone MN5 (Duranthon et Cahuzac, 1997), placée en partie dans le Burdigalien terminal et à la base du Langhien (Figure 5).

L'association des marqueurs planctoniques et continentaux permet de placer la série de Peyrecrechen à la base du Miocène moyen, dans le Langhien (zones N8 et MN5).

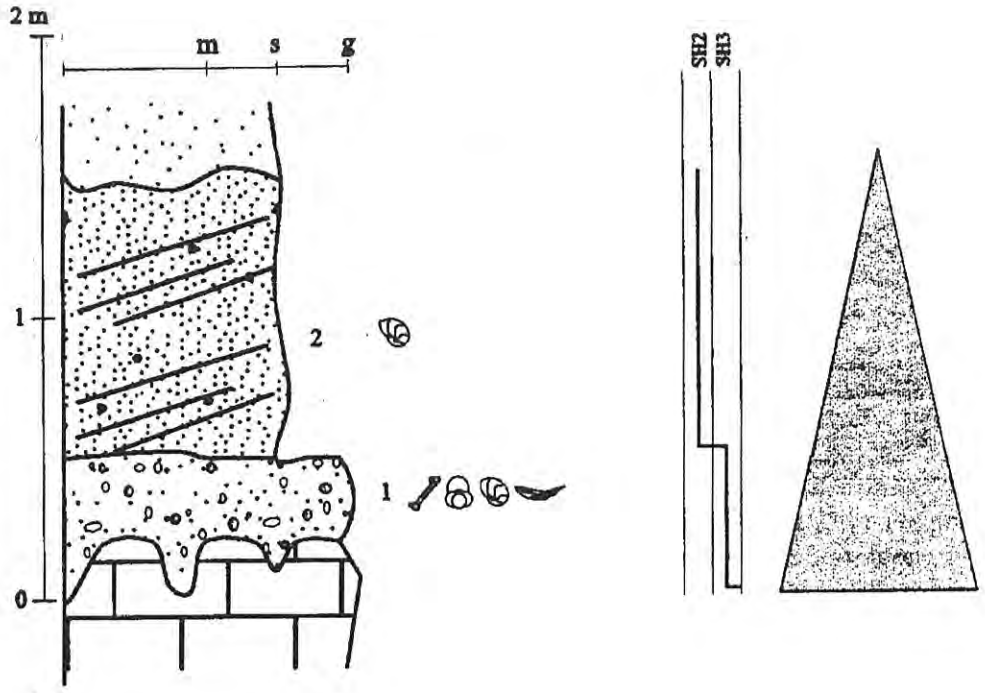
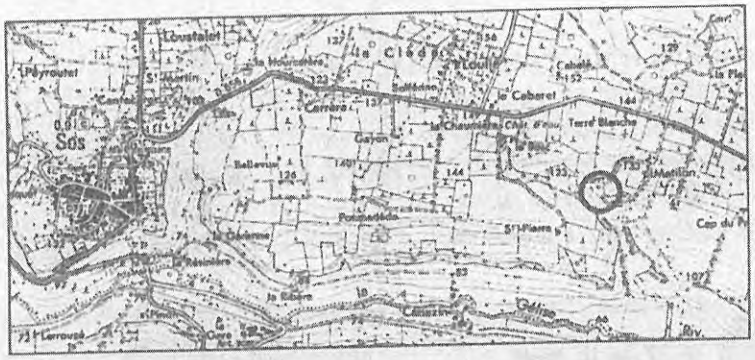


Figure 12 : Coupe de Peyrecrechen.

II.A.3 COUPE DE MATILON

a Situation géographique.



La carrière de Matilon est située 2300 mètres à l'Est du village de Sos, 500 mètres au Nord du fond de la vallée la Gélise, sur le versant nord oriental du vallon du Bosc (carte IGN 1/25000e Gabarret, n° 1741 O).

b Contexte topographique

Les Sables Fauves sont encaissés dans les calcaires et marnes de l'Agenais (Burdigalien), visibles dans le fond du vallon. Sur les versants environnants (notamment sur le coteau de Saint-Pierre), les molasses affleurent à la même altitude que le sable, indiquant le profond encaissement de la série marine au sein des terrains continentaux burdigaliens. Ce dispositif avait déjà été relevé par Tournoüer en 1874) (Figure 14). La base de la coupe affleure à 115 mètres d'altitude.

c Description stratigraphique (Figure 16)

La série marine s'étend sur une vingtaine de mètres d'épaisseur et sur plusieurs fronts de taille d'orientations variées. La coupe figure le faciès classique de la Formation des Sables Fauves.

- **Niveau 1** (40cm) : Falun coquillier bleu, très fossilifère et dont la macrofaune se compose essentiellement de *Chama* sp., *Arca* sp. et *Corbula* sp. La bonne conservation de la matière organique a permis de recueillir de nombreux palynomorphes (Tableau 3), au sein desquels les dinoflagellés et les Abietacées dominent. La microfaune est abondante et variée. Les foraminifères planctoniques les plus fréquents sont *Globigerinoides* gr. *trilobus* et *Globigerina* gr. *bulloides*, ils sont associés à *Orbulina universa* (Tableau 4). Le nannoplancton comprend *Sphenolithus heteromorphus* (sporadique), *Coccolithus pelagicus*, *Helicosphaera kamptneri*, *Helicosphaera carteri*, *Reticulofenestra pseudoumbilica*, *Sphenolithus moriformis*, Sphenolithus cf. *conicus* ainsi que des organismes remaniés du Crétacé et l'Eocène. Les principaux foraminifères benthiques sont *Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum*, *E* .sp., *Asterigerina planorbis* et *Florilus boueanus*.

Front sud de la carrière :

- **Niveau 2** (1m) : Sable coquillier, à plaquettes gréseuses, organisé en lentilles d'échelle métrique, délimitées par des surfaces de réactivation nettes, avec une pente de 15° à 20°, orientées vers le Sud-ouest. Cette orientation est soulignée dans la structure interne par l'imbrication des coquilles, parmi lesquelles on reconnaît *Pecten* sp. et de nombreuses *Crassostrea crassissima*, plus ou moins fragmentées.

- **Niveau 3a** (1m) : Sable grossier et coquillier, dont les figures sédimentaires et le contenu paléontologique sont comparables à ceux définis dans le niveau 2 sous-jacent.

- **Niveau 3b** (1m maximum) : Ensemble dont la granulométrie, l'organisation et le contenu paléontologique sont identiques à celles du niveau 2. Le sommet est une surface convexe, préservée de toute reprise sédimentaire postérieure.

- **Niveau 3c** (30cm) : Sable fin et meuble, azoïque, contenant des galets marneux et disposé en stratifications planes parallèles. A la suite de circulations tardives de l'eau, les oxydes de fer ont créé une coloration rouille, formant des cercles concentriques (anneaux de Lisegand).

- **Niveau 4a** (75 cm) : Couche ayant les mêmes caractéristiques que le niveau 3a, sa base est fortement érosive, son sommet est une surface convexe, préservée de toute reprise sédimentaire postérieure. Nous y avons récolté un unciforme d'*Aceratherium* cf. *incisivum*. Après examen d'une grande quantité de sable (environ 70 cm^3), il a été possible d'identifier quelques foraminifères planctoniques (Tableau 4) ; les foraminifères benthiques, mal conservés, correspondent surtout à *Ammonia beccarii*, *Cibicides lobatulus*, *Florilus* sp. et *Elphidium* sp. ; de rares ostracodes sont présents : *Falunia*, *Leguminocythereis* et *Cytheretta* ?

- **Niveau 4b** (25) : Sable fin et meuble, identique à celui du niveau 3c.

La suite de la série, qui représente une douzaine de mètres, consiste en une alternance de sables grossiers et de niveaux continus de grès cimentés par une diagenèse précoce. Le dernier tiers de la coupe (à partir de la lacune d'observation) a été relevé sur le front de taille au Nord de la carrière.

- **Niveaux 5a, 6a, 7, 8a, 9a et 10** : Les sables grossiers contiennent de nombreux fragments de coquilles qui ne sont pas pour la plupart identifiables, excepté des valves de *Crassostrea crassissima*. Plusieurs auteurs signalent des restes de mammifères : Magné *et al.* (1985), Aguilar et Michaux (1995) ou Rey *et al.* (1997). La révision la plus récente se trouve dans Duranthon et Cahuzac (1997). En plus de *A.* cf. *incisivum*, ces auteurs mentionnent : *Megacricetodon fournasi*, *Megacricetodon minor*, *Democricetodon* aff. *affinis*, *Democricetodon gaillardi*, *Prolagus oeningensis* et *Heteroxerus grivensis*. Les dépôts bioclastiques représentent un des faciès les plus fréquents des Sables Fauves : de grands corps lenticulaires, délimités par des surfaces de réactivation et organisés en stratifications obliques orientées vers le Sud-ouest. Ces structures sont orientées vers le Nord-est et sont soulignées par les plaquettes gréseuses. La base des niveaux est érosive, leur épaisseur est à peu près constante, variant de 1,8 à 1,5 mètre. Seul le niveau 9a est plus fin, puisqu'il ne mesure que 1 mètre. Ce banc possède une autre particularité : il contient des blocs de calcaire lacustre anguleux dont la taille varie de 40 à 60 centimètres et qui portent sur toutes leurs faces des perforations causées par des organismes lithophages du type *Pholades*. Enfin, le sommet du niveau 10 présente une structure en auge, indiquant une phase de chenalisation.

- **Niveaux 5b, 6b, 8b et 9b** : Grès conglomératique à base érosive, tronquant les corps sableux sous-jacents. Ces corps sont discontinus et se relaient pour former des horizons à peu près réguliers. On constate une stratodécroissance dans leur distribution le long de la

coupe. Leur épaisseur maximale évolue de 80 centimètres pour le niveau 5b à 40 centimètres pour le niveau 9b.

MICROFACIES (niveau 5b) : L'étude du microfaciès montre qu'il s'agit d'un conglomérat à liant sparitique et microsparitique ; localement, des plages de ciment stalactitique (en pendants) apparaissent ; une diagenèse tardive a provoqué le remplacement intégral par de la calcite pœcelitique ; les lithoclastes sont d'origine très variée, traduisant des apports détritiques depuis le domaine continental ainsi que des remaniements intraformationnels ; les grains de quartz sont relativement rares, quelques feldspaths plagioclases sont visibles, de nombreux clastes sont constitués de galets micritiques ; les bioclastes sont nombreux et variés : fragments de bivalves, d'échinodermes (accompagnés de ciment syntaxique), bryozoaires ainsi que quelques foraminifères benthiques, dont des miliolidés ; de nombreux pelletoides et oncoides d'origine bactérienne sont visibles

La lacune d'observation notée sur la coupe indique un replat à l'intérieur de la carrière, occupé par une mare. Ginsburg a eu l'occasion de déterminer la nature exacte de cette rupture, lorsque la carrière était encore en exploitation (Ginsburg, 1967). Il s'agit d'un pointement de marnes et calcaires de l'Agenais, terrains continentaux du Miocène inférieur (Figure 15). L'auteur a alors interprété le remplissage comme un dépôt en pied de falaise. Cette morphologie n'apparaît plus aujourd'hui, les seuls témoins restent les blocs de calcaire emballés dans le niveau 9a. Les perforations visibles sur toutes leurs faces attestent de leur déplacement par la dynamique marine. La présence de ces blocs atteste donc d'un paléorelief formé par l'incision du substratum des Sables Fauves.

d Faciès et milieux de dépôt

Le contexte topographique indique un dispositif de vallée très encaissée, aux bords localement abrupts, ennoyée par la mer. L'omniprésence des huîtres ainsi que la rareté de formes franchement marines témoignent du caractère littoral de l'ensemble des dépôts sableux. La taille importante de la fraction clastique ainsi que son arrondi et la fragmentation des coquilles indiquent un régime hydrodynamique généralement élevé.

- **Faciès OFF1** (niveau 1) : Marne au contenu macro- et micropaléontologique abondant et varié. La nature de la microfaune (nannoplancton, dinoflagellés, foraminifères planctoniques) indique un milieu marin ouvert, avec un faible taux de sédimentation. La présence de bivalves tels que *Chama* sp. indique toutefois une tranche d'eau modérée.

- **Faciès SH2** (niveaux 2, 3a, 3b, 3c, 4a, 4b, 5a, 6a, 7, 8a, 9a et 10) : Sable à stratifications obliques parallèles formant des structures lenticulaires. Il concerne la totalité des grands corps sableux. La pente des surfaces de réactivation et l'imbrication des coquilles d'une part et l'orientation des stratifications obliques d'autre part indiquent des directions opposées. Ces structures évoquent des vagues de sable induites par un courant bidirectionnel, orienté Sud-ouest - Nord-est. La prépondérance des pendages vers le Sud-ouest indique une ouverture vers le domaine externe dans cette direction. Ces éléments permettent de conclure à un milieu de dépôt littoral soumis à un courant de jusant dominant (Johnson et Baldwin, 1996). Les structures à la base de la coupe (ensembles 3 et 4) ont été totalement préservées de l'érosion. Elles forment des mégarides symétriques dont le sommet est scellé par une couche de sable fin (niveaux 3c et 4b), marquant une baisse temporaire de l'hydrodynamisme (Houthuys et Gullentops, 1988).

- **Faciès FOR2** (niveaux 5b, 6b, 8b, 9b et 10) : Conglomérat à éléments allochtones, très roulés et à cimentation en pendants. Le milieu le plus proximal est représenté par ces

barres lithifiées. La chenalisation du sommet du niveau 10 peut traduire une diminution d'épaisseur de la tranche d'eau, qui aurait entraîné l'érosion de ce corps sableux. Les nombreux pelletoides et oncoides traduisent une intense activité bactérienne sous une très faible tranche d'eau. La présence de matériel allochtone dans le conglomérat indique une source d'apports continentaux, la cimentation en pendants témoigne d'une diagenèse partiellement située en domaine vadose, indiquant une émersion sporadique.

e Évolution des milieux de dépôt (Figure 13)

La transgression est marquée par le niveau de falun argileux, relativement profond, situé à la base de la coupe. Les sables de Matilon illustrent un processus de comblement progressif par pulsations. Les dépôts évoluent rapidement d'environnements littoraux peu profonds vers des milieux situés dans le domaine de battement des marées. Ce phénomène se répète cinq ou six fois le long de la série.

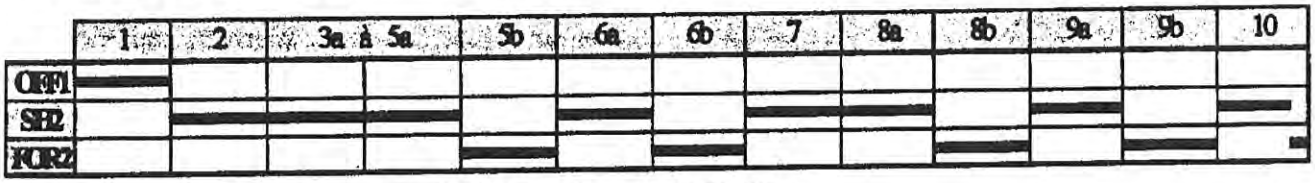


Figure 13 : Succession des milieux de dépôt sur la coupe de Matilon.

f Découpage séquentiel

Le falun situé à la base des dépôts marque une remontée du niveau marin relatif et entraîne l'installation d'un milieu marin sur le substratum continental ; ce niveau constitue une séquence élémentaire d'approfondissement. Le reste de la série est agencé en cinq (peut-être six) séquences élémentaires de comblement organisées de la même façon. A l'échelle de la coupe, le même motif sédimentaire se répète, avec un niveau à stratifications obliques parallèles (faciès SH2) surmonté d'un conglomérat (faciès FOR2). Cette alternance illustre la tendance au comblement qui se traduit par la stratodécroissance des niveaux sableux et par l'augmentation de l'épaisseur des bancs lithifiés, en relation avec une persistance de plus en plus longue des faciès partiellement émergés.

La coupe de la carrière de Matilon représente donc un cycle transgression-régression (cycle T-R). Le demi-cycle transgressif est représenté par une seule séquence élémentaire d'approfondissement (niveau 1), le demi-cycle régressif par au moins cinq séquences élémentaires de comblement (niveaux 2-5b, 6a-6b, 7-8b, 9a-9b, 10).

g Âge des dépôts

Cette coupe est l'une des mieux documentée en ce qui concerne la datation de la Formation des Sables Fauves. L'identification d'*Orbulina universa*, qui apparaît dans la zone N10, place le niveau 1 dans le Serravallien. La présence simultanée de *Sphenolithus heteromorphus* indique une position dans la moitié supérieure de la zone NN5, dans le premier tiers du Serravallien. Ces résultats tendent à vieillir ce niveau en comparaison avec d'autres travaux menés sur le même site. Ainsi, Cahuzac *et al.* (1995) le situent dans les biozones NN7-8 (Serravallien final) avec comme arguments l'absence dans leurs prélèvements de *Sphenolithus heteromorphus* et la présence de *Helicosphaera walbersdorfensis*. Les autres espèces

identifiées ne contredisent pas l'attribution à la moitié supérieure de la zone NN5[3]. La mention de *Praeorbulina* gr. *glomerosa* dans le niveau 1 (Magné *et al.*, 1985 ; Rey *et al.*, 1997) est en contradiction avec les autres données. Il semble que cette attribution soit en relation avec des facteurs environnementaux. Les organismes concernés seraient en fait des formes particulières de *O. universa*, dont la croissance aurait été bloquée à un stade morphologiquement très proche de celui de *Praeorbulina* (Bizon, 1985 ; p. 12). L'ensemble des recherches effectuées sur les marqueurs planctoniques place donc le falun de Matilon dans le Serravallien.

Dans le cadre de notre étude, deux datations isotopiques basées sur le rapport $^{87}Sr/^{86}Sr$ (D. Mercier, Ecoles des Mines de Paris) dans le falun sont en accord avec les marqueurs planctoniques, les mesures indiquent un âge de 13,1 ± 0,72 Ma (sur *Astarte incrassata*, 2σ en première approximation) et 13,3 ± 0,72 Ma (sur *Chama* sp., 2σ en première approximation. La même méthode employée par Cahuzac *et al* .(1995) sur *Chama* sp. semble en faveur d'un âge plus récent, puisqu'elle indique un âge de 12,5 ± 0,7 Ma (2σ). Les intervalles de confiance définis pour chaque mesure se chevauchent et ne sont donc pas contradictoires. Les divergences peuvent s'expliquer par les concentrations en Strontium anormalement élevées des eaux marines à proximité du domaine continental. Devant ces résultats contradictoires, il nous paraît important de privilégier les datations issues des données biostratigraphiques, qui placent le niveau 1 dans la partie inférieure du Serravallien.

En ce qui concerne les dépôts sableux, l'association de *Megacricetodon fournasi* et *Aceratherium* cf. *incisivum* indique une position au sommet de la zone MN7-8, base MN9 (Duranthon et Cahuzac, 1997). Ceci correspond à la partie supérieure du Serravallien.

Les différents marqueurs biostratigraphiques de Matilon (foraminifères planctoniques, nannofossiles calcaires et mammifères) s'accordent donc pour placer le falun basal dans le premiers tiers du Serravallien (zone N10) et les Sables Fauves de la carrière dans la moitié supérieure du Serravallien (sommet zone MN7-8, base MN9).

[3] Les auteurs considèrent *H. walbersdorfensis* comme ordinairement limitée à l'intervalle NN6-7, base NN8 mais admettent qu'elle apparaît antérieurement et estiment qu'elle n'est pas en quantité significative avant la partie supérieure de la NN5, notamment dans le domaine méditerranéen (Fornaciari *et al.*, 1996).

MAT1		
DINOFLAGELLES	**Qté**	**%**
Achomosphaera sp.	33	38,8
Apteodinium australiensis	8	9,4
Batiacasphaera sphaerica	2	2,4
Hystrichosphaeropsis obscura	3	3,5
Hystrichokolpoma rigaudiae	3	3,5
Impagidinium patullum	2	2,4
Lingulodinium machaerophor	13	15,3
Operculodinium centrocarpur	1	1,2
Operculodinium piaseckii	1	1,2
Pentadinium taeniagerum	3	3,5
Selenopemphix brevispinosa	2	2,4
Selenopemphix quanta	2	2,4
Spiniferites cf. bentorii	1	1,2
Spiniferites cf. delicatus	1	1,2
Spiniferites mirabilis	2	2,4
Spiniferites pseudofurcatus	1	1,2
Spiniferites ramosus	7	8,2
Systematophora sp.	5	5,9
Tectatodinium pellitum	2	2,4
Total	**85**	
SPORES		
Sphagnum	1	8,3
Polypodiaceae	7	58,3
Pteris	4	33,3
Total	**12**	
POLLENS		
Abietaceae	129	90,8
Taxodiaceae	2	1,4
Carya	2	1,4
Ericaceae	1	0,7
Myrica	1	0,7
Quercus	1	0,7
Salix sp.	4	2,8
Armeria	1	0,7
Graminae	1	0,7
Total	**142**	
TOTAL	**239**	

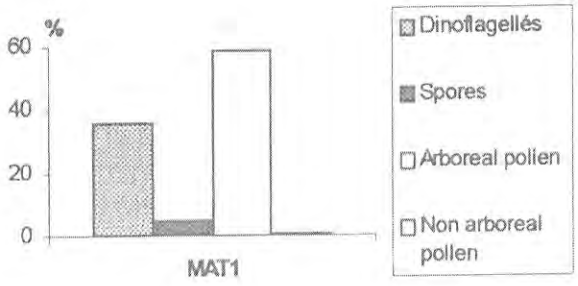


Tableau 3 : Pollens de Matilon.

Tableau 4 : Foraminifères planctoniques de Matilon.

	MAT 1	MAT 4a
Globigerina praebulloides Blow	7	-
bulloides d'Orbigny	5	-
woodi Jenkins	5	-
druryi Akers	-	1
Globigerinoides gr. *trilobus* (Reuss)	17	4
Orbulina universa d'Orbigny	1	-
Globigerinella obesa (Bolli)	5	-
Neogloboquadrina siakensis (Le Roy)	2	-
mayeri (Cush. & Ellisor)	-	1
continuosa (Blow)	3	-
Globigerinita juvenilis (Bolli)	1	-
Globoquadrina globosa Bolli	1	-
baroemoenensis (Le Roy)	7	1
dehiscens (Ch. P. & Col.)	-	1
Effectif total	**54**	**8**

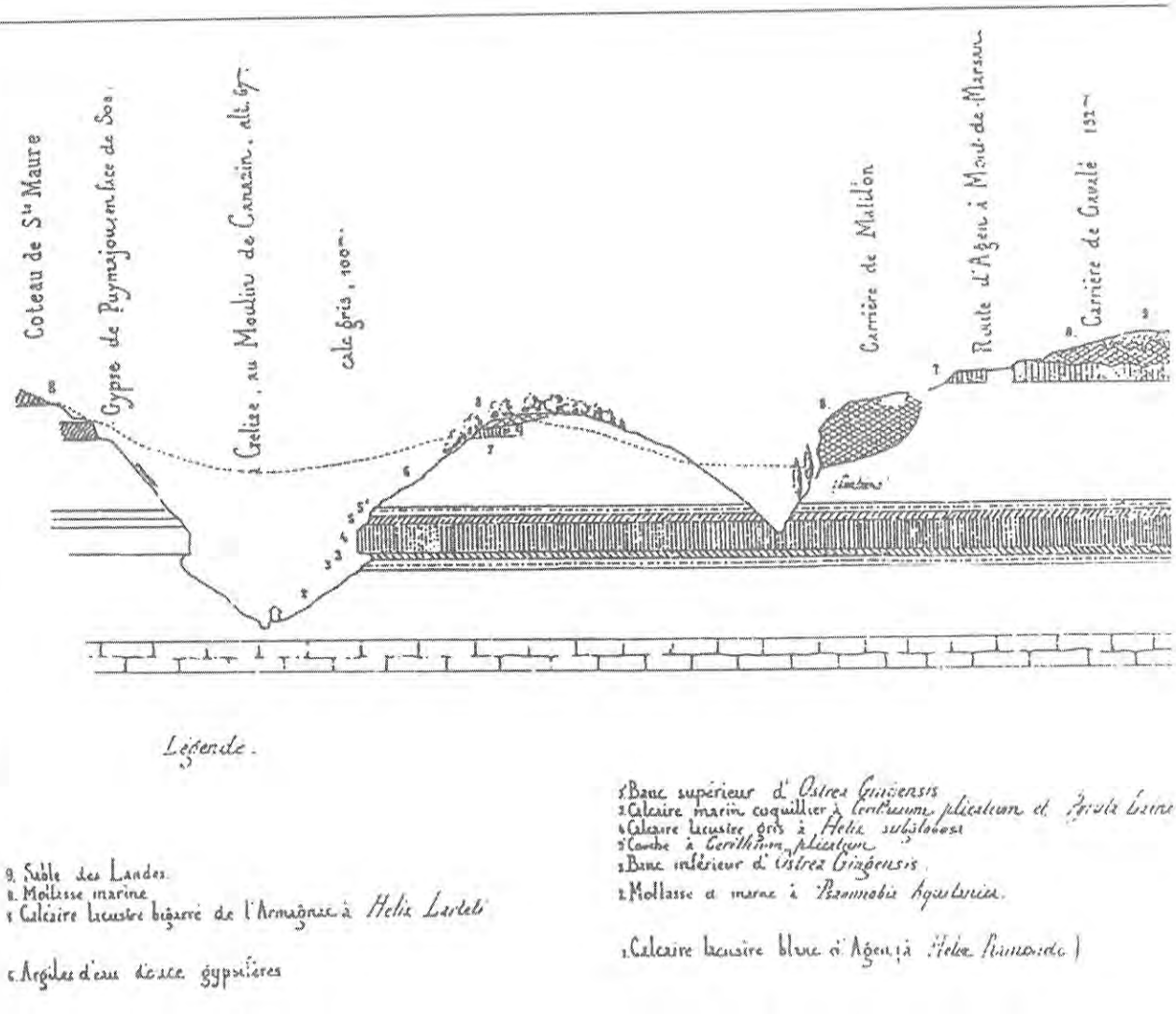


Figure 14 : Encaissement des dépôts de Matilon représenté par Tournoüer (1874).

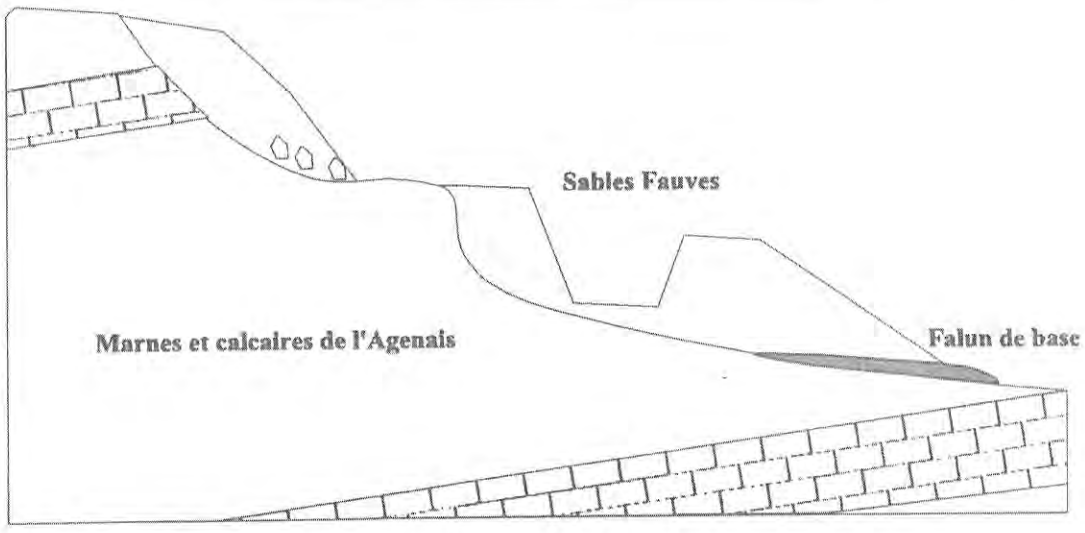


Figure 15 : Représentation schématique de l'encaissement des dépôts de Matilon.

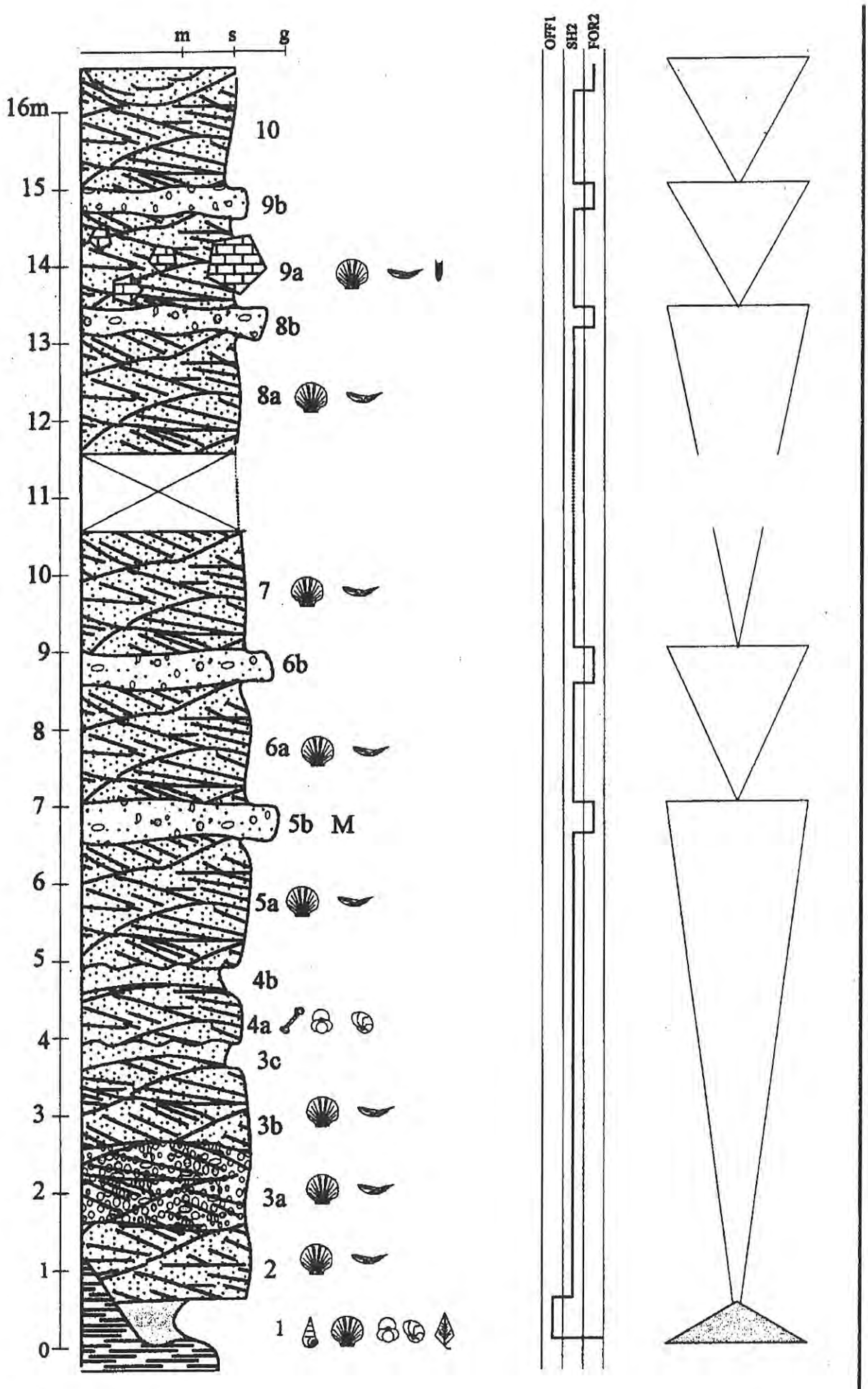
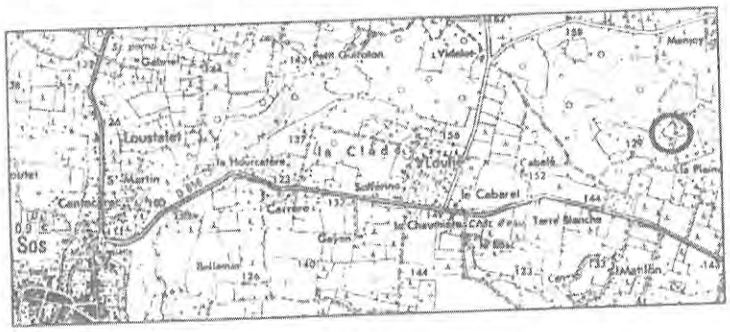


Figure 16 : Coupe de Matilon.

II.A.4 COUPE DE MENJOY

a Situation géographique



Cet affleurement se situe à l'Ouest de la carrière du Cayron, à 700 mètres au Nord de la carrière de Matilon, entre les lieux-dits Menjoy et la Plaine (carte IGN 1/25000e Gabarret, n° 1741 O).

b Contexte topographique

Les Sables Fauves sont encaissés dans les terrains continentaux du Burdigalien. L'altitude la plus basse du contact se situe à 123 mètres.

c Description stratigraphique (Figure 18)

- **Niveau 1** (30 à 60 cm) : Conglomérat à matrice sableuse carbonatée, contenant de nombreux éléments issus du démantèlement du substratum (galets de molasses et calcaires lacustres) ainsi que des blocs de grès issus de remaniements synsédimentaires. Les coquilles sont fragmentées et roulées, elles correspondent principalement à des *Crassotrea* et *Pecten* sp. La base est très irrégulière et ravine profondément le substratum.

- **Niveau 2** (50 cm) : Sable fin et meuble, sans structure sédimentaire visible. Aucun élément de microfaune n'a été retrouvé, seuls quelques fragments de mollusques sont visibles.

- **Niveau 3** (10 cm) : Marne beige à fins litages horizontaux. La microfaune est pauvre et mal conservée, les foraminifères benthiques les plus fréquents sont *Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum*, *E.* sp. et *Florilus boueanus*.

- **Niveau 4** (50 cm) : Sable fin et meuble, comparable au niveau 2.

- **Niveau 5** (25 cm) : Marne grisâtre ne contenant aucun fossile, à l'exception de quelques gyrogonites de charophytes. Des nodules ferrugineux centimétriques sont irrégulièrement distribués dans la couche.

- **Niveau 6** (2,5 m) : Sable roux assez grossier, localement légèrement induré. L'ensemble est organisé en stratifications obliques subparallèles, à faible pendage et orientées Sud-sud-ouest.

- **Niveau 7** (50 cm) : Grès conglomératique à base érosive, contenant des galets gréseux et des graviers allochtones (lydienne, quartzite, feldspaths). Cette barre gréseuse tronque le

niveau sous-jacent. Les fragments de coquilles, assez nombreux, sont roulés et correspondent à *Crassostrea* et *Pecten*.

d Faciès et milieux de dépôt

L'absence de fossiles rend l'identification des milieux de dépôt difficile, selon les hypothèses les plus plausibles, il est possible de distinguer :

- **Faciès OFF1** (niveau 3) : Marne à litages horizontaux. La lithologie indique un milieu calme, où seules les particules les plus fines se déposent par décantation. Néanmoins, les rares foraminifères benthiques indiquent un environnement peu propice à leur développement. Ceci correspond à une tranche d'eau relativement réduite et/ou à la proximité d'environnements à salinité anormale.

- **Faciès SH2** (niveau 6) : Sable à stratifications obliques parallèles. De telles structures sédimentaires indiquent la mise en place de cordons sableux littoraux à faible profondeur. Malgré l'absence d'indices précis, il est probable que les niveaux 2 et 4 se placent également dans ce genre d'environnements.

- **Faciès SH3** (niveau 1) : Conglomérat basal remaniant des éléments du substratum. Il correspond à un niveau d'accumulation d'avant-plage. Les éléments grossiers et roulés indiquent un milieu très agité, le fort hydrodynamisme lié au pouvoir érosif des vagues ayant entraîné le démantèlement partiel du substratum continental.

- **Faciès FOR2** (niveau 7) : Conglomérat contenant des éléments fragmentaires roulés. La lithologie et l'organisation du corps situé en sommet de coupe sont identiques aux niveaux de grès grossiers présents sur la coupe de Matilon (p. 40). Ce niveau correspond à une d'accumulation en haut de plage, la fragmentation et les coquilles roulées indiquent le brassage régulier par action des vagues.

- **Faciès BAC1** (niveau 5) : Marne à nodules ferrugineux et charophytes. Elle correspond à une dynamique sédimentaire côtière, avec sédimentation terrigène d'origine estuarienne ou dans un domaine lagunaire, à influence marine restreinte. La présence de charophytes va dans ce sens, ces végétaux vivant la plupart du temps dans des eaux douces (plus rarement saumâtres) ou dans des contextes marins à faible salinité.

e Évolution des milieux de dépôt (Figure 17)

L'installation d'environnements marins sur le substratum continental provoque dans un premier temps le démantèlement partiel de l'encaissant dans un milieu très agité et peu profond (niveau 1). Les dépôts suivants indiquent la stabilisation du milieu et une augmentation progressive de la tranche d'eau (niveaux 2 et 3). Les milieux montrent ensuite une évolution inverse (niveau 4) et aboutissent à des environnements très côtiers lagunaires ou estuariens (niveau 5). Une nouvelle remontée du niveau marin relatif entraîne la formation de cordons sableux dans un milieu marin peu profond (niveau 6). L'hydrodynamisme devient plus fort, traduisant l'action des vagues et des courants côtiers. Le sommet du niveau précédent est remobilisé et des sédiments grossiers s'accumulent en haut de plage (niveau 7).

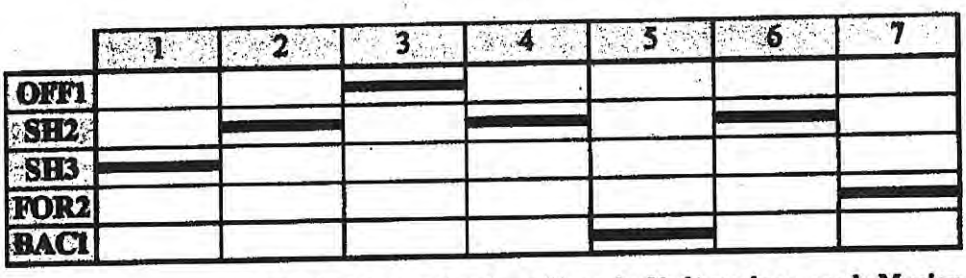


Figure 17 : Succession des milieux de dépôt sur la coupe de Menjoy.

f Découpage séquentiel

Le contact entre le substratum et les Sables Fauves indique une surface de transgression très irrégulière. Les niveaux 1 à 3 forment une séquence élémentaire d'approfondissement. L'espace disponible créé est progressivement comblé par progradation, provoquant une migration de la ligne de rivage en direction de la plate-forme. Les variations bathymétriques provoquent la mise en place de deux séquences de comblement (niveaux 4-5 et 6-7), illustrant une baisse du niveau marin relatif par à-coups.

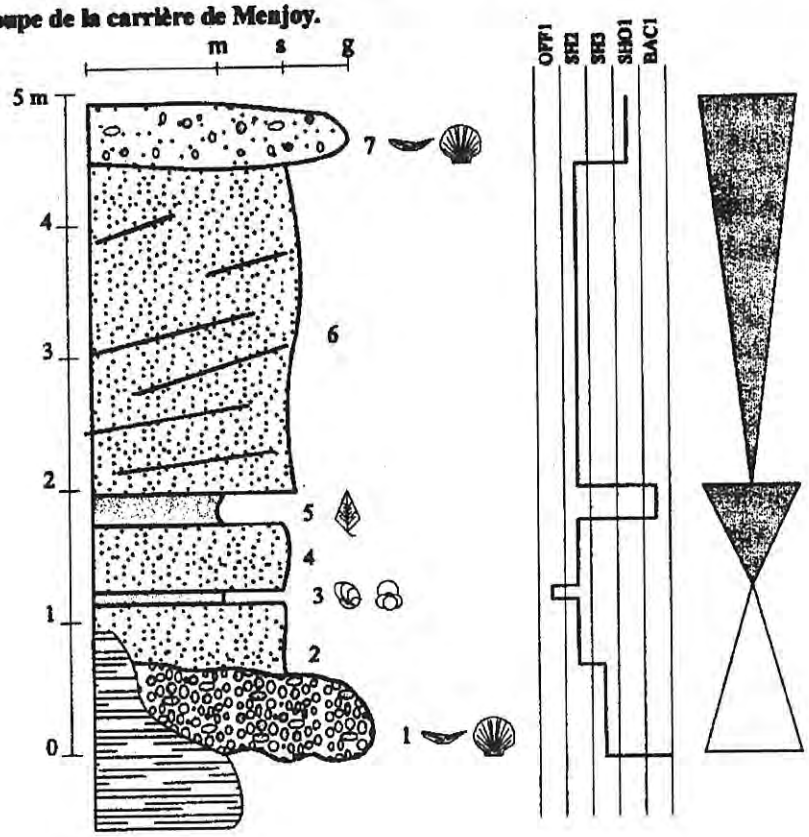
La coupe de Menjoy permet donc d'observer un cycle T-R ; le demi-cycle transgressif est formé d'une seule séquence élémentaire (niveaux 1-3), le demi-cycle régressif en contient deux (niveaux 4-5 et 6-7).

g Âge des dépôts

Une importante dissolution a entraîné la disparition d'une très grande partie de la microfaune, aucun marqueur biostratigraphique ne permet de dater la coupe de Menjoy.

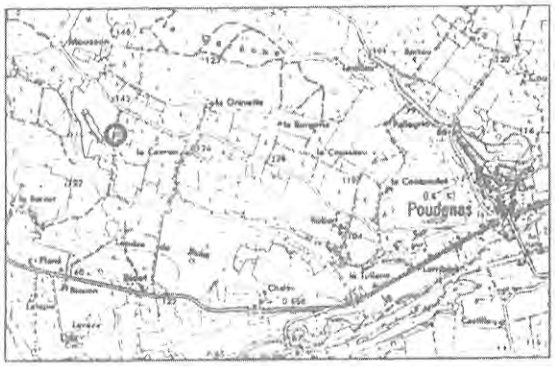
Sa situation entre les dépôts datés de Matilon et du Cayron, ainsi que la même dynamique sédimentaire et un contexte topographique identique, incitent à admettre pour la série de Menjoy un âge correspondant au Serravallien.

Figure 18 : Coupe de la carrière de Menjoy.



II.A.5 COUPE DU CAYRON

a Situation géographique.



La carrière du Cayron se situe à 1600 mètres au Nord-est de la carrière de Matilon, entre les lieux-dits Bernet et Cayron (carte IGN /25000e Mézin-Montréal, n°1741 E).

b Contexte topographique

Les Sables Fauves reposent sur les molasses burdigaliennes, le contact est très irrégulier et varie entre 135 et 130 mètres d'altitude. Cette topographie souligne l'encaissement des sédiments dans les terrains continentaux sous-jacents.

c Description stratigraphique (Figure 20)

La première moitié de la série est visible dans le bois au-delà de l'exploitation.

- **Niveau 1** (visible sur 1,5 m) : Conglomérat polygénique. L'essentiel des éléments correspond à des fragments de calcaire lacustre issus de l'encaissant et des galets gréseux issus du démantèlement des premiers dépôts marins. Dans le cadre de cette étude, il a été possible de récolter quelques restes osseux. On y reconnaît des dents de poissons et requins, des fragments de côtes de siréniens. Quelques ossements de mammifères continentaux ont été recueillis, il s'agit de proboscidien indéterminé (phalange et molaire) et d'une dent de *Listriodon splendens* (déterminations F. Duranthon et P. Tassy). Ce niveau est connu pour sa richesse en restes de mammifères continentaux (Magné *et al.*, 1985 ; Duranthon et Cahuzac, 1995 ; Aguilar et Michaux, 1995). La révision la plus récente (Duranthon et Cahuzac, 1997) signale aussi : *Zygolophodon turicensis*, *Anchitherium aurelianense*, *Conohyus simorrensis goeriachensis*, *Taucanamo sansaniensis*, *Dorcatherium crassum*, *Dicroceros elegans* et *Megacricetodon fournasi*.

- **Niveau 2** (4,5 m) : Sable roux grossier, contenant de nombreuses coquilles concassées, dont les plus nombreuses correspondent à *Crassostrea crassissima* et *Pecten*. De fins lits argileux discontinus apparaissent au sommet, dans lesquels de rares éléments de microfaune ont été recueillis. L'association de foraminifères benthiques est dominée par *Ammonia beccarii*, *Asterigerina planorbis*, *Hanzawaia boueana*, *Brizalina arta* et *Elphidium* sp. ; les ostracodes sont rares et se rapportent au genre *Leguminocythereis*. Aucune structure sédimentaire n'est clairement visible.

- **Niveau 3** (2 m) : Sable roux et peu induré, à plaquettes gréseuses, organisé en stratifications obliques parallèles. Ces structures ont un pendage moyen de 35° et sont orientées Ouest-sud-ouest. Les fossiles retrouvés correspondent à des moules internes

de mollusques marins tels que *Conus* sp. ou *Pecten* sp. Quelques oursins plats, *Amphiope bioculata* et *Parascutella faujasi*, et des ossements roulés de mammifères marins sont également présents. L'étude de la microfaune révèle la présence de rares foraminifères benthiques, mal conservés, parmi lesquels *Ammonia beccarii* et *Elphidium* sp.

- **Niveau 4** (80 cm) Grès conglomératique à base érosive. Les éléments sont très roulés et de nature variée : galets gréseux, quartzite, lydienne, feldspaths et fragments de mollusques.

- **Niveau 5** (50 cm) : Sable roux et peu induré, organisé en stratifications obliques tangentielles, dont l'orientation est identique à celle des stratifications obliques parallèles du niveau 3.

- **Niveau 6** (80 cm) : Sable comparable à celui du niveau précédent, sans structure sédimentaire ni granoclassement visibles. La base est érosive et tronque le sommet du niveau sous-jacent. La morphologie générale est lenticulaire, chaque ensemble étant délimité par des surfaces de réactivation. L'essentiel des coquilles appartient à *Crassostrea crassissima* et *Pecten* sp.

- **Niveau 7** (50 cm) : Sable grossier, à plaquettes gréseuses, organisé en stratifications obliques parallèles.

- **Niveau 8** (75 cm) : Niveau marneux, à débris végétaux difficilement identifiables, profondément entaillé par un chenal gréseux, dont la granulométrie est plutôt grossière.

- **Niveau 9** (20 cm) : Ensemble gréseux, comparable au niveau 3. Des structures en auge indiquent une chenalisation partielle. La partie supérieure du chenal est formée par une surface durcie marquée par un important encroûtement par des oxydes de fer. Ce niveau condensé livre de très nombreuses coquilles de lamellibranches et d'huîtres de petite taille. L'ensemble est couronné par un niveau centimétrique d'argile, dans lequel une très forte concentration de *Polysphaeridium zoharyi* a été observée (Tableau 5).
  MICROFACIES : Grès grossier dont les clastes correspondent à des quartz, des feldspaths plagioclases et des accumulations de gros fragments de bryozoaires, lamellibranches et gastéropodes. Un ciment syntaxique est visible autour des fragments d'échinodermes. De rares foraminifères benthiques sont visibles, notamment des miliolidés. Vers le haut du banc, la sparite remplace le liant micritique et de nombreux éléments sont ferruginisés ; certains bioclastes sont remplacés par de la sparite.

d Faciès et milieux de dépôt

Les milieux de dépôt de la carrière du Cayron sont de type littoral, sous une faible tranche d'eau. La mauvaise conservation d'une partie de la faune peut fausser cette interprétation. La densité élevée d'espèces marines vivant sur les côtes, ainsi que la présence d'indicateurs continentaux comme les végétaux et les ossements de mammifères terrestres témoignent de l'influence du domaine continental.

- **Faciès SH2** (niveaux 2, 3, 5, 6 et 7) : Sable à stratifications obliques parallèles. Il correspond aux granulométries les plus fines et marque un milieu à l'hydrodynamisme assez modéré. Les stratifications obliques résultent de la formation de mégarides et cordons sableux, la succession des niveaux 5 à 7 illustrant le déplacement des corps sableux, soit par remobilisation des sédiments, soit par migration des dépôts sous l'influence d'un courant de dérive littorale globalement orienté Ouest-sud-ouest. Les niveaux argileux situés au sommet du niveau 2, dont la microfaune est assez variée, sont les indices de milieux plus distaux. Ils sont les témoins d'une tempête dans un secteur plus ouvert de la plate-forme et sont issus du démantèlement de niveaux argileux, ramenés vers la côte (phénomène de washover) et conservés sous forme de flaques. Ils pourraient également être les vestiges de lits argileux partiellement érodés.

- **Faciès FOR2** (niveaux 1 et 4) : Ensembles conglomératiques, aux éléments roulés d'origines très différentes (substratum, apports fluviatiles, remaniements internes). La granulométrie grossière indique un hydrodynamisme vigoureux. Les éléments fragmentés et roulés évoquent une profondeur encore plus réduite que le faciès précédent ; la nature variée des éléments indique une source proche d'apports continentaux. Ils sont les indicateurs d'un dépôt de haut de plage, brassés et concassés par le roulis permanent. La comparaison du niveau 4 avec les microfaciès de la coupe de Matilon (niveaux 5b, 6b,8b et 9b) laisse supposer des phases d'émersion temporaire.

- **Faciès BAC1** (niveaux 8 et 9) : Marnes à débris végétaux et organismes euryhalins, grès avec encroûtements ferrugineux. Les milieux les plus internes illustrent des environnements lagunaires ou de plaine alluviale en position côtière, à sédimentation terrigène dominante et parcourue par des chenaux de marée. Dans la partie marneuse (niveau 8), la grande abondance et la présence exclusive de dinoflagellés *Polysphaeridium zoharyi* indique des eaux à salinité très élevée et une influence marine restreinte. Dans le banc gréseux (niveau 9), le liant micritique et la ferruginisation illustrent des arrêts de sédimentation ; l'important encroûtement ferrugineux au sommet du niveau va d'ailleurs dans ce sens. La substitution de bioclastes par de la sparite pourrait indiquer une phase ponctuelle de mélange entre eaux douces et marines mais ne constitue pas une preuve formelle.

e Évolution des milieux de dépôt (Figure 19)

La granodécroissance de la série témoigne de la baisse progressive de l'hydrodynamisme après l'installation d'environnements marins. La coupe du Cayron décrit la formation et le déplacement ou le démantèlement partiel de cordons sableux d'avant-côte. Deux de ces structures apparaissent, elles sont respectivement formées des niveaux 3-4 et 5-7. Ce phénomène s'accompagne d'une évolution vers des milieux plus internes, à tendance émersive ou accusant l'influence d'eaux à salinité anormalement élevée. Les limites entre les différents épisodes se situent au sommet des niveaux 2 et 4. L'évolution des environnements le long de cette coupe est donc un processus en comblement en trois étapes.

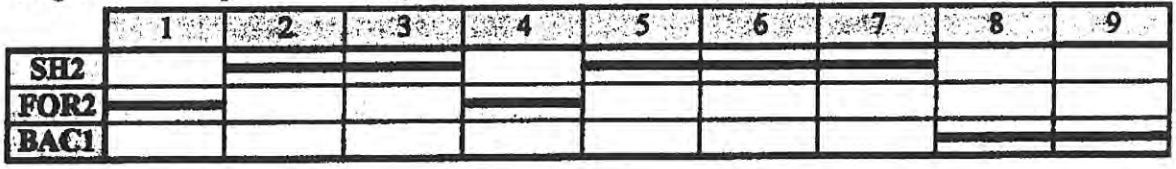


Figure 19 : Succession des milieux de dépôt sur la coupe du Cayron.

f Découpage séquentiel

La coupe de la carrière du Cayron illustre une invasion marine sur les terrains continentaux du Miocène inférieur. L'arrivée de la mer des Sables Fauves dans le secteur du Cayron est marquée par une surface de transgression très irrégulière, au contact entre substratum et dépôts marins. Le conglomérat basal (niveau 1) est caractéristique de cette phase de remontée du niveau marin relatif. Il traduit le démantèlement partiel de l'encaissant et un important brassage sédimentaire ; il forme une séquence élémentaire d'approfondissement. Le niveau 2 annonce le début du comblement et correspond à une première séquence élémentaire de comblement. La seconde est formée par les niveaux 3 et 4 et aboutit à une émersion temporaire. Les niveaux suivants (5 à 9) traduisent l'installation de milieux d'abord côtiers puis lagunaires et forment une troisième séquence de comblement.

La coupe de la carrière du Cayron illustre donc un cycle T-R. Le demi-cycle transgressif est constitué par une séquence d'approfondissement (niveau 1), le demi-cycle régressif occupe le reste de la coupe et contient trois séquences de comblement (niveaux 2 ; 3-4 ; 5-9). Chacune d'elle témoigne d'une baisse saccadée du niveau marin relatif aboutissant au comblement de l'espace disponible.

g Âge des dépôts

L'ensemble est affecté par une importante dissolution ayant entraîné la disparition ou la recristallisation de la majorité des tests. A de rares exceptions, les seuls restes identifiables sont les vestiges osseux. L'assemblage peut être rattaché à la biozone MN7-8, d'après la présence de *Megacricetodon fournasi*[4] (Aguilar et Michaux, 1995 ; Duranthon et Cahuzac, 1997).

L'étude des mammifères continentaux place les dépôts du Cayron dans le Serravallien (zones MN 7-8).

CAY 9		
DINOFLAGELLES	**Qté**	**%**
Polysphaeridium zoharyi	1000	100
TOTAL	1000	
POLLENS		
Abietaceae	1	50
Castanea	1	50
TOTAL	2	
TOTAL	**1002**	

Tableau 5 : Pollens du niveau 9 du Cayron.

[4] L'appréciation exacte de l'âge *Megacricetodon fournasi* est difficile. En effet, le niveau-type de cette espèce (Lo Fournas 2) paraît légèrement plus ancien que la localité-repère de MN7-8, La Grive M (Aguilar, 1995), corrélée à la zone N12 de Blow. Quoi qu'il en soit, cette espèce est clairement rattachée au Serravallien.

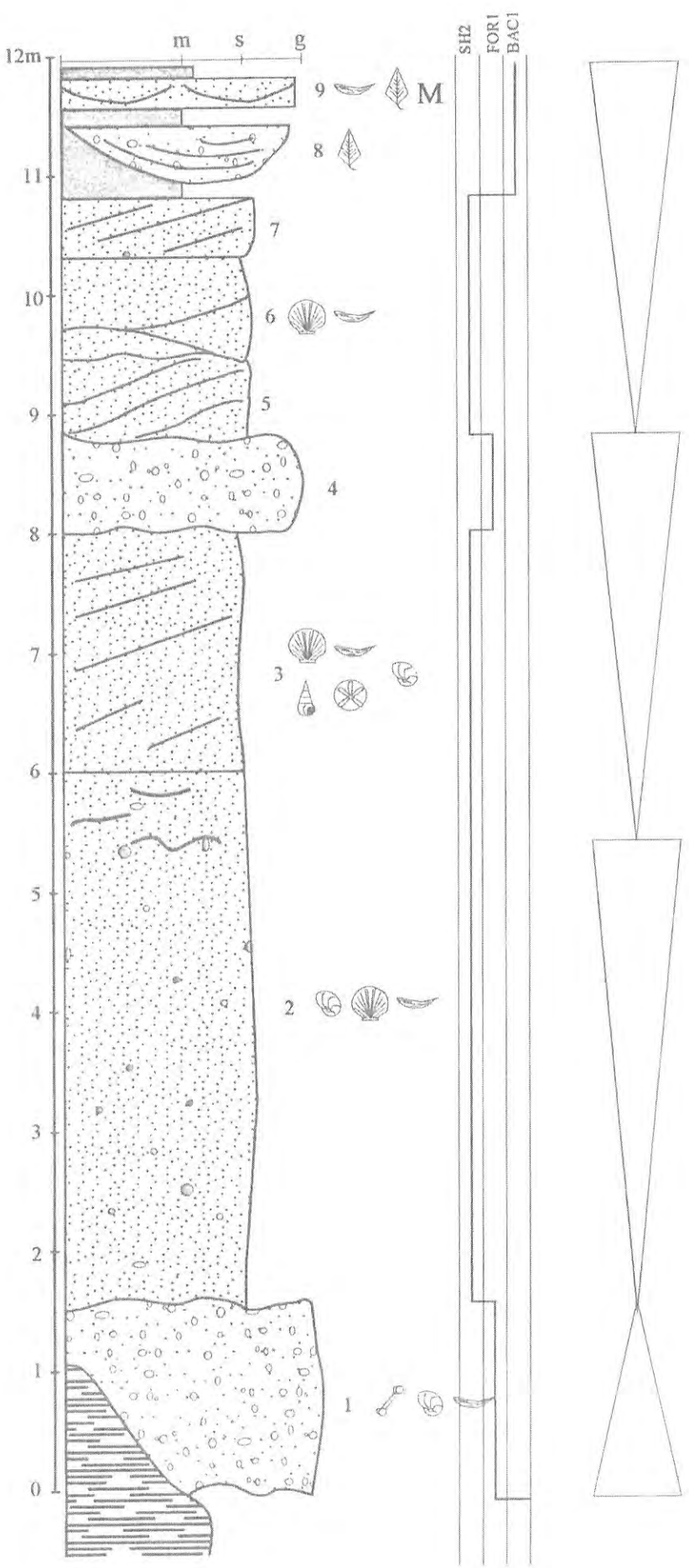
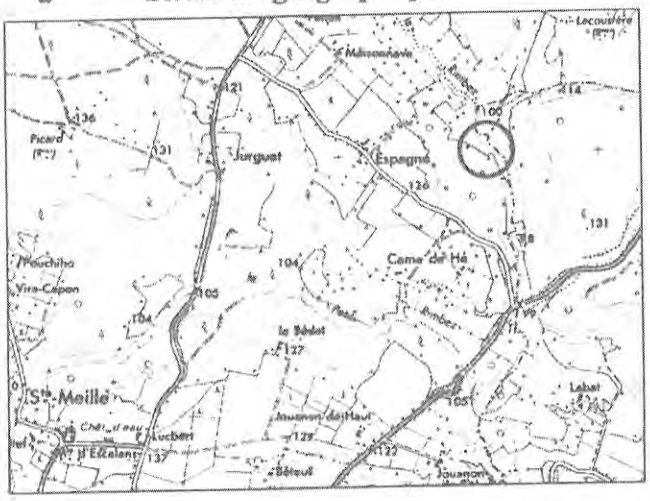


Figure 20 : Coupe de la carrière du Cayron.

II.A.6 COUPE DU PONT DU RIMBEZ

a Situation géographique



Cet affleurement se situe sur la rive gauche du ruisseau du Rimbez, à proximité d'un pont, sur la D656 entre Sos et Gabarret (carte IGN 1/25000e n°1741O, Gabarret). Les observations ont été effectuées entre les lieux-dits Came de Hé et Espagne. L'affleurement étant traditionnellement désigné sous le nom de « Pont du Rimbez » (Tournoüer, 1874 ; Cahuzac et Poignant, 2000), aucun nom de lieu-dit n'a été associé à cette coupe afin de respecter l'homogénéité des termes.

b Contexte topographique

Les dépôts marins sont encaissés dans les molasses et calcaires de l'Agenais, ce fait a été constaté pour la première fois par Tournoüer (1874) (Figure 21). Le contact se situe à une altitude de 107 mètres.

c Description stratigraphique (Figure 22)

- **Niveau 1** (50 cm) : Falun argileux gris-bleu, contenant une macrofaune assez bien conservée. La microfaune est rare et se résume essentiellement à *Ammonia beccarii*. Un seul foraminifère planctonique a été recueilli : *Globoquadrina* sp.

- **Niveau 2** (8 m ?) : Les conditions d'observation étant difficiles, les Sables Fauves apparaissent sans qu'il soit vraiment possible de les suivre sur une longue distance. Le dépôt le plus important se situe dans la partie supérieure de la coupe. Il s'agit d'un niveau de sable grossier riche en fragments de coquilles, d'une épaisseur de 2 mètres et dont certaines parties sont indurées. Il contient des éléments gréseux de grande taille (5 à 10 cm) issus de remaniements internes. Des lambeaux de niveaux plus marneux sont visibles, ils ont livré une microfaune assez peu abondante ; pour les foraminifères benthiques : *Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum*, *E. complanatum*, *E.* sp., *Florilus boueanus*, *Asterigerina planorbis* et *Coryphostoma* sp. ; les foraminifères planctoniques les plus fréquents sont *Globigerinoides* gr. *trilobus* et *Orbulina suturalis* (Tableau 6).

d Faciès et milieux de dépôt

- **Faciès SH2** (niveau 2) : Sable à graviers avec passages marneux. Les dépôts sableux indiquent un milieu marin peu profond, proche du littoral. Les lits marneux peuvent être assimilés à des sédiments plus distaux ramenés vers la ligne de côte par des tempêtes.

- **Faciès BAC1** (niveau 1) : Marnes à microfaune appauvrie. Les différents éléments paléontologiques, notamment la très forte proportion de *Ammonia beccarii* indiquent un milieu marin restreint et des eaux à forte salinité.

e Évolution des milieux de dépôt

L'encaissement des dépôts indique que l'invasion marine a eu lieu sur une topographie irrégulière et accidentée. L'installation de milieux marins se traduit dans un premier temps par un environnement lagunaire (niveau 1). La progression de la hausse du niveau marin relatif aboutit à des milieux marins peu profonds et plus ouverts, habituellement rencontrés dans les Sables Fauves (niveau 2).

f Découpage séquentiel

Le contact entre sédiments continentaux et marins décrit une surface de transgression très irrégulière. Le niveau 1, en tant que premier témoin de la hausse du niveau marin relatif marque le début de la transgression marine. Les lacunes d'observation empêchent une analyse précise des dépôts suivants. Le niveau 2 indique une stabilisation du niveau marin relatif et une bathymétrie peu importante ; il s'intègre dans une séquence élémentaire évoluant en comblement.
La coupe du Pont du Rimbez illustre donc un cycle T-R, dont l'organisation exacte ne peut être établie, du fait des importantes lacunes d'observation.

g Âge des dépôts

La présence d'*Orbulina suturalis* et l'absence de *Praeorbulina* dans le niveau 2 permettent de dater les dépôts du Pont du Rimbez du Serravallien (partie supérieure de la zone N9 et zones suivantes).

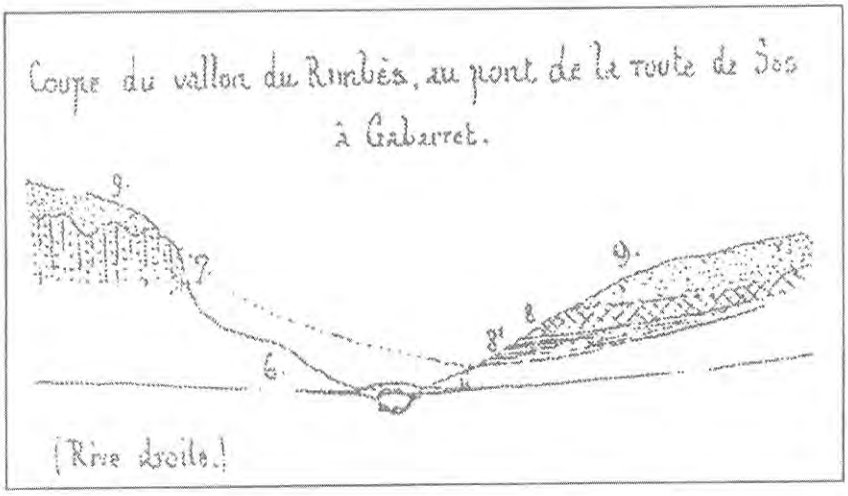


Figure 21 : Encaissement des Sables Fauves dans le secteur du pont du Rimbez, d'après Tournoüer (1874). 6 : Marne lacustre blanche ; 7 : Calcaire lacustre ; 8^1 : Marne marine coquillière ; 8 : Roche jaune sableuse ; 9 : Sable des Landes.

PONT RIMBEZ 2	
Globigerina bulloides d'Orbigny	1
Globigerinoides gr. *trilobus* (Reuss)	9
Orbulina suturalis Brönnimann	2
Globoquadrina baroemoenensis (Le Roy)	1
langhiana Cita & Gelati	1
EFFECTIF TOTAL	**14**

Tableau 6 : Foraminifères planctoniques du Pont du Rimbez.

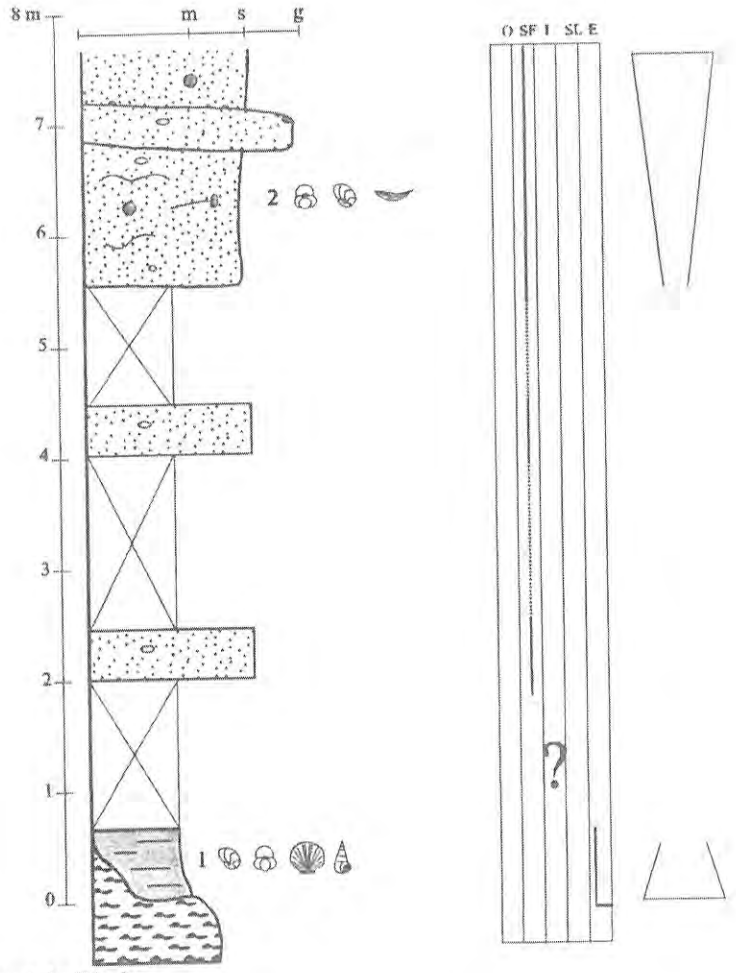


Figure 22 : Coupe du Pont du Rimbez.

II.A.7 COUPE DE LAPEYRIE

a Situation géographique.



Cette carrière est située à 1500 mètres au Sud du village de Rimbez-et-Baudiets, dans le vallon du ruisseau du Rimbez, sur sa rive droite (carte IGN 1/25000^{e} Gabarret, n°1741 O).

b Contexte topographique

Les Sables Fauves affleurent à une altitude de 116 mètres. Ils sont présents sur plusieurs fronts de taille et atteignent une hauteur totale d'une dizaine de mètres. Autour de la carrière, les molasses burdigaliennes affleurent au même niveau, indiquant l'encaissement de la formation sableuse.

c Description stratigraphique (Figure 24)

Un « falun assez concassé sableux jaune » est signalé à l'extrême base des dépôts (Tournoüer, 1874 ; Cahuzac et Poignant, 2000) et a été corrélé par ces mêmes auteurs aux « faluns de Gabarret et Manciet » et à la « marne marine coquillière du Pont du Rimbez ». Nous ne l'avons pas reconnu.

- **Niveau 1** (40 cm) : Conglomérat contenant des éléments gréseux remaniés ainsi que des blocs de marnes et calcaires continentaux provenant de l'encaissant. La base est fortement érosive. permis l'étude du microfaciès. De nombreux restes roulés de mammifères ont été retrouvés : *Proscapanus sansaniensis*, *Steneofiber depereti*, *Prolagus* cf. *oeningensis*, *Lagopsis verus*, *Pseudocyon sansaniensis*, *Ischyrictis zibethoides*, *Cainotherium miocenicum*, *Dorcatherium naui*, *Lagomeryx parvulus*, *Procervulus dichotomus*, *Dicroceros elegans parviceros*, *Eotragus sansaniensis*, *Anchitherium aurelianense*, *Plesiaceratherium lumiarense*, *Brachypotherium brachypus*, *Gomphotherium angustidens* et *Democricetodon crassus* (Ginsburg, 1967 ; Duranthon et Cahuzac, 1997).
  MICROFACIES : La partie inférieure du banc, très grossière, est indurée. Il s'agit d'un grès immature à ciment microsparitique ; un ciment syntaxique est visible autour des fragments de tests d'échinodermes; un épisode de diagenèse tardive a provoqué le remplacement complet par de la calcite pœcelitique ; quelques feldspaths plagioclases apparaissent au milieu des lithoclastes, majoritairement composés d'intraclastes (éléments gréseux) ; quelques foraminifères benthiques sont présents (notamment des miliolidés) ; certains bioclastes sont ferruginisés et en voie de micritisation.

- **Niveau 2** (1,5 m) : Sable grossier à graviers, dont les éléments les plus gros correspondent à des fragments de substratum et des galets gréseux. La microfaune étant très mal conservée, seuls quelques foraminifères benthiques ont été identifiés : *Ammonia beccarii*, *Elphidiella falunica*, *Elphidium crispum*, *E.* sp., *Florilus boueanus*, *F.* sp., *Hanzawaia* sp. et *Neorotalia* sp. De nombreux débris coquilliers sont présents : fragments de *Crassostrea* associés à *Pecten* et quelques gastéropodes (*Conus* entre autres).

- **Niveau 3** (10 cm) : Horizon marneux contenant de nombreux éléments d'oxydes de fer. Les foraminifères benthiques sont abondants et variés : *Ammonia beccarii*, *Elphidiella falunica*, *Elphidium crispum*, *E.* sp., *Florilus boueanus*, *F.* sp., *Hanzawaia* sp. et *Neorotalia* sp. Leur conservation est souvent meilleure que celle d'autres organismes, comme les ostracodes, qui n'ont pas pu être déterminés.

- **Niveau 4** (80 cm) : Sable roux, grossier et induré. Cette couche a subi une phase de recristallisation très intense, la microfaune n'est pas conservée. Des stratifications obliques subparallèles sont visibles, elles ont une direction Ouest-sud-ouest et sont séparées par des surfaces de réactivation.

- **Niveau 5** (20 à 35 cm) : Grès conglomératique, les éléments sont très roulés et de nature polygénique (galets gréseux, galets de quartzite, feldspaths...). La base est irrégulière et érosive.

- **Niveau 6** (1 m) : Ensemble identique au niveau 4.

- **Niveau 7** (30 cm) : Niveau gréseux, à base érosive et au lithofaciès comparable à celui du niveau 5. Sa base ravine le niveau sous-jacent.

- **Niveau 8** (4 m) : Sable roux coquillier. Des stratifications obliques parallèles sont visibles à la base. Elles disparaissent ensuite et laissent place à des stratifications horizontales puis à des stratifications obliques entrecroisées (*herring-bones structures*) dans le dernier tiers. La microfaune est très mal conservée.

- **Niveau 9** (1m) : Le sommet est occupé par un chenal dont l'amplitude maximale atteint 1 mètre, constitué d'éléments plus grossiers, comparable aux niveaux indurés étudiés dans la carrière de Matilon.

d Faciès et milieux de dépôt

- **Faciès OFF1** (niveau 3) : Marne à la microfaune variée. Le dépôt des sédiments par décantation, accompagné de microfaune benthique variée marquent le milieu le plus profond de la série.

- **Faciès SH2** (niveaux 4, 6 et première partie du niveau 8) : Sables grossier à stratifications obliques parallèles. Il concerne la majeure partie des dépôts. La taille élevée des grains, leur émoussé ainsi que les témoins de reprises sédimentaires indiquent des milieux de haute énergie. Les structures sédimentaires évoquent des cordons sableux à proximité immédiate de la ligne de rivage, sous l'influence d'un courant, de ressac ou de houle, orienté Ouest-sud-ouest.

- **Faciès SH3** (niveaux 1 et 2) : Conglomérat remaniant des éléments du substratum roulés et des restes de mammifères continentaux. Milieu encore plus proximal, les éléments roulés de grande taille sont les témoins d'un brassage régulier et vigoureux. Le ciment syntaxique autour des fragments d'échinodermes indique une formation en domaine phréatique, les miliolidés témoignent d'un milieu très peu profond, quelques bioclastes ferruginisés et micritisés marquent des apports issus de milieux plus distaux.

- **Faciès FOR1** (sommet niveau 8) : Sable à *herring-bones structures*. Les stratifications obliques entrecroisées indiquent un milieu soumis à un courant oscillatoire sous l'influence du battement régulier des marées.

- **Faciès FOR2** (niveaux 5,7 et 9) : Conglomérat polygénique. La comparaison avec des niveaux identiques, observés dans la carrière de Matilon, place ces ensembles en haut de plage et n'exclut pas des phases d'émersion temporaire.

e Évolution des milieux de dépôt (Figure 23)

Les dépôts de la carrière de Lapeyrie illustrent un processus de comblement. Une première phase d'invasion marine entraîne la mise en place des Sables Fauves sur les molasses continentales (niveaux 1 et 2). Le niveau marin se stabilise momentanément et permet l'établissement d'un environnement en domaine externe (niveau 3). Le comblement s'amorce alors ; il s'effectue en trois phases. Chaque à-coup de la baisse du niveau marin relatif provoque le passage à des milieux situés dans le domaine shoreface (niveaux 4, 6 et 8) puis foreshore, dans la zone d'influence des marées et en position d'émersion partielle (niveaux 5, 7 et 9). Chaque séquence correspond à l'édification d'une mégaride en contexte de plage, dont le sommet atteint la zone émergée ou est partiellement détruit.

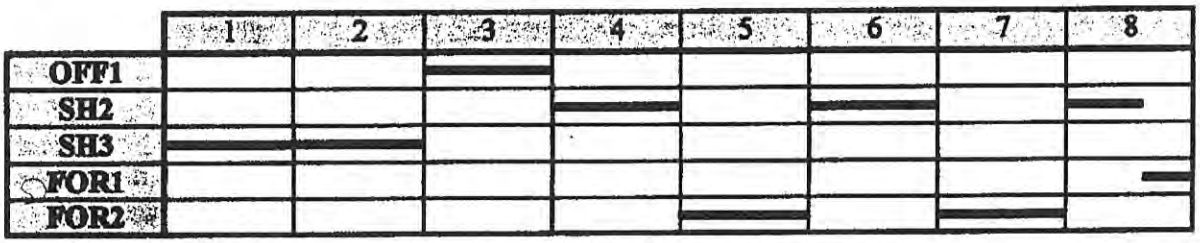


Figure 23 : Succession des milieux de dépôt sur la coupe de Lapeyrie.

f Découpage séquentiel

Les niveaux 1 et 2 forment une séquence élémentaire d'approfondissement illustrant l'invasion marine sur le substratum continental et la remobilisation sédimentaire qu'entraîne le fort hydrodynamisme des milieux littoraux. La base du niveau 3 marque le maximum de transgression, elle annonce le début du comblement de l'espace créé auparavant. Le reste de la série (niveaux 3 à 8) constitue trois séquences élémentaires de comblement.

La coupe de Lapeyrie illustre donc un cycle T-R. Le demi-cycle transgressif est représenté par une séquence élémentaire d'approfondissement (niveaux 1-2), le demi-cycle régressif par trois séquences élémentaires de comblement (niveaux 3-5, 6-7 et 8-9).

g Âge des dépôts

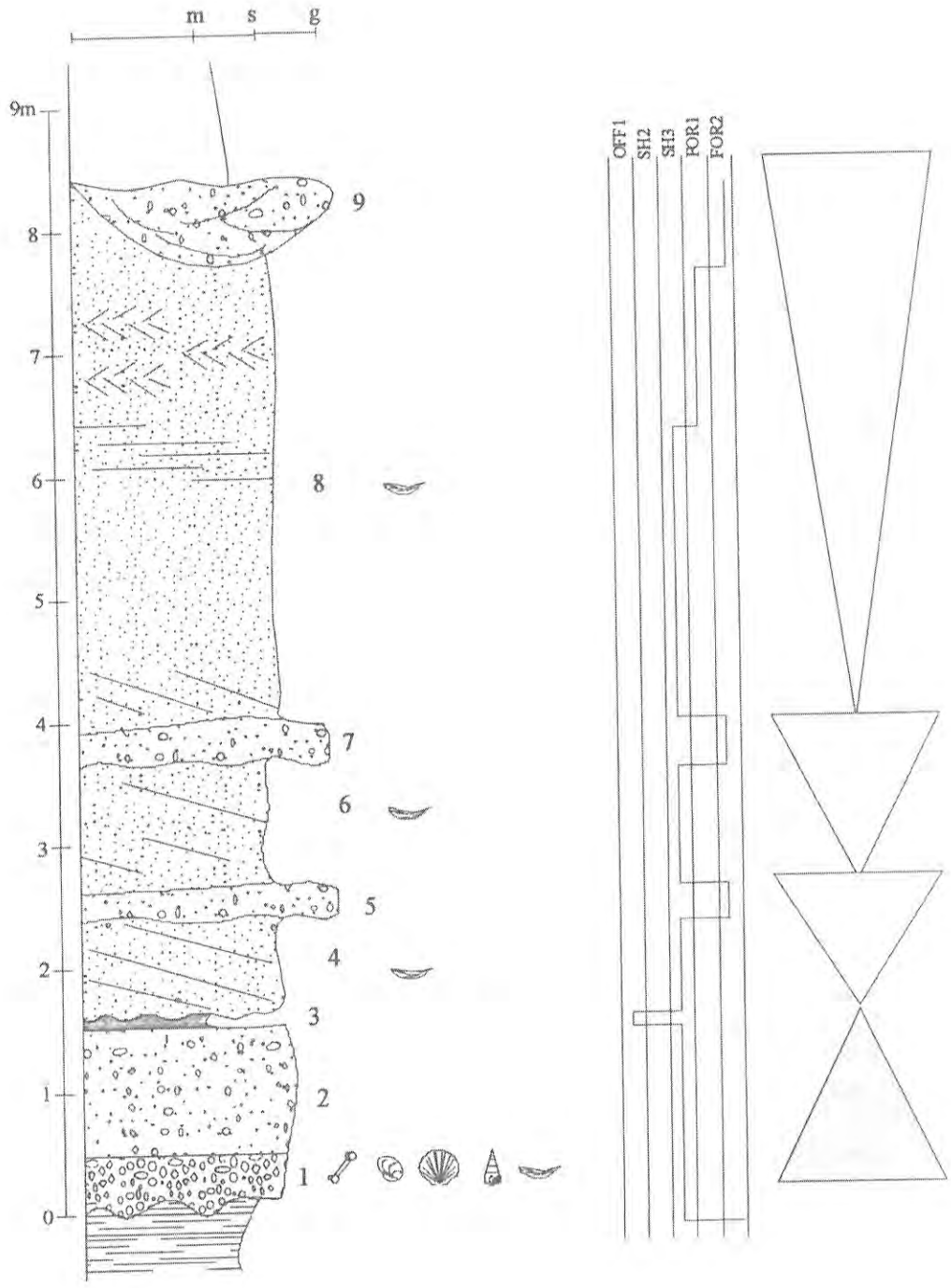
La datation des dépôts est rendue délicate par l'absence de microfaune. Selon Cahuzac et Poignant (2000), le falun situé à l'extrême base de la coupe daterait du Langhien (d'après les foraminifères benthiques et des similitudes de faciès) et les ensembles sableux sus-jacents du Serravallien. Ces résultats sont en contradiction avec les données obtenues au cours de notre étude notamment à propos de l'âge du falun du « Pont du Rimbez » (p. 56).

Les mammifères indiquent un âge dans la zone MN5 mais l'aspect roulé des ossements (conservés au Muséum d'Histoire naturelle de Toulouse) indiquent qu'ils ont été redéposés postérieurement (Duranthon et Cahuzac, 1997 ; obs. pers.). Les corrélations avec d'autres

affleurements présentant un découpage séquentiel et un contexte topographique similaires (notamment Matilon et le Pont du Rimbez) permettent de dater la coupe de Lapeyrie du Serravallien.

Sur la base de corrélations stratigraphiques et d'un contexte topographique identique, l'ensemble de la série de Lapeyrie est considéré comme datant du Serravallien.

Figure 24 : Coupe de la carrière de Lapeyrie.



II.A.8 COUPE DU RUISSEAU DU COCUT

a Situation géographique



Cette coupe se situe dans le lit du ruisseau du Cocut, sur la commune de Castelnau-d'Auzan à proximité de la base de loisirs, entre les lieux-dits Casteriès et Caussoges (carte IGN 1/25000^e Gabarret, n°1741 O).

b Contexte topographique

Les molasses du Burdigalien affleurent partout aux alentours de la coupe relevée, à la même altitude que les sédiments marins. Les Sables Fauves du ruisseau du Cocut sont profondément encaissés dans les terrains continentaux, le contact apparaît autour de 130 mètres d'altitude.

c Description stratigraphique (Figure 26)

- **Niveau 1** (30 cm) : Falun marneux, gris bleu assez riche en fragments de coquilles. La bonne conservation de la matière organique a permis d'identifier de nombreux spores et pollens, principalement des Pinacées (Tableau 8). La microfaune est très pauvre, uniquement composée de rares foraminifères benthiques, essentiellement *Elphidium crispum* et *Ammonia beccarii*.

- **Niveau 2** (1,5 m) : Sable fin, contenant des galets gréseuxprovenant de la reprise d'éléments gréseux intraformationnels et de très nombreux fragments de mollusques marins, notamment *Crassostrea crassissima* et *Potamides* sp. La base ravine profondément le sommet du niveau sous-jacent. Dans la moitié supérieure, des stratifications obliques entrecroisées sont visibles. Des lentilles plus marneuses d'échelle métrique se répartissent tout le long de ce niveau. Les prélèvements ont permis d'identifier des foraminifères planctoniques, notamment *Globigerinoides* gr. *trilobus* (Tableau 7). Les foraminifères benthiques sont fréquents et bien conservés : *Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum*, *E. complanatum*, *E.* sp., *Hanzawaia boueana*, *Nonion boueanum*, *Cibicides* sp. et *Anomalinoides* sp. Les ostracodes sont également abondants : *Pokornyella*, *Costa*, *Hemicyprideis*, *Cytheretta*, *Echinocythereis*, *Neocyprideis*, *Cyamocytheridea* et une forme indéterminée.

- **Niveau 3** (50 cm) : Sable plus grossier contenant des galets gréseux et de nombreuses valves de *Crassostrea crassissima*. Latéralement, le sable est remplacé par un chenal marneux d'une cinquantaine de centimètres de profondeur. Il contient de très nombreuses *Crassostrea crassissima* entières en position de vie. Les foraminifères benthiques les plus fréquents sont *Ammonia beccarii*, *Brizalina* sp. et *Cibicides* sp. Les ostracodes, abondants, sont *Pokornyella*, *Cytheretta*, *Echinocythereis*, *Carinocythereis*, *Bosquetina* ?,

Xestoleberis, *Cyamocytheridea* ?, *Hemicyprideis* ?, *Pontocythere* ? et une forme indéterminée. De rares foraminifères planctoniques ont également été récoltés, les plus fréquents sont *Globigerinoides* gr. *trilobus* (Tableau 7).

- Niveau 4 (30 cm) : Sable fin, de couleur jaune. De très nombreux fragments de coquilles soulignent les stratifications obliques entrecroisées. La présence de quelques lits argileux a permis de recueillir des pollens, dont la plupart appartiennent au genre *Pinus* (Tableau 8). Seuls 2 foraminifères planctoniques ont été récoltés (Tableau 7). Les foraminifères benthiques sont représentés par *Ammonia beccarii*, accompagné de rares *Elphidium complanatum*, *E.* sp., *Protelphidium granosum*, *Florilus* sp. et *Brizalina* sp. Les ostracodes correspondent aux genres *Pokornyella*, *Cyamocytheridea*, *Falunia* ? et *Cytheridea* ?

- **Niveau 5** (visible sur 3 m) : Argile sableuse grise très plastique, contenant un grand nombre de *Crassostrea crassissima* souvent entières. La base est érosive et ravine le niveau sous-jacent. Des lentilles jaunes plus sableuses sont réparties à l'intérieur de cette couche. Leur extension horizontale n'excède pas 2 mètres, elles contiennent des fragments de *Crassostrea crassissima*. Localement, l'argile porte des signes de marmorisation. Dans la partie supérieure apparaît un banc d'huîtres entières, en position de vie. Les pollens associés correspondent surtout à des Pinacées (Tableau 8). La microfaune est très mal conservée. Le sommet de la coupe est formé par des altérites de Sables Fauves, où aucune organisation sédimentaire n'apparaît.

d Faciès et milieux de dépôt

La coupe du Cocut représente certainement les dépôts les plus internes de toute la Formation des Sables Fauves. La rareté et la mauvaise conservation générale des organismes marins témoignent de l'influence marine peu marquée.

- **Faciès FOR1** (niveaux 2 et 4) : Sable à *herring-bones structures*. Les stratifications obliques entrecroisées montrent l'influence des courants oscillatoires de marées. La rareté des foraminifères planctoniques indique une influence marine restreinte. Les ostracodes du niveau 2 indiquent un environnement infralittoral interne, ce qui est corroboré par la grande fréquence d'*A. beccarii*. Malgré ces caractéristiques très côtières, il semble que ce faciès représente les épisodes les plus marins de toute la coupe et des relations sporadiques avec des secteurs plus ouverts de la plate-forme. Cette affirmation est appuyée par la composition de l'ostracofaune du niveau 4, qui indique un mélange d'environnements côtier à marin profond.

- **Faciès BAC1** (niveaux 1, 3 et 5) : Marnes à huîtres en position de vie et nombreux pollens terrestres. Les huîtres en position de vie indiquent l'existence d'un chenal lagunaire protégé, à l'hydrodynamisme très modéré. Les dinoflagellés sont rares et se composent de *Lingulodinium*, *Operculodinium* et *Spiniferites*, marqueurs d'eaux plutôt chaudes, à salinité élevée (Antunes *et al.*, 1997). La quantité importante de pollens d'origine continentale et leur qualité de conservation indiquent une source proche.

e Évolution des milieux de dépôt (Figure 25)

La transgression entraîne l'installation d'un environnement lagunaire (niveau 1) à salinité variable comme le prouvent des organismes euryhalins du type *Crassostrea* et *Potamides*. Le

secteur passe ensuite dans le domaine d'influence des marées (niveau 2), dans un milieu très peu profond. Les vasières côtières s'installent à nouveau (niveau 3), une brève ouverture du milieu provoque le retour d'un faciès plus profond (niveau 4), rapidement remplacé par un nouvel environnement lagunaire (niveau 5), à sédimentation terrigène dominante, propice à l'établissement de colonies de *Crassostrea*. L'influence du domaine continental est marquée par la grande quantité de pollens terrestres et les indices de pédogenèse.

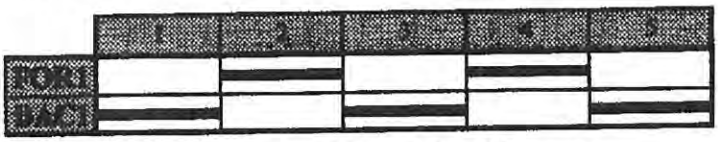


Figure 25 : Succession des milieux de dépôt sur la coupe de Castelnau d'Auzan.

f Découpage séquentiel

La surface de transgression est irrégulière. La montée du niveau marin relatif se traduit par l'installation d'environnements marins littoraux sur les molasses continentales. Le niveau 1 et la première partie du niveau 2 forment une séquence élémentaire d'approfondissement. Le reste de la série (niveaux 2-3 et 4-5) forment deux séquences élémentaires de comblement, chacune illustrant la chute du niveau marin relatif par à-coups.

La coupe de Castelnau-d'Auzan forme donc un cycle T-R, dont le demi-cycle transgressif est représenté par une séquence élémentaire transgressive et le demi-cycle régressif par deux séquences élémentaires de comblement.

g Âge des dépôts

Par la présence de *Orbulina suturalis* et l'absence de *Praeorbulina* dans le niveau 2, la série du ruisseau du Cocut peut être datée du Serravallien (sommet zone N9 et zones suivantes).

Globigerina praebulloides Blow	5	-	1
bulloides d'Orbigny	2	1	-
druryi Akers	2	-	-
Globigerinoides gr. *trilobus* (Reuss)	27	8	1
Orbulina suturalis Brönnimann	1	-	-
Globigerinella obesa (Bolli)	1	-	-
Neogloboquadrina siakensis (Le Roy)	2	1	-
continuosa (Blow)	4	1	-
Turborotalita quinqueloba (Natland)	2	-	-
Globoquadrina globosa Bolli	1	-	-
baroemoenensis (Le Roy)	2	2	-
dehiscens (Ch. P. & Col.)	1	-	-

Tableau 7 : Foraminifères planctoniques du ruisseau du Cocut.

	CA1		CA4		CA5	
DINOFLAGELLES	**Qté**	**%**	**Qté**	**%**	**Qté**	**%**
Dino indet	1	10	-	-	1	33,3
Lingulodinium machae.	-	-	-	-	1	33,3
Multispinula quarita	1	10	-	-	-	-
Operculodinium sp.	8	80	-	-	-	-
Spiniferites pseudofurcatus	-	-	1	100	1	33,3
Total	**10**		**1**		**3**	
Autres Algues						
Concentricystes sp.	2	-	-	-	-	-
Tinodiscus sp.	4	-	-	-	-	-
Total	**6**		**0**			
TOTAL ALGUES	**16**		**1**		**3**	
SPORES						
Indet.	-	-	3	50,0	3	9,4
Anthoceros	4	6,3	-	-	1	3,1
Letotrilites	-	-	-	-	2	6,3
Phaeoceros	1	1,6	-	-	1	3,1
Polypodiaceae	14	22,2	1	16,7	-	-
Polypodium	44	69,8	2	33,3	17	53,1
Pteris	-	-	-	-	7	21,9
Selagineta	-	-	-	-	1	3,1
TOTAL SPORES	**63**		**6**		**32**	
POLLENS						
Pinaceae	590	81,5	87	84,5	545	87,2
Cathaya	5	0,7	7	6,8	4	0,6
Keteleeria	9	1,2	7	6,8	14	2,2
Tsuga	1	0,1	-	-	-	-
Cupressaceae	1	0,1	-	-	-	-
Alnus	1	0,1	-	-	1	0,2
Carya	40	5,5	-	-	37	5,9
Cistaceae ?	1	0,1	-	-	-	-
Engelhardtia	2	0,3	-	-	5	0,8
Ericaceae	10	1,4	-	-	1	0,2
Ilex	4	0,6	-	-	1	0,2
Juglans	4	0,6	-	-	-	-
Liquidambar	-	-	-	-	1	0,2
Myrica	2	0,3	-	-	2	0,3
Platicarya	-	-	-	-	3	0,5
Pterocarya	-	-	-	-	3	0,5
Quercus	6	0,8	1	1,0	1	0,2
Sapotaceae	4	0,6	-	-	-	-
Tilia	2	0,3	-	-	1	0,2
Tricolpe	2	0,3	-	-	-	-
Armeria	8	1,1	-	-	4	0,6
Cheno./Amar.	7	1,0	-	-	2	0,3
Compositae	7	1,0	-	-	-	-
Lonicera	2	0,3	-	-	-	-
Malvaceae	-	-	1	1,0	-	-
Papilionaceae	9	1,2	-	-	-	-
Scabiosa	6	0,8	-	-	-	-
Umbelliferae	1	0,1	-	-	-	-
TOTAL POLLENS	**724**		**103**		**625**	
TOTAL	**803**		**110**		**660**	

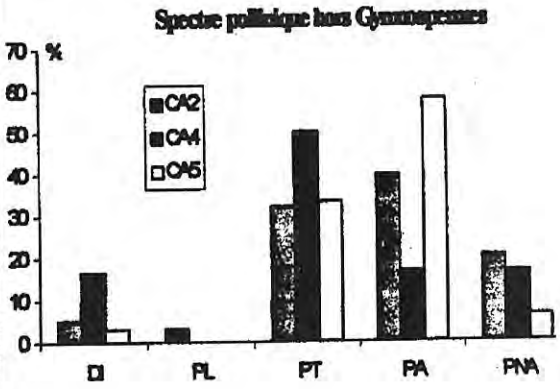


Tableau 8 : Pollens du ruisseau du Cocut.

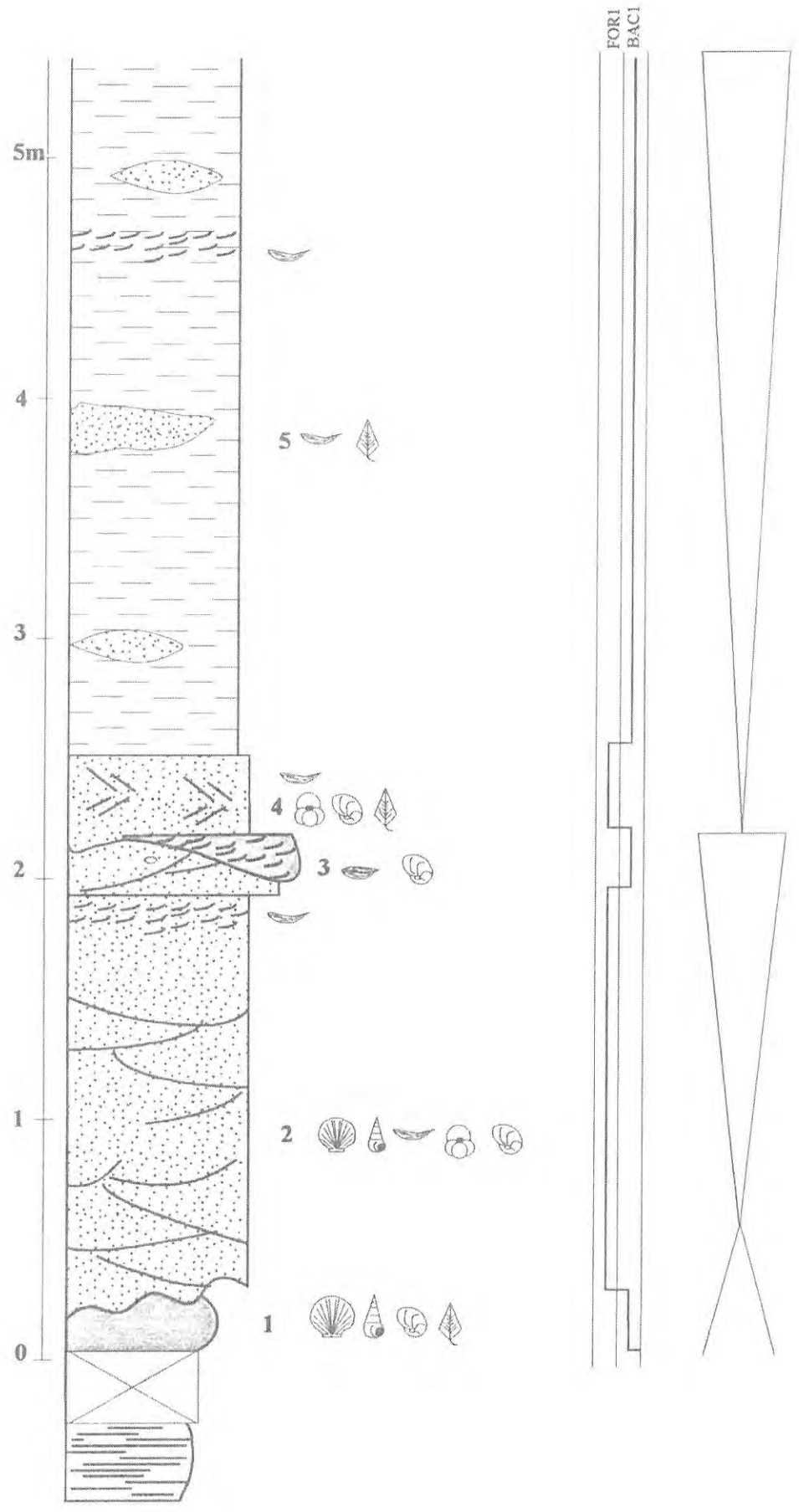
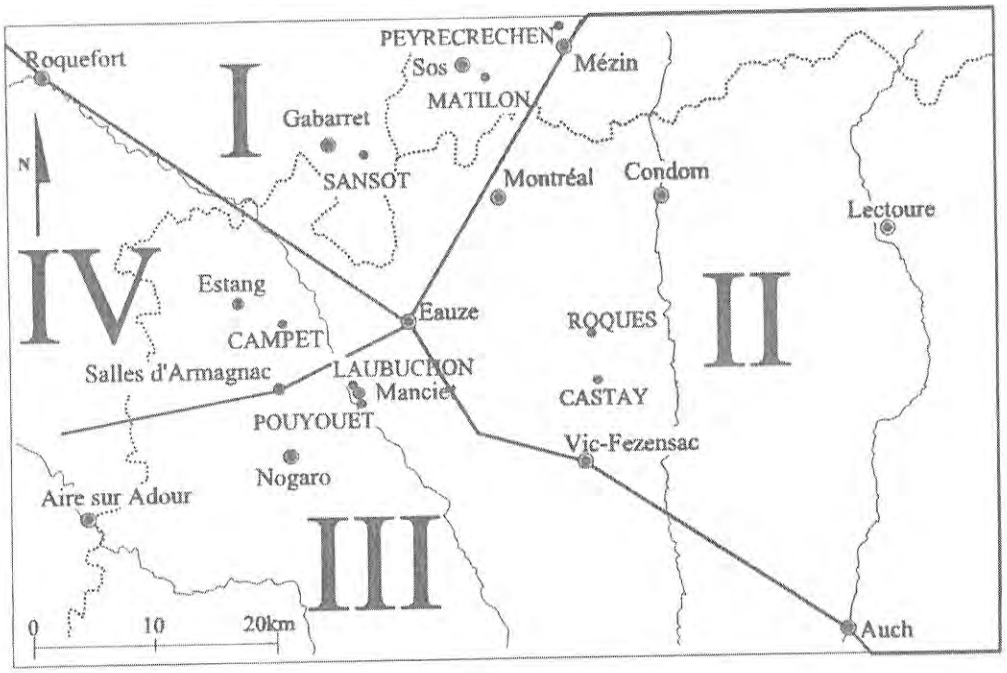


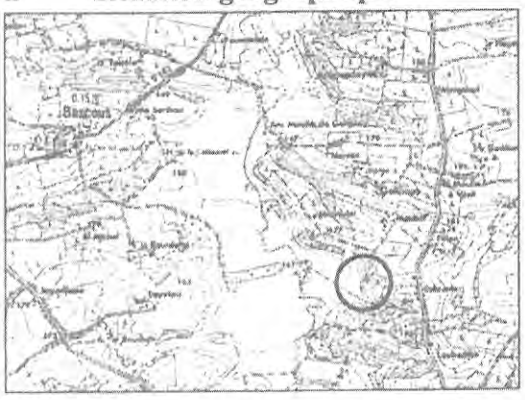
Figure 26 : Coupe du Ruisseau du Cocut.

II.B SECTEUR II (CONDOM–LECTOURE)



II.B.1 COUPE DE MAUBET

a Situation géographique



Cet affleurement se situe en contrebas du lieu-dit Maubet, à 1800 mètres au Sud-est de Bascous (carte IGN 1/25000^{e} Eauze, n°1742 O).

b Contexte topographique

Un ancien front de carrière apparaît dans un petit bois, à une altitude de 144 mètres. Il n'est pas possible de préciser le contexte topographique, la coupe étant très réduite et aucun autre affleurement n'étant présent dans ce secteur.

c Description stratigraphique

- **Niveau 1** : Sable fin de couleur claire, à plaquettes et rognons gréseux, localement induré sur une dizaine de centimètres d'épaisseur. Les fossiles correspondent à des fragments de bivalves, notamment *Crassostrea* et *Pecten*. A la base, des passages plus marneux ont livré une microfaune abondante et variée. Les foraminifères benthiques les plus fréquents sont *Ammonia beccarii*, *Florilus boueanus*, *Elphidium crispum*, *Asterigerina planorbis* et *Cibicides* sp. ; plusieurs genres d'ostracodes sont présents : *Carinocythereis* (2 espèces), *Pokornyella* et *Krithe*. Les foraminifères planctoniques sont fréquents, les principaux sont *Globigerinoides* gr. *trilobus*, *Globoquadrina baroemoenensis* et *Praeorbulina glomerosa* (Tableau 9).

d Faciès et milieux de dépôt

Les conditions d'observation difficiles ne permettent pas de définir clairement les types de faciès. Le milieu de dépôt est du type shoreface (faciès SH2), dans un environnement sporadiquement assez ouvert comme l'indique la microfaune.

e Âge des dépôts

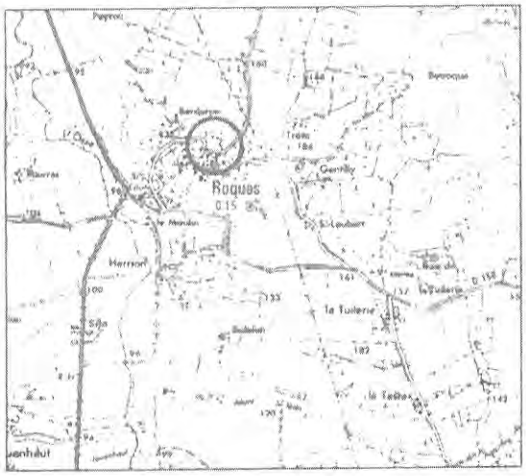
La présence de *Praeorbulina* gr. *glomerosa* et l'absence d'*Orbulina* placent le niveau de Maubet dans le Langhien (zones N8).

	MAU 1
Globigerina praebulloides Blow	9
bulloides d'Orbigny	13
woodi Jenkins	3
concinna Reuss	2
Globigerinoides gr. *trilobus* (Reuss)	46
Praeorbulina glomerosa (Blow)	1
Globigerinella obesa (Bolli)	3
Neogloquadrina siakensis (Le Roy)	5
Globorotalia praescitula Blow	1
Globigerinita juvenilis (Bolli)	2
Turborotalita quinqueloba (Natland)	1
Globoquadrina globosa Bolli	1
baroemoenensis (Le Roy)	18
Effectif total	**105**

Tableau 9 : Foraminifères planctoniques de Maubet.

II.B.2 AFFLEUREMENT DE ROQUES

a Situation géographique



Les Sables Fauves sont visibles dans le village de Roques (carte IGN 1/25000^{e} Vic-Fezensac, n°1742 E).

b Contexte topographique

La base des Sables Fauves repose sur les molasses de l'Armagnac, le contact se situe à une altitude de 160 mètres au Nord du village.

c Description stratigraphique (Figure 28)

- **Niveau 1** (50 cm) : Grès à ciment calcaire, massif sans aucune structure sédimentaire. Il est probable que ce banc est un faciès de diagenèse tardive du niveau sus-jacent. En effet, recouvrant les molasses argileuses, il est caractérisé par une intense circulation des eaux, induisant une forte recristallisation.

- **Niveau 2** (3m) : Grès assez grossier, aux éléments gréseux très roulés, contenant des fragments de coquilles d'huîtres. Les lamines indurées soulignent l'organisation en grandes stratifications obliques en éventail, orientées vers l'Est. Dans un plan perpendiculaire, les stratifications forment des dômes d'échelle métrique qui se succèdent en s'érodant les uns les autres. Les foraminifères benthiques sont rares et correspondent à *Ammonia beccarii*, *Elphidium* sp. et *Florilus* sp.

- **Niveau 3** (visible sur 60 cm) : Au Sud du village, des marnes sont visibles. Elles contiennent de nombreuses *Crassostrea crassissima* en position de vie et quelques *Ammonia beccarii*.

d Faciès et milieux de dépôt

- **Faciès SH2** (niveau 2) : Grès à stratifications en éventail. Ces structures représentent des dunes sous-marines préservées de l'érosion (Houthuys et Gullentops, 1988). Elles se sont formées dans un environnement à l'hydrodynamisme élevé comme le prouve l'arrondi des grains. L'orientation vers l'Est des stratifications obliques indique une formation et une migration des corps sableux influencées par un courant unidirectionnel de dérive littorale.

- **Faciès BAC1** (niveau 3) : Marnes à huîtres en position de vie et microfaune appauvrie. Les marnes à huîtres sommitales indiquent un contexte de vasière littorale dans un contexte lagunaire. La présence exclusive de *A. beccarii* marque des eaux à salinité élevée.

e Évolution des milieux de dépôt (Figure 27)

La transgression marine entraîne l'installation de cordons littoraux (niveau 2), remplacés ensuite par un environnement lagunaire (niveau 3). Le déplacement des faciès les plus internes vers le domaine marin marque un processus de comblement progressif et une diminution de la tranche d'eau.

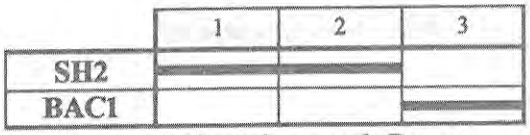


Figure 27 : Succession des milieux de dépôt sur la coupe de Roques.

f Découpage séquentiel

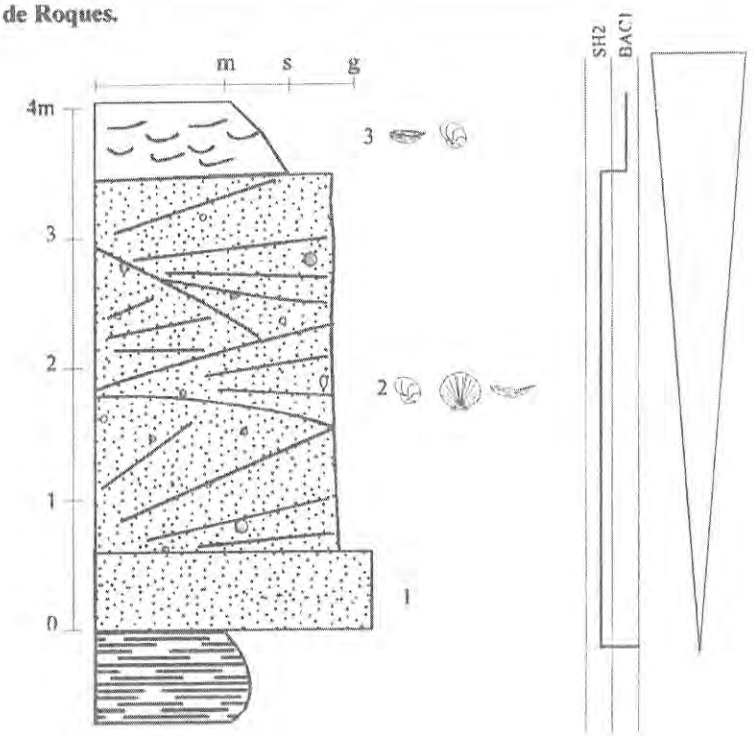
Le contact entre les molasses continentales et les premiers termes marins marque la surface de transgression. Les dépôts de Roques forment une séquence élémentaire de comblement correspondant à un demi-cycle régressif.

g Âge des dépôts

Aucun marqueur biostratigraphique n'a permis de dater cet ensemble. Des restes de crocodiliens sont mentionnés par Crouzel (1989) mais n'apportent aucune information sur l'âge précis des dépôts. D'après un contexte topographique identique à celui d'affleurements datés par la microfaune (Maubet, Sauboires), la série de Roques est placée dans le Langhien.

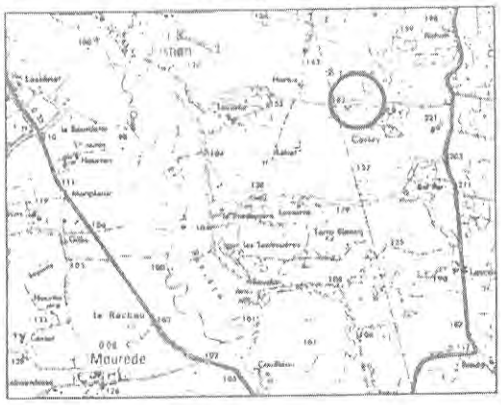
Sur la base de corrélations stratigraphiques et d'un contexte topographique analogue, l'affleurement de Roques est daté du Langhien.

Figure 28 : Coupe du village de Roques.



II.B.3 COUPE DE CASTAY

a Situation géographique



Cette coupe se trouve à 1200 m à l'Est du hameau de Justian, au niveau du lieu-dit Castay (carte IGN 1/25000^{e} Vic-Fezensac, n°1742 E).

b Contexte topographique

Les Sables Fauves reposent sur la molasse continentale à une altitude de 180 mètres.

c Description stratigraphique (Figure 30)

L'affleurement se situe sur un accotement en bord de route ; les conditions d'observation sont actuellement mauvaises, c'est pourquoi la coupe décrite ci-dessous correspond à un relevé effectué en 1989 par B. Cahuzac et J. Magné. (Crouzel *et al.*, 1989).

- **Niveau 1** (1,5 m) : Sable argileux gris-beige.
- **Niveau 2** (40 cm) : Sable gris bleuâtre contenant de rares huîtres. Quelques foraminifères benthiques mal conservés ont été rencontrés dans nos prélèvements : *Ammonia beccarii* et *Elphidium* sp.
- **Niveau 3** (1 m) : Sable beige à intercalations grises plus ou moins graveleuses.
- **Niveau 4** (2 m) : Argile compacte gris-bleu à beige à huîtres et petits nodules.
- **Niveau 5** (1,5 m) : Sable gris foncé à petits galets et petites huîtres.
- **Niveau 6** (1 m) : Argile sableuse grise à fins lits sableux.
- **Niveau 7** (3m) : Marnes brunes plus ou moins sableuses à *Crassostrea gryphoides*. Les foraminifères sont rares et mal conservés, les formes déterminables se rapportent essentiellement à *Ammonia beccarii*, *Florilus* sp. et *Elphidium* sp.

d Faciès et milieux de dépôt

Les dépôts de la coupe de Castay évoquent des milieux de dépôt très internes. Ils font partie des affleurements les plus orientaux et représentent la limite méridionale d'extension de la Formation des Sables Fauves dans ce secteur.

- **Faciès BAC1** (niveaux 1,2, 4, 5, 6 et 7) : L'extrême rareté de la microfaune, son mauvais état de conservation ainsi que la présence exclusive d'huîtres indiquent une influence marine très restreinte. La prédominance de *Ammonia beccarii* marque des eaux à forte salinité. L'aspect général des sédiments évoque une part d'apports continentaux importante, en relation avec une situation très proche de la ligne de rivage.

- **Faciès CON1** (niveau 3) : Sable à graviers sans microfaune. L'absence totale de fossiles marins et les intercalations graveleuses dans le niveau 3 (obs. pers. ; Crouzel *et al.*, 1989) pourraient indiquer des dépôts continentaux.

e Évolution des milieux de dépôt (Figure 29)

Les manifestations de la transgression dans le secteur de Justian sont très discrètes. Seule la présence de quelques foraminifères benthiques et d'huîtres attestent de l'installation d'environnements marins très côtiers. Les faciès sont tributaires des moindres déplacements de la ligne de rivage, du fait de la très faible épaisseur de la tranche d'eau. Cette situation rend compte de la tendance émersive de ce secteur et rend très plausible l'hypothèse selon laquelle certains sédiments de la coupe, notamment ceux du niveau 3, seraient d'origine continentale.

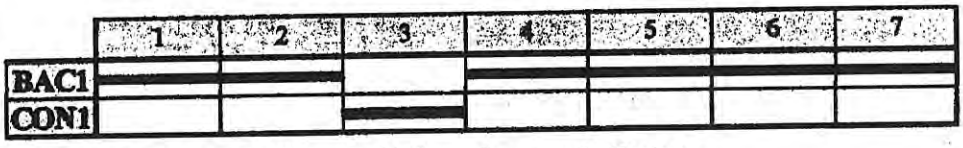


Figure 29 : Succession des milieux de dépôt sur la coupe de Castay.

f Découpage séquentiel

Les dépôts de la coupe de Castay peuvent se découper en deux séquences élémentaires de comblement et figurent les termes les plus proximaux de la Formation des Sables Fauves.

g Âge des dépôts

Aucun marqueur biostratigraphique n'a permis de dater cet ensemble. La proximité du site de Maubet, daté par les foraminifères planctoniques, ainsi que le contexte topographique identique à celui des dépôts rapportés au Langhien tendent à placer la série de Castay dans le Langhien.

Les corrélations stratigraphiques et le contexte topographique incitent à placer les dépôts de Castay dans le Langhien.

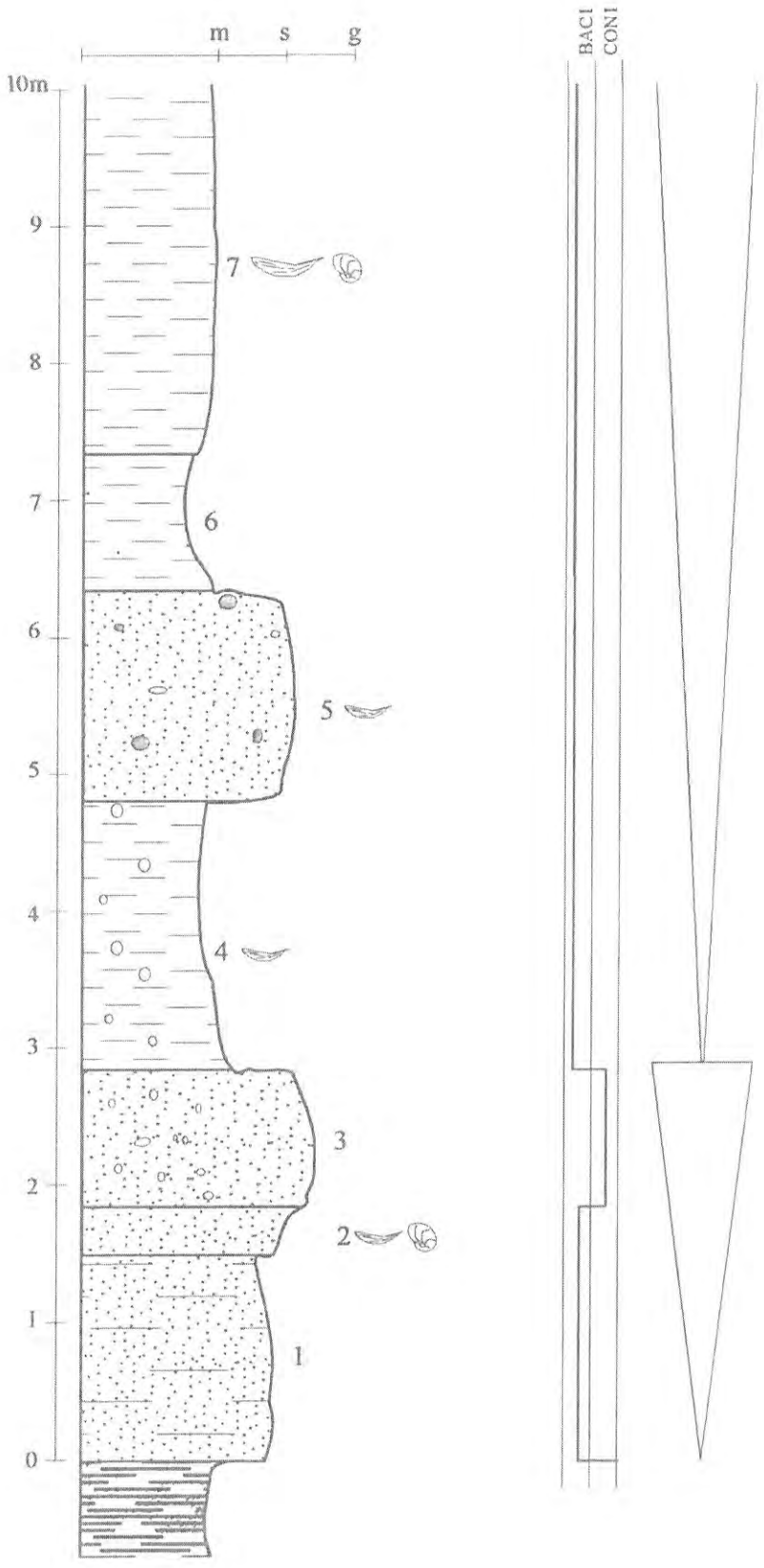


Figure 30 : Coupe de Castay relevée par B. Cahuzac et J. Magné *in* Crouzel *et al.* (1989).

II.B.4 COUPE DE JEAN PÉRÉ

a Situation géographique



Les Sables Fauves apparaissent dans une ancienne carrière, à proximité du lieu-dit Jean Péré, située à 1 kilomètre au Sud-est du hameau de Saint-Amand (carte IGN 1/25000^{e}, Eauze n°1742 O).

b Contexte topographique

Les dépôts marins apparaissent à une altitude de 150 mètres. Dans les environs, entre les lieux-dits le Gay et Maignau, des lentilles sableuses se rencontrent en sommet de coteau, aucun encaissement dans le substratum continental n'a été constaté.

c Description stratigraphique (Figure 32)

- **Niveau 1** (1,5 m) : Grès grossier à ciment calcaire, organisé en stratifications obliques entrecroisées (*herring-bone structures*).

- **Niveau 2** (50 cm) : Ensemble gréseux très induré, à base érosive, contenant des éléments gréseux de grande taille et des fragments de coquilles roulés.

- **Niveau 3** (2 m) : Grès grossier à ciment calcaire, organisé en stratifications obliques sub-parallèles ayant un pendage moyen de 15° vers l'Est. Les fossiles les plus fréquents correspondent à *Pecten* sp. et *Crassostrea crassissima*.

- **Niveau 4** (50 cm) : Grès grossier comparable au niveau 2.

- **Niveau 5** (50 cm) : Grès grossier à ciment calcaire comparable au niveau 3.

Un mammifère continental (*Conohyus simorrensis goeriachensis*) est signalé par Duranthon et Cahuzac (1997).

d Faciès et milieux de dépôt

- **Faciès SH2** (niveaux 3 et 5) : Grès à stratifications obliques parallèles. Ces structures sont les témoins d'un milieu de profondeur modérée ayant permis la mise en place de cordons littoraux, dans un contexte hydrodynamique fort sous l'influence d'un courant unidirectionnel.

- **Faciès FOR1** (niveau 1) : Grès à *herring-bone structures*. Les structures entrecroisées indiquent un milieu soumis à un courant oscillatoire et situé dans la zone d'influence directe des marées.

- **Faciès FOR2** (niveaux 2 et 4) : Grès à éléments très roulés. La taille et l'aspect roulé de certains éléments indique un milieu très agité en position côtière. La morphologie générale de ces niveaux évoque un dépôt de haut de plage, battu par les vagues.

e Évolution des milieux de dépôt (Figure 31)

La coupe de Jean Péré fait apparaître l'installation des milieux marins littoraux, correspondant à la zone de battement de marée. La tranche d'eau diminue, des dépôts grossiers, en position de haut de plage se mettent en place. Une phase d'approfondissement entraîne le recul des faciès les plus côtiers et l'installation de cordons littoraux sous une tranche d'eau relativement réduite. Le comblement de l'espace disponible aboutit à des faciès proximaux plus grossiers. Le processus semble se répéter, le dernier niveau de la coupe indique un nouvel approfondissement et le retour de faciès shoreface.



Figure 31 : Succession des milieux de dépôt sur la coupe de Jean Péré.

f Découpage séquentiel

Les Sables Fauves de Jean Péré s'organisent en trois séquences élémentaires de comblement (niveaux 1-2 ; 3-4 ; 5), la dernière étant incomplète. Les deux séquences inférieures illustrent le passage de faciès foreshore ou shoreface à un faciès foreshore, en haut de plage. La série s'intègre donc dans un demi-cycle régressif.

g Âge des dépôts

La datation par les mammifères continentaux n'apporte aucune précision ; elle indique un âge compris entre les zones MN 5 et MN 9 et couvre donc tout le Miocène moyen. Cet ensemble est daté du Serravallien par Cahuzac et Poignant (1996) sur la base de lithofaciès comparables à ceux observés dans le secteur de Sos. Cette hypothèse ne s'accorde pas avec nos résultats. La proximité de niveaux ayant livré *Praeorbulina glomerosa* (Courrensan, Pouyouet, Maubet) ainsi qu'un contexte topographique similaire tendent à placer les dépôts de la coupe de Jean Péré dans le Langhien.

Par analogie avec des gisements proches, d'après leur contenu paléontologique et le contexte topographique, les Sables Fauves de Jean Péré sont datés du Langhien.

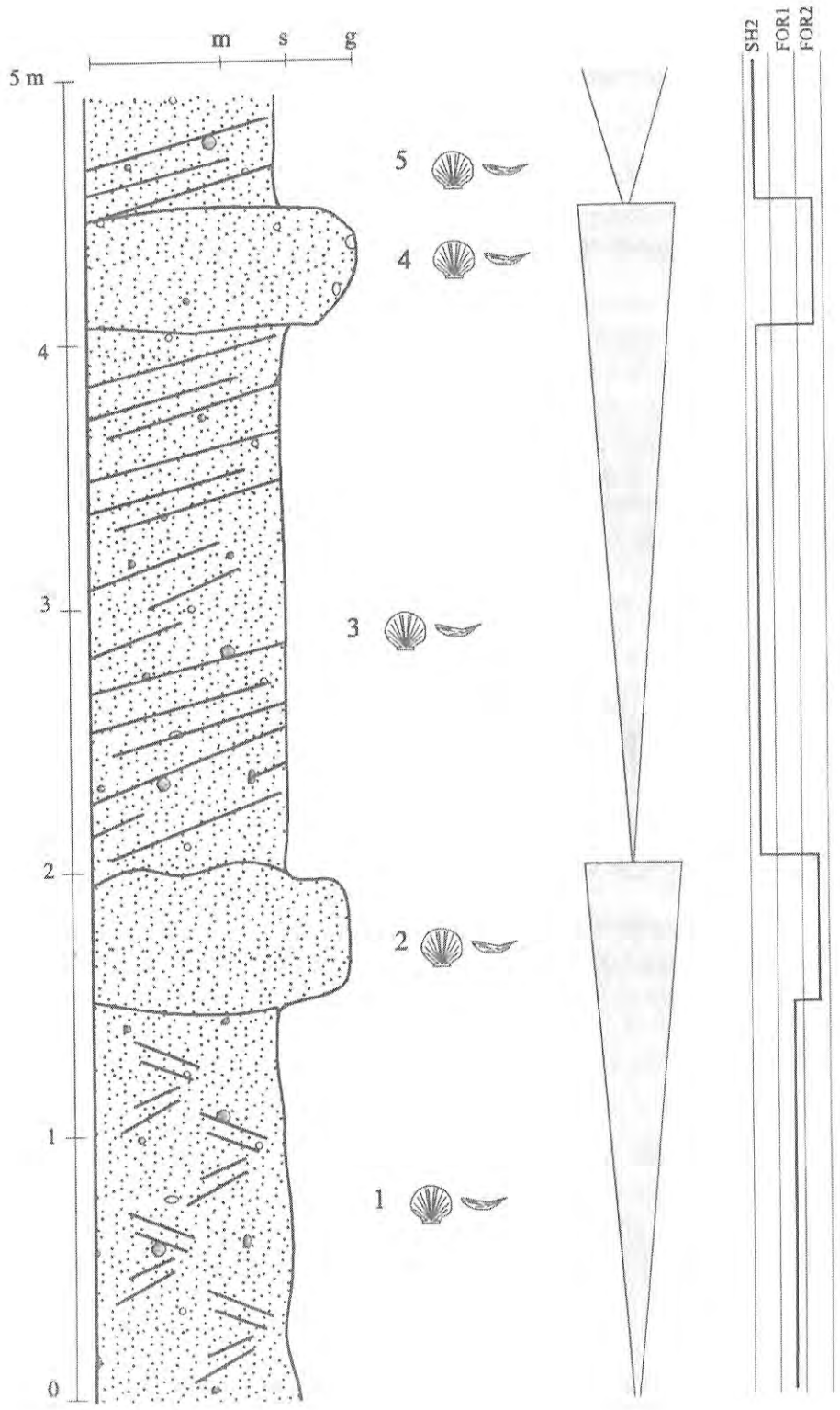
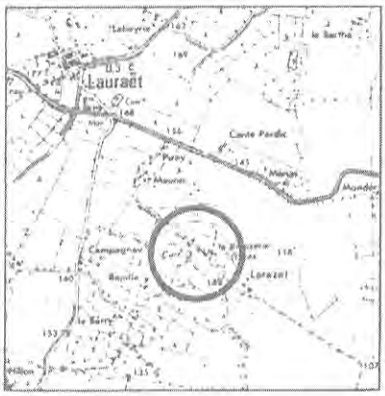


Figure 32 : Coupe de Jean Péré.

II.B.5 CARRIÈRE DE LA BRASSERIE



Cette carrière se trouve à 1 kilomètre au Sud-est du village de Lauraët, entre les lieux-dits Lazaret et Bajolle (carte IGN 1/25000^{e} Mézin-Montréal, n°1741 E). Actuellement en activité, le calcaire exploité correspond aux niveaux 3 et 4 de la nomenclature Crouzel (Duranthon *et al.*, 1999).

a Contexte topographique

Les Sables Fauves ne subsistent sur le plateau que sous forme de placages résiduels à une altitude de 150 mètres.

b Description stratigraphique (Figure 33)

Le calcaire de Montréal est localement karstifié, des poches de soutirage ont permis la conservation de niveau sableux. La présence de *Crassostrea crassissima* (comm. pers. F. Duranthon) dans cet ensemble confirme l'appartenance du sable soutiré à la Formation des Sables Fauves. Les niveaux sableux sont agencés en fins lits horizontaux et bien classés. Les lamines sont généralement granodécroissantes (obs. pers.) et marquent un transport du matériel par ruissellement.

Plus au Sud, les placages de Sables Fauves en position de plateau sont fréquents dans le secteur de Courrensan. Dans les environs de l'église de Cadignan, à 2 kilomètres au Sud-est de Courrensan, au niveau du lieu-dit Laugrue, ils se situent à une altitude moyenne de 170 mètres. La disparition des dépôts marins a été favorisée dans cette zone par une importante activité karstique se manifestant par la présence d'avens dans tout le secteur.

c Âge des dépôts

Sur la base du contexte topographique, les sables soutirés des secteurs de Lauraët et Courrensan sont placés dans le Langhien.

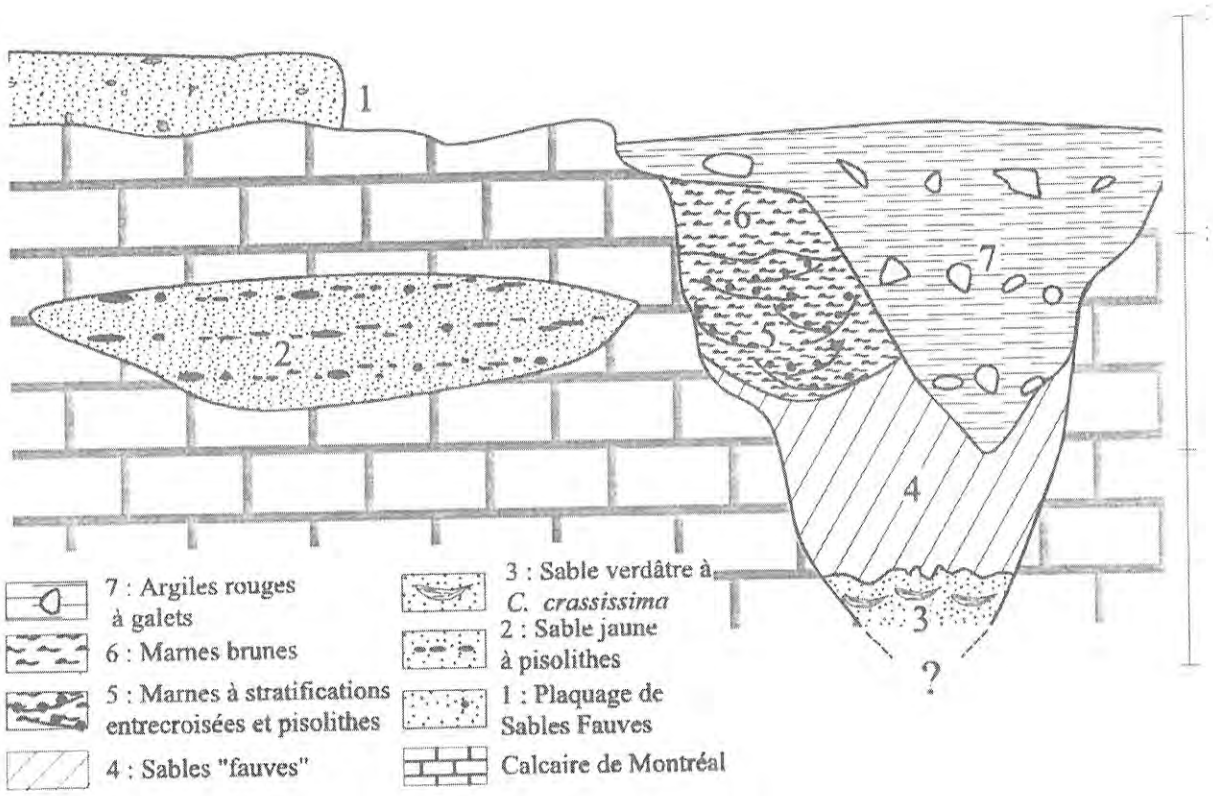
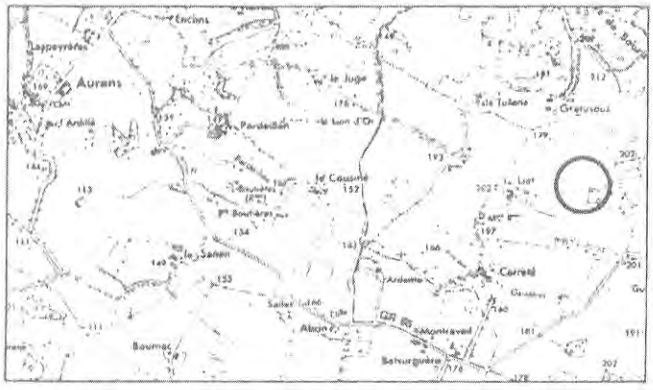


Figure 33 : Coupe de la carrière de la Brasserie, relevée par F. Duranthon en 1995.

II.C DONNÉES COMPLÉMENTAIRES

II.C.1 GISEMENT DE LIET

a Situation géographique



Le site se situe à 4 kilomètres au Sud du village de La Romieu, sur la commune de Marsolan, dans une sablière entre le lieu-dit Liet et les grottes du Cavet Blanc (carte IGN 1/25000^{e} Condom, n°1841 O).

b Contexte topographique

Les dépôts marins apparaissent en position de plateau à une altitude entre 200 et 205 mètres.

c Description stratigraphique

Les dépôts affleurant correspondent à un conglomérat à matrice sableuse, contenant des galets gréseux et des fragments de mollusques roulés. Une importante faune de vertébrés terrestres a été mise au jour, la révision la plus récente (Duranthon et Cahuzac, 1997) signale : *Pliopithecus antiquus*, *Crouzelia auscitanensis*, *Steneofiber* cf. *depereti*, *Euroxenomys minutum*, *Miopetaurista sansaniensis*, *Cricetodon sansaniensis*, *Democricetodon crassus*, *Democricetodon gaillardi*, *Megacricetodon gersii*, *Eumyarion medium*, *Spermophilinus bredai*, *Armantomys aragonensis*, Mastodonte indéterminé, *Anchitherium aurelianense*, Rhinocéros indéterminé, *Hyotherium soemmeringi* ?, *Dorcatherium* cf. *guntianum*, *Dorcatherium* aff. *crassum*, *Micromeryx flourensianus*, *Dicroceros elegans* et *Prolagus oeningensis*.

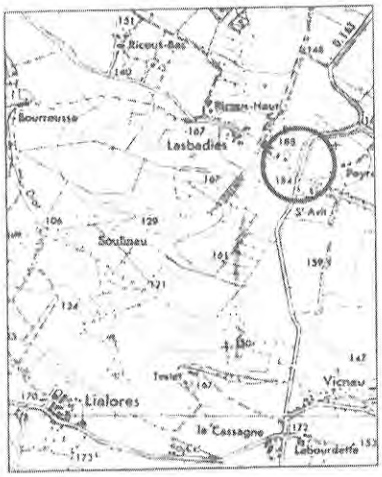
d Âge des dépôts

Le site de Liet est le gisement le plus oriental directement daté. L'étude des mammifères le place dans la partie inférieure de la zone MN6 (Ginsburg et Bulot, 2000), avec un âge antérieur à celui du site de Sansan, lui-même estimé à 15,2 Ma (Sen et Ginsburg, 2000). Ces données sont compatibles avec un âge langhien, elles s'accordent avec l'ensemble des datations obtenues dans tout le secteur et montrent un contexte topographique similaire.

L'étude des mammifères place le site de Liet dans le Langhien (base zone MN6).

II.C.2 AFFLEUREMENT DE LASBADIES

a Situation géographique



L'affleurement se trouve à 3 kilomètres au Sud-est de Moncrabeau (carte IGN 1/25000^{e} Condom, n° 1841 O), dans le hameau de Lasbadies, à proximité du lieu-dit Saint-Avit.

b Contexte topographique

Les Sables Fauves affleurent au sommet du plateau calcaire, à 184 mètres d'altitude. Aucun encaissement n'apparaît dans le secteur, le contact se suit sur l'ensemble du plateau grâce à la présence ponctuelle de lentilles sableuses.

c Description stratigraphique

La coupe la plus importante est constituée d'un grès à ciment calcaire visible sur 1,5 mètre de haut. L'ensemble est organisé en stratifications obliques entrecroisées (*herring-bone structures*). Nos prélèvements n'ont pas permis la récolte de microfaune planctonique. Des foraminifères planctoniques sont mentionnés par Magné *et al.* (1985) : *Globigerinoides* gr. *trilobus*, *G. sicanus*, *Globigerina praebulloides*, *G.* cf. *bulloides*, *G.* cf. *angustiumbilicata*, *Globoquadrina baroemoenensis* et *Turborotalita* sp.

d Faciès et milieux de dépôt

- **Faciès FOR 1** : Les stratifications obliques entrecroisées caractérisent un milieu intertidal, soumis à des courants de marée bidirectionnels (flot et jusant) d'intensité comparable.

e Âge des dépôts

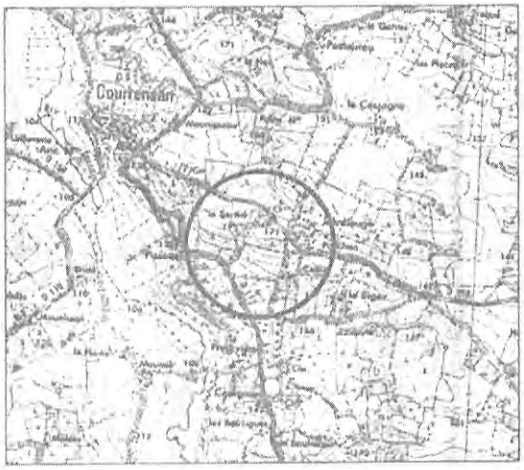
La présence de *G. sicanus* (*Praeorbulina sicana*) permet de dater cet ensemble du Langhien (zone N8).

II.C.3 AFFLEUREMENT DU PÉLAT



Situé à 1500 mètres au Sud-est de Caussens (carte IGN 1/25000^{e} Condom, n°1841 O), les Sables Fauves apparaissent à une altitude supérieure à 195 mètres.
La proximité du site de Liet et un contexte topographique similaire tendent à placer cet ensemble dans le Langhien. Cette argumentation est encore renforcée par l'attribution à la zone MN 5 (Langhien ; Antoine *et al.*, 1997) du site du château d'Ensoulès, situé à 700 mètres au Sud-ouest.

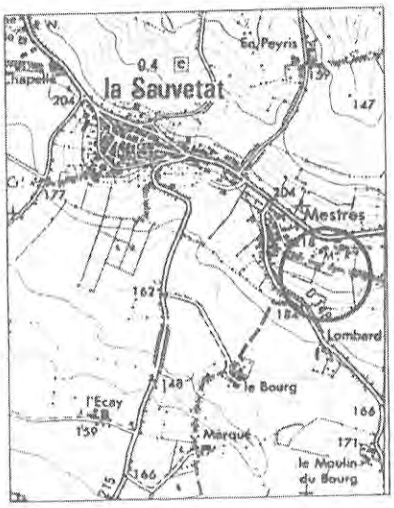
II.C.4 AFFLEUREMENTS DE COURRENSAN



Divers affleurements apparaissent autour de Courrensan (Sarthé, La Pouche, carte IGN 1/25000^{e} Vic-Fezensac, n° 1742 E).

Ces dépôts sont attribués au Serravallien par Cahuzac *et al.* (1995), sur la base du lithofaciès. Les mammifères apportent peu de précisions, les deux espèces déterminées ayant une extension stratigraphique trop étendue en Aquitaine : *Zygolophodon turicensis*, zones MN4 à MN9 et *Conohyus simorrensis*, zones MN4 à MN8 (Duranthon et Cahuzac, 1997) ; ils sont placés dans la zone MN5 par Antoine *et al.* (1997). Ces mêmes dépôts ont livré *Praeorbulina* gr. *glomerosa* (Magné *et al.*, 1985), ce qui les place dans le Langhien (zone N8). Dans le cadre de la présente étude, les données biostratigraphiques sont jugées plus fiables que les comparaisons lithologiques, c'est donc l'âge langhien qui sera retenu.

II.C.5 AFFLEUREMENTS DU MOULIN DE MESTRES ET DE CASTELNAU D'ARBIEU



Ces deux gisements forment les limites méridionales (Moulin de Mestres : carte IGN 1/25000e Valence sur Baïse, n° 1842 O) et orientales (Castelnau d'Arbieu) du domaine d'extension des Sables Fauves dans le secteur de Condom-Lectoure. Dans les deux cas, les sédiments marins tronquent les formations continentales des Molasses de l'Armagnac : le niveau 6 au Sud et le niveau 7 à l'Est (nomenclature Crouzel).

Dans ce secteur, l'âge des Sables Fauves est donc sensiblement celui du niveau 8 (Figure 34), correspondant au Calcaire inférieur de l'Astarac. Sa position stratigraphique est équivalente à celle du gisement de Liet, situé à la base de la zone MN6 et antérieur au niveau de Sansan (niveau 9, Calcaire de Sansan). Ces données placent donc les Sables Fauves les plus orientaux dans le Langhien (Antoine *et al.*, 1997).

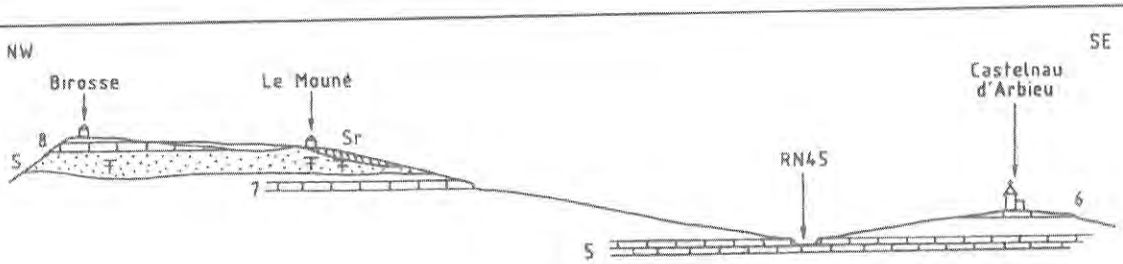


Figure 34 : Coupe de Castelnau d'Arbieu indiquant la position des Sables Fauves par rapport aux formations continentales de l'Armagnac. Sr : Sables roux à *Ostrea crassissima*; 8 : Calcaire inférieur de l'Astarac ; S : Sables fossilifères de Mouné et Birosse ; 7 : Calcaire d'Auch ; 6 : Calcaire supérieur de Lectoure ; 5 : Calcaire de Larroque Saint-Sernin. D'après Crouzel (1957).

II.D CORRÉLATION DES AFFLEUREMENTS SEPTENTRIONAUX

II.D.1 Affleurements langhiens (Figure 35)

Dans la partie septentrionale, la datation des dépôts langhiens s'appuie essentiellement sur les foraminifères planctoniques. Les séries de Sansot, Peyrecrechen, Maubet et celles situées dans les environs de Courrensan contiennent *Praeorbulina* gr. *glomerosa* et *P. sicana*. Ces marqueurs datent l'ensemble de ces coupes du Langhien (zones N8, base N9). Dans les sites les plus orientaux, la microfaune planctonique disparaît, les âges sont alors fournis par les mammifères continentaux. Les niveaux concernés sont tous antérieurs au niveau de Sansan, daté de 15,2 Ma. Les associations placent le gisement de Peyrecrechen dans la zone MN5 et le site de Liet à la base de la zone MN6. Ces datations s'accordent parfaitement avec une position dans le Langhien.

Mis à part la coupe de Sansot, située en domaine nettement plus distal, le contexte topographique est identique sur l'ensemble des affleurements langhiens datés par leur contenu paléontologique. Ces sables ne subsistent en général que sous la forme de placages résiduels, en position de plateau et aux altitudes les plus élevées : 150 mètres à Peyrecrechen, 200 mètres à Liet. Ils reposent sur les molasses de l'Armagnac, le contact est assez régulier et suit une surface arasée, entre Montréal du Gers et Lectoure, comme sur les sites du Mas d'Auvignon et Moulin de Mestres (Ginsburg et Bulot, 2000), recoupant la série continentale jusqu'au niveau 8 de la nomenclature Crouzel.

Par analogie, les autres gisements de Sables Fauves situés dans le secteur le plus oriental du domaine de répartition sont considérés comme datant du Langhien, leur contexte topographique étant comparable à celui des gisements dont l'âge est connu. Ce principe permet donc de dater les dépôts de Jean Péré, Lasbadies, le Pélat, Roques et Castay, de même que les placages de Sables Fauves de la carrière de la Brasserie et de Cadignan, entraînés par soutirage dans les réseaux karstiques. A l'échelle du secteur, la majeure partie du Langhien a généralement disparu du fait de l'érosion ; seule la base de chacune des formations peut être observée et corrélée.

Dans le secteur septentrional, les gisements datés du Langhien (zone N8-base N9, zone MN5-base MN6) se caractérisent par leur situation sur les parties hautes de la topographie actuelle, en position de plateau. La surface de contact avec le substratum est régulière et tronque la série continentale des Molasses de l'Armagnac. Les dépôts les plus orientaux dont le contenu paléontologique n'est pas significatif sont considérés comme contemporains et placés dans le Langhien, sur la base d'un contexte topographique similaire.

II.D.2 Affleurements serravalliens (Figure 35)

Les dépôts du Serravallien se situent exclusivement dans la partie occidentale de cette région (secteur I). Ils sont datés par la présence de foraminifères planctoniques du groupe *Orbulina* (*O. suturalis* et *O. universa*) et la disparition du groupe *Praeorbulina*. *O. universa* apparaît à Matilon et *O. suturalis* dans les dépôts du Pont du Rimbez et du ruisseau du Cocut. Leur position stratigraphique permet donc de placer les affleurements au niveau du sommet de la zone N9 et dans les zones suivantes. Les mammifères continentaux confirment l'âge serravallien des Sables Fauves de Matilon et tendent à les placer dans la seconde moitié de cet étage (partie supérieure des zones MN 7-8, base MN9). Ils permettent d'attribuer le même âge à la série du Cayron.

L'ensemble des dépôts datés par la microfaune et les mammifères témoignent de conditions de mise en place identiques. Ils sont profondément encaissés dans le substratum régional (trilogie agenaise, Molasses de l'Armagnac), se rencontrent en fond de vallons et présentent des lithofaciès très comparables. Les niveaux situés à la base des coupes sont corrélés et placés dans le même demi-cycle transgressif, l'approfondissement étant marqué soit par un dépôt marneux du type falun (Pont du Rimbez, Matilon et ruisseau du Cocut) soit par conglomérat remaniant des éléments du substratum (le Cayron). Les parties moyennes et supérieures sont regroupées au sein d'un seul demi-cycle régressif, le comblement est représenté par les faciès silico-clastiques, à l'exception de la série du ruisseau du Cocut, du fait des faciès très internes qu'elle illustre.

L'encaissement des Sables Fauves de Lapeyrie et de Menjoy ainsi que leur organisation séquentielle - conglomérat basal et évolution en comblement - permettent de dater ces dépôts du Serravallien. Le même contexte topographique apparaît sur la coupe de Pibèque et tend à placer également cet affleurement dans le Serravallien.

Dans la partie septentrionale de la zone étudiée, les dépôts datés du Serravallien (sommet zone N9 et suivantes, zone MN 7-8) se limitent au secteur situé le plus à l'Ouest. Ils sont profondément encaissés dans le substratum régional et occupent les topographies actuelles les plus basses. Par analogie, les gisements n'ayant livré aucun marqueur stratigraphique, présentant une organisation séquentielle et un contexte topographique similaires sont rapportés au Serravallien.

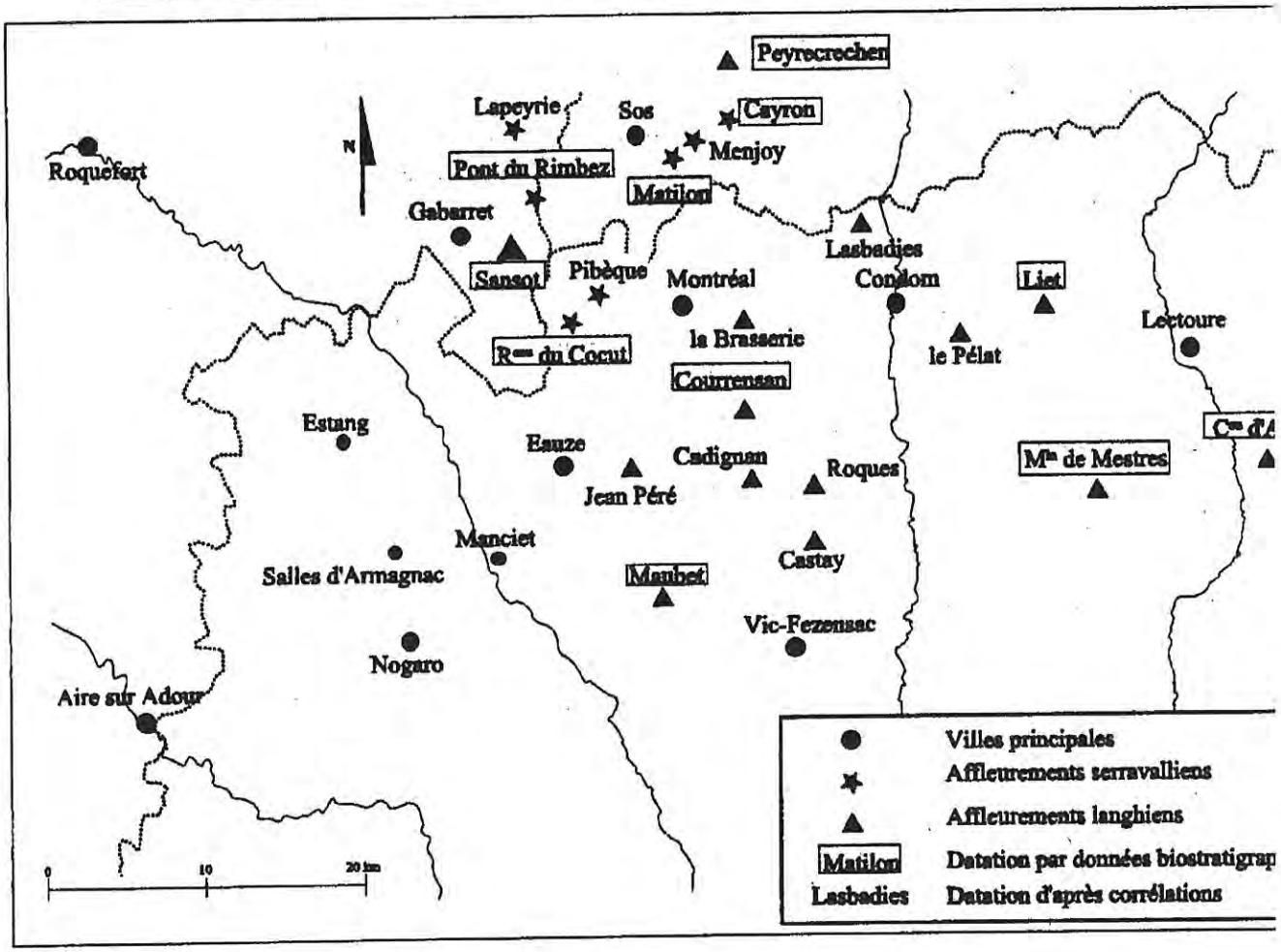
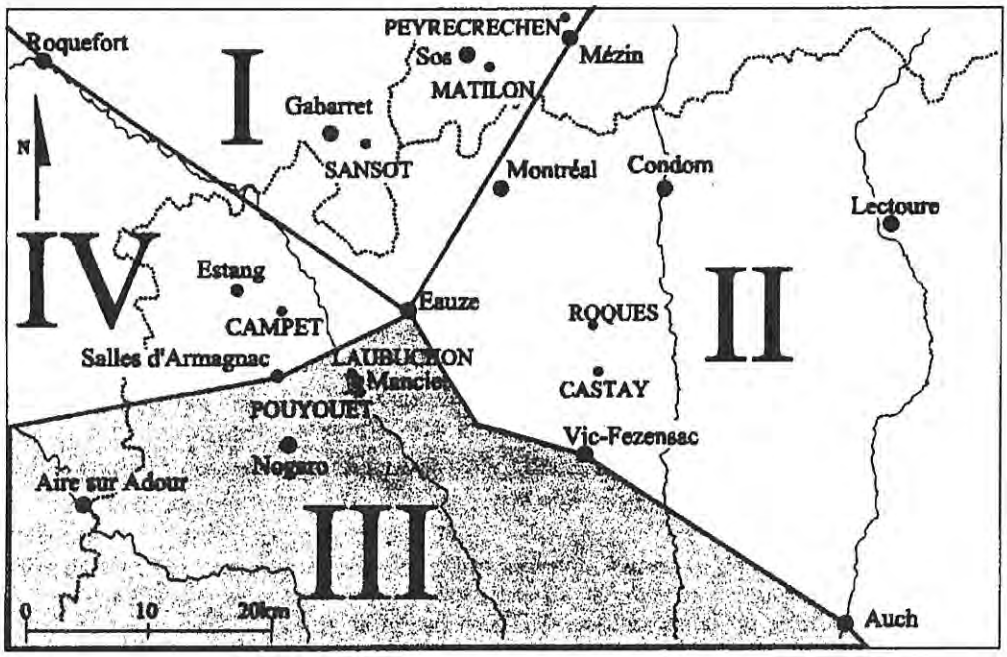


Figure 35 : Distribution des dépôts langhiens et serravalliens dans la partie septentrionale de la région étudiée.

III PARTIE MÉRIDIONALE

III.A SECTEUR III (MANCIET – NOGARO)



III.A.1 COUPE DE MANCIET POUYOUET

a Situation géographique



Le site de Pouyouet se trouve à 500 mètres au Sud-est du village de Manciet (carte IGN 1/25000^{e} Eauze, n°1742 O). Le site est actuellement occupé par un abreuvoir à bétail.

b Contexte topographique

L'affleurement de Pouyouet se trouve en bas de versant, à une altitude de 120 mètres.

c Description stratigraphique (Figure 37)

Cette coupe est un gisement connu, dont la macrofaune a fait l'objet de nombreux travaux (notamment Astre, 1922 ; Peyrot, 1923 a et b). Le faciès a été défini comme « Falun de Manciet » et se caractérise par sa richesse en fossiles.

- **Niveau 1** (50 cm) : Sable grossier à concrétions et plaquettes gréseuses, accompagnées de galets résultant de remaniements intraformationnels. Quelques stratifications obliques sont visibles. Le contact avec le substratum est régulier, la base de ce niveau contient des éléments provenant du démantèlement du substratum (galets de molasse et calcaire lacustre), des traces de terriers sont visibles. L'ensemble contient une faune marine abondante et diversifiée, bien qu'assez cassée et roulée. L'étude de la microfaune a permis de reconnaître des associations variées. Les foraminifères planctoniques les plus fréquents sont *Globigerinoides* gr. *trilobus* et *Globoquadrina baroemoenensis* (Tableau 11) ; les principaux foraminifères benthiques sont *Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum* et *E.* sp., accompagnés de *Asterigerina planorbis*, *Brizalina* sp. et *Cibicides* sp. ; la recherche de pollens met en évidence une bonne représentation des dinoflagellés et l'abondance de *Polysphaeridium zoharyi* (Tableau 10).

  MICROFACIES (concrétion gréseuse) : Grès immature à majorité de quartz ; l'ensemble de la lame est affecté par une diagenèse tardive qui se manifeste par la présence de calcite pœcelitique ; la cimentation varie du centre vers la surface de la concrétion : le ciment central est sparitique à microsparitique, les cristaux s'organisent en frange isopaque non fibreuse ; vers la surface, le liant est microsparitique à micritique. Des fantômes de fragments de lamellibranches sont visibles, ils sont ferruginisés, certains sont micritisés et perforés ; les foraminifères benthiques sont assez abondants, quelques uns sont pyritisés.

- **Niveau 2** : (80 cm) : Sable plus fin, moins fossilifère. Présence de quelques lits centimétriques un peu plus coquilliers. Les foraminifères les plus fréquents sont *A. beccarii* et *E. crispum*.

d Faciès et milieux de dépôt

- **Faciès SH3** (niveau 1) : Sable grossier au contenu paléontologique varié. Il représente le faciès classique du « Falun de Manciet ». Ce niveau se retrouve en plusieurs points autour de la localité. L'ensemble se caractérise par sa richesse en organismes marins témoins d'environnements littoraux, aux eaux chaudes. Le site de Pouyouet correspond à une accumulation, dans un milieu agité et peu profond (présence de *Polysphaeridium zoharyi*), d'organismes transportés après remobilisation par des courants forts (tempêtes par exemple). Les bioclastes ferruginisés et pyritisés observés dans le microfaciès témoignent d'apports depuis des milieux plus distaux. Le caractère marin franc est également attesté par le bon état général de conservation de la microfaune et la présence de foraminifères planctoniques.

- **Faciès SH2** (niveau 2) : Sable fin à niveaux coquilliers. La granulométrie plus fine semble indiquer un environnement protégé des fortes fluctuations hydrodynamiques, dont les manifestations se résument à la mise en place de fines concentrations de bivalves.

e Évolution des milieux de dépôt (Figure 36)

Étant donnée la faible extension de cette coupe, le seul événement dont elle témoigne est l'installation d'environnements marins sur des terrains continentaux plus anciens. Aucune évolution n'apparaît clairement, les deux niveaux identifiés indiquant seulement le passage d'un faciès franchement marin et littoral (niveau 1) à un faciès plus protégé, fréquemment rencontré dans la Formation des Sables Fauves (niveau 2).

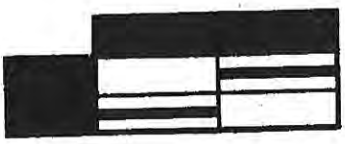


Figure 36 : Succession des milieux de dépôt sur la coupe de Pouyouet.

f Découpage séquentiel

La coupe de Pouyouet représente les premiers termes de la Formation des Sables Fauves. Le contact entre les molasses continentales et l'ensemble marin forme une surface de transgression assez régulière. La mise en place dans un contexte hydrodynamique fort d'un niveau d'accumulation accompagné du démantèlement du substratum illustre les premières étapes d'une remontée du niveau marin relatif. Cet affleurement est donc le témoin demi-cycle transgressif, les dépôts constituent une séquence élémentaire d'approfondissement.

g Âge des dépôts

La microfaune que nous avons recueilli à l'occasion de cette étude ne permet pas d'attribuer un âge à ces dépôts. Toutefois, *Sphenolithus heteromorphus* signalé par Cahuzac *et al.* (1995) indique une situation dans les zones NN4-5 L'âge est précisé par la mention de *Praeorbulina* gr. *glomerosa* (Magné *et al.*, 1985), marqueur des zones N8-base N9.

Les marqueurs planctoniques permettent donc de dater la série de Manciet-Pouyouet du Langhien (zone N8).

POUYOUET 1		
DINOFLAGELLES	**Qté**	**%**
Impagidinium patullum	1	0,8
Lingulodinium machaerophorum	1	0,8
Operculodinium centrocarpum	3	2,3
Polysphaeridium zoharyi	101	76,5
Spiniferites cf. bentorii	13	9,8
Spiniferites mirabilis	12	9,1
Spiniferites pseudofurcatus	1	0,8
TOTAL	132	
SPORES		
Polypodiaceae	7	100
TOTAL	7	

POLLENS		
Abietaceae	50	48,1
Castanea	1	1,0
Carya	13	12,5
Myrica	9	8,7
Nyssa	2	1,9
Quercus	7	6,7
Salix sp.	3	2,9
Sapotaceae	2	1,9
Ulmus	1	1,0
Armeria	1	1,0
Chenopodiaceae/Amaranthaceae	6	5,8
Compositae	2	1,9
Graminae	3	2,9
Sparganium	4	3,8
TOTAL	104	
TOTAL	**243**	

Tableau 10 : Pollens de Pouyouet.

POUYOUET 1	
Globigerina praebulloides Blow	1
bulloides d'Orbigny	2
woodi Jenkins	4
druryi Akers	1
Globigerinoides gr. ***trilobus*** (Reuss)	21
Globigerinella obesa (Bolli)	3
Neogloboquadrina siakensis (Le Roy)	1
mayeri (Cush. & Ellisor)	5
Globoquadrina globosa Bolli	1
baroemoenensis (Le Roy)	15
Effectif total	**54**

Tableau 11 : Foraminifères planctoniques de Pouyouet.

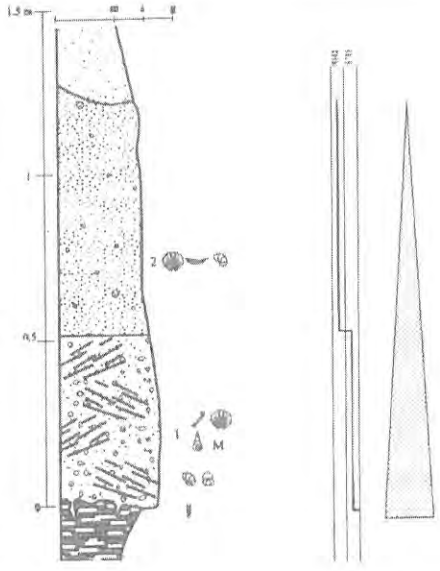


Figure 37 : Coupe de Pouyouet.

III.A.2 COUPE DE MANCIET LAUBUCHON

a Situation géographique.



Cette coupe se situe à environ 1000 mètres au Nord du village de Manciet, entre les lieux-dits Laubuchon et le Brouil (carte IGN 1/25000e Eauze, n°1742 O).

b Contexte topographique

Les premiers termes de la série sont visibles dans un bosquet en pied de versant. Nos observations dans ce secteur indiquent que les sédiments marins reposent sur les molasses du Miocène inférieur, à une altitude de 120 mètres, sur une surface sub-horizontale et légèrement irrégulière.

c Description stratigraphique (Figure 39)

- **Niveau 1** (50 cm) : Sable grossier à concrétions et plaquettes gréseuses, accompagnées de galets résultant de remaniements intraformationnels. Quelques stratifications obliques sont visibles. Le contact avec le substratum est régulier, accompagné de bioturbations. L'ensemble est assez coquillier.

- **Niveau 2** : (50 cm) : Sable plus fin, dont la couleur varie du jaune au gris organisé en stratifications planes parallèles. Présence de quelques lits centimétriques un peu plus coquilliers.

- **Niveau 3** : (visible sur 50 cm) : Molasses continentales, pouvant localement former un replat. Le couvert végétal et la solifluxion ne permettent pas d'estimer précisément l'épaisseur totale de cet ensemble. D'après Crouzel (1989), l'épaisseur totale est légèrement supérieure à 1 mètre.

La suite de la série apparaît clairement 500 mètres plus à l'Est, dans une ancienne carrière. Les sédiments reposent sur la molasse continentale. Les caractères généraux sont les suivants :

- **Niveau 4** (visible sur 4 m) : Sable fin jaunâtre à orangé, peu cohérent. Quelques concrétions et plaquettes gréseuses sont présentes. L'ensemble est légèrement coquillier, les fossiles les plus fréquents correspondent à *Pecten* sp. et *Crassostrea crassissima*. A

défaut de distinguer une organisation précise, il est possible d'identifier des passages argileux dans lesquels la microfaune est abondante. Les principaux foraminifères planctoniques sont *Globigerinoides* gr. *trilobus* et *Globoquadrina* gr. *baroemoenensis*, ils sont associés à *Orbulina suturalis* (Tableau 12) ; les foraminifères benthiques les plus courants sont *Ammonia beccarii*, *Florilus boueanus*, *Cibicides lobatulus*, *Spiroplectamina carinata*, *Asterigerina planorbis*, *Elphidium complanatum*, *E. crispum*, *E.* sp. et *Coryphostoma* sp.

d Faciès et milieux de dépôt.

- **Faciès SH2** (niveaux 2 et 4) : Sable fin peu cohérent, à lits coquilliers. La rareté de la microfaune ainsi que la finesse du sédiment et le litage horizontal indiquent des environnements littoraux assez protégés. L'abondance en microfaune dans les passées marneuses témoigne d'un milieu marin plus ouvert, où la décantation prévaut. Du fait des lacunes d'observation, il n'est pas possible d'évaluer précisément l'importance de ces épisodes.

- **Faciès SH3** (niveau 1) : Sable grossier à au contenu paléontologique varié et abondant. Il représente le faciès classique du « Falun de Manciet » (p. 95). L'ensemble se caractérise par sa richesse en organismes marins et témoigne d'environnements littoraux, aux eaux chaudes et agitées. Le caractère marin franc des milieux de vie de ces organismes est attesté par le bon état général de conservation de la microfaune et la présence de foraminifères planctoniques.

- **Faciès CON1** (niveau 3) : Molasses et calcaires lacustres. Ces dépôts sont les témoins de l'installation temporaire d'une sédimentation continentale.

e Évolution des milieux de dépôt (Figure 38)

Les premiers indices de milieu marin apparaissent avec le niveau 1 sur les dépôts continentaux des Molasses de l'Armagnac. Les faciès sont littoraux (niveau 2) et rapidement remplacés par une sédimentation continentale (niveau 3), traduisant un recul de la ligne de rivage. Dans un second temps, un nouvel ensemble de Sables Fauves (niveau 4) se dépose au-dessus du premier ensemble. Les milieux de dépôts indiquent une tranche d'eau peu importante, le milieu connaissant des approfondissements sporadiques (lits marneux du niveau 4). Les derniers termes de la phase de comblement ne sont pas visibles sur la coupe.

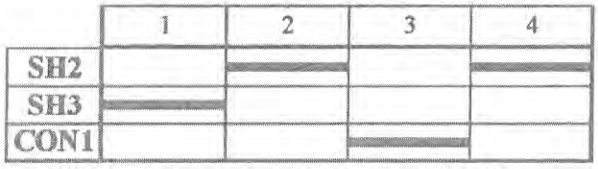


Figure 38 : Succession des milieux de dépôt sur la coupe de Laubuchon.

f Découpage séquentiel

La base de la coupe illustre un premier approfondissement. La surface de transgression suit une topographie sub-horizontale assez régulière. Les niveaux 1 et 2 forment une séquence élémentaire d'approfondissement. Les dépôts continentaux du niveau 3 font partie d'une séquence de comblement aboutissant à l'émersion totale du secteur. La moitié supérieure de la coupe indique une seconde remontée du niveau marin relatif. Les lacunes d'observation ne permettent pas d'en décrire précisément les modalités. Les premiers termes visibles illustrent un faciès shoreface, sporadiquement remplacé par un faciès marneux pouvant traduire de brefs approfondissements. Le niveau 4 est interprété comme regroupant plusieurs séquences élémentaires de comblement.

La coupe de Laubuchon illustre donc deux cycles T-R ; le premier est complet, chaque demi-cycle étant représenté par une séquence d'échelle métrique, le second n'apparaît que par le demi-cycle régressif associé, vraisemblablement formé d'au moins deux séquences élémentaires de comblement.

g Âge des dépôts

Par analogie avec la coupe de Manciet-Pouyouet, le niveau 1 est assimilé au Falun de Manciet, le premier cycle T-R est donc daté du Langhien. La présence d'*Orbulina suturalis* dans le niveau 4 place le second demi-cycle régressif dans le Serravallien.

Par comparaison avec le site de Pouyouet, le premier cycle T-R de Laubuchon est daté du Langhien. La présence d'*Orbulina suturalis* et l'absence de *Praeorbulina* dans la partie supérieure de la coupe permet de placer le second cycle T-R dans le Serravallien (sommet zone N9 et zones suivantes).

LAU 4	
Globigerina praebulloides Blow	1
bulloides d'Orbigny	1
Globigerinoides gr. *trilobus* (Reuss)	32
Orbulina suturalis Brönnimann	1
Neogloboquadrina siakensis (Le Roy)	1
continuosa (Blow)	1
Globoquadrina globosa Bolli	1
baroemoenensis (Le Roy)	16
langhiana Cita & Gelati	1
dehiscens (Ch. P. & Col.)	2
EFFECTIF TOTAL	57

Tableau 12 : Foraminifères planctoniques du niveau 4 de Laubuchon.

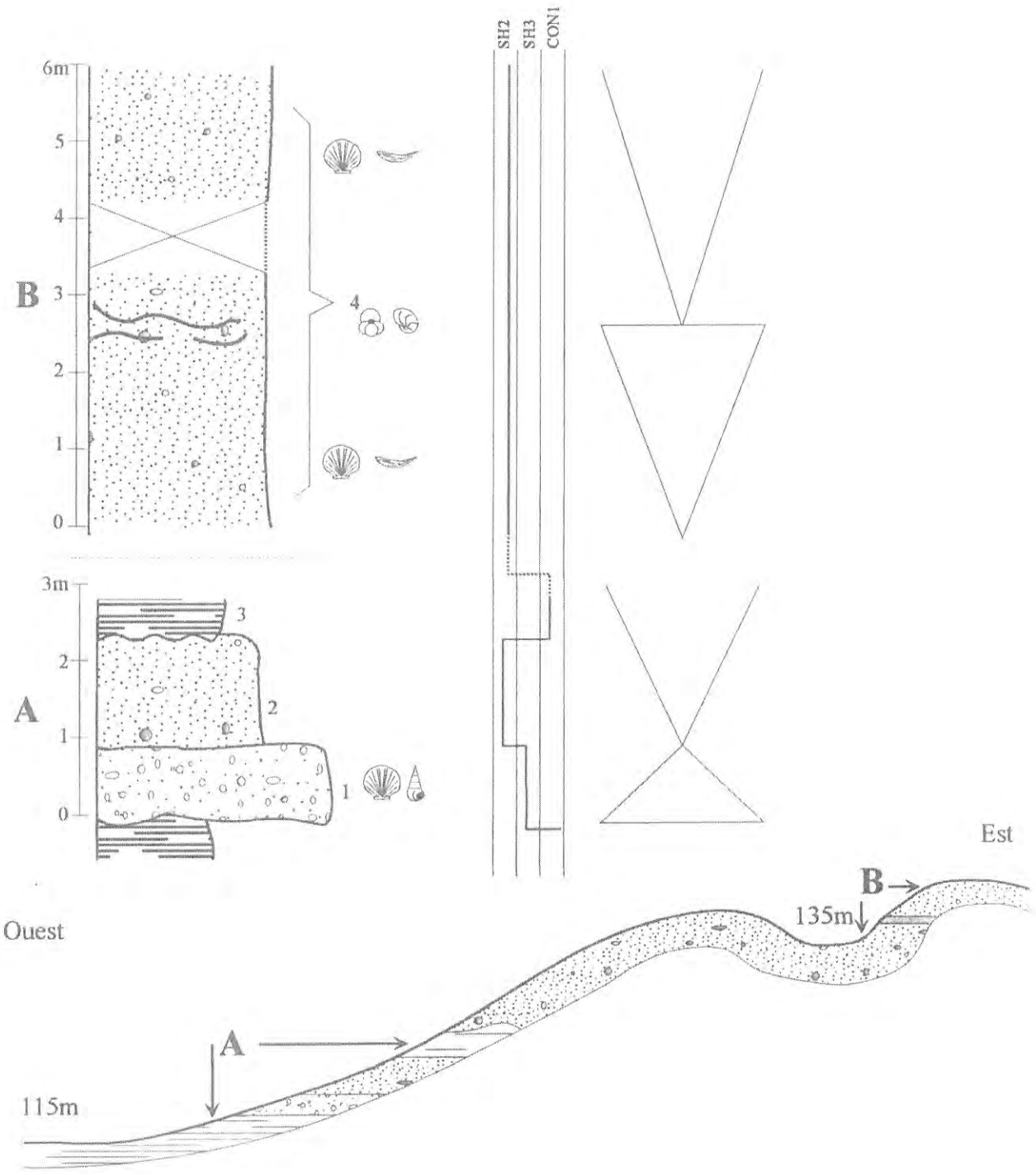
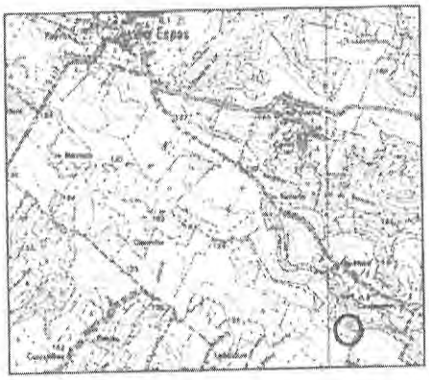


Figure 39 : Contexte topographique et coupe de Laubuchon.

III.A.3 COUPE DE COULOUMET

a Situation géographique



Située à 2200 mètres du village d'Espas, au Sud de la borne géodésique 169 à proximité du lieu-dit Couloumet (carte IGN 1/25000^{e} Eauze, n°1742O), cette coupe se trouve dans une petite sablière sporadiquement exploitée.

b Contexte topographique

Le contact avec le substratum n'est pas visible mais les molasses continentales du Burdigalien se trouvent à proximité. La lacune d'observation à la base n'excède pas 1 mètre. La base du premier niveau repose à une altitude de 120 mètres, les dépôts se situent en pied de versant.

c Description stratigraphique (Figure 41)

- **Niveau 1** (visible sur 30 cm) : Sable conglomératique, associant des galets gréseux issus de démantèlements intraformationnels et des éléments provenant du substratum très proche (galets mous et fragments de calcaire lacustre).

- **Niveau 2** (2 m) : Sable grossier à plaquettes gréseuses contenant un grand nombre de fragments de coquilles de 2 ou 3 millimètres. De rares foraminifères benthiques (*Ammonia beccarii*) ont été récoltés. L'ensemble est disposé en grandes stratifications obliques parallèles, orientées vers le Nord-ouest.

- **Niveau 3** (1,5 m) : Sable fin, très meuble, contenant des très nombreuses concrétions gréseuses (rognons sphériques et plaquettes), dont certaines sont à mettre en relation avec des terriers. La base tronque nettement le sommet du niveau précédent. Les foraminifères benthiques sont rares : *Ammonia beccarii* et *Elphidium crispum*. Un ostracode du genre *Pokornyella* a été identifié. L'ensemble est organisé en stratifications obliques entrecroisées, qui ont tendance à devenir horizontales dans la dernière partie.

- **Niveau 4** (30 à 50 cm) : Grès fin à ciment calcaire, contenant des galets gréseux et quelques éléments marneux. Ce niveau est très riche en bivalves, notamment en *Cyrena* sp., souvent complètes. La base ravine le niveau sous-jacent.
  MICROFACIES : Grès immature à liant micritique ; autour des fragments d'échinodermes apparaît un ciment syntaxique. Des fantômes de ciment fibreux sont visibles, la diagenèse tardive a provoqué un remplacement des ciments par de la calcite pœcelitique mais, contrairement aux niveaux non consolidés, la microfaune a pu être préservée. Les foraminifères benthiques sont assez abondants (textularidés et miliolidés) sont visibles ; des concentrations locales de matière organique (micrite brune) apparaissent, imputables à une activité algaire. Les autres clastes correspondent essentiellement à des grains de quartz, auxquels s'ajoutent de rares feldspaths plagioclases et quelques pelletoides et fragments de coquilles.

- **Niveau 5** (1 m) : Marne sableuse feuilletée, gris clair. Des lits argileux progradants apparaissent, ils ont un angle de plongement moyen de 25°. Quelques macrorestes végétaux sont présents, ils n'ont pas pu être identifiés. Le spectre pollinique est dominé par les Abiétacées (Tableau 13). Cette couche est la plus étendue de l'ensemble 2, elle se retrouve sur toute la largeur de la coupe (20 mètres).

- **Niveau 6** (1,5 m) : Sable grossier, jaune clair, partiellement induré. Peu d'organismes de grande taille sont visibles, la majorité des éléments est constituée de débris de 5 millimètres, des passées très coquillières (*Turritella*, *Natica*, *Pecten* et crustacés) se répartissent régulièrement. Une vertèbre de cétacé y a été recueillie, son aspect montre qu'elle a subi un transport assez important. Ce corps lenticulaire a une extension horizontale d'environ 10 mètres il passe latéralement à un sable fin et meuble, de couleur foncée correspondant à un niveau d'accumulation de coquilles de gastéropodes et bivalves peu fragmentées mais très mal conservés. Elles ont un aspect blanc et pulvérulent, qui rend leur détermination difficile.

- **Niveau 7** (1,6 m) : Grand chenal symétrique, assez profondément encaissé dans l'ensemble précédent. Son extension horizontale est équivalente à celle du front de la sablière, soit une vingtaine de mètres. Le remplissage est constitué de marne grise à débris végétaux de petite taille. On rencontre quelques gastéropodes de la famille des *Potamides*. Une lentille plus sableuse forme la semelle de ce chenal.

- **Niveau 8** (jusqu'à 80 cm) : Marne beige, assez sableuse, contenant un grand nombre de macrorestes végétaux, dont certains attribués à *Myrica* sp. Cette couche nivelle le sommet de la coupe.

- **Niveau 8 bis** (1,5 m) : Nos prospections montrent que les niveaux sommitaux de cette coupe sont remplacés latéralement par une marne très plastique, contenant de nombreuses *Crassostrea crassissima* en position de vie et à la base de laquelle apparaît un ensemble comparable au niveau 6. Cette variation de faciès peut être constatée dans le lit du ruisseau du Cantiran, environ 700 m au Nord-est, à proximité du point coté 139 m. Ce niveau a été baptisé 8 bis, en référence au niveau de Couloumet auquel il correspond certainement. La microfaune est presque totalement absente, les palynomorphes sont dominés par les dinoflagellés (Tableau 13).

d Faciès et milieux de dépôt

- **Faciès SH2** (niveaux 2 et 3) : Sable à stratifications obliques parallèles ou festons de mégarides. Les structures du niveau 2 résultent de la formation de mégarides et cordons sableux, mis en place sous l'influence d'un courant littoral unidirectionnel Nord-ouest. En ce qui concerne le niveau 3, les stratifications obliques entrecroisées évoquent des festons de rides se recoupant, mises en place sous l'action de courants oscillatoires.

- **Faciès SH3** (niveaux 1 et 4) : Sable à gros éléments roulés et nombreux fragments de coquilles. Les caractéristiques sédimentologiques du niveau 1 tendent à les rapprocher du niveau inférieur du falun de Manciet Pouyouet, situé à quelques kilomètres (p. 95). Ils

représentent un milieu de haute énergie, proche de la côte, en position d'avant-plage. Pour ce qui est du niveau 4, le ciment syntaxique marque une diagenèse précoce en domaine phréatique. Les foraminifères et l'activité algaire indiquent une tranche d'eau peu profonde. Les concentrations coquillières évoquent des zones d'accumulations côtières.

- **Faciès BAC1** (niveaux 5, 6, 7 et 8) : Marnes à huîtres et pollens continentaux. Les quelques fossiles rencontrés sont des formes pouvant vivre dans des eaux à salinité variable, voire saumâtres (présence de *Concentricystes*). Le niveau 6 est interprété comme un témoin d'un chenal sableux au sein de cet ensemble lagunaire. La comparaison des spectres polliniques des niveaux 5 et 8 bis montre que leurs proportions en dinoflagellés et pollens sont inversées. Ces résultats indiquent un environnement lagunaire au Nord-est (niveau 8 bis) relayé par un paysage nettement plus continental au niveau de la coupe de Couloumet (niveau 5).

e Évolution des milieux de dépôt (Figure 40)

Après l'installation de milieux marins (niveau 1), les environnements littoraux (mégarides du niveau 2) cèdent progressivement la place à des milieux de plus en plus proximaux, correspondant à des dépôts de plage (niveaux 3 et 4). Les derniers termes de la coupe marquent l'installation d'un milieu à salinité anormale (probablement estuarien), parcouru par des chenaux de marée (niveau 6). Ce processus aboutit à une influence continentale très marquée (chenal marneux avec restes végétaux des niveaux 7 et 8). En direction du Nord-est, le niveau 8 bis montre la persistance temporaire d'environnements marins restreints, de type vasière, colonisés par des huîtres.

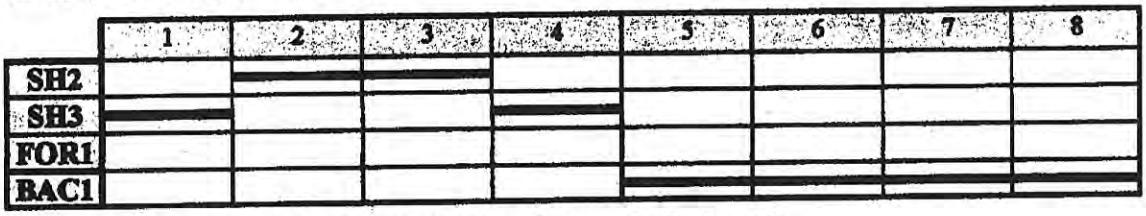


Figure 40 : Succession des milieux de dépôt sur la coupe de Couloumet.

f Découpage séquentiel

La phase de transgression sur les terrains marno-calcaires continentaux est représentée par les niveaux 1 et 2, qui constituent une séquence élémentaire d'approfondissement. Le reste des dépôts indique un comblement progressif de l'espace disponible. Ce processus se déroule de façon linéaire, la séquence élémentaire de comblement englobe le reste de la coupe (niveaux 3 à 8).

La coupe de Couloumet illustre donc un cycle T-R, chaque demi-cycle étant représenté par une seule séquence élémentaire (niveaux 1-2 et 3-8).

g Âge des dépôts

Une importante dissolution a entraîné la disparition quasi complète de la microfaune, ce qui empêche une datation par les marqueurs habituels.

Les similitudes de faciès constatées entre cette coupe et l'affleurement classique de Manciet-Pouyouet et le contexte topographique identique tendent à placer la série de Couloumet dans le Langhien.

	COU 5		COU 8bis	
DINOFLAGELLES	**Qté**	**%**	**Qté**	**%**
Indéterminés	1	11,1	181	100
Achomosphera sp	6	66,7	-	-
Trinovantedinium papulum	1	11,1	-	-
Concentricystes sp	1	11,1	-	-
TOTAL PLANCTON	**9**		**181**	
SPORES				
Polypodiacées	9	81,8	-	-
Pteris sp	1	9,1	-	-
Trilète lisse	1	9,1	-	-
TOTAL SPORES	**11**		**0**	
POLLENS				
Abietacées	164	82,4	72	96,0
Taxodiacées	10	5,0	-	-
Carya sp	6	3,0	-	-
Ericacées	3	1,5	-	-
Juglans sp	1	0,5	-	-
Nyssa sp	1	0,5	-	-
Platicarya sp	2	1,0	-	-
Quercus sp	2	1,0	1	1,3
Salix sp	4	2,0	-	-
cf. *Sambucus*	1	0,5	1	1,3
Symplocos sp	-	-	1	1,3
Ulmus sp	1	0,5	-	-
Amaranthacées - Chénopodiacées	4	2,0	-	-
TOTAL POLLENS	**199**		**75**	
TOTAL	**219**		**256**	

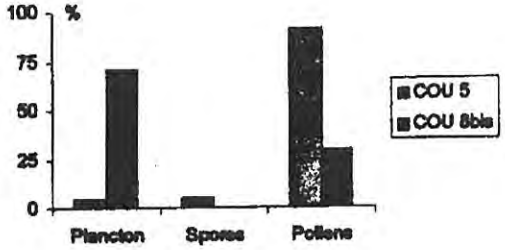


Tableau 13 : Pollens de Couloumet.

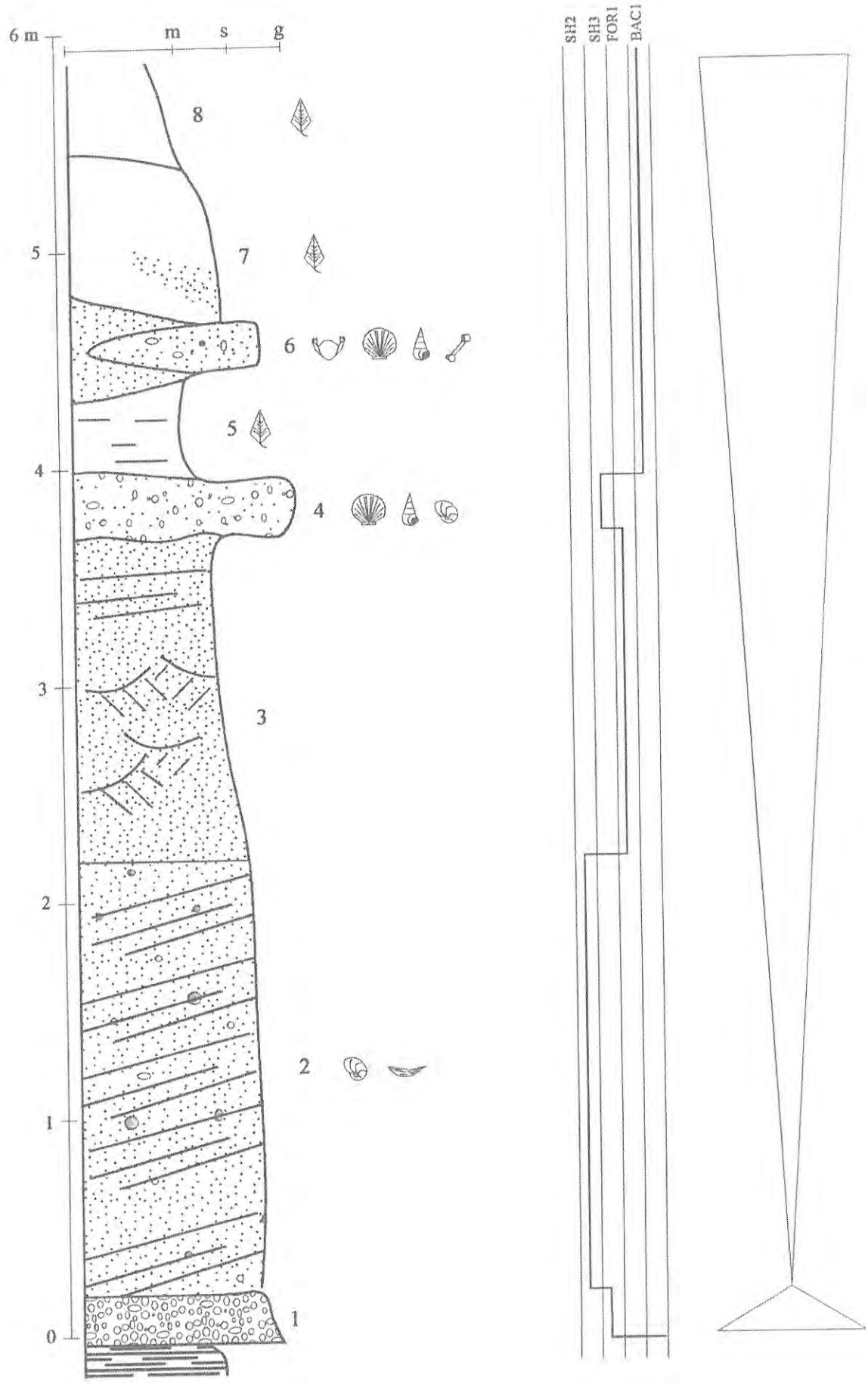
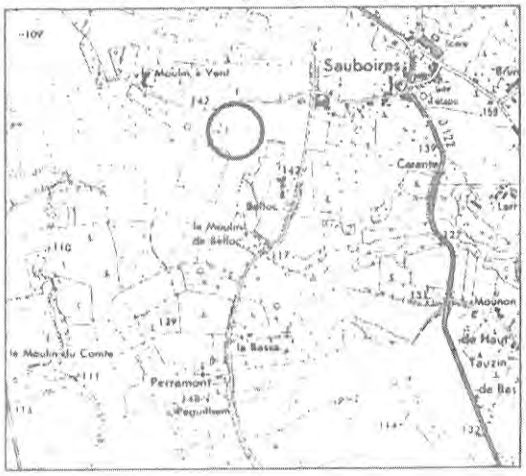


Figure 41 : Coupe de Couloumet.

III.A.4 COUPE DE SAUBOIRES

a Situation géographique



Cet affleurement se situe à 1000 mètres à l'Ouest du village de Sauboires, à proximité du lieu-dit le Moulin à vent (carte IGN 1/25000^e Eauze, n°1742 O).

b Contexte topograpique

La base des Sables Fauves repose sur les Molasses de l'Armagnac en bas de versant, à 120 mètres d'altitude.

c Description stratigraphique (Figure 42)

- **Niveau 1** (4 à 5 m) : Grès assez grossier, la lithification souligne les stratifications obliques en éventail orientées vers l'Est. L'ensemble s'organise en mégarides plurimétriques séparées par des surfaces de réactivation. La présence de niveaux meubles montre que la microfaune est assez abondante mais mal conservée. Les foraminifères benthiques les plus fréquents sont *Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum*, *E.* sp. et *Florilus boueanus* ; les foraminifères planctoniques sont dominés par *Globigerinoides* gr. *trilobus* (Tableau 14).

d Faciès et milieux de dépôt

- **Faciès SH2**: Sable grossier à stratifications obliques en éventail. La carrière de Sauboires représente de grandes dunes sous-marines d'avant côte, formées sous une faible tranche d'eau dans un milieu agité. Le déplacement des corps sableux est illustré par les surfaces de réactivation qui les limite et est commandé par des courants de dérive littorale.

e Âge des dépôts

Les foraminifères planctoniques récoltés au cours de notre étude ne permettent pas de dater les dépôts. Sur la base de corrélations lithostratigraphiques, cette coupe est considérée comme serravallienne par Ducasse et Cahuzac (1997). Toutefois, la mention de *Praeorbulina* gr. *glomerosa* par Magné *et al.* (1985) les place plutôt dans le Langhien. La valeur biostratigraphique des marqueurs planctoniques étant considérée comme plus fiable que les comparaisons de lithofaciès, c'est la datation du Langhien qui sera retenue.

La présence de *Praeorbulina* gr. *glomerosa* permet de dater la série de Sauboires du Langhien (zone N8-base N9).

	SAU 1
Globigerina praebulloides Blow	1
bulloides d'Orbigny	8
woodi Jenkins	4
Globigerinoides gr. *trilobus* (Reuss)	32
Globigerinella obesa (Bolli)	3
Neogloboquadrina continuosa (Blow)	2
Globoquadrina baroemoenensis (Le Roy)	10
Effectif total	**60**

Tableau 14 : Foraminifères planctoniques de Sauboires.

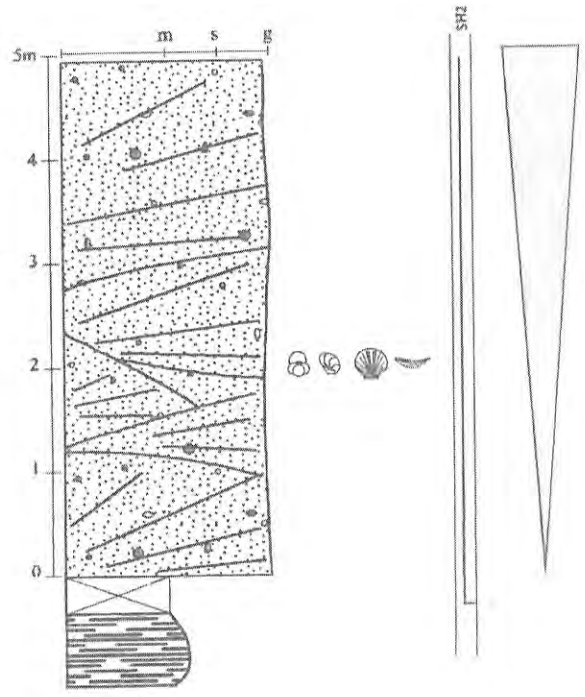
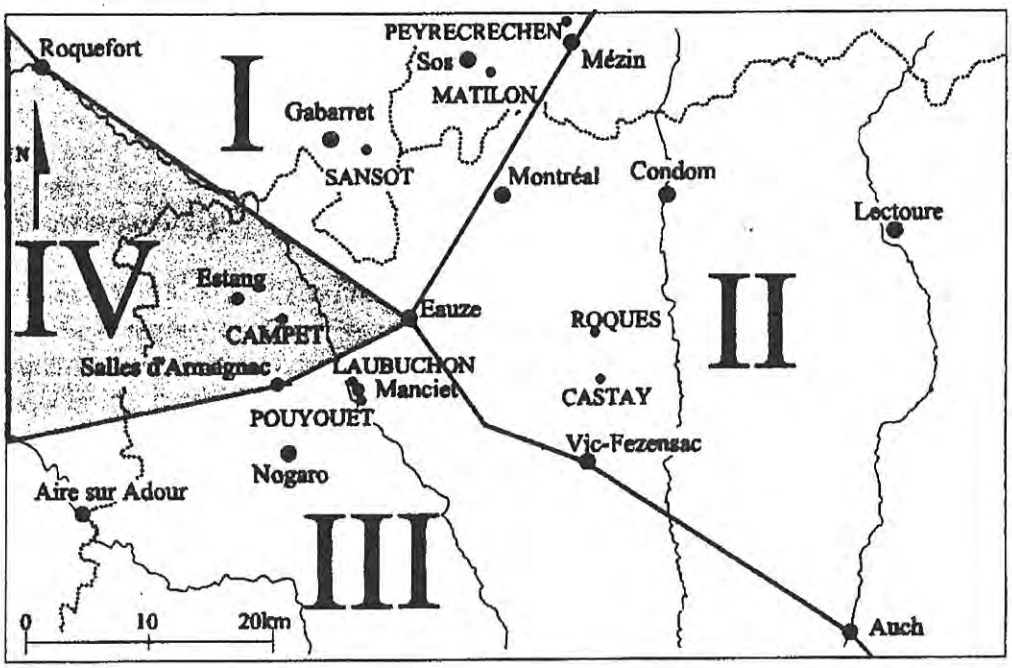


Figure 42 : Coupe de Sauboires.

III.B SECTEUR IV (ESTANG – SALLES)



III.B.1 COUPE DE CAMPET

a Situation géographique



Cet affleurement se trouve à 1200 mètres au Sud-est du village de Lias-d'Armagnac (carte IGN 1/25000^{e} Nogaro, n°1642 E), sur un talus en bord de route à proximité du lieu-dit Campet.

b Contexte topographique

Les Sables Fauves sont visibles à partir de 120 mètres d'altitude, l'affleurement a une extension horizontale assez importante (une trentaine de mètres).

c Description stratigraphique (Figure 44)

- **Niveau 1** (1,70 m) : Sable fin, très coquillier, la microfaune est mal conservée. Certaines lamines sont indurées et soulignent les stratifications obliques entrecroisées (*herring-bones structures*).

- **Niveau 2** (25 cm) : Ensemble de niveaux argileux de couleur claire. Plusieurs horizons plus ou moins continus se succèdent et se confondent localement. La surface de sédimentation est assez régulière et indique un arasement du niveau sous-jacent. Une couche en particulier, d'environ 5 cm, est continue à l'échelle de l'affleurement. La microfaune est abondante et variée. Parmi les foraminifères benthiques : *Ammonia beccarii*, *Florilus boueanus*, *Asterigerina planorbis*, *Spiroplectamina carinata*, *Elphidium* sp., *Coryphostoma* sp., *Nonionella* sp., *Cibicides* sp. et *Bulimina* sp. Plusieurs genres d'ostracodes ont été identifiés : *Cytheretta* (2 espèces), *Falunia* ?, *Leguminocythereis* et une forme indéterminée. Les foraminifères planctoniques les plus fréquents sont *Globigerinoides* gr. *trilobus* et *Globoquadrina* gr. *baroemoenensis*, ils sont associés à *Praeorbulina glomerosa* (Tableau 15).

- **Niveau 3** (50 cm) : Sable fin comparable à celui du niveau 1, contenant des stratifications obliques entrecroisées similaires.

- **Niveau 4** (jusqu'à 60 cm) : Chenal gréseux, contenant des éléments conglomératiques correspondant à des fragments de grès marins et des graviers de quartz et de lydienne. La base érosive ravine profondément les dépôts sous-jacents. Le remplissage est constitué d'une très grande quantité de valves désarticulées mais entières de *Crassostrea crassissima*.

- **Niveau 5** (1 m) : Sable fin, riche en fragments de coquilles. Certaines lamines sont indurées et soulignent l'organisation des dépôts en grandes stratifications obliques en éventail orientées vers l'Est.
  MICROFACIES : La base du niveau 5 correspond à un grès grossier immature à liant sparitique à microsparitique ; les bioclastes sont abondants et variés : fragments de lamellibranches et de gastéropodes, foraminifères benthiques (dont des milioles) et éléments d'échinodermes autour desquels apparaît un ciment syntaxique ; les lithoclastes sont constitués d'éléments gréseux et de grains de glauconie authigène ; l'ensemble est affecté par une importation micritisation, des niveaux de concentration d'oxydes de fer sont également présents.

- **Niveau 6** (5 à 10 cm) : Marne blanche, observée sur la totalité de la coupe. La base assez régulière indique l'aplanissement des structures sous-jacentes. Les foraminifères benthiques sont relativement variés : *Ammonia beccarii*, *Nonion* boueanum, *Cibicides* sp., *Elphidium* sp., des formes porcelanées (*Guttulina*) et des miliolidés (*Triloculina*). Des ostracodes sont également présents, ainsi que quelques foraminifères planctoniques dont *Orbulina suturalis* (Tableau 15). La matière organique est mal conservée, de rares dinoflagellés et pollens ont été identifiés (Tableau 16).

- **Niveau 7** (1,50 m) : Sable comparable à celui du niveau 5, également organisé en grandes stratifications obliques parallèles en éventail orientées vers l'Est.

d Faciès et milieux de dépôt

- **Faciès OFF1** (niveaux 2 et 6) : Lits marneux à microfaune variée. La lithologie indique une sédimentation dans un milieu protégé des variations de l'hydrodynamisme. La microfaune marque un milieu marin assez franc et profond. Tout en étant suffisante pour permettre un dépôt par décantation, la tranche d'eau n'était pas très importante, à proximité de la côte, comme l'attestent les milioles et les formes euryhalines telles que *Polysphaeridium zoharyi* et *Lingulodinium machaerophorum*. L'association des ostracodes du niveau 2 indique un environnement infralittoral.

- **Faciès SH2** (niveaux 5 et 7) : Sable à stratifications obliques en éventail. De telles structures traduisent la présence de dunes sous-marines sous une faible tranche d'eau. Le microfaciès indique que la cimentation s'est produite en milieu marin phréatique, dans un environnement ayant enregistré des ralentissements du taux de sédimentation (niveaux d'oxydes) et une phase d'approfondissement (micritisation, glauconie).

- **Faciès FOR1** (niveaux 1 et 3) : Sables à *herring-bones structures*. Les stratifications obliques entrecroisées se sont formées sous l'action d'un courant oscillatoire régulier. Ces dépôts sont les témoins de milieux très peu profonds, dans la zone d'influence des marées.

- **Faciès FOR2** (niveau 4) : Chenal conglomératique contenant de grandes huîtres. Les apports détritiques continentaux indiquent une position en haut de plage. Le grand nombre d'huîtres retrouvées dans le chenal marque le démantèlement de colonies de *Crassostrea crassissima*, établies dans un environnement différent, du type mangrove dans un estuaire marin (Demarcq et Demarcq, 1989).

e **Évolution des milieux de dépôt** (Figure 43)

Les premiers dépôts visibles indiquent un milieu directement commandé par le rythme des marées (niveau 1). Une phase d'approfondissement provoque l'arasement des structures et la formation de lits argileux à la microfaune variée (niveau 2). Le caractère discontinu de certains de ces horizons, séparés par des passées sableuses, montre des perturbations intermittentes dues au retour d'une sédimentation plus grossière, par traction. Ces changements de dynamique expliquent la discontinuité des niveaux argileux, en position intermédiaire en deux systèmes sédimentaires différents, entre les domaines offshore et shoreface. Les faciès dominés par la marée s'installent à nouveau (niveau 3) et évoluent vers des environnements plus internes, illustrés par l'installation de chenaux côtiers (niveau 4). La présence dans le remplissage de valves d'huîtres entières confirme la faible profondeur de ce milieu ainsi que le voisinage de biotopes propices à la colonisation par de grands bancs de *Crassostrea crassissima*, dans un contexte de vasières côtières. La base de l'ensemble suivant illustre une nouvelle augmentation de la profondeur, qui provoque la formation de mégarides par accumulation de stratifications obliques parallèles (niveau 5). Le processus aboutit à un faciès assez profond pour permettre le dépôt d'un ensemble marneux et la conservation d'organismes planctoniques (niveau 6). Enfin, l'installation de milieux plus littoraux entraîne le retour de cordons sableux en position d'avant-plage (niveau 7).

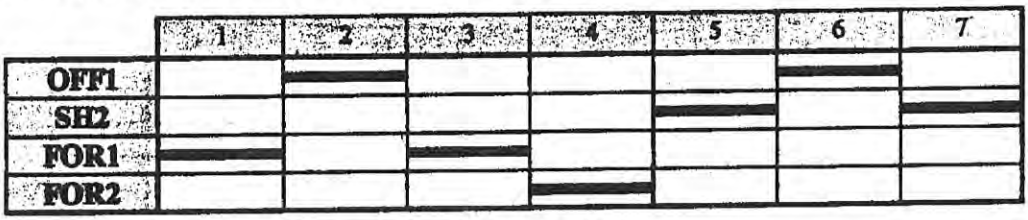


Figure 43 : Succession des milieux de dépôt sur la coupe de Campet.

f **Découpage séquentiel**

La première transgression est représentée par le niveau 1, assimilé à une séquence élémentaire d'approfondissement. La montée du niveau marin relatif entraîne la création d'espace disponible. La base du niveau 2 marque le maximum d'approfondissement. La progradation des dépôts côtiers vers le large forme une seconde séquence élémentaire (niveaux 2 à 4) évoluant en comblement. Une autre pulsation eustatique libère à nouveau de l'espace. L'étude du microfaciès montre l'enregistrement d'événements correspondant à un épisode transgressif. Sur la coupe de Campet, cette période est marquée par des faciès shoreface (niveau 5) puis offshore supérieur (niveau 6). Le niveau 5 est une séquence élémentaire d'approfondissement, la base du niveau 6 marque le maximum d'approfondissement. La vitesse de remontée du niveau marin se stabilise et la progradation des dépôts côtiers entraîne le retour de milieux moins profonds et de cordons sableux (niveaux 6-7), premiers termes d'une nouvelle séquence de comblement.

Les dépôts de la coupe de Campet s'agencent en quatre séquences élémentaires évoluant alternativement en approfondissement puis en comblement. Elles décrivent deux cycles T-R complets. Le premier correspond aux niveaux 1 et 2-4, le second aux niveaux 5 et 6-7.

g **Âge des dépôts**

La présence de *Praeorbulina* gr. *glomerosa* dans le niveau 2 permet de placer le premier cycle T-R (niveaux 1 à 4) dans le Langhien (zones N8 et première partie N9). Le cycle

suivant (niveaux 5 à 7) est attribué au Serravallien (sommet zone N9 et zones suivantes), d'après la présence d'*Orbulina suturalis* dans le niveau 6.

Les marqueurs planctoniques permettent donc de placer le premier cycle T-R de la série de Campet dans le Langhien (*Praeorbulina glomerosa* sans *Orbulina* : zones N8) et le second cycle T-R dans le Serravallien (*Orbulina suturalis* sans *Praeorbulina* : sommet zone N9 et zones suivantes).

	CAM 2	CAM 6
Globigerina praebulloides Blow	5	-
bulloides d'Orbigny	1	-
woodi Jenkins	5	1
Globigerinoides gr. *trilobus* (Reuss)	30	1
Orbulina suturalis	-	2
Praeorbulina glomerosa (Blow)	1	-
Globigerinella obesa (Bolli)	1	-
Neogloboquadrina siakensis (Le Roy)	1	-
continuosa (Blow)	1	-
Globoquadrina baroemoenensis (Le Roy)	6	1
langhiana Cita & Gelati	1	-
Effectif total	**52**	**5**

Tableau 15 : Foraminifères planctoniques des niveaux 2 et 6 de Campet.

CAMPET 6		
DINOFLAGELLES	**Qté**	**%**
Lingulodinium machaerophorum	1	50
Polysphaeridium zoharyi	1	50
TOTAL Dinoflagellés	2	
POLLENS		
Abictaceae	1	50
Castanea	1	50
TOTAL Pollens	2	
TOTAL	**4**	

Tableau 16 : Pollens du niveau 6 de Campet.

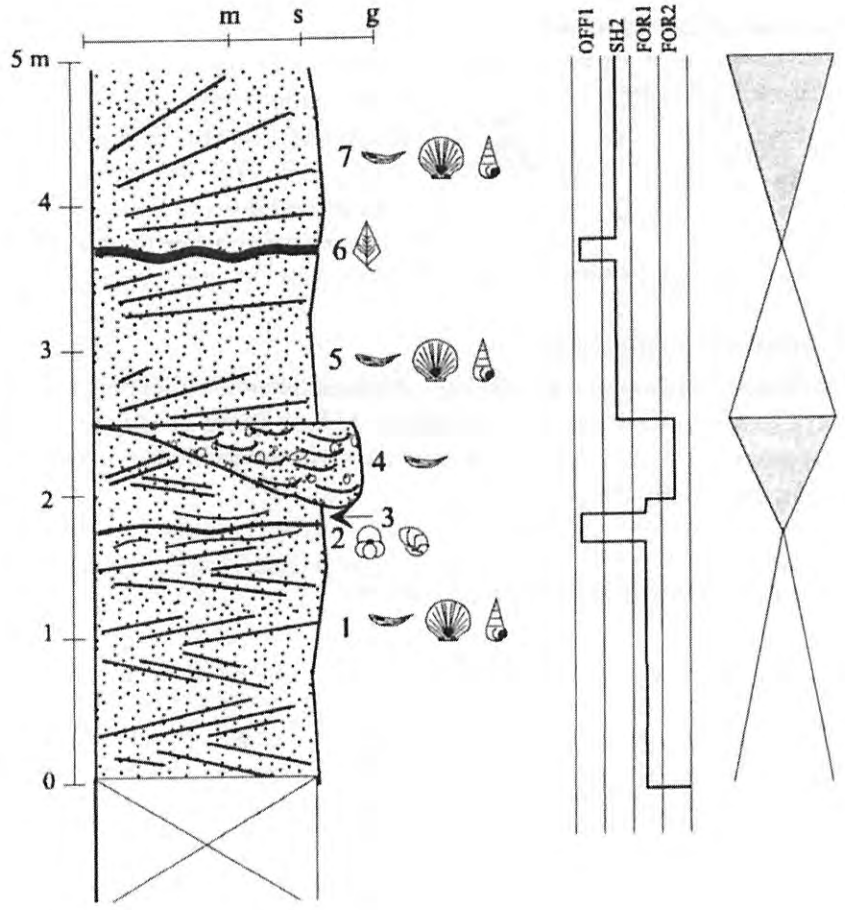
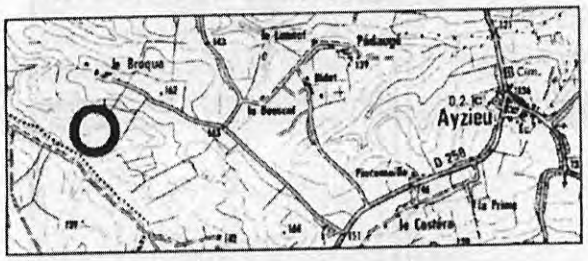


Figure 44 : Coupe de Campet.

III.B.2 COUPE DE BROQUA

a Situation géographique.



La coupe de Broqua se situe sur la commune d'Ayzieu, à 1600 mètres à l'Ouest du village (carte IGN 1/25000^{e} Nogaro, n°1642 E). Elle correspond à une ancienne carrière assez étendue et se trouve actuellement dans un bois.

b Contexte topographique

Le substratum correspond aux terrains continentaux du Miocène inférieur. Il affleure à proximité et à des altitudes voisines de celles de la base des Sables Fauves. La base des dépôts marins n'est pas visible mais semble très proche du plancher de la carrière. La série apparaît à partir de 120 mètres d'altitude.

c Description stratigraphique (Figure 46)

- **Niveau 1** (visible sur 2m) : Sable fin et meuble, à plaquettes et rognons gréseux. De fines stratifications obliques entrecroisées (*herring-bones structures*) sont visibles, la microfaune est assez rare et mal conservée. Les foraminifères planctoniques se caractérisent par la présence de *Praeorbulina glomerosa* (Tableau 17) ; les foraminifères benthiques correspondent pour l'essentiel à *Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum* et *Florilus boueanus* ; les ostracodes récoltés sont *Cyamocytheridea*, *Urocythereis* et *Cytheretta*.

  MICROFACIES (concrétion gréseuse) : Grès légèrement immature ; le liant est principalement sparitique ; les grains de quartz sont majoritaires et accompagnés de quelques feldspaths plagioclases ; les bioclastes, localement micritisés, sont constitués de petits fragments de lamellibranches et d'échinodermes. Quelques foraminifères benthiques et planctoniques apparaissent, leur remplissage est constitué d'oxydes de fer.

- **Niveau 2** (1 à 4 cm) : Ensemble de lits marneux de couleur claire, irréguliers, ne dépassant pas 1 centimètre. Chacun d'eux est délimité à la base et au sommet par un feuillet d'oxydes de fer, de nombreux pisolithes millimétriques de ces mêmes oxydes se rencontrent également à l'intérieur de la marne. Nous avons recueilli une microfaune assez variée. Les principaux foraminifères planctoniques sont *Globigerinoides* gr. *trilobus* et *Praeorbulina glomerosa* (Tableau 17) ; les foraminifères benthiques les plus fréquents sont *Ammonia beccarii*, *Elphidium complanatum*, *E.* sp. *Cibicides* sp. et *Coryphostoma* sp. ; les ostracodes correspondent à *Cytheretta simplex*, *Cyamocytheridea* et *Urocythereis*. Une étude palynologique a également été entreprise. Le spectre pollinique est essentiellement constitué de dinoflagellés, accompagnés de rares pollens (Tableau 18). Les niveaux marneux se répartissent dans les 30 derniers centimètres du niveau précédent. L'horizon le plus élevé clôt le niveau.

- **Niveau 3** (3 m) : Sable calcaire grossier, à plaquettes gréseuses. La base est très irrégulière, le caractère continu des lits argileux sous-jacents indique une déformation par la charge plutôt qu'une surface érosive. De gros éléments sont présents sous forme de galets perforés issus du démantèlement de corps gréseux ainsi que des éléments

allochtones, tels quartz ou lydienne. Des stratifications obliques entrecroisées (*herring-bones structures*) apparaissent régulièrement, plusieurs surfaces de réactivation sont également présentes. La microfaune est très mal conservée, les foraminifères benthiques sont rares et se rapportent à *Ammonia beccarii*, *Florilus boueanus*, *Elphidium crispum* et *E.* sp. De nombreux fragments de coquilles ou de moules internes correspondent à *Crassostrea*, *Pecten*, *Arca*, *Turritella* et *Helix* (plus rare). On note également la présence de bioturbations du type *Ophiomorpha* (p. 121).

- **Niveau 4** (30 cm): Grès fin, contenant quelques graviers gréseux centimétriques. Ce niveau est identique au niveau 7 de la coupe de Dufran (p. 121). Son microfaciès se caractérise par une concentration relativement importante de foraminifères planctoniques (*Globigerina* et *Globigerinoides*).

- **Niveau 5** (2 à 5 cm) : Niveau marneux irrégulier, ayant les mêmes caractéristiques que les couches composant le niveau 2. Les conditions d'affleurement n'ont pas permis d'effectuer de prélèvement dans ce niveau.

- **Niveau 6** (2,5 m) : Sable grossier comparable à celui du niveau 3. De grandes stratifications obliques apparaissent dans cet ensemble. Elles ont un pendage moyen de 15° vers l'Est.

d Faciès et milieux de dépôt

- **Faciès OFF1** (niveaux 2 et 5) : Marne à microfaune abondante et variée. Ces horizons indiquent l'installation d'un milieu profond. Le taux de sédimentation est très faible et connaît même des arrêts, comme le prouvent les feuillets d'oxydes qui accompagnent ces lits. La majeure partie de la sédimentation se fait par décantation. En ce qui concerne le niveau 2, l'alternance de passées sableuses intercalées dans les épisodes marneux traduit des variations assez fortes de l'hydrodynamisme.

- **Faciès SH2** (niveau 6) : Sable à stratifications obliques parallèles. Ces structures sont les témoins d'un milieu de profondeur modérée ayant permis la mise en place de cordons littoraux, dans un contexte hydrodynamique fort sous l'influence d'un courant unidirectionnel. Ce dépôt figure un milieu côtier, l'absence de structures bidirectionnelles semblant indiquer une position sous la zone d'influence directe des marées.
  Par analogie avec le niveau 7 de Dufran, il est possible de placer le niveau 4 dans le domaine shoreface, dans un milieu relativement ouvert. Cette argumentation s'appuie notamment sur la forte concentration en foraminifères planctoniques et la présence de débris pyritisés.

- **Faciès FOR1** (niveaux 1 et 3) : Sable à *herring-bones structures*. La coupe de Broqua illustre une dynamique principalement tidale. Ceci est indiqué par la dominante des stratifications entrecroisées dans les deux tiers inférieurs de la coupe. La micritisation partielle de certains bioclastes et le remplissage de quelques foraminifères par des oxydes de fer suggère une origine en partie allochtone, depuis des secteurs plus distaux.

e Évolution des milieux de dépôt (Figure 45)

La granulométrie grossière d'une grande partie de la série ainsi que les coquilles très fragmentées témoignent d'un hydrodynamisme globalement élevé mais soumis à variations.

Le premier milieu identifiable sur la coupe est du type intertidal (niveau 1). Rapidement, la tranche d'eau augmente, une partie des sédiments est remobilisée et une surface érosive se forme (base du niveau 2). L'installation d'un milieu plus profond et plus distal entraîne un taux de sédimentation très faible et la formation par décantation de fins niveaux argileux, dans lesquels les foraminifères benthiques et planctoniques sont abondants. La série évolue ensuite en comblement, la sédimentation redevient détritique. Les faciès passent rapidement dans le domaine d'influence des marées (stratifications entrecroisées du niveau 3), dans un contexte agité comme le prouve la fragmentation des coquilles. La comparaison du niveau 4 avec le niveau 7 de la coupe de Dufran permet de mettre en évidence une nouvelle augmentation de la tranche d'eau, dont la phase maximale est illustrée par la mise en place de sédiments argileux (niveau 5). Comme précédemment, le comblement de la plate-forme se traduit par une sédimentation détritique, en domaine côtier (niveau 6).

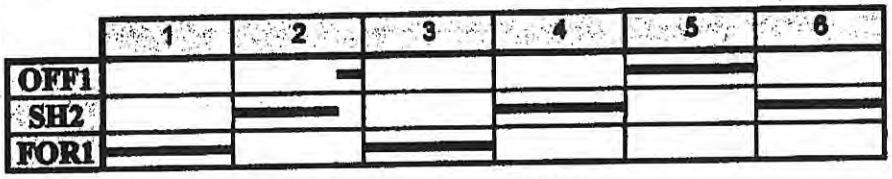


Figure 45 : Succession des milieux de dépôt observés sur la coupe de Broqua.

f Découpage séquentiel

La remontée du niveau marin relatif se traduit par la séquence élémentaire d'approfondissement formée par les niveaux 1 et 2. Le niveau 3 illustre le processus de comblement et constitue une première séquence élémentaire de comblement. Les niveaux 4 et 5 marquent une seconde transgression et font partie d'une nouvelle séquence d'approfondissement. Cette période est suivie d'un dernier épisode de diminution de la tranche d'eau. Il est illustré par le niveau 6, premier terme d'une séquence élémentaire de comblement.

La coupe de Broqua fait donc apparaître deux cycles T-R distincts, chaque demi-cycle est représenté par une séquence élémentaire.

g Âge des dépôts

La présence de *Praeorbulina glomerosa* dans les niveaux 1 et 2 permet de placer la première séquence de dépôt dans les zones N8-N9, dans le Langhien. Par comparaison avec la coupe de Campet (p.111), les niveaux 4 à 6 sont rapportés au Serravallien (sommet zone N9 et suivantes), sur la base d'un découpage séquentiel et d'un contexte topographique identiques.

La présence de *Praeorbulina glomerosa* indique le premier cycle T-R de la coupe de Broqua date du Langhien (zone N8-base N9). Par analogie avec d'autres affleurements datés par la microfaune, le second cycle T-R est daté du Serravallien.

	BRO 1	BRO 2
Globigerina *praebulloides* Blow	-	6
bulloides d'Orbigny	-	2
woodi Jenkins	-	3
druryi Akers	-	1
Globigerinoides gr. *trilobus* (Reuss)	2	17
Praeorbulina *glomerosa* (Blow)	3	4
Neogloboquadrina *siakensis* (Le Roy)	-	1
continuosa (Blow)	-	3
Globigerinita *juvenilis* (Bolli)	-	1
Turborotalita *quinqueloba* (Natland)	-	1
Globoquadrina *globosa* Bolli	1	-
baroemoenensis (Le Roy)	-	2
langhiana Cita & Gelati	-	1
Effectif total	**6**	**42**

Tableau 17 : Foraminifères planctoniques de Broqua.

BRO2		
Dinoflagellés	**Qté**	**%**
Lingulodinium machaerophorum	91	76,5
Polysphaeridium zoharyi	12	10,1
TOTAL	**103**	
Spores		
Riccia	1	0,8
Pteris	1	0,8
TOTAL	**2**	
Pollens		
Abietaceae	3	2,5
Castanea	1	0,8
Myrica	1	0,8
Salix sp.	5	4,2
Compositae	4	3,4
TOTAL	**14**	
TOTAL	**119**	

Tableau 18 : Spectre pollinique complet de Broqua.

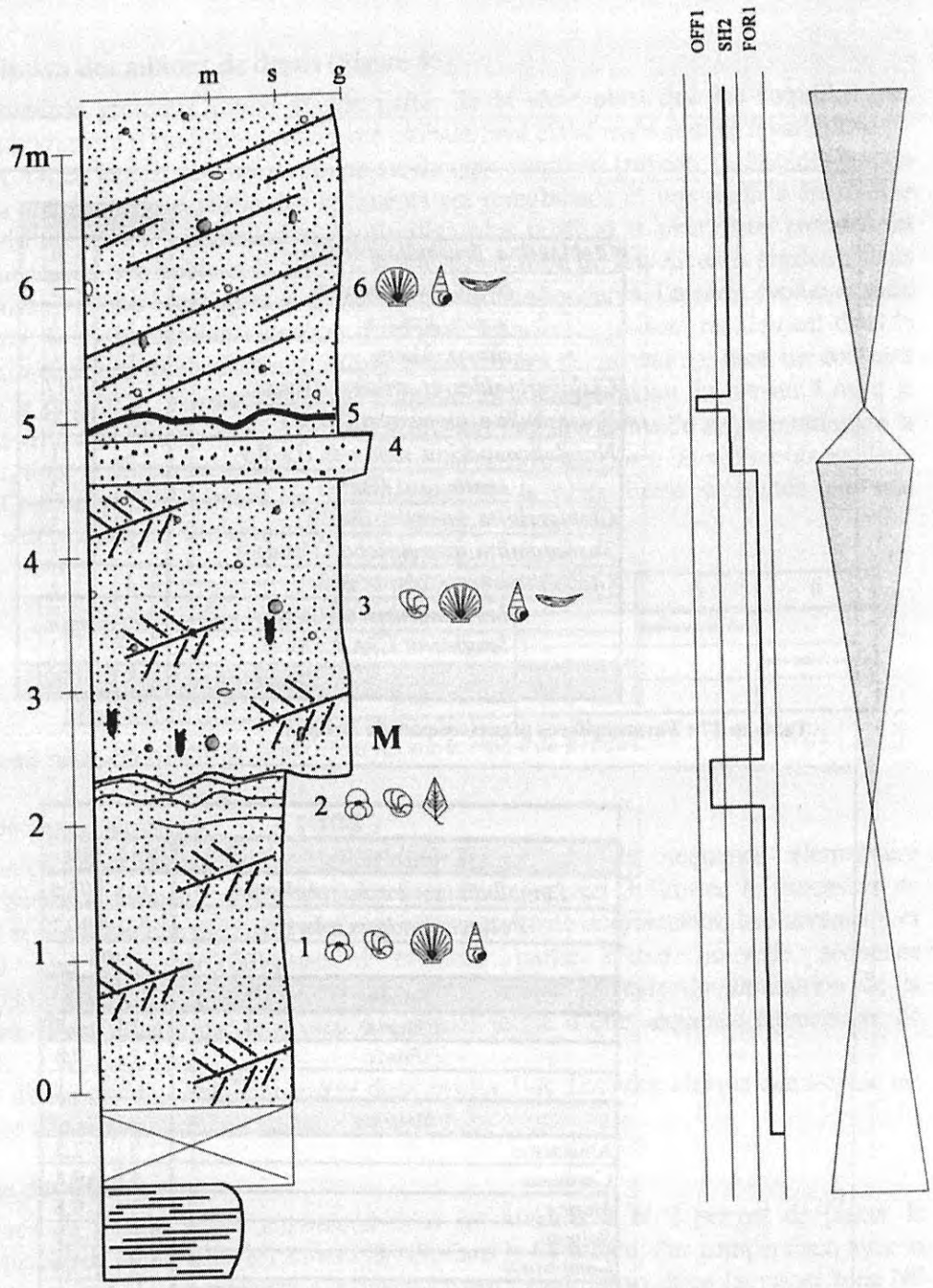


Figure 46 : Coupe de Broqua.

III.B.3 COUPE DE DUFRAN

a Situation géographique.



Cette coupe est visible sur la propriété nommée «Dufran », située à 1200 mètres au Nord du bourg de Salles-d'Armagnac (carte IGN 1/25000^{e} Nogaro, n°1642 E). Le site correspond à une ancienne carrière.

b Contexte topographique

La topographie générale indique que les Sables Fauves se sont déposés sur une surface sub-horizontale et légèrement irrégulière. La base des dépôts n'est pas apparente mais semble très proche du plancher de la carrière. La série affleure à partir de 120 mètres d'altitude.

c Description stratigraphique (Figure 48)

La première moitié de la coupe a été relevée au niveau du front de taille oriental, la partie supérieure a été relevée sur le front de taille ouest et au niveau d'une exploitation secondaire située entre la carrière principale et la maison du propriétaire.

- **Niveau 1** (épaisseur visible : 2 m) : Grès à ciment calcaire, très coquillier. Les stratifications obliques entrecroisées (*herring-bones structures*) sont très fréquentes. Leur dimension est comprise entre 10 et 20 centimètres. Les fragments de coquilles correspondent à des lamellibranches, notamment des huîtres de grande taille. La microfaune est mal conservée, quelques foraminifères benthiques ont été recueillis : *Ammonia beccarii* et *Elphidium* sp. Les ostracodes sont très rares : *Cytheretta simplex* et une autre espèce du même genre.

- **Niveau 2** (10 à 30 cm) : Grès à ciment calcaire, coquillier. Sa base est une surface fortement érosive, son sommet est une surface durcie (*hard-ground*) plane et régulière. Comme dans le niveau précédent, les *herring-bones* sont très fréquents. La granulométrie est nettement inférieure et n'excède pas 1 millimètre. Ce niveau a fourni de nombreux foraminifères planctoniques dont les plus fréquents correspondent à *Globigerina* gr. *bulloides* et *Globigerinoides* gr. *trilobus* (Tableau 21).

- **Niveau 3** (jusqu'à 7 cm) : Marne calcaire de couleur gris blanc, organisée en lits horizontaux centimétriques. Elle peut être suivie sur l'ensemble de la carrière, se scindant parfois en plusieurs lits dans la partie sommitale du niveau 2 ; localement, ce niveau peut disparaître. Ceci peut être mis en relation avec la nature du sédiment, très vulnérable aux reprises sédimentaires et aux phénomènes de charge. Nos prélèvements ont livré des

palynomorphes surtout représentés par les dinoflagellés (Tableau 19), ainsi qu'une microfaune abondante. Les foraminifères planctoniques sont dominés par *Globigerina* gr. *bulloides* et *Globigerinoides* gr. *trilobus* (Tableau 21) ; les foraminifères benthiques sont assez variés : *Ammonia beccarii*, *Elphidium* sp., *Florilus* sp., *Asterigerina planorbis*, *Cibicides lobatulus*, *Coryphostoma* sp. et *Operculina* sp. Plusieurs genres d'ostracodes sont associés : *Aurila*, *Costa*, *Falunia*, *Bythocypris*, *Cytheretta*, *Cytherella*, *Pokornyella*, *Olimfalunia*, *Leguminocyhthereis*, *Loxoconcha*, *Cyamocytheridea* ? et *Propontocypris* ?

- **Niveau 4** (1 m à 1,5 m) : Grès à ciment calcaire, coquillier. Sa base, plane et régulière, tronque le sommet du niveau précédent. Quelques stratifications obliques angulaires sont présentes dans la première moitié. Vers le sommet, de rares stratifications entrecroisées (*herring-bones structures*) apparaissent, elles se répartissent sporadiquement. Cet ensemble contient un grand nombre de terriers formant un véritable réseau (Annexe 5). Le diamètre varie entre 4 et 6 centimètres, la longueur des galeries peut dépasser 1 mètre. Le remplissage est uniforme, la surface extérieure est tapissée de façon caractéristique, dans la partie proximale, par des pellets de forme discoïde ou ovale, dont la taille peut atteindre 1 centimètre. Les galeries sont remplies de façon homogène et se détachent très visiblement du reste de la coupe, du fait de leur induration plus forte. Ces structures appelées *Ophiomorpha* (Pollard *et al.*, 1993) ont été attribuées à des crustacés de la famille des Callianassidés (Pickett *et al.*, 1971). Tous les terriers s'interrompent au contact du niveau marneux sous-jacent. La granulométrie est identique à celle du niveau 2 et n'excède pas 1 millimètre.

- **Niveau 5** (1 m) : Grès grossier à ciment calcaire fortement induré. Une surface très irrégulière apparaît à la base. Sous les effets de la compaction et de la gravité, ce niveau a eu tendance à s'enfoncer localement dans le sédiment sous-jacent. Ce phénomène (*load cast*) a produit des convolutions, qui ont perturbé l'agencement des stratifications obliques au sommet du niveau 4. Les fossiles sont très fragmentaires, des débris d'huîtres et d'autres lamellibranches apparaissent, sans pouvoir être précisément identifiés. Cet ensemble est fortement bioturbé par la présence de très nombreux terriers d'*Ophiomorpha*.

- **Niveau 6** (10 à 30 cm) : Conglomérat constitué de galets arrondis de taille supérieure à 2 centimètres. Leur nature est variée, correspondant aussi bien à des roches allochtones (feldspaths, lydienne) qu'à des fragments de grès marins remaniés. Les fragments de coquilles correspondent à *Pecten* sp. et *Crassostrea crassissima*. Aucune microfaune n'a été recueillie.
  MICROFACIES : Grès immature ; les lithoclastes sont très nombreux, roulés et de nature variée ; des accumulations micritiques évoquent des fragments de roches biogéniques ; les bioclastes correspondent à des fragments de lamellibranches et d'échinodermes, autour desquels un ciment syntaxique apparaît ; certains de ces bioclastes sont dissous et remplacés par de la sparite ; de rares foraminifères benthiques apparaissent, ils font tous partie des clastes et non de l'encaissant. Certains grains ne sont cimentés que sur leur face inférieure et un ciment microstalactitique ou en pendants (ménisques) est visible.

- **Niveau 7** (15 cm) : Grès fin à stratifications obliques, parfois entrecroisées (*herring-bones structures*).
  MICROFACIES : Grès fin immature, à liant micritique ; les bioclastes correspondent à des fragments de lamellibranches et d'échinodermes ; quelques foraminifères benthiques sont présents, ainsi qu'une quantité assez importante de foraminifères planctoniques (*Globigerina* et *Globigerinoides*). Ces organismes sont associés à des débris pyritisés.

- **Niveau 8** (20 cm) : Sable grossier, contenant quelques éléments allochtones ainsi que des galets gréseux remaniés et perforés. L'ensemble est localement très coquillier, la taille des débris n'excédant pas 5mm.

- **Niveau 9** (jusqu'à 10 cm): Marne calcaire gris blanc finement litée. On retrouve cet horizon sur l'ensemble de la carrière. Toutefois, contrairement au niveau 3, ce dépôt n'est pas uniforme. Il est constitué par un ensemble de lits se relayant à des altitudes voisines les unes des autres. La microfaune est variée et abondante. Les foraminifères planctoniques correspondent notamment à *Globigerinoides* gr. *trilobus* et *Orbulina suturalis* (Tableau 21) ; les foraminifères benthiques les plus fréquents sont *Ammonia beccarii* et *Elphidium* sp. ; les ostracodes comprennent les genres *Loxoconcha*, *Aurila*, *Propontocypris* ?, *Semicytherura*, *Hemycytherura*, *Eucytherura* ? et *Cushmanidea* ?. Le caractère discontinu de ce niveau est probablement à mettre en relation avec les mouvements de charge qui ont affecté les sédiments situés au-dessus. L'enfoncement de la masse sableuse au sein du lit marneux a pu conduire à sa dislocation partielle. Le décalage maximal entre chacun de ces éléments est d'une vingtaine de centimètres, leur extension horizontale varie de 1 à 5 mètres. Localement, ce niveau peut être absent.

- **Niveau 10** (1 m) : Grès grossier à ciment calcaire, organisé en grandes stratifications obliques, leur pendage moyen est de 15° vers l'Est. La forte induration souligne l'organisation interne de ce corps en faisant ressortir les lamines de certains *sets*. Ces dernières s'agencent à l'intérieur de grandes structures lenticulaires mesurant plusieurs mètres, dont les limites correspondent à des surfaces de réactivation successives. Les seuls fragments de coquilles identifiables se rapportent pour l'essentiel à des huîtres de grande taille, probablement *Crassostrea crassissima*. Nous avons récolté quelques foraminifères planctoniques, surtout *Globigerinoides* gr. *trilobus* et *Orbulina suturalis* (Tableau 21).

- **Niveau 11** (1 m) : Ensemble marno-sableux gris beige, localement sableux. Il est composé d'une succession de passées marneuses et sableuses organisées en fines lamines horizontales assez régulières. De nombreux débris de *Crassostrea crassissima* sont visibles. Il n'est pas possible d'estimer la puissance totale de cette couche, les conditions d'observation étant rendues difficiles par la solifluxion du sommet de la coupe.

d Faciès et milieux de dépôt

- **Faciès OFF1** (niveaux 3 et 9) : Marnes à microfaune planctonique abondante. Les proportions élevées de foraminifères planctoniques et la variété des foraminifères benthiques évoquent un milieu assez ouvert. De même, les associations d'ostracodes indiquent un environnement infralittoral pour le niveau 3 et infralittoral externe pour le niveau 9. L'abondance des dinoflagellés dans le niveau 3 va également dans ce sens, tout en limitant la profondeur – l'abondance de *Polysphaeridium zoharyi* étant liée à une tranche d'eau relativement modeste. Les lits marneux se sont déposés par décantation, à l'abri de l'action des vagues.

- **Faciès SH2** (niveaux 4 base, 5, 7, 8 et 10) : Sable à stratifications obliques parallèles. Dans le niveau 10, la granulométrie témoigne d'un hydrodynamisme vigoureux. Les surfaces de réactivation indiquent également un milieu à énergie variable. Les grands corps lenticulaires se recoupant successivement évoquent un ensemble de *sand waves*

ridges (Houthuys et Gullentops, 1988). Elles forment à l'échelle de la carrière une structure en cordon d'avant-plage, organisée sous une faible tranche d'eau et soumise à un courant unidirectionnel de dérive littorale. La présence de structures entrecroisées dans le niveau 7 suggère une tranche d'eau très peu profonde et un milieu sporadiquement contrôlé par un courant oscillatoire du type tidal. L'étude du microfaciès permet de faire ressortir des caractéristiques indiquant l'influence d'un milieu assez ouvert (foraminifères planctoniques, débris pyritisés). La faible épaisseur du niveau 8 ne permet d'y observer de stratifications. Toutefois, son extension est suffisante pour permettre de le rapporter à ce type de faciès sédimentaire.

- **Faciès FOR1** (niveaux 1, 2 et sommet 4) : Sable à *herring-bones structures*. Ce faciès est dominant au sein de la série, il est marqué par les stratifications obliques entrecroisées. Les *Ophiomorpha* se rencontrent dans des environnements tropicaux et subtropicaux côtiers, pouvant connaître des variations de température et de salinité (Pollard *et al.*, 1993). L'arrêt de leur activité au niveau de la couche 3 peut s'expliquer par une induration précoce des niveaux sous-jacents, bloquant la progression des crustacés. Les structures en *herring-bones* sont bidirectionnelles. Elles ont été formées par un courant pendulaire, dû au balancement des courants de marée dans le domaine intertidal.

- **Faciès FOR2** (niveau 6) : Conglomérat grossier à éléments roulés. Les apports sont très grossiers, leur nature polygénique illustre des apports issus du continent. La grande maturité du matériel indique un milieu constamment battu par les vagues. Ce niveau figure une accumulation de haut de plage, à l'hydrodynamisme très élevé, soumis à des apports estuariens. Le microfaciès indique une phase de diagenèse précoce dans un environnement vadose (ciment en pendants), ce qui confirme le caractère très côtier du milieu de dépôt.

- **Faciès BAC1** (niveau 11) : Marne à huîtres. Les marnes sableuses sommitales représentent le faciès le plus interne. La présence marquée de *Crassostrea crassissima* vient appuyer cette affirmation, témoignant d'épisodes saumâtres.

e **Évolution des milieux de dépôt** (Figure 47)

Le premier milieu identifiable sur la coupe est du type intertidal (niveau 1). Rapidement, la tranche d'eau augmente, une partie des sédiments est remobilisée et une surface érosive se forme (base du niveau 2). L'installation d'un milieu plus ouvert, marqué par les foraminifères planctoniques, se traduit en premier lieu par une décroissance de la granulométrie (niveau 2), provoquée par la rétention d'une grande partie des sédiments sur le continent. Par la suite, le taux de sédimentation devient très faible, induisant la formation d'un hard-ground (sommet du niveau 2) puis le milieu se stabilise et des éléments très fins se déposent par décantation (niveau 3). La chute du taux de sédimentation est assez importante pour permettre l'induration des niveaux marneux. La série évolue ensuite en comblement et passe à un milieu peu profond, colonisé par des crustacés (niveaux 4 et 5) et sporadiquement situé dans zone d'influence des marées (*herring-bones* du niveau 4). La profondeur diminue encore et des sédiments plus grossiers se forment dans un environnement vadose (niveau 6). Une nouvelle phase d'approfondissement entraîne le retour de dépôts beaucoup plus fins, accompagnés d'une microfaune abondante (niveau 7). Le niveau marin relatif poursuit sa montée (niveau 8) et provoque une chute très importante du taux de sédimentation. Seules les particules les plus fines se déposent par décantation (niveau 9). Les foraminifères planctoniques et l'importante micritisation des clastes, associée à de la pyrite, témoignent du brusque approfondissement.

La série évolue à nouveau en comblement et amène l'installation d'un environnement proximal, figuré par la mise en place d'un cordon littoral (niveau 10). Le processus se termine par l'installation d'un environnement estuarien ou lagunaire (niveau 11) à sédimentation terrigène dominante.

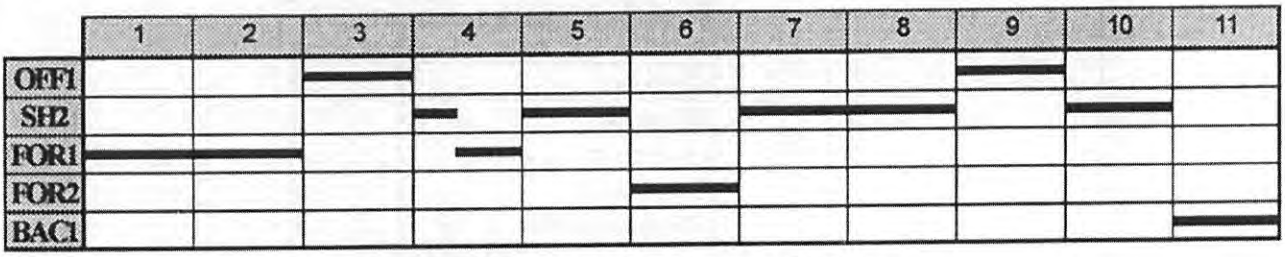


Figure 47 : Diagramme de succession des milieux de dépôt sur la coupe de Dufran.

f Découpage séquentiel

Les premiers dépôts apparents témoignent de la montée progressive du niveau marin relatif. Les niveaux 1et 2 forment une séquence d'approfondissement. Les niveaux 3 à 6 font partie d'une même séquence de comblement, illustrant la progradation vers le large des milieux les plus internes. Les niveaux 7 et 8 indiquent une nouvelle augmentation de la tranche d'eau, ils constituent une seconde séquence d'approfondissement. Les niveaux 9-11 forment la dernière séquence élémentaire de comblement visible sur la coupe.
Il est donc possible de distinguer sur la coupe de Dufran deux cycles T-R. Chaque demi-cycle est représenté par une séquence.

g Âge des dépôts

Le premier cycle T-R n'est pas daté sur cette coupe. Par corrélation stratigraphique et d'après un contexte topographique comparable avec la coupe voisine de Campet (p.101), il est placé dans le Langhien. La présence d'*Orbulina suturalis* dans les niveaux 9 et 10 place cet ensemble à partir du sommet de la zone N9 et suivantes.

Par analogie avec la coupe de Campet, le premier cycle T-R de Dufran est daté du Langhien. La présence d'*Orbulina suturalis* et l'absence de *Praeorbulina* dans la moitié supérieure de la série permettent de placer le second cycle T-R dans le Serravallien (sommet zone N9 et zones suivantes).

DUFRAN 3		
DINOFLAGELLES	**Qté**	**%**
Polysphaeridium zoharyi	84	87,5
TOTAL	84	
POLLENS		
Pinus sp	6	6,3
Alnus sp	1	1,0
Myrica sp	1	1,0
Quercus sp	1	1,0
Carpinus sp	1	1,0
Chénopodiacées	2	2,1
TOTAL	12	
TOTAL	**96**	

Tableau 19: Pollens du niveau 3 de Dufran.

	DUF 2	DUF 3	DUF 9	DUF 10
Globigerina *praebulloides* Blow	13	9	2	1
bulloides d'Orbigny	24	12	1	-
falconensis Blow	1	-	-	-
woodi Jenkins	1	2	1	1
druryi Akers	1	1	-	-
concinna	2	-	-	1
Globigerinoides gr. *trilobus* (Reuss)	15	17	11	7
Orbulina *suturalis* Brönnimann	-	-	2	3
Globigerinella *obesa* (Bolli)	3	3	-	-
Neogloboquadrina *siakensis* (Le Roy)	4	-	1	-
mayeri (Cush. & Ellisor)	2	-	-	-
continuosa (Blow)	3	-	-	-
Globigerinita *juvenilis* (Bolli)	-	-	1	1
Turborotalita *quinqueloba* (Natland)	2	-	-	-
Globoquadrina *globosa* Bolli	-	1	-	-
baroemoenensis (Le Roy)	-	8	3	3
Effectif total	**71**	**53**	**22**	**17**

Tableau 20 : Foraminifères planctoniques de Dufran.

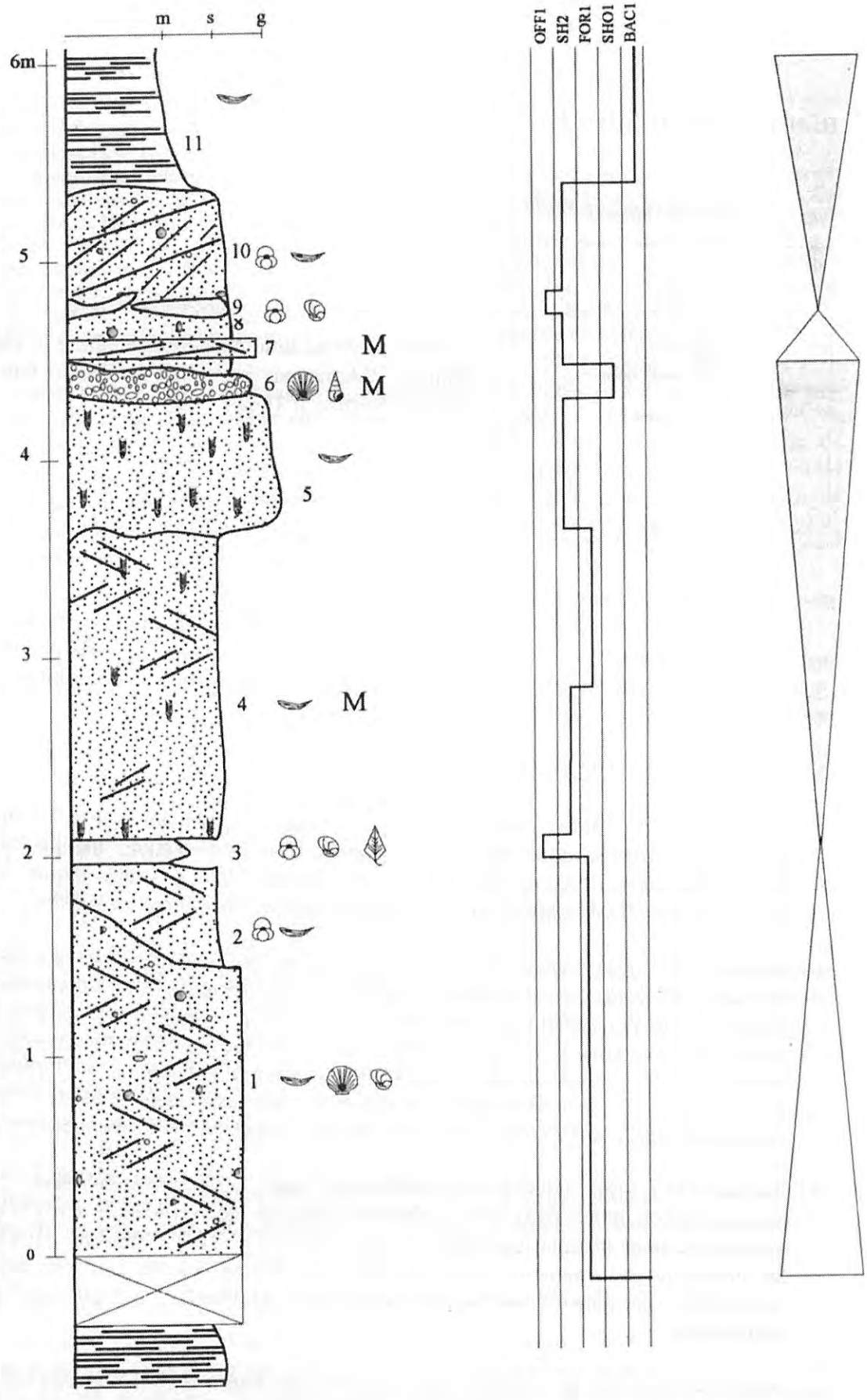
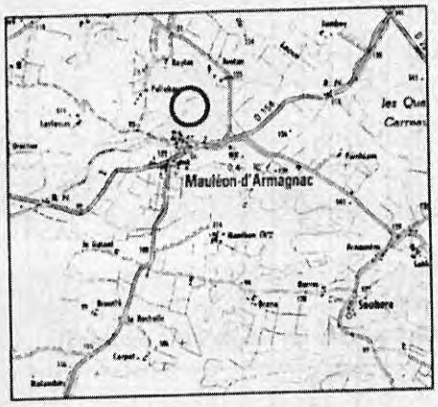


Figure 48 : Coupe de Dufran.

III.B.4 COUPE DE JOUTAN

a Situation géographique



Cette coupe se situe à mi-distance entre le village de Mauléon d'Armagnac et le lieu-dit Joutan (carte IGN 1/25000e Nogaro, n°1642 E).

b Contexte topographique

Les observations ont été effectuées à partir de deux fronts de taille proches l'un de l'autre, sur le versant Sud-est du vallon formé par un affluent de l'Estang. La base des sédiments marins n'est pas visible, les premiers dépôts sableux apparaissent à une altitude de 110 mètres. L'affleurement se situe en bas de versant.

c Description stratigraphique (Figure 50)

- **Niveau 1** (2 m) : Sable assez grossier, jaune-orangé, localement induré. Il contient de nombreuses concrétions et plaquettes gréseuses. Des stratifications obliques parallèles sont visibles, elles ont un pendage moyen de 15° vers l'Est. Les seuls fossiles identifiés sont des fragments de lamellibranches, essentiellement *Crassostrea crassissima.*

- **Niveau 2** (25 cm) : Marne sableuse, organisée en lits irréguliers. La microfaune est abondante et variée. Les principaux foraminifères planctoniques sont *Globigerinoides* gr. *trilobus* et *Globoquadrina* gr. *baroemoenensis*, ils sont accompagnés de *Praeorbulina glomerosa* (Tableau 23) ; les foraminifères benthiques les plus fréquents correspondent à *Ammonia beccarii*, accompagné d'*Operculina complanata*, *Planulina* sp., *Elphidium* sp. et *Textularia* sp. ; plusieurs genres d'ostracodes sont également présents : *Cytherella*, *Cyamocytheridea*, *Cytheretta* (2 espèces), *Falunia* ? ainsi qu'une forme indéterminée.

- **Niveau 3** (4 à 5 m) : Sable grossier faiblement induré, à plaquettes gréseuses. Ce niveau est organisé en grands corps lenticulaires, délimités par des surfaces érosives et organisés en stratifications obliques parallèles orientées vers l'Est. Tout l'ensemble est affecté par un important phénomène de recristallisation, qui n'a pas permis la conservation de la microfaune. Les lamellibranches, très fragmentés, correspondent à *Pecten* et *Crasssotrea crassissima.*

- **Niveau 4** (1 m à 1,3 m) : Conglomérat contenant des éléments de très grande taille (1 à 10 cm). La macrofaune est abondante, les fossiles sont peu fragmentés. Les plus fréquents sont *C. crassissima*, *Pecten*, *Glycymeris*, *Megacardita jouanetti*, *Scutella* et quelques

dents de requins. L'ensemble est affecté par une importante dissolution, tous les tests sont recristallisés ou absents : seuls les moules internes sont conservés.

MICROFACIES : Grès immature à liant micritique ; quelques grains de glauconie authigène ainsi que de rares foraminifères benthiques et des fragments d'algues vertes sont visibles dans l'encaissant ; ces éléments sont souvent ferruginisés et accompagnés de fragments de lamellibranches en voie de micritisation. Les lithoclastes sont tous des intraclastes et montrent deux origines distinctes. La première catégorie correspond à des fragments de grès immature riche en quartz et en bioclastes, ces derniers sont souvent dissous et n'apparaissent que sous forme de fantômes. Le ciment est sparitique à microsparitique ; les foraminifères benthiques sont assez abondants et quelquefois remplis de pyrite, certains fragments sont en voie de micritisation ; une croissance syntaxique apparaît autour des fragments d'échinodermes. La seconde catégorie correspond à des lithoclastes micritiques, appauvris en quartz et en bioclastes.

Les Sables Fauves se rencontrent en de nombreux points autour de Mauléon d'Armagnac. Un de ces affleurements se trouve dans le quartier de Soubère, 1800 mètres au Sud-est du village, entre le point coté 97 et le lieu-dit Hay. Cette coupe permet de compléter celle de Joutan, elle montre que la base des Sables Fauves se situe autour de 105 mètres. Le faciès reste constant sur une dizaine de mètres d'épaisseur et il est probable que cet ensemble représente l'extension totale du niveau 1 de la coupe de Joutan. Le faciès est très comparable, l'intense dissolution n'a pas permis la récolte de microfaune.

d Faciès et milieux de dépôt

- **Faciès OFF1** (niveau 2) : Marne à microfaune abondante et variée. La nature du sédiment indique un environnement très calme et assez profond pour entraîner un dépôt des particules fines par décantation. La situation dans une zone relativement ouverte est confirmée par la variété de la microfaune ; les pollens, rares, apportent peu d'informations, la présence de quelques *Polysphaeridium zoharyi* pourrait témoigner de la proximité du littoral et d'une tranche d'eau peu importante.

- **Faciès SH2** (niveaux 1 et 3) : Sable à stratifications obliques parallèles orientées vers l'Est. Ce faciès est le plus fréquemment rencontré, la granulométrie grossière ainsi que l'importante fragmentation des coquilles témoignent d'un milieu relativement agité. Les surfaces de réactivation indiquent des augmentations ponctuelles de l'hydrodynamisme, provoquant la destruction des structures sédimentaires et la remobilisation d'une partie des dépôts. L'organisation interne de ces niveaux représente un ensemble de cordons sableux d'avant-plage, dont l'installation et la migration sont commandées par les variations d'intensité et de direction des courants de dérive côtière.

- **Faciès SH3** (niveau 4) : Conglomérat riche en macrofaune. Le conglomérat indique un hydrodynamisme très élevé, ce qui explique le ravinement du niveau sous-jacent. Les nombreux fossiles transportés sous la forme d'accumulations sont originaires d'environnements infralittoraux internes, démantelés lors de la mise en place du niveau.

e Évolution des milieux de dépôt (Figure 49)

Les premiers dépôts marins visibles indiquent l'installation durable d'un milieu peu profond proche du littoral (niveau 1). Le niveau 2 traduit une augmentation de la tranche d'eau et d'une ouverture du milieu, accompagnées d'un changement de dynamique sédimentaire provoquant le dépôt de particules fines par décantation. Ce faciès est rapidement remplacé par un milieu moins profond et plus proche de la côte (niveau 3) comparable au

premier ensemble. Le microfaciès du niveau 4 met en évidence deux types de lithoclastes : l'un issu de milieux proximaux (cimentation sparitique, majorité de quartz) et l'autre issu de milieux plus distaux (clastes micritisés). Associé à cette remobilisation l'encaissant indique un approfondissement du milieu accompagné d'une chute du taux de sédimentation sur l'ensemble de la plate-forme (glauconie authigène, liant micritique et clastes ferruginisés). Le niveau 4 indique un hydrodynamisme très élevé, démantelant une partie des dépôts précédents et annonce une nouvelle phase d'approfondissement.

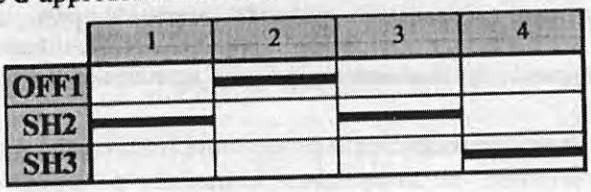


Figure 49 : Succession des milieux de dépôt sur la coupe de Joutan.

f Découpage séquentiel

La mise en place des Sables Fauves sur les Molasses de l'Armagnac indique tout d'abord une phase transgressive, le niveau 1 est une séquence élémentaire d'approfondissement. Le niveau marin relatif diminue par comblement de l'espace disponible. Le faciès marin franc du niveau 2 est alors remplacé par le faciès détritique du niveau 3, indiquant la migration par progadation des milieux côtiers vers la le large ; les niveaux 2 et 3 forment une séquence élémentaire de comblement. Une nouvelle phase d'approfondissement est annoncée par le niveau 4, le regain d'énergie du milieu et les remobilisations sédimentaires indiquant une nouvelle migration d'environnements plus ouverts en direction du littoral. Cet ensemble est considéré comme l'enregistrement au niveau de la côte d'un événement correspondant dans le domaine de plate-forme intermédiaire ou externe à une nouvelle phase transgressive. Il est le premier terme d'une nouvelle séquence d'approfondissement.
La coupe de Joutan figure donc un cycle T-R suivi d'un demi-cycle transgressif, chacun étant constitué d'une séquence élémentaire.

g Âge des dépôts

La présence de *Praeorbulina* gr. *glomerosa* et l'absence d'*Orbulina* dans le niveau 2 permettent de placer le cycle T-R inférieur de Joutan dans le Langhien (zone N8). Par corrélation avec la coupe de Campet, le demi-cycle transgressif supérieur est attribué au Serravallien.

JOU 2		
DINOFLAGELLES	**Qté**	**%**
Polysphaeridium zoharyi	3	100
Total DINOFLAGELLES	**3**	
POLLENS		
Pinaceae	12	85,7
Quercus	1	7,1
Salix sp.	1	7,1
Total POLLENS	**14**	
TOTAL	**17**	

Tableau 21 : Pollens du niveau 2 de Joutan.

JOU 2	
Globigerina *praebulloides* Blow	6
bulloides d'Orbigny	3
woodi Jenkins	2
druryi Akers	1
Globigerinoides gr. *trilobus* (Reuss)	32
Praeorbulina *glomerosa* (Blow)	2
Globigerinella *obesa* (Bolli)	1
Neogloboquadrina *siakensis* (Le Roy)	1
continuosa (Blow)	3
Globoquadrina *globosa* Bolli	1
baroemoenensis (Le Roy)	9
Effectif total	**61**

Tableau 22 : Foraminifères planctoniques du niveau 2 de Joutan.

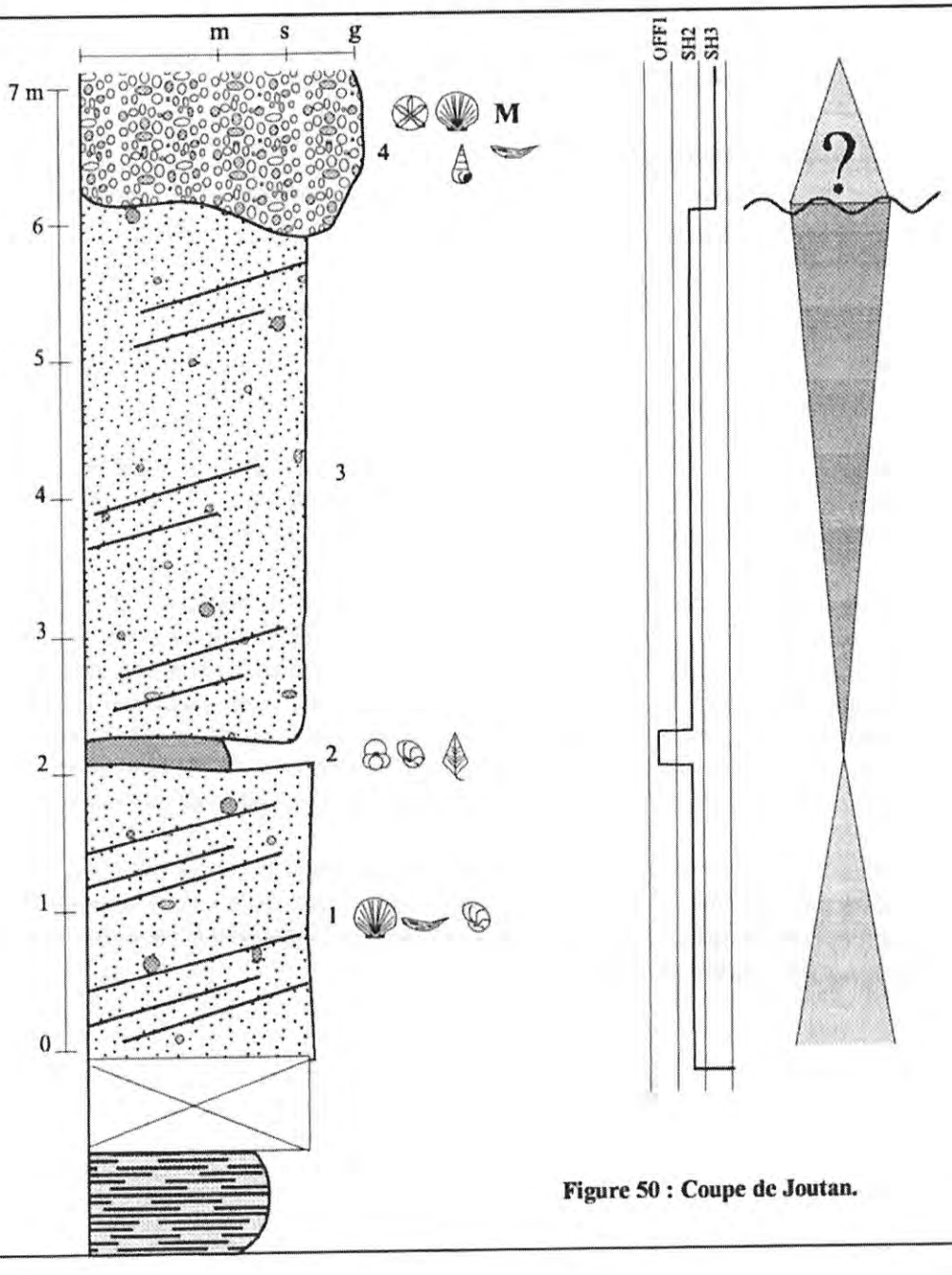
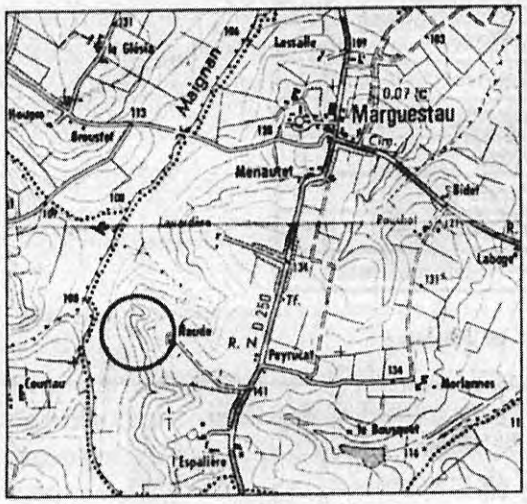


Figure 50 : Coupe de Joutan.

III.B.5 COUPES DE NAUDE ET PAILLOT

a Situation géographique



L'affleurement de Naude se trouve à 1200 mètres au Sud-ouest du village de Marguestau (carte IGN 1/25000e Nogaro, n°1642 E).

b Contexte topographique

La base des sédiments marins n'est pas visible, les premiers dépôts sableux apparaissent à une altitude de 115 mètres.

c Description stratigraphique (Figure 51)

- **Niveau 1** (1m) : Sable fin et meuble contenant des concrétions et des plaquettes gréseuses, à stratifications obliques entrecroisées (*herring-bones structures*).

- **Niveau 2** (50 cm) : Conglomérat constitué de galets gréseux roulés et de fragments de coquilles, visible au-dessus d'une lacune d'observation d'environ 2 mètres. Les *Crassostrea crassissima* sont fréquentes et sont parfois entières.

- **Niveau 3** (60 cm) : Sable roux très fin et induré. Des horizons centimétriques de marne blanche sont répartis dans l'ensemble. Les foraminifères benthiques les plus fréquents sont *Ammonia beccarii*, *Florilus boueanus*, *Elphidium* sp., *Textularia* sp., *Operculina* sp. ainsi que d'assez rares miliolidés ; Les ostracodes sont assez abondants : *Cytheretta* (2 ou 3 espèces), *Cytherella*, *Pokornyella*, *Bythocypris*, *Cushmanidea*, *Leguminocythereis* (3 ou 4 espèces), *Echinocythereis* ?, *Urocythereis* ? et *Krithe* ? ; les foraminifères planctoniques sont représentés par *Globigerinoides* gr. *trilobus* et *Praeorbulina glomerosa* (Tableau 23).

- **Niveau 4** (75 cm) : Conglomérat constitué d'éléments de grande taille (de 5 à 10 cm). Les fossiles sont très abondants et souvent entiers, les deux valves peuvent être associées. Les plus fréquents sont *Glycymeris*, *Scutella*, *Pecten* et *Crassostrea*, quelques dents de requins (*Carcharias*) ont été récoltées.

d Faciès et milieux de dépôt

- **Faciès SH2** (niveau 3) : Sable fin à passage marneux au contenu micropaléontologique varié. Bien qu'aucune structure n'apparaisse, ce niveau indique un milieu relativement ouvert. Les horizons marneux correspondent à des lambeaux de dépôts plus distaux ramenés en direction de la côte. La microfaune décrit un environnement infralittoral.

- **Faciès SH3** (niveaux 2 et 4) : Conglomérat coquillier. Les éléments roulés de grande taille indiquent un milieu côtier, soumis à une houle vigoureuse et intense. L'abondance de fossiles indique un niveau d'accumulation sous une tranche d'eau peu importante. Les éléments proviennent de divers milieux de vie et sont ramenés vers la côte par des courants de dérive littorale. Ces éléments décrivent un faciès d'accumulation en position d'avant-plage. La comparaison du niveau 4 de Naude avec le niveau 4 de la coupe de Joutan indique un mode de mise en place identique.

- **Faciès FOR 1** (niveau 1) : Sable à *herring-bones structures*. Les stratifications obliques entrecroisées indiquent un milieu sous l'influence directe du rythme des marées.

e Évolution des milieux de dépôt

Les nombreuses lacunes d'observation ne permettent pas une description précise. Le sommet de la coupe indique une évolution en comblement (niveaux 1-4). Par analogie avec les coupes de Monge (p. 135) et Joutan (p. 118), l'importante remobilisation sédimentaire marquée par le niveau 4 marque une nouvelle phase transgressive.

f Découpage séquentiel

Par analogie avec les coupes plus complètes du secteur, le niveau 1 est considéré comme faisant partie d'une séquence élémentaire d'approfondissement. Les niveaux 2 et 3 forment des séquences élémentaires de comblement. Le niveau 4 annonce une nouvelle phase transgressive et est assimilé à la base d'une séquence élémentaire d'approfondissement.
La série de Naude décrit donc un cycle T-R complet (niveaux 1-3) suivi d'un nouveau demi-cycle transgressif (niveau 4).

G Âge des dépôts

La présence de *Praeorbulina* gr. *glomerosa* et l'absence d'*Orbulina* permettent de placer le premier cycle T-R de la coupe de Naude dans le Langhien (zone N8). Par analogie avec la coupe de Monge, le demi-cycle transgressif supérieur est daté du Serravallien.

Situé à 1300 mètres au Sud-ouest de Naude, l'affleurement de Paillot présente une organisation identique. Un niveau sableux à stratifications obliques entrecroisées apparaît à la base, le reste des dépôts correspond à un grès grossier riche en galets gréseux et *Crassostrea*. La série, plus dilatée, atteint une hauteur totale de 8 mètres. Les conditions d'observation étant difficiles et la microfaune est très rare, se résumant à *Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum* et *Pokornyella*. Aucune donnée complémentaire ne peut être apportée ; la coupe témoigne d'un environnement infralittoral interne et indique d'importantes accumulations en position de bas de plage. Cet ensemble se corrèle à celui de Naude et peut donc être daté du Langhien.

	NAU 3
Globigerinoides gr. *trilobus* (Reuss)	35
Praeorbulina glomerosa (Blow)	1
Effectif total	**36**

Tableau 23 : Foraminifères planctoniques de Naude.

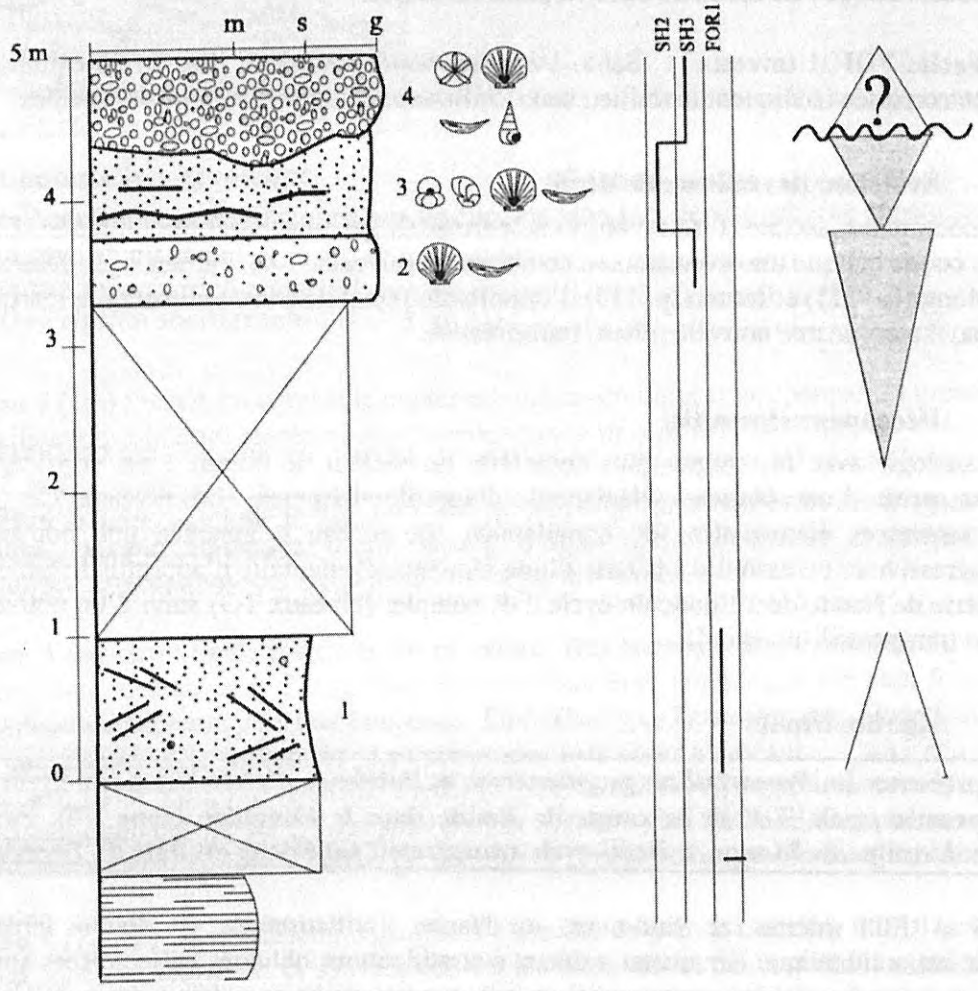


Figure 51 : Coupe de Naude.

III.B.6 COUPE DE MONGE

a Situation géographique



Cette coupe se trouve à 1300 mètres à l'Est du village d'Estang (carte IGN 1/25000^{e} Nogaro, n°1642 E). Elle est localisée entre les lieux-dits Monge et les Ardurats.

b Contexte topographique

Le contact avec le substratum n'est pas visible, les premiers dépôts marins sont situés à environ 100 mètres d'altitude.

c Description stratigraphique (Figure 54)

La carrière étant exploitée par intermittence sur plusieurs fronts de taille, les conditions d'affleurement sont variables et les relevés peuvent laisser apparaître des différences. La coupe présentée correspond à la synthèse des observations effectuées sur trois ans (1997-2000).

- **Niveau 1** (visible sur 1,50 m) : Sable roux, à rognons et plaquettes gréseuses, riche en fragments coquilliers de petite taille (huîtres et lamellibranches). Certaines passées sont affectées par une recristallisation aboutissant à un grès à ciment calcaire ayant une faible cohésion. La base ravinante du banc gréseux au sommet du niveau évoque une structure en chenal.

- **Niveau 2a** (1,70 m) : Sable beige à rognons et plaquettes gréseuses, soulignant les stratifications obliques entrecroisées (*herring-bones structures*). Il contient des moules internes de lamellibranches. Un prélèvement, à la base du niveau, montre une microfaune rare et mal conservée constituée d'*Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum* et *Elphidium* sp. De minces litages argileux sont visibles dans la partie supérieure du banc. Les foraminifères planctoniques sont dominés par *Globigerinoides* gr. *trilobus* (Tableau 25) ; leur spectre pollinique est dominé par les dinoflagellés (*Lingulodinium* et *Polysphaeridium*) (Tableau 26).

- **Niveau 2b** (20 cm) : Ce banc est inclus dans la partie supérieure du niveau 2a. Il s'agit d'un corps gréseux ayant subi une diagenèse précoce. Son épaisseur est assez régulière et sa morphologie indique une surface de formation localement en pente.

- **Niveau 3** (2,70 m) : Sable roux partiellement induré par une phase de recristallisation tardive. Certains éléments de grande taille correspondent à des fragments de bancs de grès marins remobilisés. De grandes stratifications obliques parallèles, au pendage moyen de 15° vers l'Est, sont soulignées par des plaquettes gréseuses. Les fossiles, abondants,

correspondent pour l'essentiel à *Crassostrea crassissima* et à des moules internes recristallisés de lamellibranches et gastéropodes.

- **Niveau 4** (3 m) : Sable jaune, fin à concrétions gréseuses. Le contact avec les dépôts sous-jacents est irrégulier et ravinant. La première moitié de l'ensemble est composée de stratifications horizontales. La microfaune est assez variée mais mal conservée. Les foraminifères benthiques les plus fréquents sont *Ammonia beccarii, Elphidium crispum, E.* sp. et *Florilus boueanus*. Plusieurs genres d'ostracodes ont été identifiés : *Cyamocytheridea, Cushmanidea, Echinocythereis, Cytherelloidea, Leguminocythereis* ? et *Cytheretta simplex*. La moitié supérieure est constituée d'une alternance de couches meubles et indurées, aucune structure sédimentaire n'apparaît. Au sommet, de fins niveaux marneux contiennent des foraminifères benthiques : *Elphidium crispum, E. complanatum, Hanzawaia* cf. *boueana* et *Florilus* sp., ainsi que des foraminifères planctoniques, relativement abondants et peu variés, essentiellement représentés par *Globigerinoides* gr. *trilobus*, associé à *Globorotalia praemenardii* (Tableau 24).

- **Niveau 5** (jusqu'à 3 m) : Sable conglomératique localement induré. Contient des éléments gréseux perforés de grande taille issus du démantèlement de bancs marins pénécontemporains, ainsi que des rognons et plaquettes gréseuses. L'ensemble est riche en fragments de coquilles souvent recristallisés.

Le sommet de la carrière est composé de sable des Landes et de formations récentes.

d Faciès et milieux de dépôt

- **Faciès OFF1** (sommet niveau 4) : Marne à microfaune planctonique. La lithologie ainsi que la variété de la microfaune illustrent le caractère plus ouvert et une bathymétrie plus profonde que celle des autres milieux de la série. Ces lits marneux peuvent être interprétés comme les témoins d'un bref approfondissement du milieu

- **Faciès SH2** (niveaux 3 et 4) : Sable à stratifications obliques parallèles. A l'échelle de la carrière, ces ensembles forment deux mégarides se relayant et mesurant chacune une quinzaine de mètres de long. Ces structures sont les témoins de cordons sableux littoraux mis en place sous l'influence d'un courant côtier, en avant de la zone de plage. La mégaride représentée par le niveau 5 a une direction perpendiculaire à la précédente. Les stratifications étant recoupées selon un plan différent, elles apparaissent parallèles. Les ostracodes et foraminifères benthiques sont en accord avec des environnements marins peu profonds.

- **Faciès SH3** (niveau 5) : Sable conglomératique à éléments roulés de grande dimension. La présence d'éléments de grandes taille, de galets roulés et perforés ainsi que l'importante érosion des dépôts sous-jacents permettent de placer ce niveau dans un contexte à l'hydrodynamisme très élevé. L'abondance en fossiles marins évoque une accumulation d'avant-plage, battue par la houle.

- **Faciès FOR1** (niveaux 2a et 2b) : Sable à *herring-bones structures*. Ces figures sédimentaires sont caractéristiques de dépôts mis en place dans la zone de battement des marées, la prédominance parmi les foraminifères benthiques de *E. crispum* et *A. beccarii* illustrent le caractère très littoral du faciès. Les passages marneux situés au sommet du

niveau semblent correspondre à des périodes de sédimentation plus calme en domaine interne. Ceci est appuyé par l'absence de microfaune et la forte proportion de dinoflagellés euryhalins (*Polysphaeridium zoharyi* et *Lingulodinium machaerophorum*), marqueurs d'eaux superficielles chaudes dans un environnement proximal à salinité variable. Le niveau 2b illustre également la proximité du rivage : il s'est formé par la zone phréatique de mélange des eaux douces et marines. La forme coudée du banc est liée à la morphologie irrégulière du front de mélange des eaux et suit certainement la paléotopographie.

L'absence de structures et de fossiles marqueurs ne permettent pas de caractériser un faciès particulier dans le niveau 1. D'après la lithologie et la granulométrie, cet ensemble se place dans un contexte littoral à l'hydrodynamisme assez élevé. La géométrie en chenal de la lentille sommitale de grès peut indiquer des reprises sédimentaires.

e Évolution des milieux de dépôt (Figure 52)

A la base de la coupe, les dépôts littoraux du niveau 1 évoluent vers l'installation de milieux de dépôt très peu profonds, dans le domaine d'influence des marées (niveaux 2a et 2b). Une brusque reprise de l'hydrodynamisme provoque l'érosion du sommet de l'ensemble. Cet événement s'accompagne d'une augmentation de la profondeur et l'installation d'un cordon littoral sous l'action d'un courant dominant de direction Ouest-Est (niveau 3). Un brusque changement de dynamique provoque la destruction partielle du niveau 3 et la formation d'une seconde mégaride perpendiculaire (niveau 4). Un nouvel approfondissement provoque le remaniement partiel de la structure sableuse puis la formation des niveaux marneux. Le sommet de cette unité est tronqué par une discontinuité témoignant du retour d'un hydrodynamisme très vigoureux détruisant une partie des structures précédentes et le creusement d'un important chenal, rempli par des dépôts de type shoreface supérieur (faciès SH3 du niveau 5).

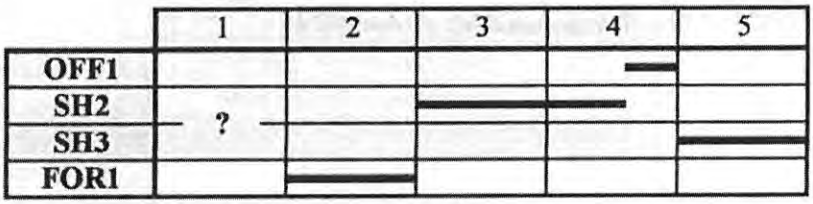


Figure 52: Evolution des milieux de dépôts sur la coupe de Monge.

f Découpage séquentiel

La base des dépôts n'apparaissant pas, les conditions exactes de la transgression des Sables Fauves sur les molasses de l'Armagnac ne sont pas connues. Les niveaux 1 et 2 illustrent une première phase de diminution de la tranche d'eau et forment une séquence élémentaire de comblement. Le retour des structures d'avant-côte (niveaux 3 et 4) marque un nouvel approfondissement dont le maximum est représenté par les horizons marneux au sommet du niveau 4. Les niveaux 3 et 4 définissent donc une séquence élémentaire d'approfondissement. La base du niveau 5 marque une érosion importante et le retour de milieux nettement moins profonds. Ce niveau est donc assimilé à une séquence élémentaire de comblement.

La coupe de la carrière de Monge décrit au total deux cycles T-R distincts. Le premier n'est représenté que par le demi-cycle régressif (niveaux 1 et 2). Le second est complet et

correspond à la succession de deux séquences élémentaires d'approfondissement et de comblement.

g Âge des dépôts

La majeure partie de la coupe a subi une phase importante de recristallisation, la microfaune est rare et souvent mal conservée. Par corrélation avec les coupes de Joutan (p. 118) et Campet (p. 101), la première séquence de comblement est attribuée au Langhien. La présence de *Globorotalia praemenardii* dans la partie supérieure du niveau 4 permet de placer le second cycle T-R dans la première moitié du Serravallien, c'est à dire à partir de la zone N10, jusqu'aux zones N13 pars (Bolli et Saunders, 1985) ou sommet N14 (Iaccarino, 1985) (Figure 6 et Figure 7).

Par analogie avec les coupes de Joutan et Campet, le demi-cycle régressif situé à la base de la coupe de Monge est placé dans le Langhien. La présence de *Globorotalia praemenardii* place le cycle T-R supérieur dans le Serravallien (zones N10-N14).

	MON 2	MON 4
***Globigerina** praebulloides* Blow	1	1
bulloides d'Orbigny	-	2
woodi Jenkins	-	1
druryi Akers	-	1
Globigerinoides gr. *trilobus* (Reuss)	5	42
***Globigerinella** obesa* (Bolli)	1	-
***Neogloboquadrina** continuosa* (Blow)	-	1
***Globorotalia** praemenardii Cush. & St.*	-	1
***Globoquadrina** globosa* Bolli	-	2
baroemoenensis (Le Roy)	-	3
langhiana Cita & Gelati	-	3
Effectif total	7	57

Tableau 24 : Foraminifères planctoniques des niveaux 2a et 4 de Monge.

	MONGE 2	
DINOFLAGELLES	**Qté**	**%**
Lingulodinium machaerophorum	50	52,1
Polysphaeridium zoharyi	44	45,8
Spiniferites ramosus	1	1,0
Systematophora sp.	1	1,0
Total DINOFLAGELLES	**96**	
POLLENS		
Abietaceae	20	83,3
Myrica	1	4,2
Compositae	3	12,5
Total POLLENS	**24**	
TOTAL	**120**	

Tableau 25 : Pollens du niveau 2 de Monge.

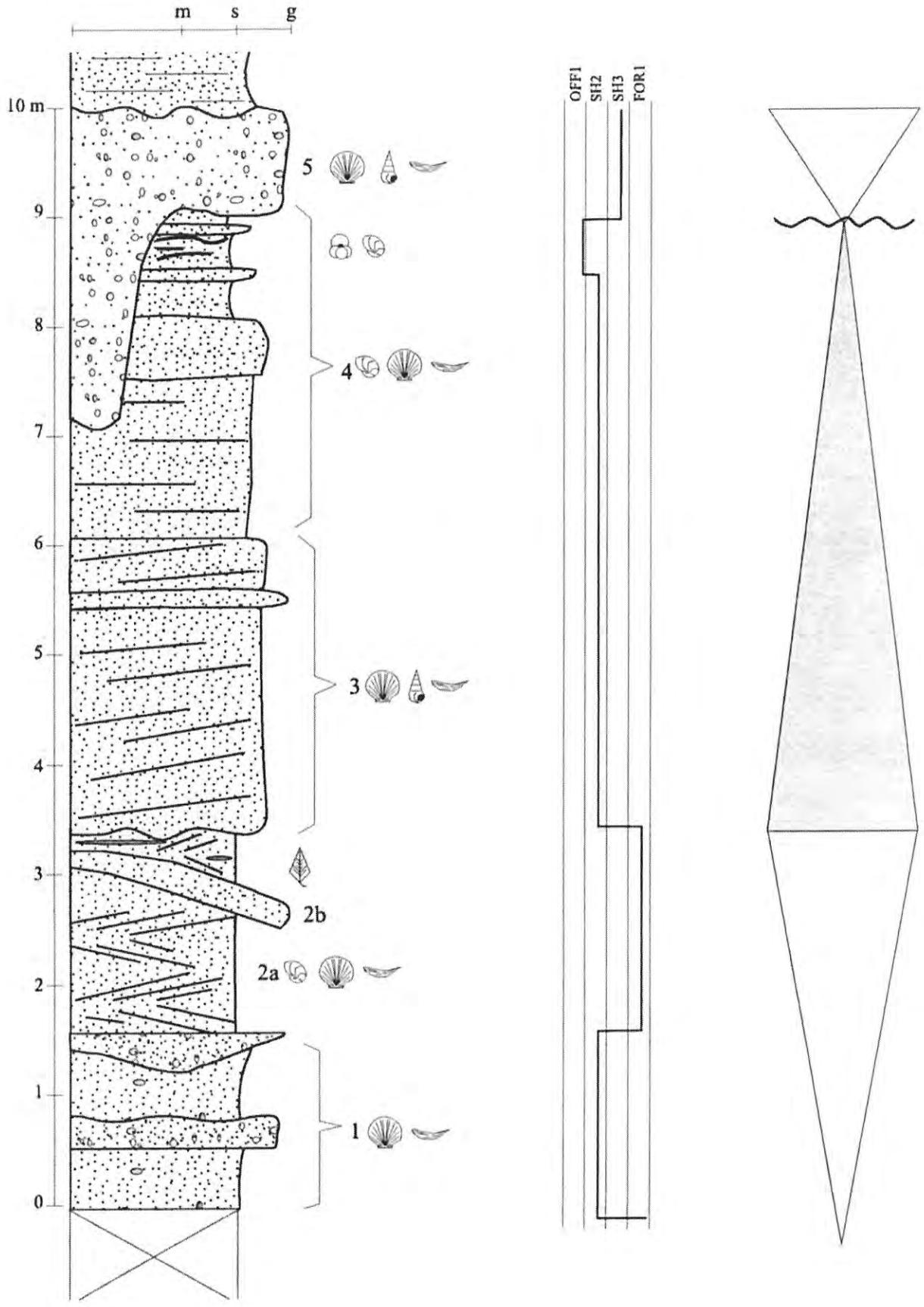
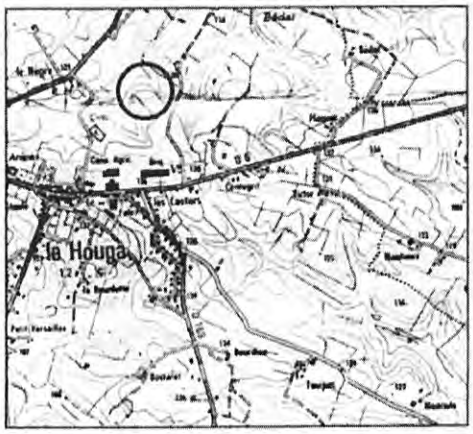


Figure 53 : Coupe de Monge.

III.C DONNÉES COMPLÉMENTAIRES

III.C.1 COUPE DU HOUGA

a Situation géographique



Cette coupe se situe dans l'ancienne carrière exploitée par l'entreprise Gélis (briqueterie), à 500 mètres au Nord-est du village du Houga (carte IGN 1/25000^{e} Nogaro, n°1642 E). Elle montre la totalité de la Formation et est considérée comme coupe de référence (Dubreuilh *et al.*, 1995).

b Contexte topographique

Les dépôts reposent sur la molasse continentale du Miocène inférieur, à une altitude de 120 mètres. Le site est malheureusement inaccessible à l'heure actuelle par la mise en eau de la base de la carrière.

c Description stratigraphique (Figure 54)

L'affleurement a été étudié en détails, le falun situé dans la première moitié de la coupe est très fossilifère (mollusques : Capdeville, 1991 ; microfaune : Cahuzac *et al.*, 1995 ; Cahuzac et Poignant, 1996, 2000 ; Ducasse et Cahuzac, 1996). Selon Cahuzac et Poignant (2000), la série est organisée en trois séquences :

Séquence I : Argile noduleuse gris-bleu appartenant aux Molasses de l'Armagnac.

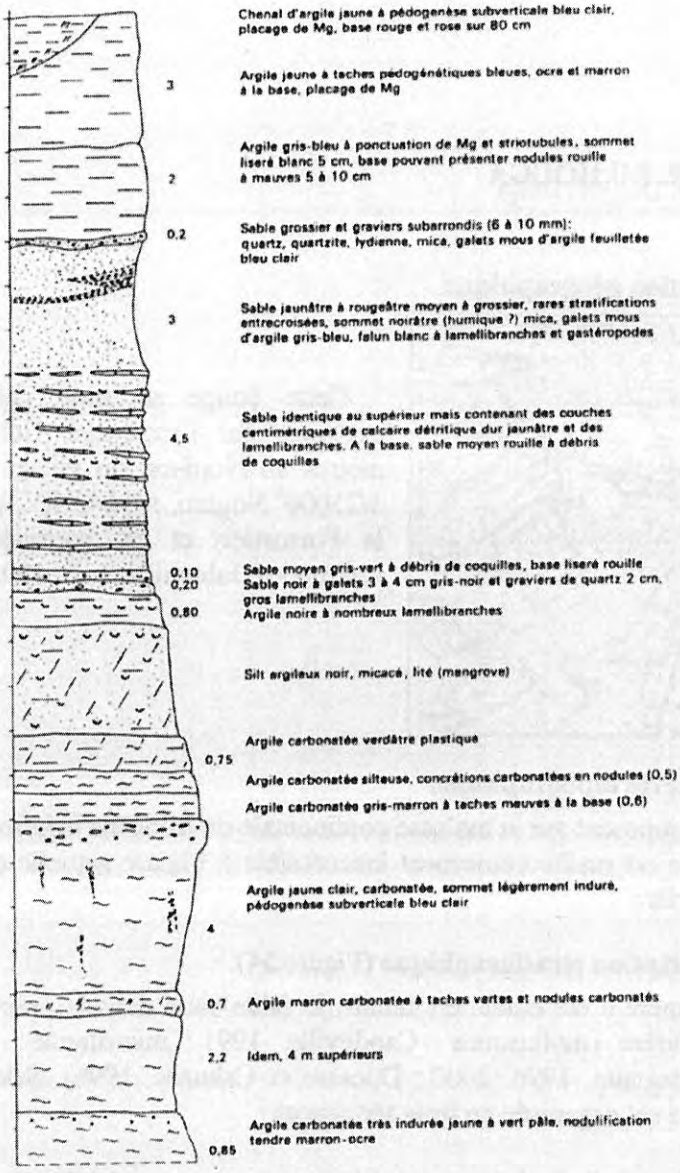
Séquence II : Sables Fauves inférieurs, à sédimentation essentiellement marno-sableuse. Des nannofossiles calcaires sont signalés par Cahuzac *et al.*(1995) dans le falun jaune : *Reticulofenestra floridana*, *R. producta*, *Coccolithus pelagicus*, *Coccolithus miopelagicus*, *Helicosphaera carteri*, *Sphenolithus heteromorphus*, *Braadurosphaera bigelowii* et *Syracosphaera* sp.

Séquence III : Sables Fauves supérieurs, à sédimentation essentiellement bioclastique.

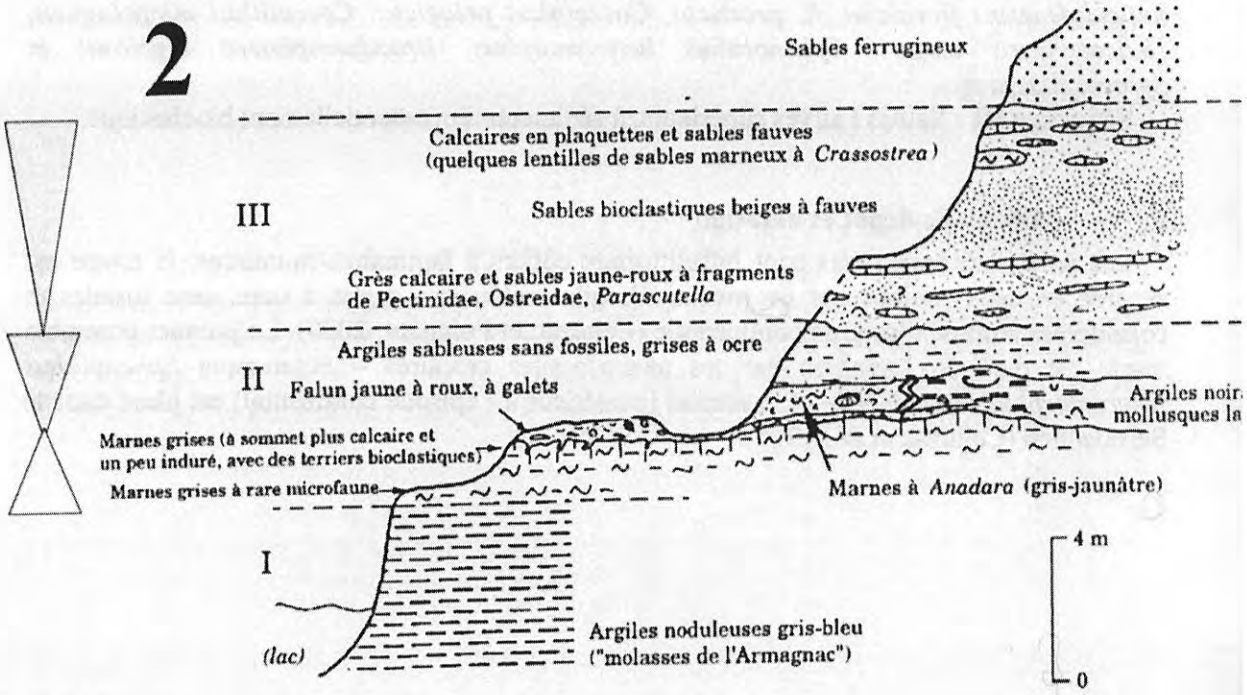
d Milieux de dépôt et datation

Les paléoenvironnements sont infralittoraux côtiers à lagunaires-saumâtres, la coupe est séparée en deux moitiés par un niveau d'argiles sableuses, grises à ocre, sans fossiles et considérées comme d'origine continentale (Cahuzac et Poignant, 2000). Le premier ensemble marin est daté du Langhien par les nannofossiles calcaires – notamment *Sphenolithus heteromorphus* (zone NN5)- et le second (postérieur à l'épisode continental) est placé dans le Serravallien (Cahuzac *et al.*, 1995).

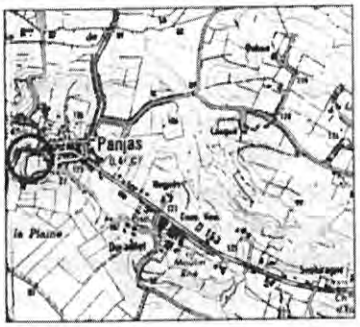
1


Chenal d'argile jaune à pédogenèse subverticale bleu clair, placage de Mg, base rouge et rose sur 80 cm
3
Argile jaune à taches pédogénétiques bleues, ocre et marron à la base, placage de Mg
Argile gris-bleu à ponctuation de Mg et striotubules, sommet liseré blanc 5 cm, base pouvant présenter nodules rouille à mauves 5 à 10 cm
2
0,2
Sable grossier et graviers subarrondis (6 à 10 mm): quartz, quartzite, lydienne, mica, galets mous d'argile feuilletée bleu clair
3
Sable jaunâtre à rougeâtre moyen à grossier, rares stratifications entrecroisées, sommet noirâtre (humique ?) mica, galets mous d'argile gris-bleu, falun blanc à lamellibranches et gastéropodes
4,5
Sable identique au supérieur mais contenant des couches centimétriques de calcaire détritique dur jaunâtre et des lamellibranches. A la base, sable moyen rouille à débris de coquilles
0,10
0,20
Sable moyen gris-vert à débris de coquilles, base liseré rouille
Sable noir à galets 3 à 4 cm gris-noir et graviers de quartz 2 cm, gros lamellibranches
0,80
Argile noire à nombreux lamellibranches
Silt argileux noir, micacé, lité (mangrove)
Argile carbonatée verdâtre plastique
0,75
Argile carbonatée silteuse, concrétions carbonatées en nodules (0,5)
Argile carbonatée gris-marron à taches mauves à la base (0,6)
Argile jaune clair, carbonatée, sommet légèrement induré, pédogenèse subverticale bleu clair
4
0,7
Argile marron carbonatée à taches vertes et nodules carbonatés
2,2
Idem, 4 m supérieurs
Argile carbonatée très indurée jaune à vert pâle, nodulification tendre marron-ocre
0,85

2


Sables ferrugineux
Calcaires en plaquettes et sables fauves (quelques lentilles de sables marneux à *Crassostrea*)
III
Sables bioclastiques beiges à fauves
Grès calcaire et sables jaune-roux à fragments de Pectinidae, Ostreidae, *Parascutella*
Argiles sableuses sans fossiles, grises à ocre
II
Falun jaune à roux, à galets
Argiles noir
mollusques la
Marnes grises (à sommet plus calcaire et un peu induré, avec des terriers bioclastiques)
Marnes grises à rare microfaune
Marnes à *Anadara* (gris-jaunâtre)
I
(lac)
Argiles noduleuses gris-bleu ("molasses de l'Armagnac")
4 m
0

III.C.2 AFFLEUREMENT DE PANJAS



Cette coupe se situe dans le village de Panjas à 110 mètres d'altitude (carte IGN 1/25000e, Nogaro n°1642 E).

Sur une hauteur d'environ 2 mètres, un sable roux à stratifications obliques entrecroisées apparaît. Certaines lamines sont fortement indurées et soulignent les stratifications obliques orientées vers l'Est. L'organisation générale est proche de celles de Campet et Sauboires, elle indique un milieu de dépôt dans le domaine foreshore (faciès FOR 1), influencé par le rythme pendulaire des marées.

Les dépôts sont attribués au Serravallien par Cahuzac et Poignant (1996) d'après le faciès détritique et la comparaison des populations de foraminifères benthiques avec le reste du bassin d'Aquitaine. La datation peut être remise en question, la microfaune benthique étant très rare (10 espèces répertoriées dans le « Golfe de l'Armagnac » contre 60 à 80 dans le reste de l'Aquitaine, Cahuzac et Poignant, 1996 p. 42) et n'ayant pas de valeur stratigraphique particulière. De plus, Magné *et al.* (1985) mentionnent *Praeorbulina glomerosa*, ce qui tendrait à placer les Sables Fauves de Panjas dans le Langhien. Cette hypothèse est retenue dans la présente étude, les résultats obtenus permettant de corréler cet affleurement avec la base de la coupe de Campet, ayant également livré *Praeorbulina* gr. *glomerosa*.

III.C.3 AFFLEUREMENT DE LABASTIDE D'ARMAGNAC

Crouzel (1974) mentionne la découverte d'une dent de *Deinotherium giganteum* dans les Sables Fauves du secteur de Labastide d'Armagnac. La grande taille de la dent et sa morphologie évoluée datent les dépôts de la limite Astaracien-Vallésien (sommet zone MN 8-base MN 9 : Serravallien terminal – base du Tortonien) (Duranthon et Cahuzac, 1997).

III.C.4 AFFLEUREMENT DE TASQUE

Dans le domaine centre-aquitain, les Sables Fauves apparaissent au Sud jusque dans les environs de Tasque. L'âge précis ne peut être fixé, du fait de la rareté de la microfaune. Etant donnée la large extension des affleurements langhiens à l'échelle de la région, nous considérons que cet ensemble marque la limite méridionale du Langhien.

III.C.5 AFFLEUREMENTS DU FRÊCHE

Dans les environs du village du Frêche, les Sables Fauves apparaissent à une altitude de 95 mètres. Le contexte topographique ne peut être précisé, l'âge présumé de ces dépôts correspond au Serravallien d'après Cahuzac et Poignant (1996). Devant les difficultés de datation, cet affleurement n'est utilisé dans notre travail que comme marqueur du Miocène moyen.

III.D CORRÉLATION DES AFFLEUREMENTS MÉRIDIONAUX

III.D.1 Dépôts langhiens (Figure 55)

Les marqueurs stratigraphiques les plus fréquents sont les foraminifères planctoniques du groupe *Praeorbulina* (*P. glomerosa*), situés dans la zone N8-base N9. Par cette présence, le demi-cycle transgressif de Pouyouet et les demi-cycles régressifs de Sauboires et Panjas se placent dans le Langhien. C'est également le cas pour les cycles T-R complets situés à la base des coupes de Campet, Broqua, Joutan et Naude. L'unité inférieure de la carrière du Houga, assimilée à un cycle T-R, est contemporaine de ces affleurements, l'âge langhien étant indiqué par les nannofossiles calcaires (base zone NN5).

Dans la partie méridionale de notre zone d'étude, les dépôts datés du Langhien par la microfaune présentent un contexte topographique similaire. Le contact avec les formations du Miocène inférieur est assez régulier ; il se situe à une altitude généralement voisine de 120 mètres, ayant tendance à décroître en direction du Nord-ouest (95 mètres au Frêche). Le Langhien affleure dans les zones topographiques actuellement les plus basses, comme les fonds de vallons et les pieds de versants. Les dépôts langhiens de Joutan, Campet et Broqua ont une organisation séquentielle similaire : une séquence élémentaire d'approfondissement située à la base, surmontée d'un niveau marneux riche en microfaune et d'une séquence élémentaire de comblement.

Le contexte topographique et l'organisation identiques des séquences d'approfondissement et de comblement à la base de la coupe de Dufran tendent à les placer dans le Langhien. La corrélation est confirmée par les faciès et la présence d'*Ophiomorpha* à Broqua.

Dans le secteur de Manciet, le falun de Pouyouet représente une phase d'approfondissement, suivie d'une séquence de comblement, apparaissant sur la coupe voisine de Sauboires, au faciès identique à celui de Panjas et Campet (premier demi-cycle régressif. Le contexte topographique et la même évolution des dépôts, associée à des faciès similaires (du type falun) permet d'attribuer au Langhien la série de Couloumet et le premier cycle T-R de Laubuchon.

Enfin, les similitudes entre les séquences de comblement de la coupe de Naude et les demi-cycles régressifs inférieurs de Paillot et Monge permettent de dater ces séries du Langhien.

Dans le secteur méridional, les gisements datés du Langhien (zone N8-base N9, zone NN5) se caractérisent par leur situation en pied de versants. Ils reposent sur les molasses de l'Armagnac et la surface de contact est régulière. Le contexte topographique et l'organisation séquentielle identiques permettent de placer dans le Langhien les demi-cycles transgressifs et régressifs situés à la base des affleurements ne pouvant pas être datés par la microfaune.

III.D.2 Dépôts serravalliens (Figure 55)

Les foraminifères planctoniques utilisés comme marqueurs stratigraphiques sont *Orbulina suturalis* (sommet N9 et zones suivantes) et *Globorotalia praemenardii* (zones N10-N14). Les niveaux datés du Serravallien par la microfaune correspondent aux demi-cycles transgressifs de la moitié supérieure de Campet, Monge et Dufran ainsi qu'aux seconds demi-cycles régressifs de Dufran et Laubuchon. Les Sables Fauves de Labastide d'Armagnac ayant livré *Deinotherium giganteum*, au moins la partie supérieure de cet affleurement peut être placée dans le Serravallien (sommet zone MN8-MN9).

Les dépôts serravalliens du secteur méridional sont en superposition stratigraphique au-dessus des séquences langhiennes. Les coupes du secteur de Salles d'Armagnac (Campet et Dufran) ont une organisation séquentielle comparable : une séquence d'approfondissement suivie d'une séquence de comblement, à l'interface desquelles apparaît un horizon marneux caractérisé par sa microfaune planctonique. Par analogie, le second cycle T-R de la coupe de Broqua, présentant la même organisation et placé au-dessus de dépôts langhiens, est considéré comme datant du Serravallien.

Dans le secteur d'Estang, la coupe de Monge indique que la mise en place de la séquence de comblement serravallienne s'effectue à la suite d'une importante érosion. La même superposition stratigraphique et les mêmes événements apparaissent sur les coupes de Joutan, Paillot et Naude, relativement proches. Il est donc plausible de placer les termes supérieurs de ces affleurements dans le Serravallien. Sur ces coupes, la phase érosive précédemment évoquée ainsi que les érosions ultérieures ont entraîné la disparition de la majeure partie du Serravallien. Les dépôts préservés peuvent correspondre aux derniers termes du demi-cycle transgressif ou aux premiers éléments du demi-cycle régressif serravallien. Au Sud, les similitudes avec la série de Laubuchon confirment l'attribution au Serravallien de la séquence supérieure du Houga.

Par la corrélation des divers dépôts serravalliens, l'incertitude concernant la position stratigraphique des niveaux à *O. suturalis* est levée, puisqu'ils se corrèlent avec la série de Monge, contenant *G. praemenardii*, marqueur des zones N10 et suivantes.

Au Nord (secteur Estang-Salles d'Armagnac), les faciès marins du Serravallien reposent directement sur les faciès marins du Langhien. Dans la partie la plus méridionale (secteur Manciet-Nogaro), des terrains continentaux ou lagunaires apparaissent à la base des Sables Fauves les plus récents et figurent les derniers termes d'un processus en comblement.

Dans le secteur méridional, les gisements datés du Serravallien (sommet zone N9 et suivantes ; zones MN8-9) se caractérisent par leur superposition stratigraphique normale au-dessus des dépôts langhiens. Le contexte topographique et l'organisation séquentielle identiques permettent de placer dans le Serravallien les demi-cycles transgressifs et régressifs situés au sommet des affleurements ne pouvant pas être datés par la microfaune.

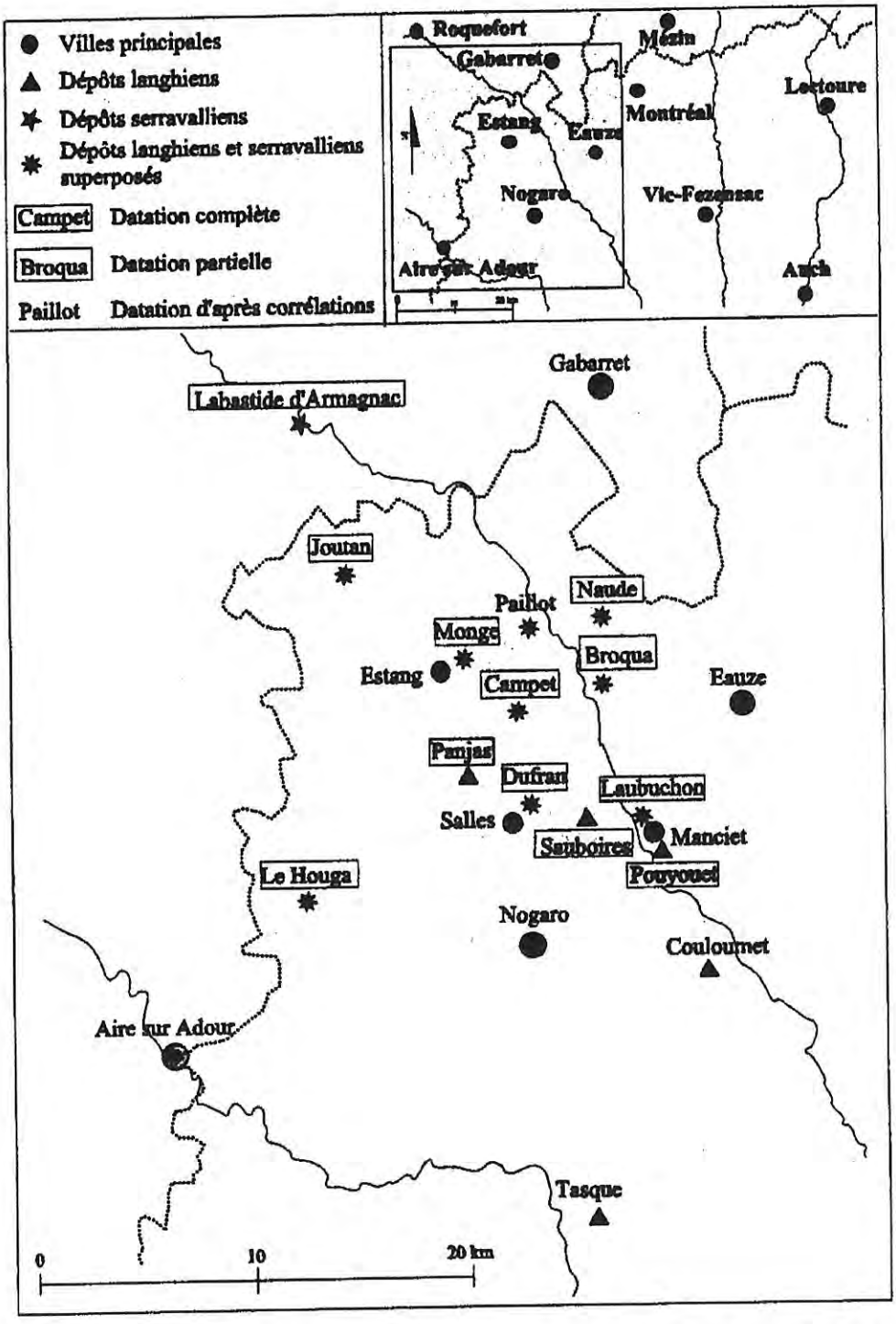


Figure 55 : Distribution des dépôts langhiens et serravalliens dans la partie méridionale de la région étudiée.

IV CORRÉLATIONS RÉGIONALES

L'examen de l'ensemble des coupes montre que la Formation des Sables Fauves se présente sous la forme de deux unités stratigraphiques datées respectivement du Langhien et du Serravallien (Figure 57). Devant la similitude des lithofaciès, la distinction s'effectue à partir de critères concernant l'âge et la géométrie des dépôts. Les dépôts datés du Langhien ont été regroupés dans le Membre de Peyrecrechen, alors que ceux attribués au Serravallien constituent le Membre de Matilon[5] (Rey *et al*, 1997). A l'échelle régionale, les relations géométriques entre ces deux unités varient de façon importante. Deux grands types d'organisations se distinguent clairement. Le premier correspond à un dispositif en encaissement, alors que le second représente l'agencement des dépôts en succession stratigraphique normale (Figure 56).

- **Encaissement des dépôts** : Cette organisation est mise évidence dans le secteur de Sos-Gabarret (secteur I). Le Membre de Peyrecrechen, constitue l'unité topographique supérieure. Il apparaît autour de 150 mètres d'altitude, en placages pelliculaires résiduels, sur les plateaux armés par le complexe des calcaires de l'Agenais. Cet ensemble est daté du Langhien et fut observé pour la première fois par Tournouër (Tournouër, 1874), à proximité et au-dessus de Matilon, au lieu-dit « Cavalé », dans une carrière aujourd'hui disparue. L'affleurement qui s'en rapproche le plus est actuellement l'ancienne carrière de Peyrecrechen (p. 37). De Eauze à Lectoure (secteur II), les séries (excepté Laubuchon et Manciet Pouyouet) correspondent exclusivement au Langhien. Le contact entre le substratum et l'ensemble des dépôts orientaux regroupés dans le Membre de Peyrecrechen apparaît entre 150 et 200 mètres d'altitude. Il forme une surface régulière arasant la série continentale des Molasses de l'Armagnac jusqu'au niveau 8 (nomenclature Crouzel). Les sédiments langhiens ont été affectés de façon importante par l'érosion, d'une part du fait de leur situation sur des zones hautes (Lasbadies, par exemple) et d'autre part par des phénomènes de vidange et soutirage karstiques (carrière de la Brasserie, région de Cadignan).
  Le Membre de Matilon constitue l'unité topographique inférieure. Il affleure à plus basse altitude, le contact avec le substratum se rencontre généralement entre 115 et 130 mètres d'altitude et correspond à un remplissage résiduel de paléovallées. Daté du Serravallien, cet ensemble apparaît entre Sos et Gabarret (secteur I) et illustre un épisode plus récent que celui figuré par le Membre de Peyrecrechen. Aux points topographiquement les plus bas, correspondant aux sites les plus distaux, le début du remplissage est assuré par un mince niveau de falun gris, attribué au Serravallien inférieur. Les coupes de Matilon et du Pont du Rimbez illustrent ce cas de figure. Ailleurs, à la base des sites plus proximaux, apparaît un conglomérat associant des galets de calcaire lacustre et de grès marins. Les affleurements répondant à cette description sont Matilon, Menjoy, Cayron, Lapeyrie, le Cocut et Pibèque.

- **Superposition stratigraphique normale** : Ce dispositif est en grande partie localisé sur la rive gauche de la Douze, entre Eauze et Aire sur Adour. Le Membre de Peyrecrechen, qui constitue la base des coupes, occupe les topographies les plus basses, en fond de vallons. Etant donnée leur position topographique actuelle et la géométrie des dépôts, l'épaisseur de cette unité est beaucoup plus importante que dans le Nord de notre région

[5] : Le choix des sites éponymes s'explique par leur situation dans le secteur de Sos, où chacune des unités à été caractérisée pour la première fois.

d'étude, comme il apparaît à Couloumet ou Sansot. Les dépôts serravalliens du Membre Matilon apparaissent superposés sur les mêmes affleurements. Cet agencement s'effectue selon deux dispositifs distincts :

Dans la région d'Estang et Salles d'Armagnac (secteur IV), les dépôts littoraux du Membre de Peyrecrechen sont interrompus par une discontinuité au-dessus de laquelle apparaît directement le Membre Matilon : affleurements de Monge, Joutan, Paillot, Naude, Campet, Broqua et Dufran.

Plus au Sud, dans la région de Manciet-Nogaro (secteur III), les faciès marins du Membre de Peyrecrechen sont séparés du Membre de Matilon sus-jacent par des dépôts lagunaires ou continentaux. L'intégralité de cette succession n'a été préservée que sur de rares affleurements : le Houga et Laubuchon. Ces faciès très internes apparaissent nettement sur la coupe de Couloumet ; sur une grande partie de la région, seule la base du Langhien est préservée, le sommet du Langhien et le Serravallien ayant été enlevés par l'érosion.

Suivant une direction générale du Sud-ouest vers le Nord-est, il se produit une modification topographique, qui entraîne l'encaissement progressif du Membre de Matilon dans le Membre de Peyrecrechen et dans leur substratum commun. Dans le secteur de Nogaro-Manciet, les deux unités marines sont en superposition stratigraphique normale, séparées par un intervalle continental. Plus au Nord, dans la région d'Estang-Salles-d'Armagnac, elles sont séparées par une discontinuité sédimentaire. Dans le secteur de Sos-Gabarret et jusqu'à Lectoure, le Membre de Matilon occupe les zones topographiques les plus basses tandis que le Membre de Peyrecrechen domine le relief actuel, en placages sur les plateaux.

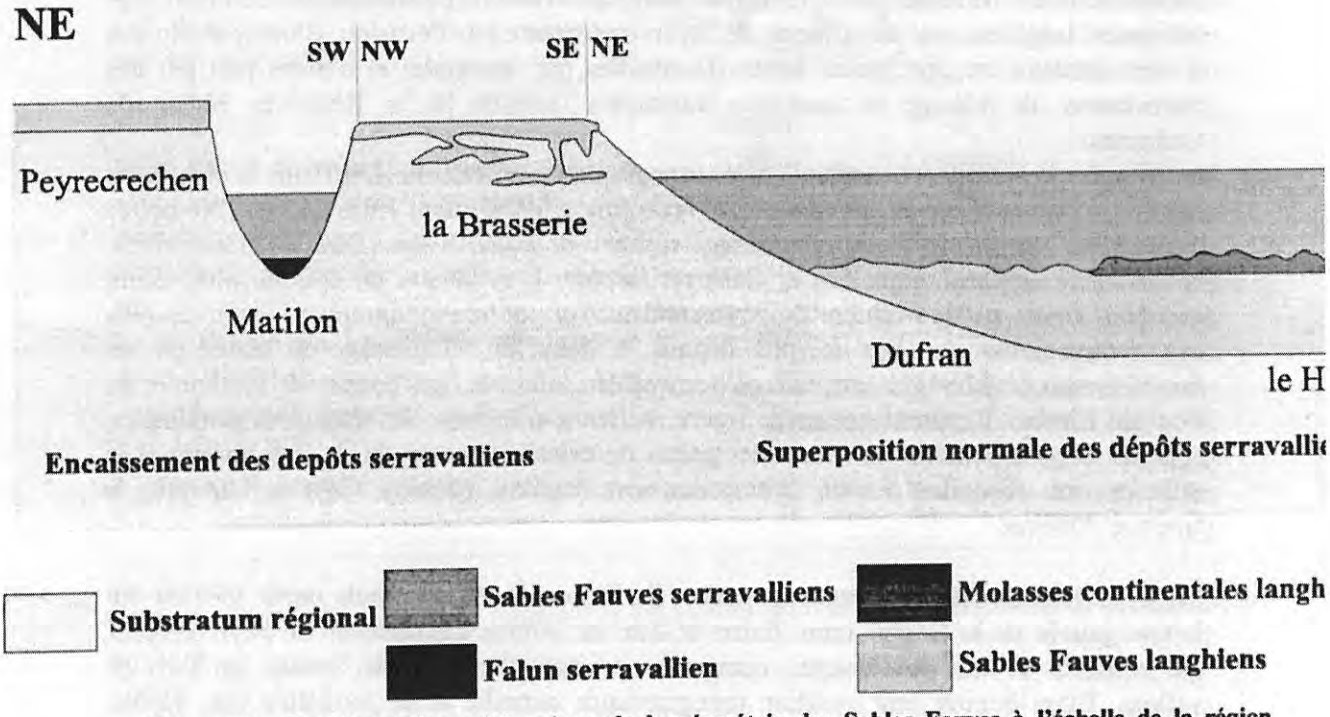


Figure 56 : Représentation schématique de la géométrie des Sables Fauves à l'échelle de la région étudiée.

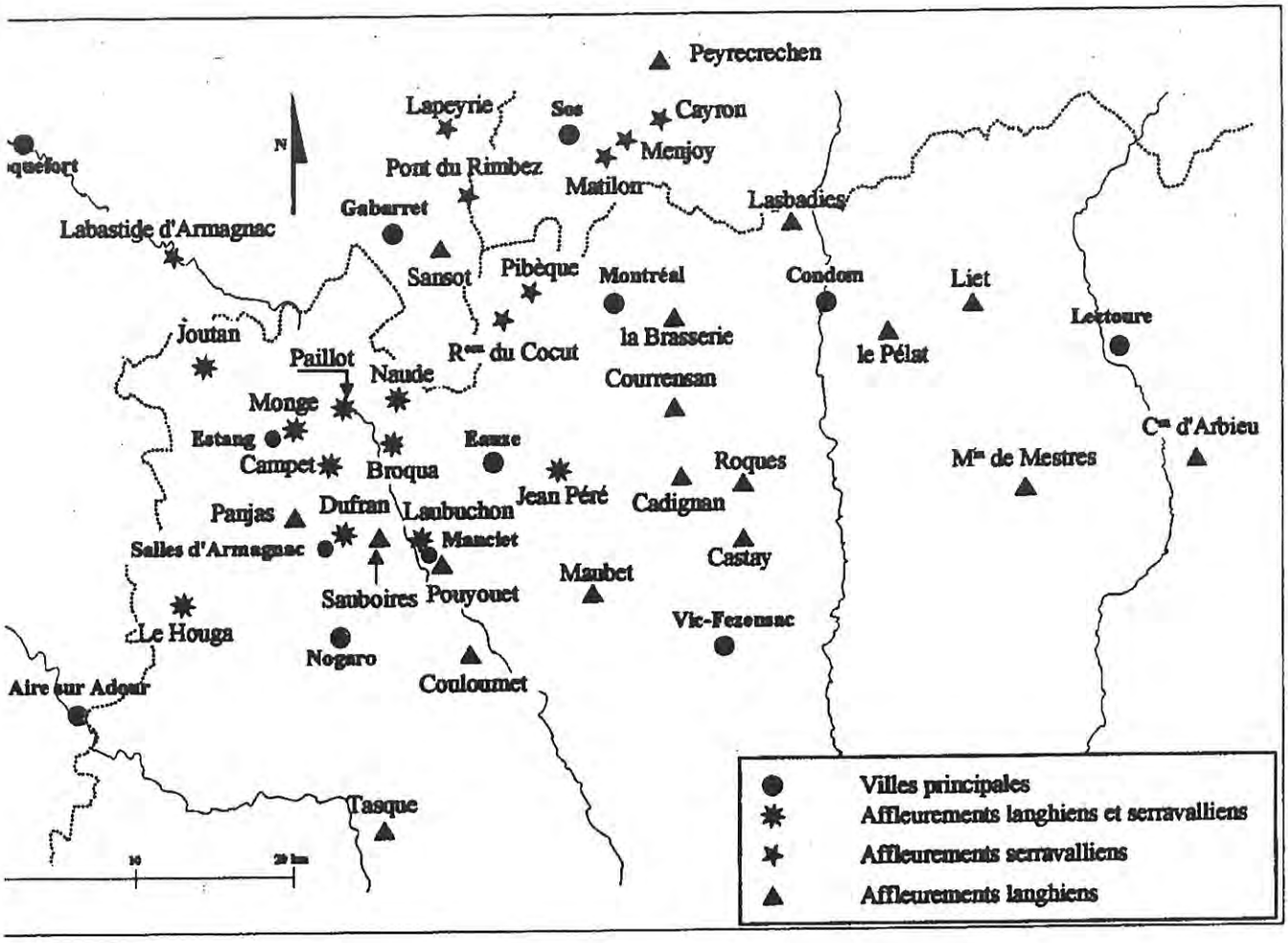


Figure 57 : Distribution des dépôts langhiens et serravalliens sur l'ensemble du domaine d'étude.

SYNTHÈSE DES DONNÉES

V STRATIGRAPHIE SÉQUENTIELLE

V.A APPORTS DE LA STRATIGRAPHIE SÉQUENTIELLE

La stratigraphie séquentielle a pour buts de définir un cadre chronostratigraphique qui permet d'affiner et de préciser les corrélations stratigraphiques dans un bassin sédimentaire et de préciser les parts respectives des principaux facteurs susceptibles de contrôler la sédimentation. Cette analyse se fonde sur la mise en évidence au sein de la sédimentation de dépôts génétiquement liés et sur le repérage des limites de chacun des ensembles.

V.A.1 Notion d'espace disponible

Les principes de la stratigraphie séquentielle sont fondés sur les variations relatives du niveau marin sur la plate-forme continentale qui permettent l'existence ou la création d'un espace disponible dans lequel l'accumulation des dépôts est possible. En domaine marin, l'espace disponible est le volume potentiel en mesure d'accumuler des sédiments entre le fond du bassin et la surface de l'océan. Alors que la profondeur varie en fonction de l'accumulation des dépôts, l'espace disponible est, par définition, indépendant du comblement. Dans une faible tranche d'eau, l'espace disponible varie en fonction de la position de la base d'action des vagues. Hors du domaine marin (milieu lacustre, continental), l'espace disponible correspond au volume pouvant accumuler des sédiments, entre le substratum (fonds de lacs, lits de rivières) et le niveau de base d'action des agents hydrodynamiques, quels qu'ils soient. D'une manière générale, pour que des sédiments se déposent, il est nécessaire que le niveau relatif de la mer monte.

La définition de l'espace disponible entraîne celle du niveau de base (*base level*), qui est la surface théorique d'équilibre entre dépôts et érosion. Tout volume situé au-dessus de ce niveau est donc vulnérable à l'érosion, alors qu'au contraire toute dépression formée par l'espace entre la surface topographique réelle et le niveau de base est susceptible d'accueillir les sédiments issus des processus érosifs. Par ce fonctionnement, des corps sédimentaires (comme des cordons ou des barres littorales) peuvent se former au-dessus du niveau de la mer. La position du niveau de base varie en fonction du niveau marin relatif et des événements tectoniques.

Les variations du niveau marin relatif peuvent être induites soit par des facteurs locaux, comme la compaction ou la tectonique régionale, soit par des événements de portée globale, d'origine climatique. Les variations de l'espace disponible et donc la sédimentation sur la plate-forme continentale sont en relation directe avec ces phénomènes. Elles sont particulièrement influencées par l'eustatisme, la quantité des apports sédimentaires, la subsidence et le climat (Figure 58).

V.A.2 Évolution des dépôts sur la plate-forme continentale

La plate-forme continentale se situe à la rencontre des domaines continentaux et marins. Elle est limitée de part et d'autre par une rupture de pente :

- La rupture de pente continentale, en bordure externe, séparant la plate-forme du talus continental.
- La rupture de pente côtière, en bordure interne, séparant la plate-forme de la plaine alluviale. Cette rupture de pente ne s'individualise que dans des contextes transgressifs ou de haut niveau marin, en période d'inondation partielle ou totale de la plate-forme. Dans le cas d'un bas niveau marin, la plate-forme peut être totalement exondée et la rupture de pente côtière se confond alors avec la rupture de pente continentale.

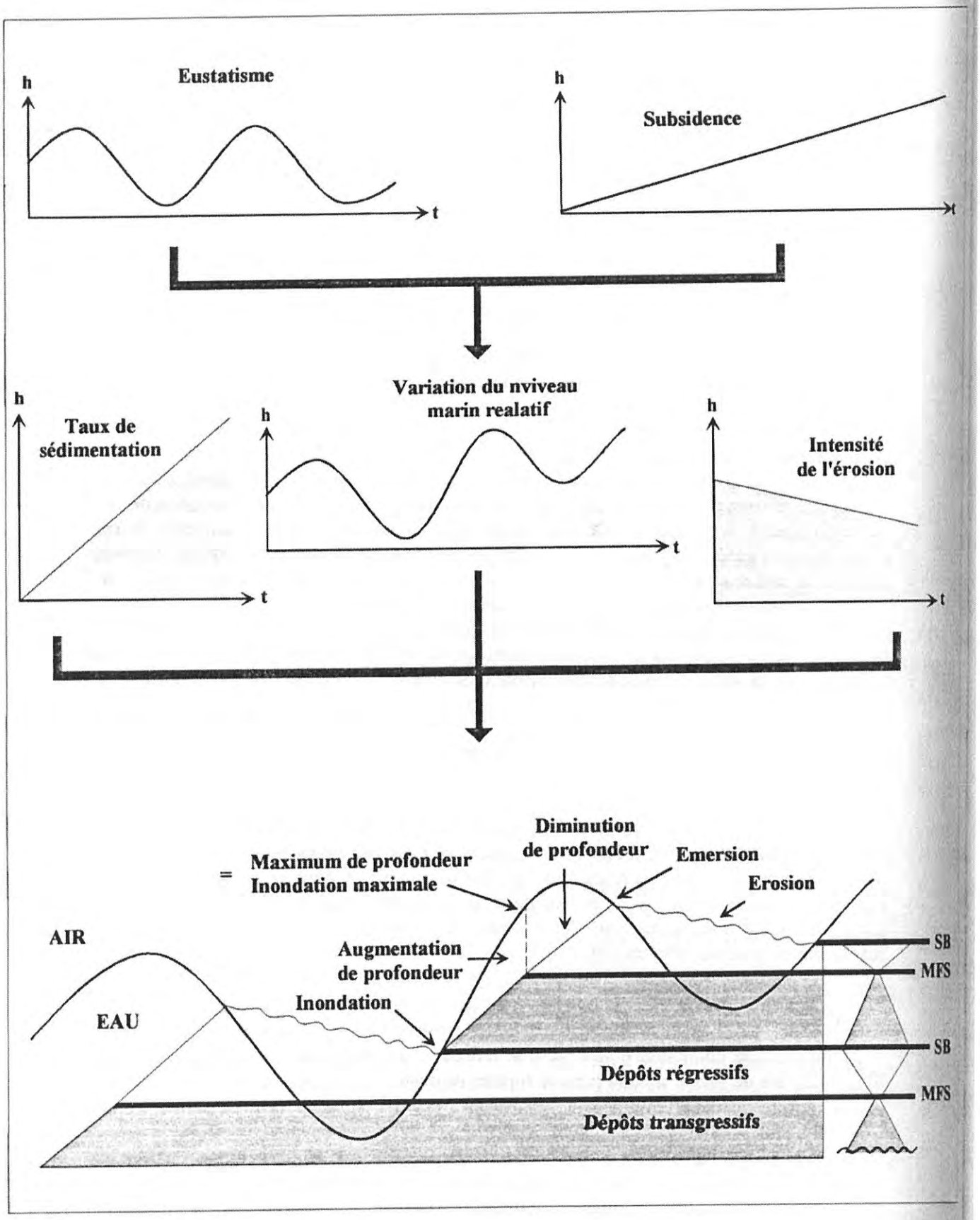


Figure 58 : Principaux paramètres affectant la géométrie des corps sédimentaires (d'après Homewood *et al.*, 2000).

Enfin, la ligne de baie (*bayline*) correspond au point où les fleuves atteignent le niveau de base (Posamentier *et al.*, 1988), ce qui constitue globalement la limite entre domaines continental et marin, entre plaine alluviale et plaine côtière.

L'espace disponible et la quantité de sédiments déposés sur la plate-forme continentale sont tributaires de l'eustatisme, dans la mesure où ce phénomène commande le piégeage des apports terrigènes ainsi que leur distribution géographique. Ainsi, en période de transgression, lorsque la vitesse de montée du niveau marin relatif est en phase d'accélération, les particules les plus grossières sont piégées (ou précipitées) plus en amont sur la plaine côtière. Les dépôts de plate-forme associés à cette augmentation de la tranche d'eau montrent alors des biseaux d'agradation côtière (onlap) et ont tendance à évoluer en grano- et strato-décroissance (tendances *finning-up* et *thining-up*). Au contraire, en période de régression, lorsque la vitesse de montée du niveau marin relatif est en phase de décélération, les dépôts tendent à combler la plaine côtière par progradation (offlap), qui entraîne et s'associe à la diminution de la tranche d'eau. Les dépôts sédimentaires sur la plate-forme ont alors tendance à évoluer en grano- et strato-croissance (tendances *coarsening-up* et *thickening-up*).

V.A.3 Découpage séquentiel

En appliquant les principes d'analyse de la stratigraphie séquentielle, il devient possible d'appréhender l'agencement des ensembles sédimentaires. Ces derniers sont découpés en séquences génétiques, dont les limites inférieures et supérieures correspondent à des discontinuités. Chaque séquence est composée de différents cortèges sédimentaires (*systems tracts*) et peut être replacée dans l'espace et le temps (Figure 59), ce qui rend possible les corrélations stratigraphiques à l'échelle de la région étudiée jusqu'à l'échelle globale. La synthèse des données permet de mettre en évidence des cycles eustatiques majeurs qui, après calage chronostratigraphique, peuvent être replacés dans le contexte mondial par comparaison avec les chartes établies par l'école de Vail (Haq *et al*, 1988, Hardenbol *et al.*, 1998).

a Séquences génétiques et limites de séquences.

L'unité de base de la stratigraphie séquentielle est la séquence génétique. Elle est constituée par la succession de dépôts génétiquement liés, composés de cortèges sédimentaires, eux-mêmes formés d'un assemblage de systèmes contemporains, présentant des lithofaciès différents et marquant une logique linéaire, soit transgressive soit régressive. Dans le cadre de corrélations entre coupes, la séquence génétique constitue l'intervalle chronologique le plus précis qu'il soit possible d'obtenir. Deux types sont généralement distingués suivant la démarche utilisée :

- En stratigraphie faciologique (Courel *et al.*, 1997), une unité génétique est reliée à l'enregistrement d'un cycle de variation des milieux de sédimentation correspondant à une phase progradante suivie d'une rétrogradation (Homewood *et al.*, 1992). Lorsqu'une unité génétique comprend des faciès marins peu profonds, elle est définie entre les deux surfaces d'inondation majeure. En milieu marin ouvert, les limites sont formées par les maxima de profondeur.

- En stratigraphie sismique ou stratigraphie séquentielle *s.s.* (Courel *et al.*, 1997), une séquence de dépôt correspond à l'intervalle compris entre deux surfaces de baisse des eaux. Deux séquences sont reconnues (type 1 et type 2), la distinction est basée sur l'intensité de la baisse du niveau marin relatif qu'elles illustrent. Les séquences de type 1

concernent les régressions les plus importantes, dépassant les limites de la plate-forme continentale et aboutissant à l'émersion de la rupture de pente continentale. Les séquences de type 2 concernent des régressions de moindre intensité, ne dépassant pas les limites de la plate-forme. Une limite de type 1 se différencie d'une limite de type 2 essentiellement par une érosion subaérienne marquée, accompagnée notamment de vallées incisées.

b Hiérarchie

Habituellement, une unité génétique est considérée comme l'équivalent d'une paraséquence (séquence élémentaire), un groupement d'unités génétiques comme l'équivalent d'une séquence de dépôt. La différence fondamentale se situe au niveau des limites : un groupement d'unités génétiques est compris entre deux surfaces d'inondation maximale, une séquence de dépôt est comprise entre deux surfaces de baisse des eaux.

Cinq ordres de séquences sont généralement définis, chacun étant relié à des cycles de variation du niveau marin :

- **Premier ordre** : en relation avec des mégacycles, d'une durée supérieure à 50 Ma.
- **Deuxième ordre** : en relation avec des supercycles d'une durée comprise entre 3 et 50 Ma.
- **Troisième ordre** : en relation avec des cycles d'une durée comprise entre 0,5 et 3 Ma. Ces séquences correspondent aux séquences de dépôt telles qu'elles sont définies par la stratigraphie séquentielle et aux groupements d'unités génétiques.
- **Quatrième et cinquième ordre** : en relation avec des cycles très courts de 0,08 à 0,5 Ma. Ces séquences correspondent aux séquences élémentaires et aux unités génétiques.

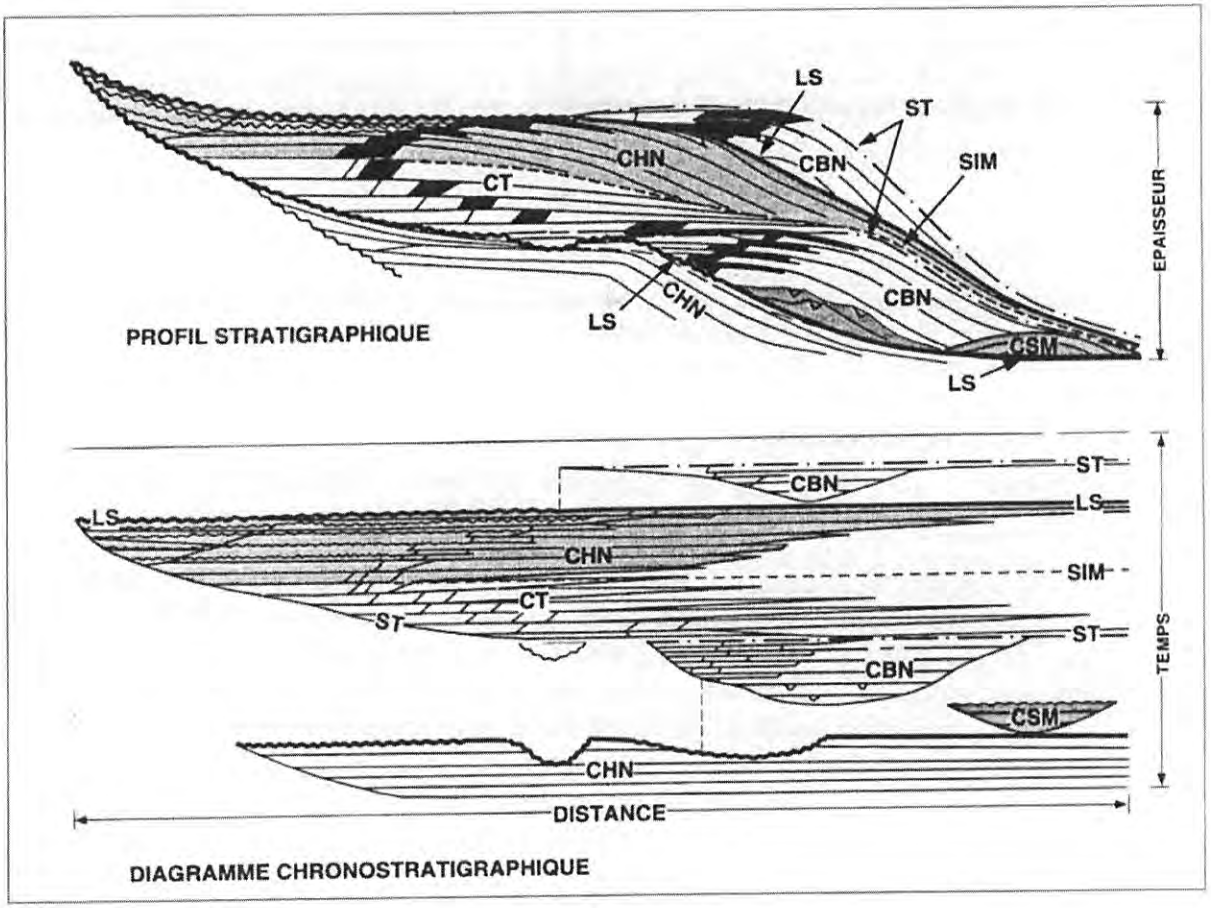


Figure 59 : Construction d'un cadre chronostratigraphique à partir d'une séquence théorique (d'après Vail *et al.*, 1987). CHN : Cortège de haut niveau ; CSM : Cône sous-marin ; CBN : Cortège de bas niveau ; ST : Surface de transgression ; CT : Cortège transgressif ; SIM : Surface d'inondation maximale ; LS : Limite de séquence.

V.A.4 Cortèges sédimentaires

En stratigraphie séquentielle, les séquences élémentaires s'organisent en cortèges sédimentaires, correspondant à l'assemblage de systèmes de dépôt contemporains créés par les variations de l'espace disponible (Courel *et al.*, 1997). Dan son acception initiale, une séquence dépôt de troisième ordre est constituée de quatre types fondamentaux de cortèges dont les caractéristiques faciologiques varient de la plate-forme au bassin (Posamentier et Vail, 1988 ; Posamentier *et al.*, 1988) :

a Prisme de bordure de plate-forme : PBP (*shelf margine system tract* : *SMST*)

Ce cortège se met en place lors d'une baisse eustatique, près de la limite de la plate-forme, sans atteindre la rupture de pente continentale. L'espace disponible étant extrêmement limité sur la plaine côtière très réduite, l'enregistrement sédimentaire est quasi nul et peut se résumer par un hiatus de sédimentation. Les dépôts s'accumulent par agradation en bordure de plate-forme continentale.

b Cortège de bas niveau : CBN (*lowstand system tract : LST*)

En période de bas niveau marin, la plate-forme est entièrement exondée et la rupture de pente côtière se confond avec la rupture de pente continentale. La base de la séquence de dépôt est marquée par une surface d'érosion subaérienne. Le niveau de base ayant connu une période d'approfondissement, la capacité d'érosion et de transport des cours d'eau en est augmentée d'autant. Leur dénivelé par rapport au niveau marin ayant augmenté, les fleuves et rivières ont tendance à surcreuser leurs lits, ce qui diminue l'importance et la fréquence des crues. Ce blocage des apports sédimentaires sur la plaine alluviale permet l'installation de sols et la mise en place de processus pédogénétiques. Les sédiments sont transportés par les fleuves jusqu'au littoral, au niveau duquel ils sont repris par les courants côtiers et redistribués sur l'ensemble de la plate-forme. Au niveau de l'ancienne plaine côtière, l'action érosive des ruissellements et des cours d'eau favorise la création de vallées incises et de canyons sous-marins. L'organisation est assez semblable à celle observée lors des hauts niveaux marins, avec une progradation ou une agradation des dépôts. En bordure de plate-forme, un ensemble de cônes turbiditiques se met en place, d'abord dans le bassin puis sur le talus (*basin floor fans : BFF* et *slope fans : SF*).

c Cortège transgressif : CT (transgressive system tract : TST)

En contexte transgressif, lors de la montée du niveau marin relatif, les séquences génétiques rétrogradent en direction du continent, ce qui provoque une agradation côtière. Sur le domaine continental, cette montée entraîne un déplacement vers le haut du niveau de base. La capacité d'érosion et de transport sédimentaire des cours d'eau en est d'autant diminuée et remplacée par une tendance à la formation de dépôts, qui viennent combler les chenaux et favorise une reprise des crues sur la plaine alluviale. A chaque à-coup transgressif, le profil à l'équilibre des fleuves et rivières remonte donc en direction du continent. Il se crée également un excès de charge sédimentaire au débouché des cours d'eau et la combinaison de ces deux phénomènes provoque la retenue des sédiments les plus grossiers vers l'amont. Dans le domaine littoral, la ligne de baie migre en direction du continent, sous l'effet de la transgression. Les dépôts montrent une tendance à l'approfondissement des milieux vers le sommet (évolution *deepening-up*). La base de la séquence est marquée par une discontinuité, diachrone l'échelle de la plate-forme, et nommée surface de transgression ou première surface

d'inondation (*basal transgressive surface : BTS* ou *first marine-flooding surface*). Cette surface érosive est due à l'installation d'environnements côtiers, entraînant une importante érosion du substratum par action des vagues. Les sédiments remobilisés à cette occasion sont redistribués soit sous forme de dépôts très bioturbés dans le domaine offshore supérieur, soit sur la plaine côtière où ils constituent les témoins de tempêtes (*storm washover*). En domaine offshore, la rétention des apports terrigènes sur le continent provoque un important déficit sédimentaire et aboutit à la formation d'un horizon condensé.

d Cortège de haut niveau : CHN (*highstand system tract : HST*)

En période de haut niveau marin, les dépôts montrent une tendance générale à une diminution de la tranche d'eau vers le sommet (évolution *shallowing-up*). L'accommodation étant minimale, les séquences progradent fortement vers le large, ce qui induit une morphologie côtière peu profonde, du type estran. La fin du haut niveau marin aboutit au comblement presque total de la plate-forme, voire à l'émersion. On observe alors des sédiments déposés en amont de la ligne de baie, correspondant à un environnement de plaine alluviale. La base de la séquence de dépôt est formée par une surface d'inondation maximale (*maximum flooding surface : MFS*). Cette discontinuité topographique majeure est synchrone à l'échelle de la plate-forme et marque la période d'ennoyage maximum, durant laquelle la remontée eustatique passe d'une phase d'accélération à une phase de décélération. Ce changement de dynamique annonce le début de la progradation des dépôts vers le large, la surface d'inondation maximale est également désignée comme étant la surface basale de progradation (*downlap surface : DLS*). Dans la domaine offshore, cet événement se traduit par un horizon condensé, voire par un hiatus sédimentaire.

V.A.5 Conclusion

Chaque période de chute et de remontée du niveau marin relatif implique un enregistrement différent au sein de chaque unité génétique, en fonction du domaine dans lequel elle se trouve, que ce soit au niveau de la plaine côtière (backshore, foreshore), du shoreface ou de l'offshore.

Les dynamiques sédimentaires et l'accommodation varient dans les différents environnements de dépôt, au cours d'une phase de baisse et de montée du niveau marin relatif. Ceci entraîne une répartition différentielle des sédiments le long du profil de dépôt, en fonction du contexte eustatique et des environnements concernés. Ainsi, en période de transgression, l'espace disponible augmente en direction de la côte, ce qui favorise l'accroissement de volume des systèmes sédimentaires sur le continent et entraîne un déficit dans les milieux marins les plus distaux. Au contraire, en période de régression, l'espace disponible diminue au niveau des environnements très proximaux (sur le continent). Seule une faible quantité de sédiments s'y dépose, alors que la majeure partie est transportée vers le domaine marin, où elle s'accumule. Ce principe, appelé partitionnement géométrique (Cross *et al.*, 1993) illustre la manière selon laquelle une même période peut être enregistrée dans des milieux différents soit par une surface, soit par un volume de sédiments (Figure 60). Enfin, les nombreux modèles de séquences génétiques proposés par différents chercheurs (Vail, 1987 ; Galloway, 1989 ; Guillocheau 1995...) (Figure 61) montrent que le débat est loin d'être clos et que toute tentative de proposer un modèle unique s'avérerait vaine. Les combinaisons multiples que peuvent revêtir les variations tectoniques, eustatiques et sédimentaires permettent d'aborder cette question de plusieurs points de vue.

Notre étude de la Formation des Sables Fauves a mis en évidence des cycles transgression-régression (cycles T-R) qui peuvent être assimilés à des séquences de dépôt de troisième ordre. Le rôle majeur joué par les baisses du niveau marin dans la répartition des sédiments et l'existence d'une discontinuité de type 1 (*sensu* Vail) très nette dans la partie septentrionale de la région étudiée (secteur Sos-Gabarret) amènent à privilégier un découpage en séquences de troisième ordre *sensu* Vail. La Formation des Sables Fauves caractérisant des milieux de plate-forme interne, seuls les cortèges transgressifs et de haut niveau marin seront représentés, les cortèges de bas niveau et de bordure de plate-forme étant en position beaucoup plus distale, vers l'Ouest. Le cortège transgressif correspond au demi-cycle transgressif, il est constitué de séquences d'ordre inférieur évoluant vers un approfondissement des faciès. Le cortège de haut niveau marin définit le demi-cycle régressif, il est composé de paraséquences de comblement marquant la diminution de l'espace disponible créé lors de la transgression. Les limites inférieures de chacune de ces unités sont repérées par des discontinuités majeures : surface de baisse des eaux : hétérochrone, surmontée en domaine de plaine côtière par les dépôts rétrogradants ; surface de transgression sur des dépôts émergés ; surface d'inondation maximale : discontinuité isochrone à l'échelle de la plate-forme, généralement représentée par des niveaux condensés et marquant la période d'ennoyage maximal par l'inversion rétrogradation-progradation des dépôts.

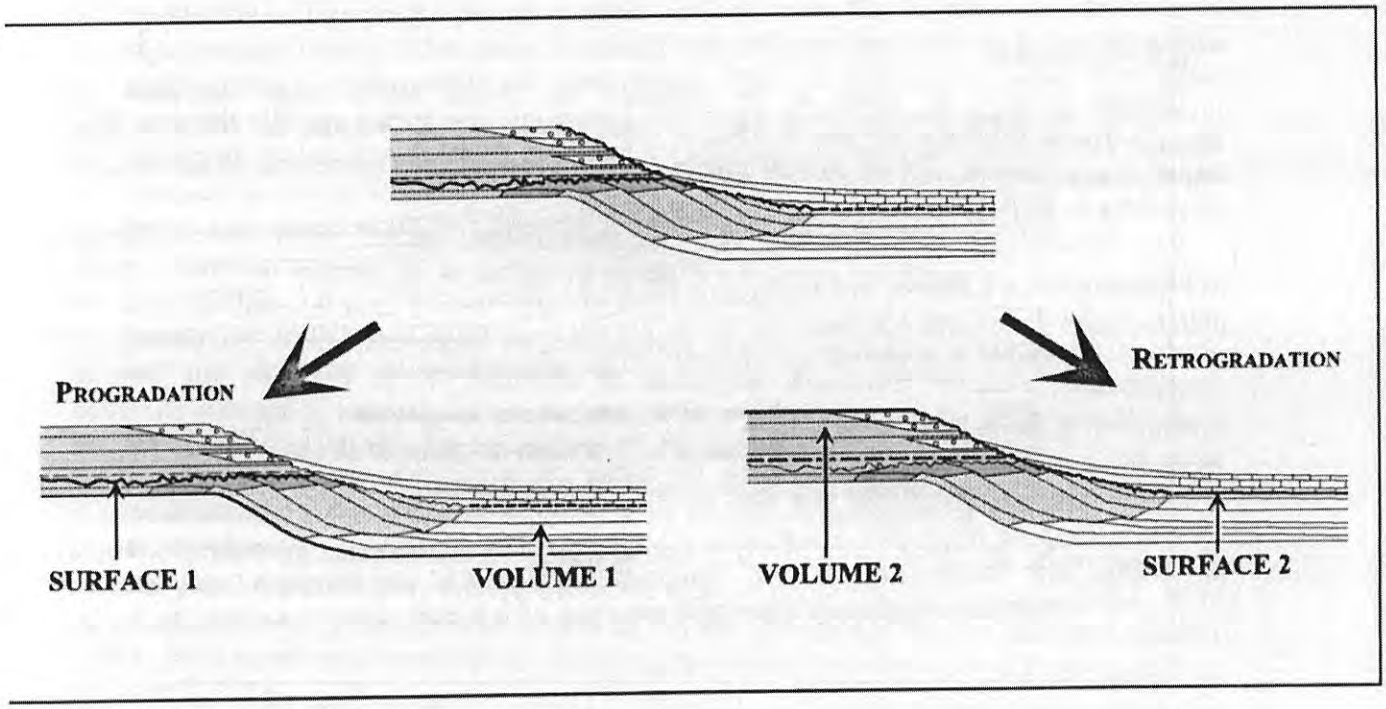


Figure 60 : Principe du partitionnement volumétrique (d'après Homewood *et al.*, 2000).

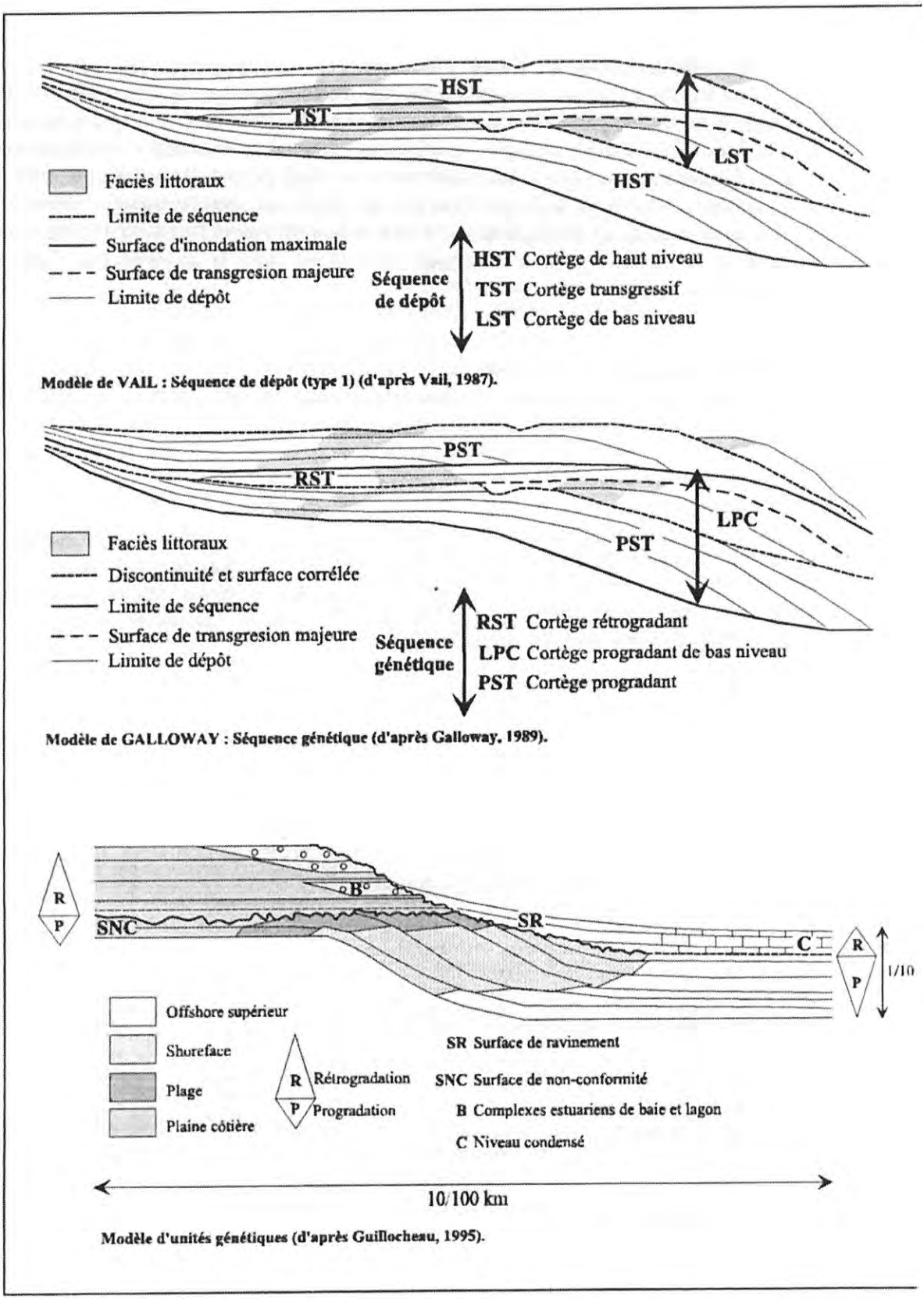


Figure 61 : Comparaison des concepts entre stratigraphie séquentielle et stratigraphie génétique (d'après Vail, 1987 ; Galloway, 1989 et Guillocheau, 1995).

V.B SÉQUENCES DE FACIÈS - ÉCOSÉQUENCES

La succession sur les différentes coupes des lithofaciès, des figures sédimentaires et du contenu paléontologique permet de mettre en évidence des séquences de faciès. Les variations progressives dans le temps définissent une séquence virtuelle (Figure 63), représentative de l'évolution générale des dépôts. La transposition horizontale de cette succession aboutit à la reconstitution de la séquence paysage, figurant les différents environnements présents au même moment et répartis sur l'ensemble de la plate-forme (Figure 63). Les faciès déterminés s'étendent du domaine continental à la plate-forme intermédiaire, la majorité des milieux de dépôt concerne la plate-forme interne.

V.B.1 Définition des milieux de dépôt

L'étude de l'ensemble des coupes fait apparaître différents faciès et milieux de dépôt, dont les principales caractéristiques sont rappelées ci-dessous.

a Domaine offshore

- **Faciès OFF1** : Représente le milieu le plus profond sur les affleurements étudiés. Le sédiment marneux indique un mode de dépôt en suspension-décantation dans un milieu peu agité. La microfaune abondante et diversifiée, parfois accompagnée de nannofossiles calcaires et de dinoflagellés, témoigne d'eaux chaudes et de l'ouverture du milieu.

b Domaine shoreface

- **Faciès SH1** : Caractérisé par un matériel sableux assez fin, organisé en stratifications obliques angulaires à faible pente, évoquant une sédimentation dans un hydrodynamisme assez calme. La bathymétrie est relativement faible, la microfaune (assez diversifiée) caractérise l'étage infralittoral supérieur La présence de pyrite ainsi que la micritisation et la ferruginisation des éléments indiquent un taux de sédimentation assez faible pouvant marquer de courts arrêts. Les structures correspondent à des cordons littoraux ou à des barres sableuses d'avant côte.

- **Faciès SH2** : Ensemble de stratifications obliques angulaires agencées en mégarides. Les surfaces de réactivation internes, la granulométrie grossière et l'importante fragmentation des coquilles indiquent la forte agitation du milieu et une bathymétrie réduite.

- **Faciès SH3** : Niveaux d'accumulation de matériel grossier sous l'influence de courants côtiers. Les galets sont issus en partie du démantèlement de structures sableuses antérieures. Localement, ces horizons peuvent être très coquilliers, ils représentent le faciès classique du « Falun de Manciet ». La microfaune correspond généralement à un mélange d'organismes autochtones, marquant des environnements très côtiers, et d'organismes ramenés vers la côte, provenant d'environnements marins plus ouverts.

c Domaine foreshore

- **Faciès FOR1** : Représente la zone de battement des marées et se caractérise par la présence des stratifications obliques entrecroisées (*herring-bone structures*) marquant l'influence dominante d'un rythme oscillatoire pendulaire (zone d'avant-plage).

- **Faciès FOR2** : Ensemble de grès conglomératiques, les éléments proviennent de remaniements internes et d'apports continentaux. Ils sont très fragmentés et roulés, ce qui indique un hydrodynamisme très vigoureux. La présence de ciment en pendants met en évidence des périodes émersives (zone de plage).

Dans le domaine foreshore, un faciès particulier peut être présent, sous la forme d'un banc gréseux à diagenèse précoce marquant le front de mélange entre eaux douces et eaux salées (niveau 10, coupe de Sansot). Ce phénomène se produit en subsurface, au sein des sédiments. Il est donc postérieur à la mise en place des dépôts et indique la constance des conditions du milieu ainsi que la proximité du domaine phréatique continental, donc de la côte (Figure 62).

d Domaine backshore

- **Faciès BAC1** : Caractérisé par une salinité anormale, généralement sursalée. La présence d'huîtres en position de vie (*Crassostrea*) et la prédominance de *Ammonia beccarii* témoignent de telles conditions. La quantité importante de pollens témoigne de la proximité d'environnements continentaux. Localement, la présence d'eaux saumâtres est mise en évidence. Les structures sédimentaires correspondant à des chenaux sablo-marneux.

e Domaine continental

- **Faciès CON1** : Marqué des molasses et calcaires lacustres. La présence de ces environnements est discrète dans la Formation des Sables Fauves, ils constituent généralement leur équivalent latéral. Les gisements continentaux très riches tels que le site de Sansan permettent de documenter précisément les environnements continentaux.

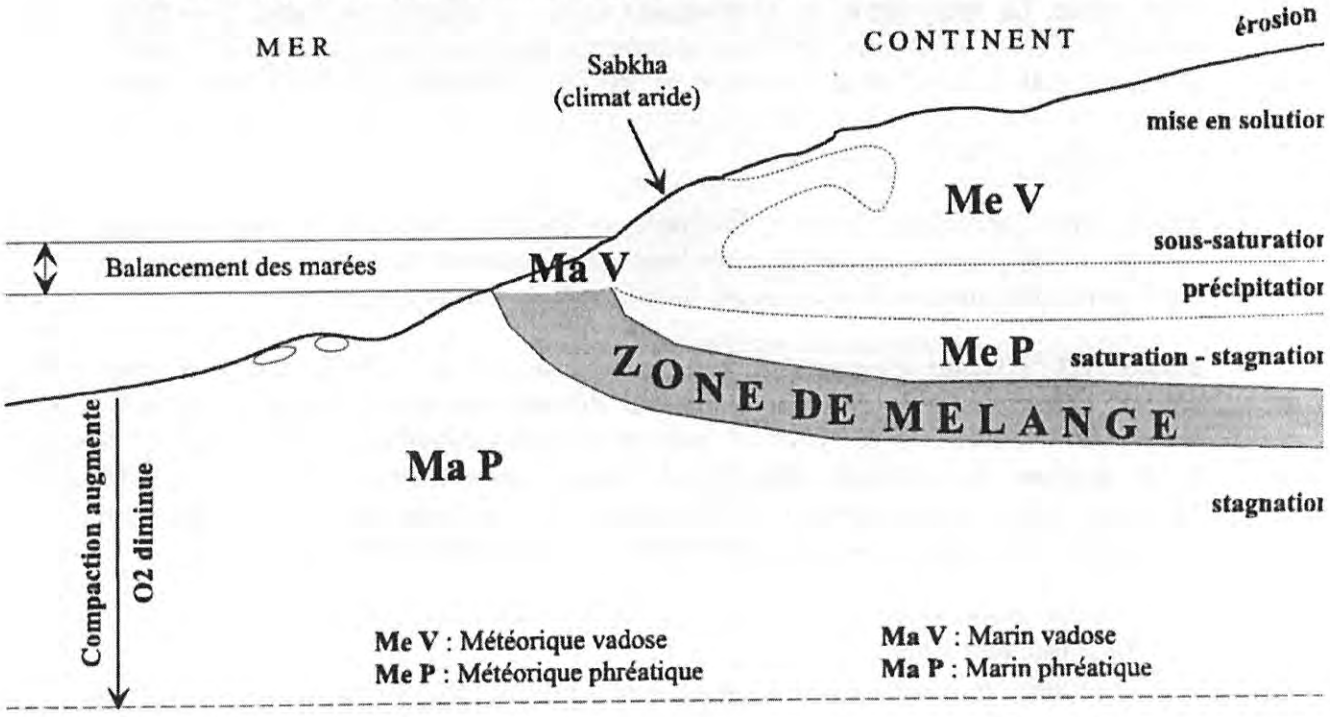


Figure 62 : Position du front de mélange des eaux douces et salées.

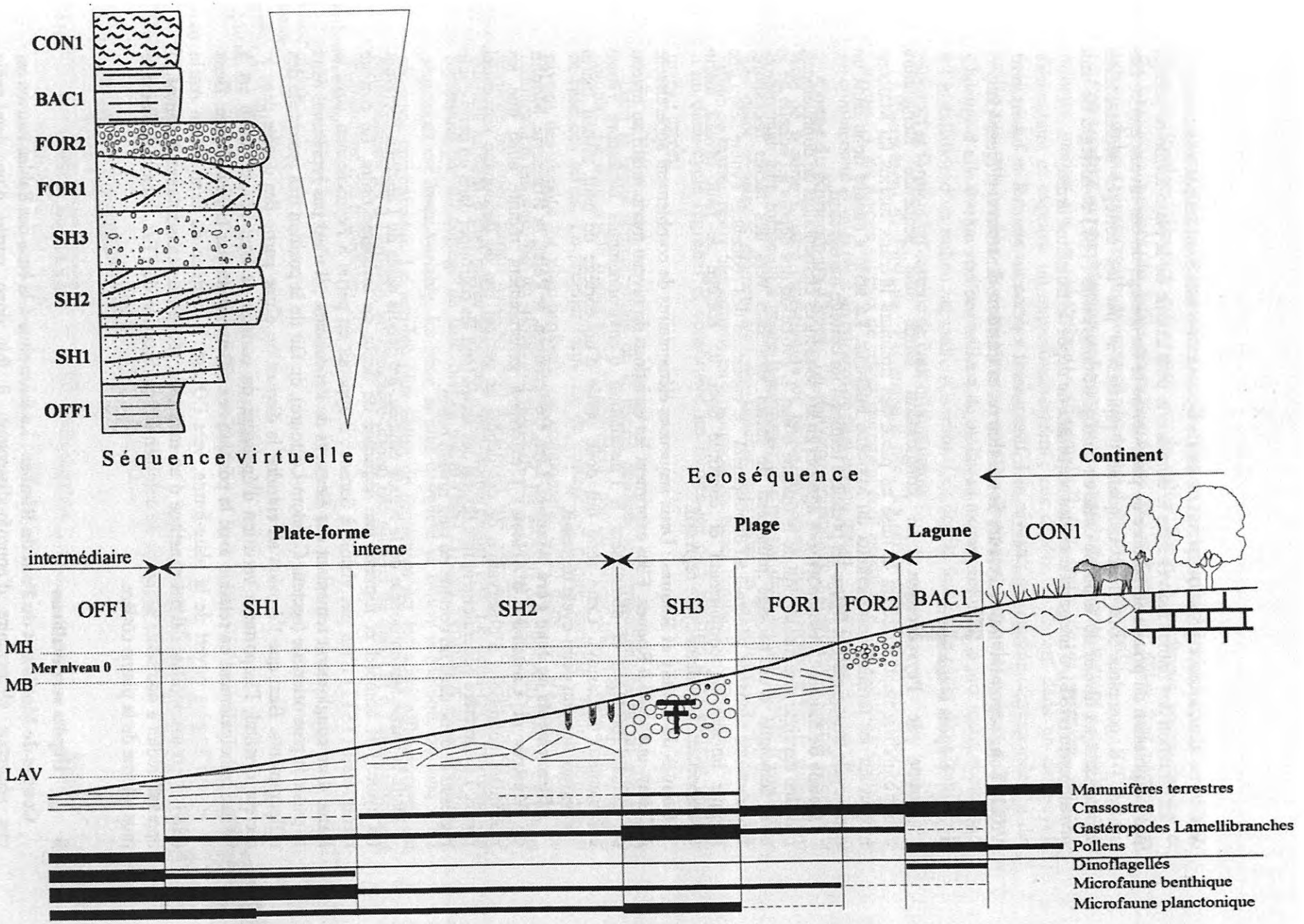


Figure 63 : Séquence virtuelle et écoséquence de la Formation des Sables Fauves.

V.C ORGANISATION SÉQUENTIELLE DE LA FORMATION DES SABLES FAUVES

La situation des Sables Fauves dans le domaine le plus interne de la plate-forme ne permet pas l'expression du prisme de bordure de plate-forme et du cortège de bas niveau marin. Les cycles T-R complets sont donc uniquement représentés par les cortèges sédimentaires apparaissant au niveau de la plaine côtière : cortèges transgressifs (TST) et cortèges de haut niveau marin (HST), s'intégrant dans des séquences de dépôt de troisième ordre.

V.C.1 **Zone septentrionale (secteurs Sos-Gabarret et Condom-Lectoure)** (Figure 65)

a Dépôts langhiens

Coupe de Peyrecrechen : Le conglomérat forme une séquence élémentaire d'approfondissement, illustrant la mise en place des premiers niveaux marins du Miocène moyen sur les terrains continentaux du Miocène inférieur. La série s'intègre donc dans un demi-cycle transgressif et figure les premiers termes d'un cortège transgressif.

Coupe de Sansot : Les dépôts sont agencés en six séquences élémentaires de comblement, chacune exprime une diminution de la tranche d'eau. L'évolution des dépôts à l'échelle de la série témoigne d'un passage progressif de faciès shoreface vers des faciès backshore, illustrant une tendance générale au comblement. L'ensemble des séquences évolue selon une logique linéaire de comblement et constitue donc un cortège de haut niveau marin correspondant à un demi-cycle régressif.

Coupes de Castay et Roques : Deux séquences élémentaires de comblement apparaissent à Castay, une seule à Roques. Elles expriment les variations du niveau marin relatif au niveau de milieux protégés et aboutissent à l'installation d'environnements backshore (voire continentaux à Castay). Cette série fait donc partie d'un cortège de haut niveau marin s'intégrant dans un demi-cycle régressif.

Affleurements de Jean Péré, Maubet, Liet, Courrensan, le Pélat, la Brasserie, Moulin de Mestres et Castelnau d'Arbieu : L'extension généralement réduite ainsi que les mauvaises conditions d'observation de ces dépôts ne permet pas de découpage séquentiel précis. Le caractère généralement très littoral des séries tend les regrouper dans un demi-cycle régressif et donc dans un cortège de haut niveau marin.

Dans la partie septentrionale de la région étudiée, les dépôts datés du Langhien décrivent un cycle T-R complet et forment une séquence de dépôt de troisième ordre. Le cortège transgressif (TST1) n'est pas visible à Sansot ; il apparaît en partie à Peyrecrechen, sous la forme d'un conglomérat remaniant des éléments de l'encaissant ; il n'est pas représenté dans la partie la plus orientale (secteur Condom-Lectoure), du fait de la position très proximale des affleurements. Bien que l'érosion ait entraîné la disparition d'une partie des dépôts dans le secteur oriental, l'importante variation d'épaisseur du cortège de haut niveau marin est à mettre principalement en relation avec la position des affleurements sur la plate-forme. Dans le secteur le plus ouvert de la plate-forme, vers l'Ouest, le cortège de haut niveau marin (HST1) est assez dilaté : il est constitué d'au moins six séquences élémentaires à Sansot. Il apparaît réduit à une seule séquence de comblement en direction de l'Est, dans le domaine le plus interne de la plaine côtière.

b Dépôts serravalliens

Coupes de Matilon et du Pont du Rimbez : Le falun situé à la base des Sables Fauves est une séquence élémentaire d'approfondissement, il fait donc partie d'un demi-cycle transgressif et forme un cortège transgressif. L'ensemble des dépôts sableux sus-jacents

s'ordonne en séquences élémentaires de comblement : cinq (ou six) à Matilon, indéterminé au Pont du Rimbez. Chacune est agencée de la même façon, à tendances *coarsening-up* et *thickening-up*, passant de faciès shoreface à des faciès foreshore. Elles font partie d'un cortège de haut niveau marin et correspondent à un demi-cycle régressif.

Coupes du Cayron, Menjoy et Lapeyrie : Le conglomérat basal indique l'installation de milieux marins sur le substratum continental. Il fait partie de la première séquence élémentaire et exprime un approfondissement ; ces dépôts se placent dans un demi-cycle transgressif et forment un cortège transgressif. Les niveaux sus-jacents correspondent à des séquences élémentaires de comblement : trois au Cayron et Lapeyrie et deux à Menjoy . Chacune d'elle évolue vers des milieux de moins en moins profonds, le processus aboutissant à l'installation d'un milieu lagunaire (Cayron). Ces dépôts font donc partie d'un demi-cycle régressif et forment un cortège de haut niveau marin.

Affleurement de Pibèque : Par analogie avec les séries situées plus au Nord (Matilon, Cayron...), les niveau sableux de cet affleurement sont assimilés à une séquence élémentaire de comblement et intégrés à un cortège de haut niveau marin.

Coupe du Ruisseau du Cocut : La séquence élémentaire d'approfondissement située à la base de la série illustre l'installation de faciès backshore puis foreshore sur le substratum continental. Elle forme un cortège transgressif et s'intègre dans un demi-cycle transgressif. Les deux séquences élémentaires sus-jacentes expriment la proximité du rivage et une influence marine restreinte, comme en témoignent les faciès lagunaires. Ces dépôts font partie d'un demi-cycle régressif et constituent les termes les plus internes d'un cortège de haut niveau marin.

Dans la partie septentrionale de la région étudiée, le Serravallien décrit un cycle T-R complet. Le demi-cycle transgressif est représenté par un cortège transgressif (TST2) situé à la base des séries. Le premier terme de ce cortège est nature variable : falun marneux au niveau des dépôts les plus profonds ou conglomérat basal dans des tranches d'eau plus réduites. Le fait que, sur un même affleurement, les niveaux conglomératiques et les faluns argileux ne soient jamais associés tend à indiquer que ces dépôts seraient des équivalents latéraux au sein d'une même séquence élémentaire(Figure 64). Le demi-cycle régressif est représenté par un cortège de haut niveau marin (HST2) dont l'épaisseur et le nombre de séquences est assez variable. La série la plus complète se trouve à Matilon, où cinq à six séquence apparaissent. Le nombre plus réduit de séquences sur les autre affleurements est probablement dû à l'érosion, au caractère littoral des milieux de dépôt et à l'enregistrement sédimentaire très discontinu.

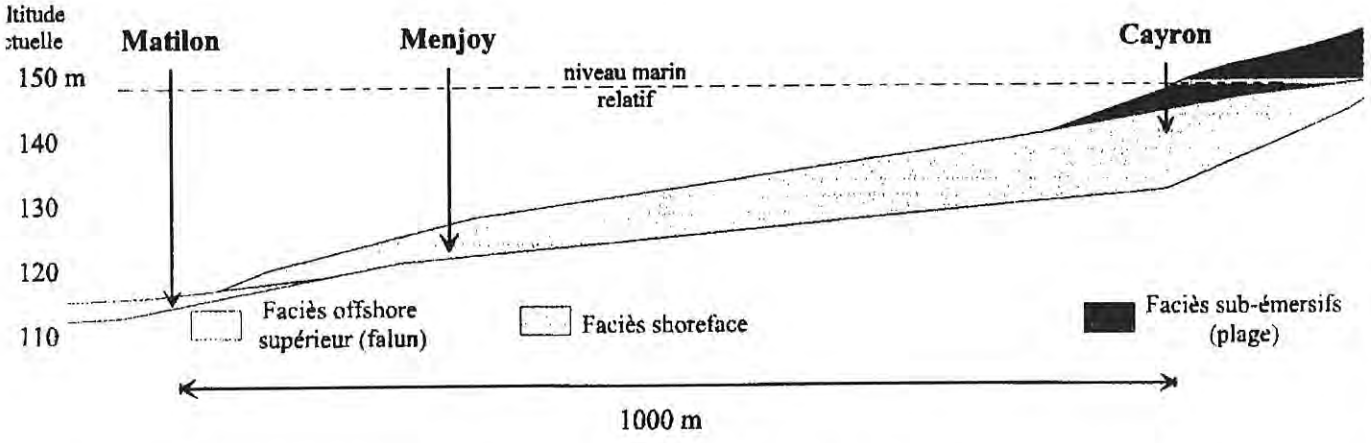
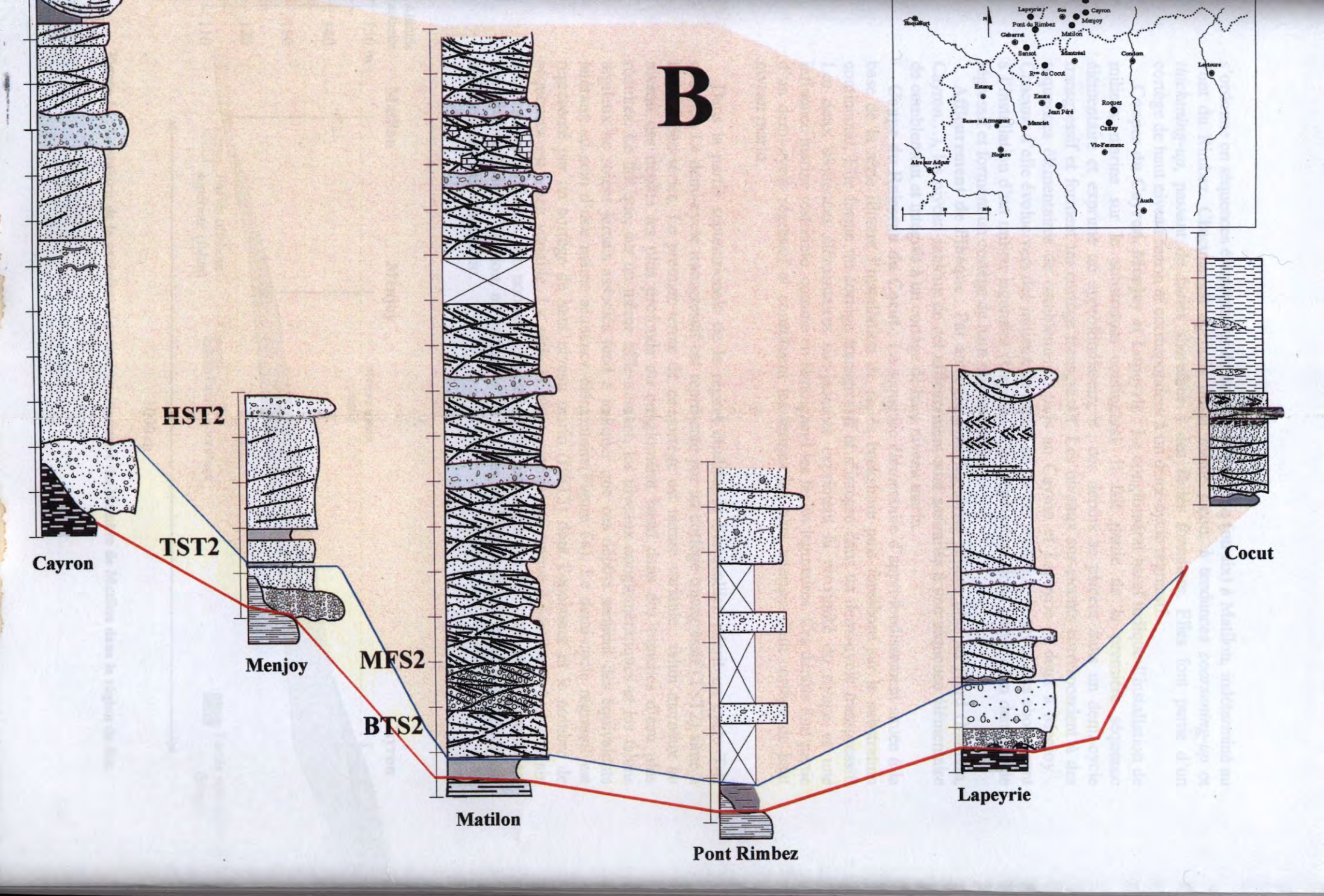


Figure 64 : Géométrie de la première séquence transgressive du Membre de Matilon dans la région de Sos.


B
HST2
TST2
MFS2
BTS2
Cayron
Menjoy
Matilon
Pont Rimbez
Lapeyrie
Cocut
Lapeyrie
Ste
Cayron
Menjoy
Pont du Rimbez
Matilon
Gabarret
Sarlat
Montréal
Condom
Lectoure
Rte du Cocut
Estang
Eauze
Jean Péré
Roquez
Eauze u Armagnac
Manciet
Cazay
Vic-Fezensac
Nogaro
Aire sur Adour
Auch

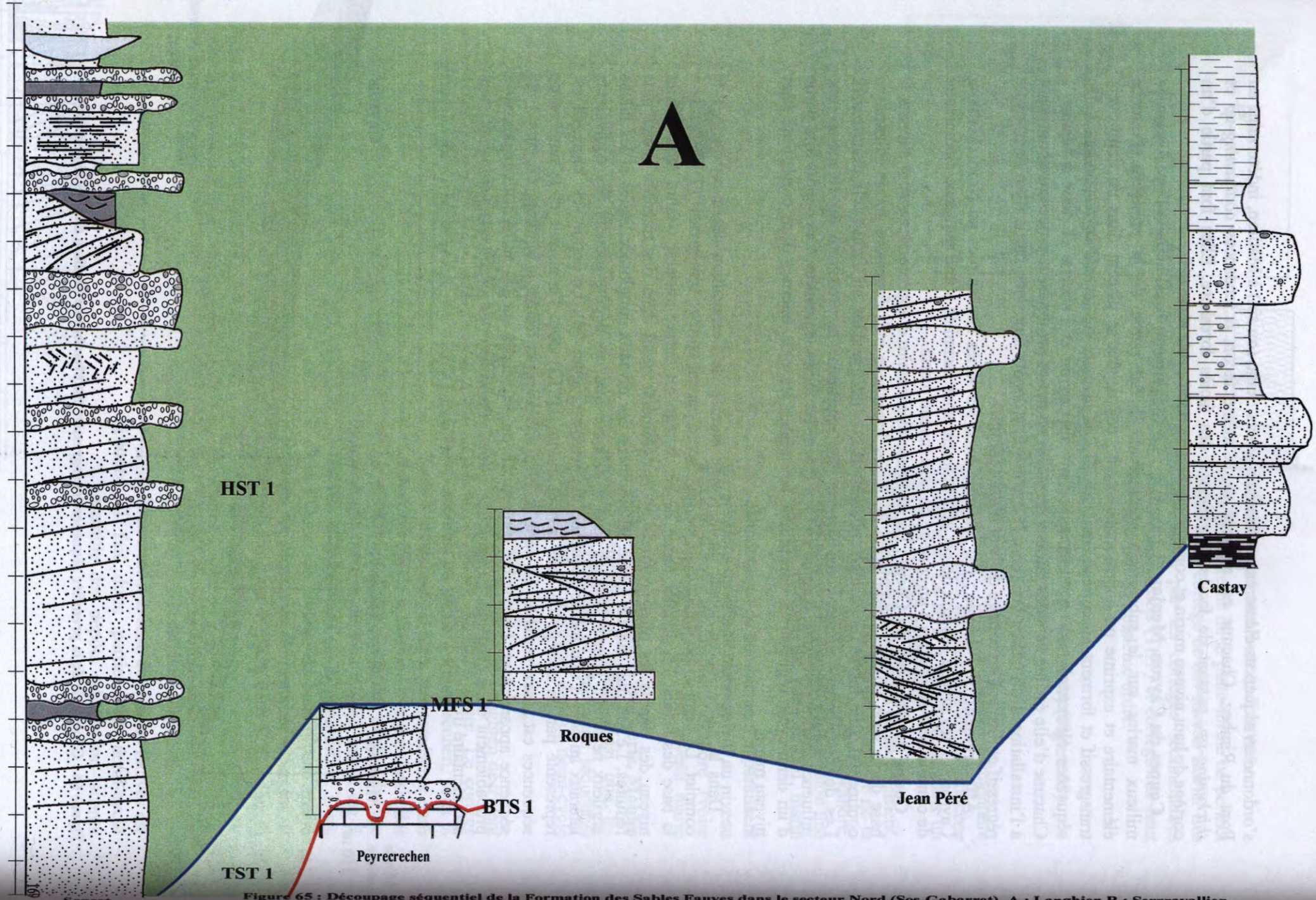


Figure 65 : Découpage séquentiel de la Formation des Sables Fauves dans le secteur Nord (Sos-Gabarret). A : Langhien B : Serrravallien.

V.C.2 Zone méridionale (secteurs Estang-Salles d'A. et Manciet-Nogaro) (Figure 66)

a Dépôts langhiens

Coupes de Pouyouet, Couloumet, Laubuchon et le Houga : La séquence élémentaire d'approfondissement, dont la base est formée par le « Falun de Manciet », illustre l'installation de la mer langhienne sur le continent du Miocène inférieur. Cet ensemble présente des faciès shoreface, il exprime un demi-cycle transgressif et fait partie d'un cortège transgressif. Sur les trois derniers affleurements cités, la série se poursuit par une séquence élémentaire de comblement, dont le sommet correspond à des milieux lagunaires (Couloumet) ou continentaux (Laubuchon et le Houga). Ces dépôts s'inscrivent dans un cortège de haut niveau marin et correspondent à un demi-cycle régressif.

Coupes de Campet, Broqua, Joutan et Dufran : La séquence élémentaire d'approfondissement, dont la base n'est pas visible, montre le passage de faciès shoreface à des faciès offshore. Cet ensemble représente un demi-cycle transgressif et fait partie d'un cortège transgressif. Les niveaux langhiens situé au-dessus forment une séquence élémentaire de comblement aboutissant à des faciès foreshore (excepté Joutan où le sommet est tronqué). Ils s'inscrivent dans un demi-cycle transgressif et constituent un cortège de haut niveau marin.

Coupes de Paillot, Naude, Monge, Sauboires, Panjas et Tasque : A Naude et Paillot, les dépôts situés à la base de la série sont considérés comme appartenant à un cortège transgressif, correspondant à un demi-cycle transgressif. Sur l'ensemble des affleurements, apparaissent une à deux séquences élémentaires de comblement Elles se placent dans un cortège de haut niveau marin correspondant à un demi-cycle régressif.

Dans la partie méridionale de la région étudiée, les dépôts datés du Langhien décrivent un cycle T-R complet et forment une séquence de dépôt de troisième ordre. Le cortège transgressif (TST1) apparaît sur la majorité des coupes. Les premières phases de l'approfondissement sont illustrées par le Falun de Manciet (Pouyouet, Laubuchon), le processus aboutit à des faciès offshore (Joutan, Campet, Broqua). Le cortège transgressif dépasse 2 mètres de hauteur à Joutan ; il se réduit en direction du Sud et de l'Est (Laubuchon, Couloumet) et n'apparaît pas sur les affleurements les plus orientaux (Jean Péré), soulignant ainsi la position de ces séries dans un secteur moins profond de la plaine côtière. Au contraire, le cortège de haut niveau marin (HST1) est mieux représenté dans la partie la plus proximale. Il décrit une évolution des faciès vers des milieux lagunaires ou continentaux (le Houga, Laubuchon, Couloumet) alors qu'il est tronqué au niveau des faciès shoreface ou foreshore en direction du Nord et de l'Ouest (Joutan, Monge, Campet).

b Dépôts serravalliens

Coupes de Campet, Dufran, Broqua, Monge : Sur ces affleurements, les niveaux situés à la base des dépôts serravalliens passent de faciès foreshore à des faciès offshore. Ils correspondent à une séquence élémentaire d'approfondissement, formant un cortège transgressif placé dans un demi-cycle transgressif. Le sommet des coupes est constitué par une séquence élémentaire de comblement, pouvant évoluer jusqu'à des faciès backshore (Dufran). Chacune des séquences s'inscrit dans un demi-cycle régressif et appartient à un cortège de haut niveau marin.

Coupes de Naude, Joutan et Paillot : Le Serravallien n'est représenté sur ces affleurements que par un conglomérat grossier, riche en mollusques, ravinant profondément les séries sous-jacentes. Cette unité est assimilée aux premiers termes d'une séquence élémentaire d'approfondissement. Elle se place donc dans un demi-cycle transgressif et forme la base d'un cortège transgressif.

Coupes du Houga, Laubuchon et Jean Péré : Seuls des faciès sableux du type shoreface apparaissent, représentant au moins une séquence de comblement. Chacune s'intègre dans un demi-cycle régressif et fait partie d'un cortège de haut niveau marin.

Dans la partie méridionale de la région étudiée, le Serravallien repose sur le Langhien. Les séries font partie d'une séquence de dépôt de troisième ordre et décrivent un cycle T-R complet. Aux endroits où la série est la plus complète, le cortège transgressif (TST2) apparaît assez développé vers l'Ouest (Monge), de plus en plus réduit vers l'Est et le Sud (Campet, Broqua, Dufran) et absent sur les séries les plus proximales (Laubuchon, Jean Péré). Le cortège de haut niveau marin (HST2) est généralement constitué d'une seule séquence élémentaire de comblement, souvent tronquée, évoluant vers des faciès backshore lorsqu'elle est conservée (Dufran). L'âge plus récent des dépôts de Labastide d'Armagnac (Serravallien terminal ?) pourrait indiquer l'existence d'une séquence de dépôt plus récente que celle généralement mise en évidence sur l'ensemble du secteur étudié. Les informations sont toutefois trop fragmentaires pour pouvoir répondre de façon formelle à cette question.

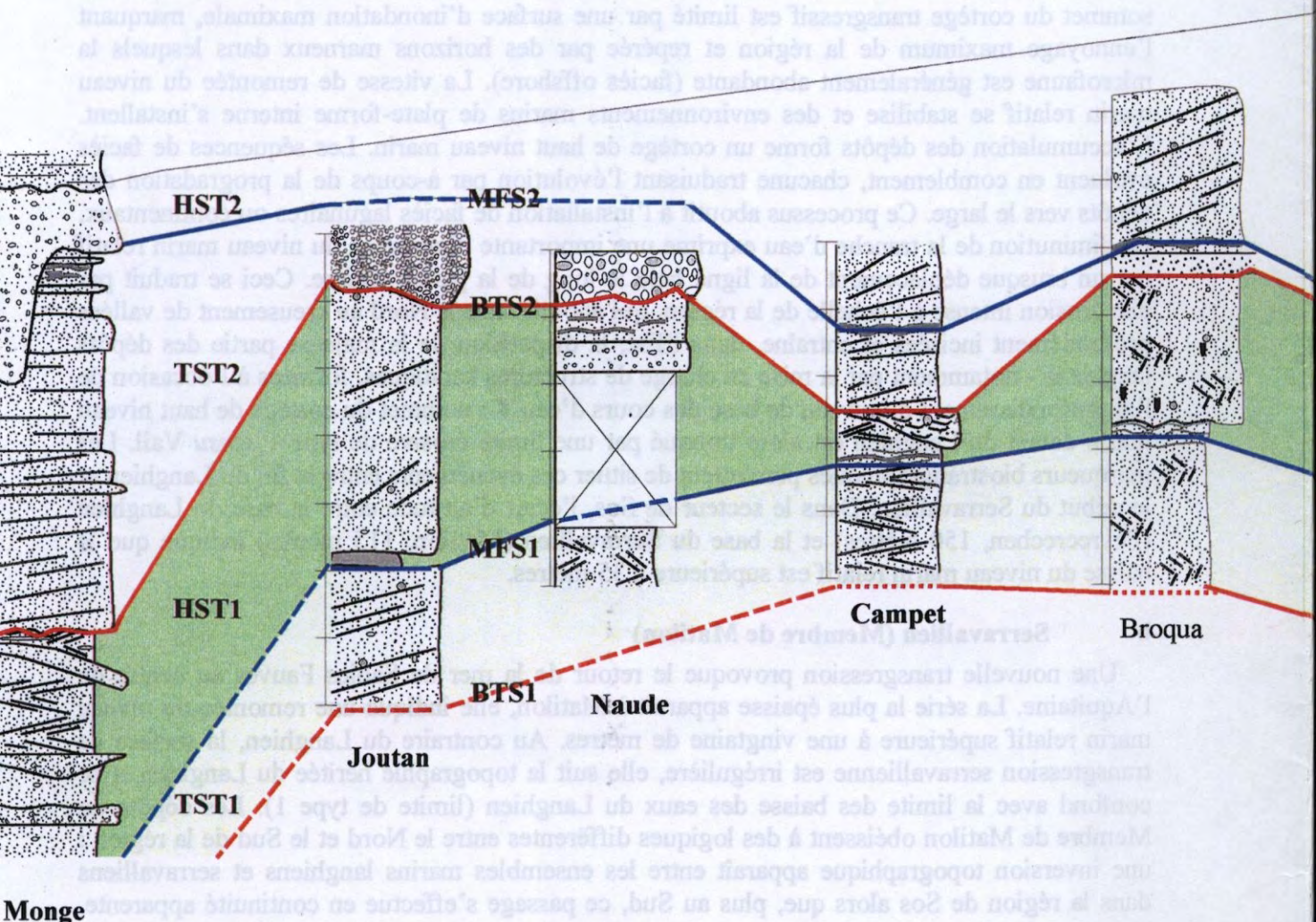
V.C.3 Discontinuités et limites de séquences

Le contact entre les Mollasses de l'Armagnac et les premiers dépôts marins du Langhien constitue une surface de transgression (BTS1), discontinuité majeure située à la base du cortège transgressif. Cette limite se forme de façon diachrone, sa progression suit celle de la remontée du niveau marin relatif, par à-coups transgressifs, provoquant un déplacement des sédiments en direction du continent. L'effet abrasif des vagues et courants marins côtiers provoque l'érosion du fond marin. La morphologie générale de la surface indique que la mer langhienne a arasé la topographie continentale des Molasses de l'Armagnac, jusqu'au niveau 8 (Calcaire inférieur de l'Astarac).

Le cortège transgressif est limité à son sommet par une surface d'inondation majeure (MFS1), qui marque la période d'ennoyage maximal de la plate-forme. Elle est synchrone à l'échelle de la région et marque un brusque ralentissement de la sédimentation. Dans les séries les plus complètes, elle est généralement marquée par un milieu profond, de type offshore. Le niveau marneux riche en microfaune planctonique des unités langhiennes de la partie méridionale constitue donc un repère chronologique et séquentiel au sein du Membre de Peyrecrechen.

La surface de baisse des eaux - limitant le sommet du cortège de haut niveau marin langhien - ravine profondément les dépôts de cet ensemble. La baisse du niveau marin relatif à la fin du Langhien entraîne une phase d'érosion intense sur l'ensemble de la région. Dans la partie méridionale, cet événement fait disparaître la partie supérieure du cortège de haut niveau marin, les faciès les plus internes (backshore et continental) sont généralement absents ; les affleurements les mieux préservés sont le Houga, Laubuchon et Couloumet. Dans la partie septentrionale, une limite de type 1 *sensu* Vail se forme : érosion subaérienne intense avec formation de vallées incises dans le secteur de Sos, soutirages karstiques autour de Cadignan et la Brasserie. Dans la zone occidentale de la région étudiée, la surface de baisse des eaux langhienne se confond avec la surface de transgression à la base du cortège transgressif serravallien.

La surface de transgression serravallienne (BTS2) est donc très irrégulière, elle suit une topographie contrastée, partiellement héritée de l'importante érosion provoquée par la chute du niveau marin relatif à la fin du Langhien. Le cortège transgressif du Serravallien est limité à son sommet par une surface d'inondation maximale (MFS2) marquée dans le secteur Estang-Salles d'Armagnac, comme au Langhien, par un niveau marneux riche en microfaune planctonique (Campet, Broqua, Dufran). Les phases érosives postérieures ont entraîné la disparition du sommet des du cortège de haut niveau marin serravallien.


HST2
MFS2
BTS2
TST2
MFS1
HST1
BTS1
TST1
Monge
Joutan
Naude
Campet
Broqua

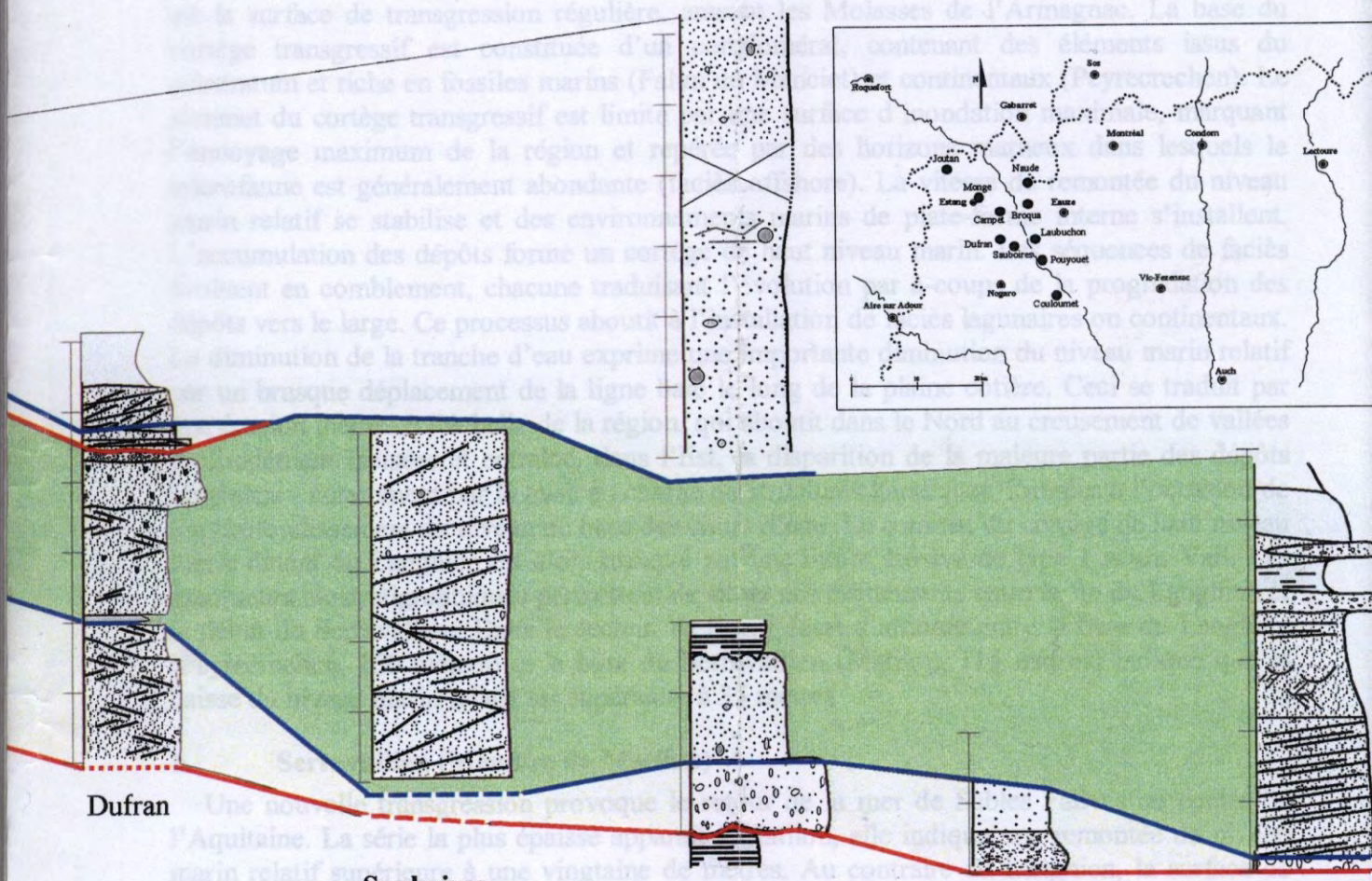


Figure 66 : Découpage séquentiel de la Formation des Sables Fauves dans le secteur Sud (Nogaro-Eauze).

V.C.4 Synthèse régionale (Figure 67)

a Langhien (Membre de Peyrecrechen)

Au début du Langhien, la mer des Sables Fauves envahit les terrains continentaux du Miocène inférieur du domaine centre-aquitain, à la faveur d'une brusque remontée du niveau marin relatif. A l'échelle régionale, la manifestation la plus évidente de cette avancée marine est la surface de transgression régulière, arasant les Molasses de l'Armagnac. La base du cortège transgressif est constituée d'un conglomérat, contenant des éléments issus du substratum et riche en fossiles marins (Falun de Manciet) et continentaux (Peyrecrechen). Le sommet du cortège transgressif est limité par une surface d'inondation maximale, marquant l'ennoyage maximum de la région et repérée par des horizons marneux dans lesquels la microfaune est généralement abondante (faciès offshore). La vitesse de remontée du niveau marin relatif se stabilise et des environnements marins de plate-forme interne s'installent. L'accumulation des dépôts forme un cortège de haut niveau marin. Les séquences de faciès évoluent en comblement, chacune traduisant l'évolution par à-coups de la progradation des dépôts vers le large. Ce processus aboutit à l'installation de faciès lagunaires ou continentaux. La diminution de la tranche d'eau exprime une importante diminution du niveau marin relatif par un brusque déplacement de la ligne baie le long de la plaine côtière. Ceci se traduit par une érosion intense à l'échelle de la région, qui aboutit dans le Nord au creusement de vallées profondément incisées et entraîne, dans l'Est, la disparition de la majeure partie des dépôts langhiens - notamment par la mise en charge de structures karstiques, formées à l'occasion de l'approfondissement du niveau de base des cours d'eau. Le sommet du cortège de haut niveau marin datant du Langhien est alors tronqué par une limite érosive de type 1 *sensu* Vail. Les marqueurs biostratigraphiques permettent de situer ces événements entre la fin du Langhien et le début du Serravallien. Dans le secteur de Sos, l'écart d'altitude entre la base du Langhien (Peyrecrechen, 150 mètres) et la base du Serravallien (Matilon, 115 mètres) indique que la baisse du niveau marin relatif est supérieure à 35 mètres.

b Serravallien (Membre de Matilon)

Une nouvelle transgression provoque le retour de la mer de Sables Fauves au centre de l'Aquitaine. La série la plus épaisse apparaît à Matilon, elle indique une remontée du niveau marin relatif supérieure à une vingtaine de mètres. Au contraire du Langhien, la surface de transgression serravallienne est irrégulière, elle suit la topographie héritée du Langhien et se confond avec la limite des baisse des eaux du Langhien (limite de type 1). Les dépôts du Membre de Matilon obéissent à des logiques différentes entre le Nord et le Sud de la région : une inversion topographique apparaît entre les ensembles marins langhiens et serravalliens dans la région de Sos alors que, plus au Sud, ce passage s'effectue en continuité apparente. Dans chacun des cas, la géométrie est commandée par la morphologie de la discontinuité à la base des dépôts. En fonction de la profondeur des milieux, la base du cortège transgressif est constituée soit par un falun marneux, soit par un conglomérat témoignant du démantèlement partiel de l'encaissant et d'un important brassage sédimentaire. Le sommet de ce nouveau cycle transgressif est formé par une surface d'inondation majeure, repérée dans les affleurements distaux par des niveaux marnes à microfaune planctonique (faciès offshore). Les séquences suivantes appartiennent au cortège de haut niveau marin ; elles évoluent en comblement par à-coups et aboutissent à des faciès lagunaires, plus ou moins saumâtres au sommet de la série.

Les Sables Fauves du Membre de Matilon sont les témoins de la dernière incursion océanique dans le domaine aquitain. L'émersion définitive qui suit s'accompagne de phases érosives intenses, durant lesquelles les sédiments marins les plus récents sont éliminés, effaçant les dernières étapes de la baisse du niveau marin relatif au cours du Miocène moyen.

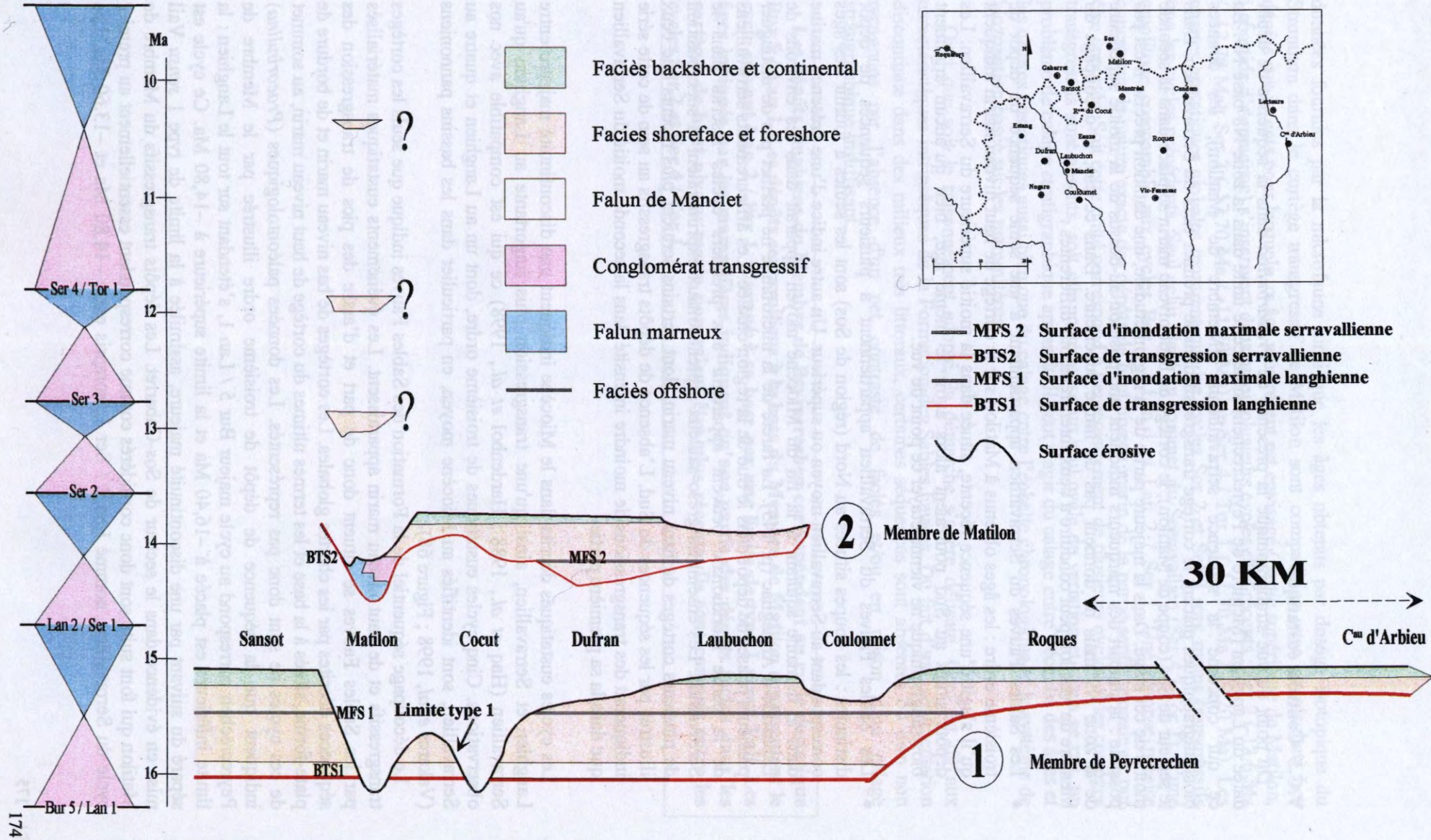


Figure 67 : Diagramme chronostratigraphique général de la Formation des Sables Fauves.

V.C.5 Contrôle eustatique

Du point de vue stratigraphique la présence de *Praeorbulina* dans la séquence de dépôt datée du Langhien (Membre de Peyrecrechen) situe cette unité dans la zone N8-base N9. En ce qui concerne la séquence serravallienne (Membre de Matilon), les données biostratigraphiques placent le cortège transgressif dans le premier tiers du Serravallien. Dans le secteur de Sos (coupe de Matilon), le cortège de haut niveau marin se place dans la seconde moitié de cet étage. Dans la majeure partie de la région étudiée, une datation précise n'est pas possible : la plupart des marqueurs indiquent une position au-dessus de la moitié supérieure de la zone N9 mais ne donnent pas de limite supérieure. Dans ce cas, le découpage du Membre de Matilon peut conduire à deux interprétations différentes :

- Les Sables Fauves du Serravallien appartiennent à une seule séquence de dépôt de troisième ordre : les âges obtenus à Matilon sur le cortège de haut niveau marin indiquent qu'il s'agit d'une séquence récente, située dans la moitié supérieure du Serravallien. Les dépôts situés au Sud pourraient alors avoir le même âge, bien qu'aucun argument biostratigraphique ne vienne étayer ce point de vue.

- Les Sables Fauves du Serravallien appartiennent à plusieurs séquences de dépôt distinctes : les coupes situées au Nord (région de Sos) sont les seules à fournir des âges correspondant au Serravallien moyen ou supérieur. Un autre indice d'une présence marine dans le domaine aquitain à la fin du Miocène moyen apparaît dans les environs de Labastide-d'Armagnac (p. 145). La rareté de la microfaune ne permet pas de distinguer plusieurs phases de dépôt dans le Sud de la région étudiée. Les affleurements serravalliens de la partie méridionale peuvent appartenir aux premiers cycles inscrits dans le Serravallien. Les ensembles gréso-sableux septentrionaux exprimeraient la superposition de plusieurs cortèges de haut niveau marin, dont certains seraient plus récents que ceux illustrés par les séquences du Sud. L'absence de dépôts transgressifs au sein de cette série indiquerait des transgressions de moindre intensité dans la seconde moitié du Serravallien que dans la sa première partie.

Les cycles eustatiques décrits dans le Miocène indiquent une discontinuité majeure entre Langhien et Serravallien, ainsi qu'une transgression plus importante au Langhien qu'au Serravallien (Haq *et al.*, 1988 ; Hardenbol *et al.*, 1998) ce qui est compatible avec nos observations. Cinq cycles eustatiques de troisième ordre, dont un au Langhien et quatre au Serravallien, sont identifiés au Miocène moyen, en particulier dans les bassins pannoniens (Vakarcs *et al*, 1998 ; Figure 68).

Le découpage séquentiel de la Formation des Sables Fauves indique que seuls les cortèges transgressifs et de haut niveau marin apparaissent. Les événements eustatiques matérialisés par les Sables Fauves se situent donc de part et d'autre des pics de transgression des séquences décrites par les chartes globales. Les cortèges de bas niveau marin et de bordure de plate-forme, situés à la base et les termes ultimes du cortège de haut niveau marin, au sommet de ces cycles ne sont donc pas représentés. Les données paléontologiques (*Praeorbulina*) indiquent que la séquence de dépôt de troisième ordre illustrée par le Membre de Peyrecrechen correspond au cycle majeur Bur 5 / Lan 1, s'étendant sur tout le Langhien : la limite inférieure est placée à –16,40 Ma et la limite supérieure à –14,80 Ma. Ce cycle est séparé du suivant par une discontinuité majeure, assimilée à la limite de type 1 *sensu* Vail mise en évidence dans le secteur de Sos-Gabarret. Les dépôts transgressifs du Membre de Matilon qui font suite sont donc considérés comme correspondant essentiellement au premier cycle du Serravallien, nommé Lan 2 / Ser 1, compris entre –14,80 Ma et –13,60 Ma. Les

données fournies par la microfaune ainsi que les âges obtenus par dosage isotopique du Strontium dans le cortège transgressif de Matilon sont compatibles avec ce résultat. Les dépôts sus-jacents pour lesquels un âge plus récent est envisagé (partie supérieure de Matilon, Labastide d'Armagnac) s'inscrivent dans un ou plusieurs cycles plus récents : Ser 2 (-13,6 Ma / -12,70 Ma), Ser 3 (-12,70 Ma / -11,70 Ma) ou Ser 4 / Tor 1 (-11,70 Ma / -9,20 Ma). Les chartes eustatiques globales montrent que les cycles Ser 2 et Ser 3 sont moins transgressifs que les cycles précédents. Seul celui placé au sommet du Serravallien (Ser 4 / Tor 1), d'une amplitude comparable aux cycles Bur 5 / Lan 1 et Lan 2 / Ser 1. Une réponse précise concernant la nature exacte des dépôts de haut niveau marin de la partie septentrionale ne put être apportée. Soit cette unité correspond à l'enregistrement de plusieurs cycles et les cortèges transgressifs sont absents, soit elle matérialise un seul cycle de variation et, dans ce cas, un problème de calage stratigraphique apparaît. Il peut s'agir du calage entre l'échelle des âges et les chartes eustatiques aussi bien que du calage entre l'échelle chronologique et le système de biozonation basée sur les mammifères.

Quel que soit le raisonnement adopté, la démarche s'avère délicate. Ceci est dû aux caractéristiques intrinsèques de la Formation des Sables Fauves. Du fait d'une sédimentation discontinue dans des milieux très littoraux, certaines séquences sont absentes ou bien non reconnues par l'absence d'un net contraste de faciès et/ou en raison d'un calage stratigraphique insuffisant.

Les dépôts langhiens du Membre de Peyrecrechen correspondent au cycle eustatique Bur 5 / Lan 1. Les dépôts serravalliens à la base du Membre de Matilon représentent le cycle suivant Lan 2 / Ser 1, marqué à sa base par une limite de type 1 *sensu* Vail. Les âges indiqués par les mammifères indiquent qu'une partie des dépôts inclus dans les cortèges de haut niveau marin pourraient être plus récents. Ils sont compris entre les cycles Ser 2 et Ser 4 / Tor 1.

Figure 68 : Position des séquences majeures du Miocène moyen dans les bassins pannoniens. d'après Vakarcs *et al.* (1998).

VI TECTONIQUE

Les Sables Fauves marquent le dernier épisode transgressif ayant affecté le domaine centre-aquitain. La distribution des dépôts langhiens et serravalliens fait apparaître d'importants changements paléogéographiques entre la mise en place des Membres de Peyrecrechen et de Matilon. Puisque, d'une part, les relations géométriques et les séquences langhiennes et serravalliennes changent brutalement entre les parties septentrionales et méridionales de l'Aquitaine centrale et que, d'autre part, leurs contextes topographiques diffèrent, nous pouvons en conclure qu'un événement orogénique s'est produit au cours du Miocène moyen. Nous tenterons dans ce chapitre d'en préciser l'ampleur, la localisation et la signification.

VI.A ÉVOLUTION MORPHO-STRUCTURALE APRÈS LE MIOCÈNE MOYEN (Figure 69)

Avant d'étudier les événements d'origine tectonique survenus au Miocène moyen, il est nécessaire de reconstituer les conditions topographiques de cette époque et donc d'estimer l'importance des déformations plus récentes. A l'échelle de la zone étudiée, une partie des dépôts langhiens et serravalliens sont affectés par une déformation identique. Dans le domaine centre-aquitain, la Formation des Sables Fauves peut donc être utilisée comme repère topographique du Miocène moyen. Les déformations affectant la totalité des dépôts du Langhien et du Serravallien sont nécessairement postérieures Miocène moyen.

L'altitude du contact entre les Sables Fauves et le substratum continental décroît régulièrement et de façon importante du Sud-est vers le Nord-ouest. Le profil établi montre un important basculement régional post-Miocène moyen. La différence d'altitude entre l'affleurement le plus haut, situé à l'Est (Justian, 180 mètres) et le plus bas, situé à l'Ouest (le Frêche, 95 mètres) permet de quantifier l'importance de la déformation dans la zone d'étude. Elle est d'environ 80 mètres (différence d'altitude entre Castay et le Frêche) sur une distance de 42 kilomètres (distance Castay-le Frêche), ce qui correspond à une pente moyenne de 0,2%, soit 2 mètres par kilomètre du Sud-est vers le Nord-ouest. La déformation la plus importante s'exprime dans la partie septentrionale de la région étudiée. L'écart d'altitude le plus important, soit 50 mètres, se rencontre entre Peyrecrechen et Liet, distants d'une vingtaine de kilomètres, avec un écart de d'altitude. La pente moyenne est donc de 0,25%, soit 2,50 mètres par kilomètre parcouru du Sud-est vers le Nord-ouest ; cette valeur exprime un ordre de grandeur comparable avec la déformation moyenne mise en évidence sur l'ensemble de la région.

Après le Miocène moyen, le domaine centre-aquitain connaît une phase de basculement général en direction du Nord-ouest. L'utilisation des Sables Fauves comme repère topographique indique une déformation moyenne de l'ordre de 0,2%.

VI.B ÉVOLUTION MORPHO-STRUCTURALE AU COURS DU MIOCÈNE MOYEN (FIGURE 70)

L'étude des coupes sur l'ensemble de la région indique que les principaux changements apparaissent suivant une direction générale Sud-ouest / Nord-est (p. 149), grossièrement perpendiculaire au basculement post-Miocène. Le long de cet axe, les effets de la tectonique récente sont donc minimisés : les affleurements ont une position comparable le long de l'axe du basculement récent, ils sont donc affectés par la même déformation, les écarts éventuels sont considérés comme négligeables en comparaison avec la déformation mise en évidence. La réalisation d'un profil orienté du Sud-ouest au Nord-est permet donc de replacer les dépôts dans leur contexte topographique à la fin du Miocène moyen et de quantifier à l'échelle de la région la déformation ayant eu lieu durant le Miocène moyen. Dans un second temps, il est nécessaire de replacer séparément les unités langhiennes et serravalliennes dans leurs contextes topographiques respectifs.

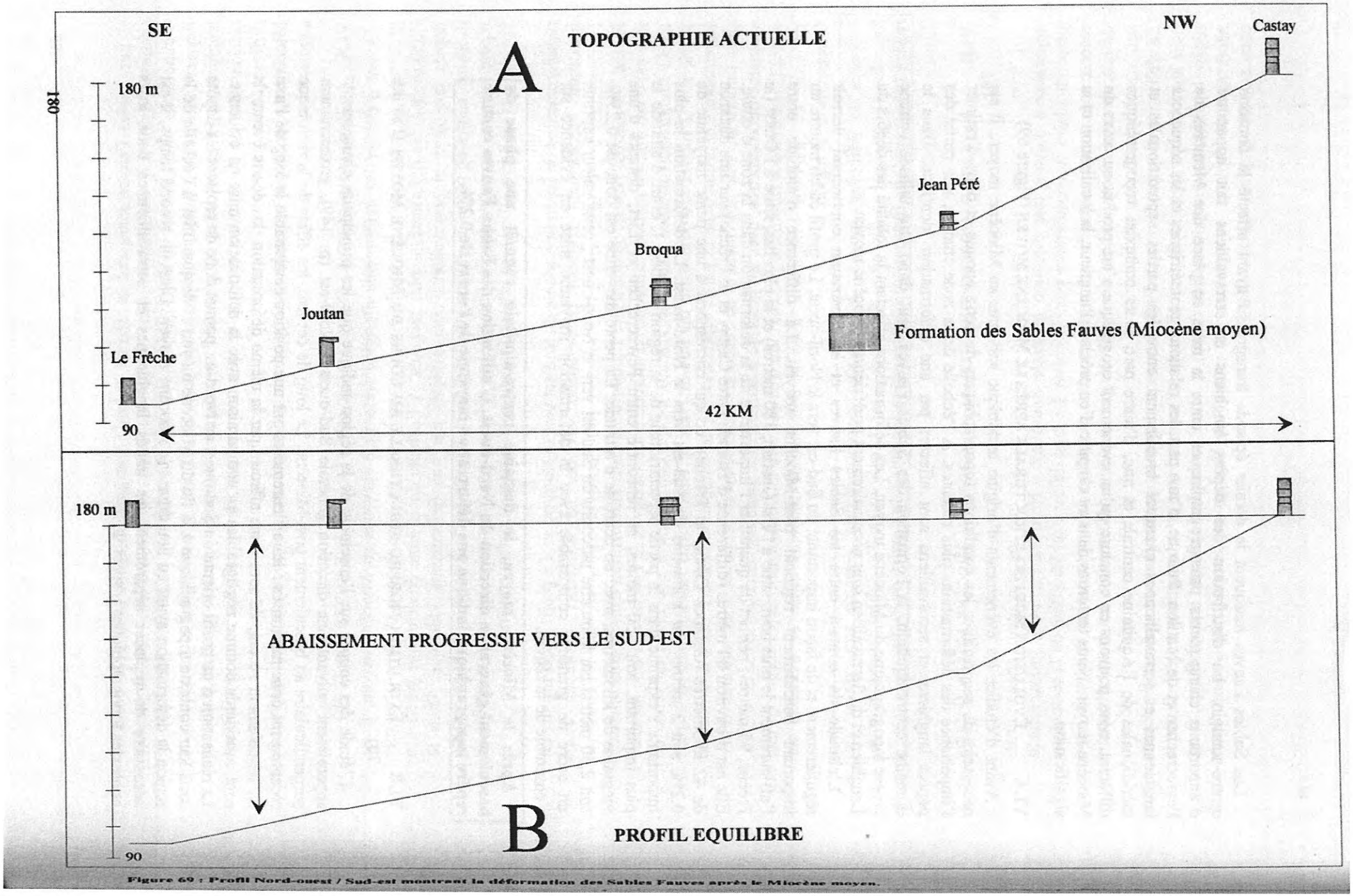


Figure 69 : Profil Nord-ouest / Sud-est montrant la déformation des Sables Fauves après le Miocène moyen.

VI.B.1 Langhien – Membre de Peyrecrechen

Les faciès indiquent des environnements peu profonds situés dans la zone littorale, généralement entre la zone de plage et le domaine infratidal supérieur et n'indiquent pas de changements significatifs de la profondeur. La topographie actuelle ne rend pas compte de cette faible différenciation de la tranche d'eau et montre des écarts d'altitude importants : 30 mètres d'écart entre la base des affleurements de Peyrecrechen et du Houga (Figure 70A). Afin de mesurer ces différences, la définition d'un marqueur paléobathymétrique fiable est nécessaire. Notre choix s'est porté sur les stratifications obliques entrecroisées (*herring-bone structures*) en raison de leur présence sur la majorité des affleurements et de la précision des environnements qu'elles illustrent. Ces structures s'étant formées dans le domaine de battement des marées, elles sont très proches de la surface. Le repérage de figures de marées sur les coupes permet de définir un niveau de référence, proche de la ligne d'émersion et donc de la paléosurface marine. Les dépôts langhiens peuvent être replacés sur un profil équilibré, leur position relative étant donnée par celle des stratifications obliques entrecroisées. Le profil obtenu constitue donc la paléosurface horizontale du Langhien. Les différences entre le profil équilibré et les altitudes actuelles font apparaître une évolution postérieure à la mise en place du Membre de Peyrecrechen (Figure 70B).

VI.B.2 Serravallien – Membre de Matilon

Sur le même profil (Figure 70A), les écarts d'altitude entre les dépôts serravalliens sont beaucoup plus réduits que ceux constatés dans le Langhien. L'amplitude maximale des altitudes est de l'ordre de 5 mètres, elles se situent entre 125 et 130 mètres. Cette variation est donc considérée comme peu significative (Figure 70C) ; seule la base de la coupe de Matilon se situe à une altitude plus basse (115 mètres). Cette situation est à relier avec le profond encaissement des dépôts de Matilon dans le substratum continental et ne revêt pas de signification tectonique différente des événements observés à l'échelle régionale. Dans la partie septentrionale, les irrégularités du substratum illustrent uniquement l'incision de vallées mise en évidence.

Le profil topographique indique donc que le Membre de Matilon n'a pas enregistré de déformation majeure, contrairement au Membre de Peyrecrechen. La phase d'activité orogénique se place donc essentiellement à la limite entre Langhien et Serravallien.

Malgré un grand nombre d'observations, aucune faille n'a été relevée dans la Formation des Sables Fauves. La lithologie des sédiments est certainement peu propice au développement de structures tectoniques, la faible cohérence des dépôts meubles n'offrant aucune résistance aux contraintes distensives. Seule la carrière de Sansot (p. 29) permet d'observer des déformations dans le dernier tiers de la coupe (Annexe 5). Les niveaux 9 à 18 sont affectés par une importante inflexion des bancs sableux et marneux évoquant des glissements ou des ruptures verticales à la suite de mouvements en distension. A l'échelle de la carrière, le sommet de la coupe apparaît déformé. Le niveau marneux 17 marque clairement ce phénomène. Les observations les plus probantes de déformation durant le Miocène ont été effectuées dans la région de Sos, en particulier autour de Matilon. Les calcaires de l'Agenais présentent localement un pendage de 8° vers l'Ouest, n'affectant pas les dépôts serravalliens (comm. pers. F. Duranthon). Ceci met en évidence une phase de déformation au cours de la première partie du Miocène moyen que nous mettons en relation avec les événements exprimés dans la Formation des Sables Fauves.

Les relevés topographiques indiquent que les dépôts langhiens ont été affectés par un abaissement au Sud de la série du Cocut, au niveau des secteurs Estang-Salles d'Armagnac et Manciet-Nogaro (secteurs III et IV). Cet événement orogénique n'apparaît ni cassant ni cisaillant et est donc assimilé à une flexuration. La limite entre le compartiment septentrional

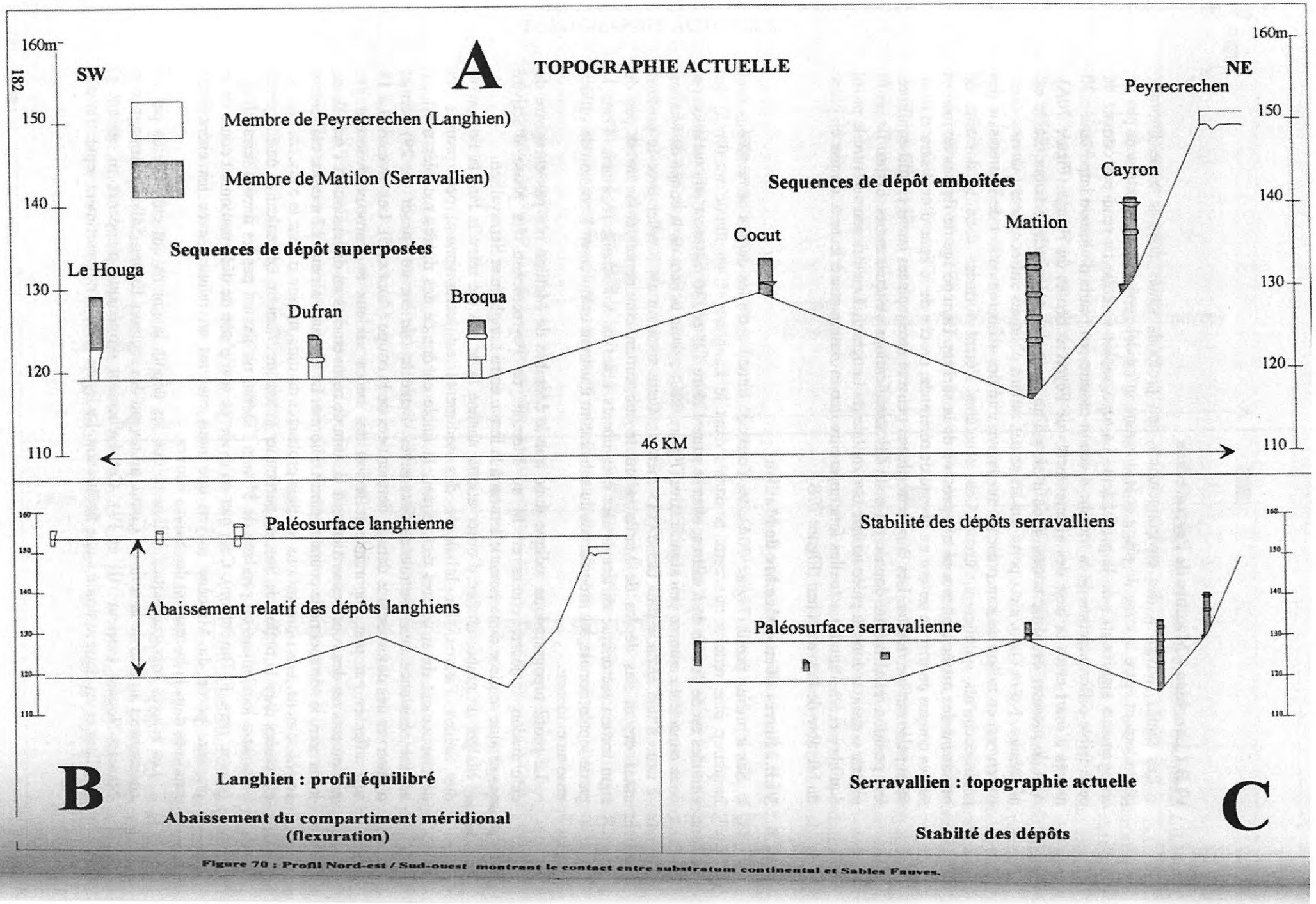


Figure 70 : Profil Nord-est / Sud-ouest montrant le contact entre substratum continental et Sables Fauves.

relevé et le compartiment méridional abaissé sépare les dépôts emboîtés et les dépôts superposés. Cet axe passe donc entre les séries de Naude et du Ruisseau du Cocut (Castelnau d'Auzan), ainsi qu'entre Jean Péré et Laubuchon ; il s'aligne globalement entre Roquefort et Eauze, suivant une direction N120°E. L'accident suit localement le tracé de la Douze au Sud-est de Roquefort, c'est pourquoi nous avons choisi de le désigner sous le terme de « flexure de la Douze ».

VI.C NATURE ET ORIGINE DES MOUVEMENTS OROGÉNIQUES (Figure 72)

La mise en évidence de mouvements orogéniques au cours du Miocène est actuellement peu documentée dans le domaine aquitain. Les mécanismes et les modalités de la déformation ne pourront être connus de façon précise qu'avec de nouvelles recherches qui viendront compléter les données actuelles. Les travaux récents portant sur le cadre structural du centre aquitain et sur l'activité tectonique après le Paléogène sont relativement variés et s'appuient sur la compilation de nombreuses données (BRGM *et al.*, 1974). D'après ces résultats, plusieurs structures anticlinales apparaissent au niveau de la limite septentrionale de la flexure de la Douze. Elles ont une orientation comparable à celle du basculement mis en évidence. Il s'agit principalement des anticlinaux de Roquefort, Créon-d'Armagnac et Barbotan. Ces « rides » ont une structuration d'origine pyrénéenne, ce sont des structures héritées, généralement d'origine diapirique, en relation avec une activité halocinétique à proximité de la flexure celtaquitaine. L'enchaînement forme un accident majeur, en bordure méridionale de la flexure celtaquitaine (BRGM *et al.*, 1974 ; Gély et Sztràkos, 2000). Il apparaît donc que la flexure de la Douze est une manifestation de l'activité de la flexure celtaquitaine au cours du Miocène moyen ; la phase la plus intense se place à la limite Langhien-Serravallien.

Si la flexuration du domaine centre-aquitain peut être reliée à des structures anticlinales préexistantes, il est plus difficile de reconnaître les mécanismes à l'origine de cette réactivation tectonique. 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 (Wyns, 1991 ; 1996). En Aquitaine, le Miocène est généralement considéré comme une période stable du point de vue tectonique. Seule une activité « continue » de la flexure celtaquitaine est évoquée, sans que les modalités soient précisément décrites (BRGM *et al.*, 1974). Toutefois, de récents travaux (Chauvaud et Delfaud, 2002) mettent en évidence une reprise de l'halocinèse au cours du Miocène moyen en Aquitaine méridionale. Selon les auteurs, cet événement est en relation avec une transtension dextre sur les plans N110° liée à l'ouverture du golfe du Lion.

Il est possible que la propagation de ces contraintes ait réamorcé 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 de Cézan-Lavardens (Barbotan). La plupart des structures tectoniques du sud aquitain ayant un cœur évaporitique, il est probable que les mouvements halocinétiques ait provoqué leur rejeu en transtension sur la bordure méridionale de la flexure celtaquitaine.

VI.D COMPARAISON AVEC L'ÉVOLUTION GÉNÉRALE DU BASSIN D'AQUITAINE

Sur l'ensemble du bassin d'Aquitaine, la transgression langhienne apparaît moins importante que la transgression serravallienne. Au contraire, dans notre secteur d'étude, l'extension des Sables Fauves indique que les dépôts datés du Langhien ont une avancée vers l'Est plus importante que les dépôts datés du Serravallien. Ceci implique un contrôle tectonique général sur l'avancée des transgressions langhiennes et serravalliennes.

Dans la moitié sud du bassin, l'avancée de la mer langhienne a été fortement contrainte par la présence de structures anticlinales, notamment en Chalosse : ride de Villenave Mont-de-Marsan, dôme de Labrit, anticlinal de Roquefort (Cahuzac *et al.*, 1995). La flexuration régionale qui affecte l'Aquitaine à la fin du Langhien permet à la nouvelle transgression de s'étendre vers le Sud. Les structures qui bloquaient auparavant la progression marine sont fortement abaissées et recouvertes par les sédiments marins. Seule la zone de l'anticlinal d'Audignon (ride de la Chalosse) reste émergée. Un important golfe se forme dans la région d'Orthez, à partir d'un « synclinal prédiapirique », dans un secteur caractérisé par une subsidence constante durent tout le Miocène moyen (Kieken, 1973 ; Schoeffler, 1971). Alors que l'abaissement relatif du compartiment méridional favorise la pénétration marine dans le Sud de l'Aquitaine, le soulèvement relatif du compartiment septentrional bloque cette avancée en direction de l'Est et du Nord, ce qui limite la présence des environnements marins aux points les plus bas de la topographie dans le secteur de Sos, sous la forme de vallées encaissées de type rias.

Les importants changements paléogéographiques entre le Langhien et le Serravallien peuvent donc être reliés à des mécanismes orogéniques. Les structures anticlinales ont contraint les phases transgressives et régulé les variations eustatiques. Ainsi, elles ont guidé la transgression langhienne jusqu'au Golfe de Lectoure ; la flexuration le long de ces accidents vers la fin du Langhien a permis à la transgression serravallienne d'outrepasser les structures landaises au Sud et a bloqué l'avancée marine au Nord et à l'Ouest, dans le domaine des Sables Fauves. Par ces mécanismes, l'évolution paléogéographique dans le secteur étudié est à l'inverse de la logique régionale.

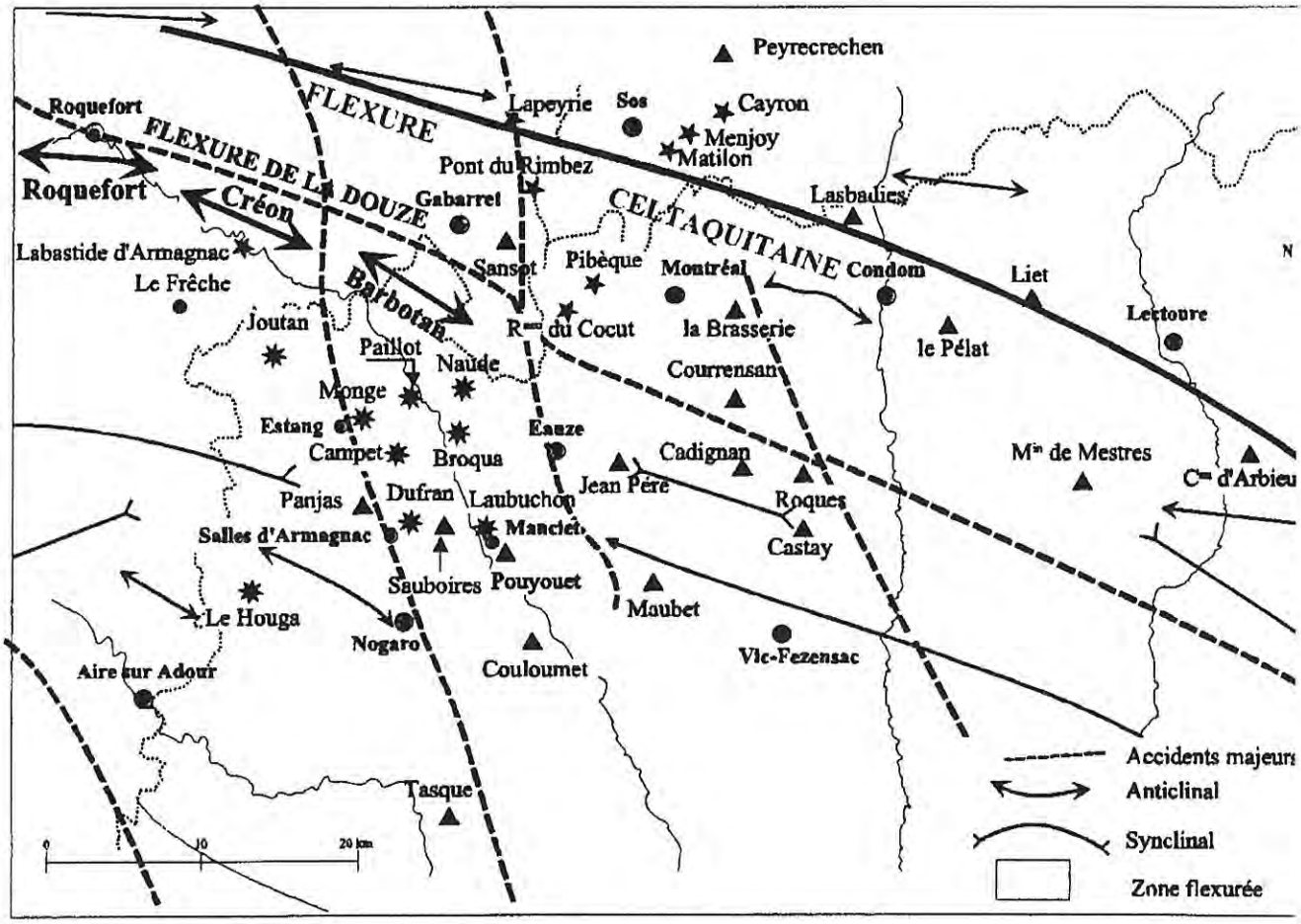


Figure 72 : Principales structures tectoniques repérées dans le domaine centre-aquitain.

VII PALÉOGÉOGRAPHIE

VII.A EXTENSION DU DOMAINE MARIN

VII.A.1 Langhien (Membre de Peyrecrechen)

Les dépôts appartenant au Membre de Peyrecrechen ont une extension géographique couvrant l'étendue de la zone étudiée (Figure 74). La transgression langhienne progresse dans le département du Gers sur une surface arasée, recouvrant les formations molassiques de l'Armagnac jusqu'au Calcaire d'Auch (niveau 7 de la nomenclature Crouzel). Ce niveau est légèrement antérieur à celui de Sansan (niveau 9), gisement de référence pour la zone MN6. L'affleurement de Liet est un jalon important dans le secteur oriental, les mammifères indiquent une position à la base de la zone MN6 (Ginsburg et Bulot, 2000). La mer envahit donc largement le centre de l'Aquitaine, jusque dans les environs de Lectoure (Gers). La limite orientale forme le Golfe de Lectoure (Répelin, 1928). Le Membre de Peyrecrechen étant le plus étendu, nous avons choisi de superposer ses frontières à l'extension totale des Sables Fauves dans le secteur étudié (Dubreuilh *et al.*, 1995). La limite orientale se situe à Castelnau-d'Arbieu ; vers le Sud, ce sont les séries du Moulin de Mestres et de Tasque.

Les faciès sont très comparables sur l'ensemble du domaine. La transgression entraîne l'installation d'environnements marins très peu profonds, aux eaux chaudes et agitées. Les dépôts situés à la base de la coupe de Sansot marquent la zone la plus profonde de la mer langhienne de la région et correspondent à des faciès de plate-forme intermédiaire ouverte vers le domaine externe. A l'échelle de la région, un complexe de cordons sableux se met en place, sous l'influence des courants côtiers. La migration des rides et des mégarides sous-marines est commandée par les variations locales de l'hydrodynamisme, en rapport avec la houle, les courants de dérive littorale, les tempêtes et l'intensité des marées. La forte proportion dans tous les niveaux d'éléments gréseux fragmentés et roulés indique que les constructions sableuses sont fréquemment démantelées et que leur matériel est remobilisé. Les zones côtières sont régulièrement vannées, les coquilles de mollusques marins se concentrent dans des zones d'accumulation en bas de plage et forment les faluns. Au début du Langhien, les dépôts correspondent donc à un domaine de plate-forme interne largement ouverte vers l'Ouest, en direction des milieux plus profonds et ouverts, dans les zones shoreface et offshore. Les niveaux contenant une microfaune variée et relativement abondante témoignent des périodes d'ouverture les plus importantes. La présence d'organismes néritiques tels que les foraminifères planctoniques ou les nannofossiles calcaires marquent des apports venant du large plutôt que l'établissement d'environnements propices à leur développement dans le secteur de répartition des Sables Fauves. La tranche d'eau reste en effet réduite, comme le prouvent les associations des principaux foraminifères benthiques (*Ammonia beccarii* et *Elphidium*) et des ostracodes. En outre, l'essentiel des dinoflagellés correspond à des formes supportant des salinités élevées (*Polysphaeridium zoharyi* et *Lingulodinium machaerophorum*), ce qui implique une circulation restreinte des eaux de surface et la proximité de lagunes sursalées. La présence presque exclusive de *A. beccarii* et les caractéristiques sédimentaires de l'affleurement rendent probables l'établissement de tels environnements dans le secteur de Justian. L'installation assez brutale sur l'ensemble de la région de milieux marins au moment de la transgression est rapidement suivie par une évolution en comblement. La partie supérieure des coupes témoigne d'une diminution rapide de la bathymétrie et de la migration de la ligne de rivage vers le large. L'ampleur et l'extension des dépôts directement commandés par les marées témoignent d'un régime macrotidal marqué. Les stratifications obliques parallèles indiquent une orientation dominante vers l'Est, la dynamique sédimentaire est directement commandée par les courants venus de l'Ouest, donc vers des domaines plus ouverts de la plate-forme. Localement (Couloumet), la proximité du rivage provoque la formation de courants côtiers de direction différente. Les

coupes les plus complètes, situées entre Eauze et Nogaro, illustrent un déplacement des faciès côtiers vers le Nord et l'Ouest. L'influence du continent est nette, elle se traduit par des dépôts continentaux à Laubuchon et au Houga, un environnement lagunaire ou deltaïque (présence d'algues d'eaux douces, *Concentricystes* sp.) à Couloumet et des faciès de bas de plage et de chenaux de marée plus au Nord (coupes de Broqua, Dufran, Campet...). A l'Est et au Nord, la partie supérieure du Membre de Peyrecrechen étant absente, cette évolution n'est pas figurée. Il est probable que les mêmes événements se sont produits dans cette zone puisque la coupe de Sansot témoigne d'un comblement comparable à celui observé dans la partie méridionale, avec installation d'environnements très internes (faciès lagunaires et pédogenèse).

VII.A.2 Serravallien (Membre de Matilon)

Les dépôts appartenant au Membre de Matilon ont une extension géographique beaucoup plus limitée (Figure 74). La transgression serravallienne n'atteint pas le niveau de la précédente et se manifeste exclusivement dans la partie occidentale de la zone étudiée.

Au Sud, la mer forme un petit golfe : le Golfe de Nogaro, où les Sables Fauves serravalliens reposent en concordance sur des sables marins ou une molasse continentale datant du Langhien. L'espace disponible nouvellement créé est restreint et rapidement comblé par progradation, les dépôts de shoreface sont remplacés par des faciès foreshore. Dans la zone centrale et vers l'Est, la dynamique générale ne change pas, l'orientation des stratifications oblique parallèles indique l'influence prédominante des courants venant de l'Ouest. La sédimentation marine a pu se prolonger jusqu'au Serravallien supérieur et peut-être durant la première partie du Miocène supérieur, comme tend à l'indiquer la série de Labastide d'Armagnac. Au Nord, la transgression se traduit par l'ingression de vallées étroites et encaissées, du type rias. L'extension marine est très limitée et les côtes forment un contour découpé. La remontée du niveau marin relatif est marquée par des milieux de très haute énergie, l'encaissant est partiellement démantelé, la base des coupes est souvent conglomératique. Dans les secteurs un peu plus profonds, les particules en suspension forment un ensemble marneux plus riche en microfaune. Lors de la stabilisation de la remontée, les faciès indiquent des milieux de dépôt très littoraux, essentiellement commandés par la dynamique tidale. La proximité du continent provoque des apports détritiques importants et contraint fortement l'orientation des structures sédimentaire, vers le Sud-ouest. Il en résulte des séries assez dilatées par rapport aux affleurements plus méridionaux. Cette situation entraîne un comblement rapide de l'espace disponible, une émersion partielle des dépôts et l'installation d'environnements lagunaires ou estuariens, caractérisés par un contenu paléontologique très appauvri, dominé par des organismes marquant une influence marine restreinte (*Crassostrea*, *Polysphaeridium zoharyi*). La partie supérieure du Membre de Matilon est souvent absente des coupes, les données sur les dernières phases de comblement sont très fragmentaires et ne permettent pas de caractériser la dynamique du comblement.

Sur l'ensemble de la région, cette période illustre la dernière incursion marine. Au terme du Serravallien, la plate-forme apparaît en très grande partie comme comblée. Le comblement final s'effectue par une sédimentation détritique intense dont l'ensemble constitue les Molasses de l'Armagnac et les formations plio-quaternaires.

VII.A.3 Discussion des résultats

D'une manière générale, la répartition en Aquitaine des dépôts marins du Miocène moyen est identique pour de nombreux auteurs (Pomerol, 1973 ; Alvinerie *et al.*, 1992 ; Cahuzac et Chaix, 1993), L'ensemble des travaux mettant en évidence le Golfe de Lectoure. Lorsqu'il

s'agit de distinguer le Langhien du Serravallien et de reconstituer l'extension des domaines marins correspondants, d'importantes divergences apparaissent. Un des premiers travaux (Magné *et al.*, 1985) situe l'ensemble des Sables Fauves dans le Langhien. Cette hypothèse s'appuye sur la présence de *Praeorbulina* dans plusieurs coupes gersoises. Ce raisonnement est étendu à l'ensemble de la région, en se basant sur des âges obtenus par grade-datation et la présence de mammifères. Les résultats ainsi obtenus aboutissent à une reconstitution paléogéographique dans laquelle le centre de l'Aquitaine est recouvert par une mer langhienne, correspondant à la définition du « Golfe de Lectoure » tel qu'il est évoqué par Répelin (1928). La distinction de deux épisodes transgressifs distincts, respectivement langhiens et serravalliens, est évoquée par Cahuzac *et al.* (1995). Les reconstitutions paléogéographiques qui en découlent montrent une transgression langhienne très limitée, n'occupant le centre aquitain que par la présence d'un étroit bras de mer baptisé « Golfe de Manciet », dont la limite orientale se situerait dans la région d'Eauze (Figure 72). Au contraire, la mer serravallienne pénètrerait très profondément vers l'Est, occupant la totalité du domaine centre-aquitain et formant le « Golfe de l'Armagnac » (Cahuzac *et al.*, 1995).

Les limites de chaque ensemble sont tributaires de l'âge des gisements situés à l'Est de Condom (rive droite de la Baïse). Ces dépôts sont les témoins de milieux très côtiers et détritiques, peu propices à la conservation d'organismes planctoniques. Les extensions des domaines marins langhiens et serravalliens telles que nous les représentons diffèrent des limites admises dans d'autres travaux : en l'absence de marqueurs planctoniques, différentes méthodes peuvent être employées pour dater les dépôts les plus orientaux.

- **Analogies de faciès** (Figure 72) : Les observations effectuées sur les affleurements datés sont extrapolées à l'ensemble de la région (Cahuzac *et al.*, 1995 ; Duranthon et Cahuzac, 1997). Dans ces conditions, le Langhien se caractérise par des niveaux de marnes coquillières et faluns sablo-marneux, à malacofaune abondante, diversifiée et en général bien conservée. Le Serravallien est considéré comme regroupant les faciès très détritiques (grès calcaires et sables fauves) pouvant admettre des passages de marnes lagunaires à *Crassostrea*. Le contenu paléontologique est généralement mal conservé et peu diversifié par rapport au Langhien.
  Selon Duranthon et Cahuzac (1997), les dépôts serravalliens se trouvant en « nette discordance » au-dessus des dépôts langhiens dans la région de Nogaro (Le Houga, Manciet...), la seconde transgression apparaît comme plus importante que la première. Les dépôts détritiques les plus orientaux sont donc considérés comme marquant la transgression serravallienne. L'encaissement des niveaux serravalliens par rapport aux niveaux langhiens dans la région de Sos n'est pas pris en compte, les épaisseurs et les altitudes très variables de cette unité sont expliquées par sa mise en place dans un contexte très ravinant sur des paléoreliefs vigoureux.

- **Agencement des dépôts et relations avec l'encaissant** (Figure 74) : Le découpage séquentiel de la Formation des Sables Fauves rend compte de la géométrie des dépôts, chaque épisode transgressif aboutit au comblement partiel de la plate-forme. L'accent mis sur la dynamique sédimentaire et l'organisation des dépôts permettent de préciser le contexte topographique des affleurements dont l'âge est connu. Les placages résiduels ou situés à des altitudes élevées sont considérés comme appartenant à la transgression langhienne. Le passage dans les affleurements du Sud à une succession stratigraphique normale induit une activité tectonique dans ce secteur. L'emboîtement des dépôts serravalliens dans le secteur de Sos devient significatif : les dépôts encaissés sont placés dans le Serravallien, le creusement de vallées encaissées dans le substratum marque un

important changement du contexte topographique à la fin du Langhien (ou au début du Serravallien). Cette organisation montre que la seconde transgression est de moindre ampleur que la précédente.

Dans le cadre de note étude, le découpage séquentiel des séries et les changements topographiques mis en évidence sont considérés comme plus significatifs que les datations indirectes basées sur les lithofaciès. Aucune valeur chronologique n'est accordée aux caractéristiques sédimentaires de chaque niveau ; les variations verticales de faciès ne sont plus considérées que comme ayant une signification paléoenvironnementale. La coupe de la carrière de Lapeyrie (p. 61) et les affleurements de Courrensan (p. 87) et de Panjas (p. 145) illustrent clairement les contradictions entre les deux principes présentés en matière de datation. Les différents lithofaciès traduisent l'évolution des milieux de dépôt, commandée par les variations du niveau marin relatif et de l'espace disponible. Les séquences de dépôt ont une organisation comparable, qu'elles datent du Langhien ou du Serravallien. Cet argument est notamment vérifié dans la partie méridionale, où les Membres de Peyrecrechen et de Matilon sont souvent superposés. L'intervention de la tectonique explique les altitudes très variables du Langhien et rend compte de la permanence de faciès très côtiers sur une trentaine de mètres, ce que l'invocation d'un paléorelief vigoureux ne permet pas.

La répartition des ensembles directement datés et la prise en compte des variations de la géométrie et du contexte topographique des dépôts indiquent une transgression langhienne plus étendue que la transgression serravallienne dans le domaine centre-aquitain. Chaque phase d'approfondissement entraîne la mise en place de faciès marins peu profonds et est rapidement suivie d'un comblement aboutissant à des environnements très internes.

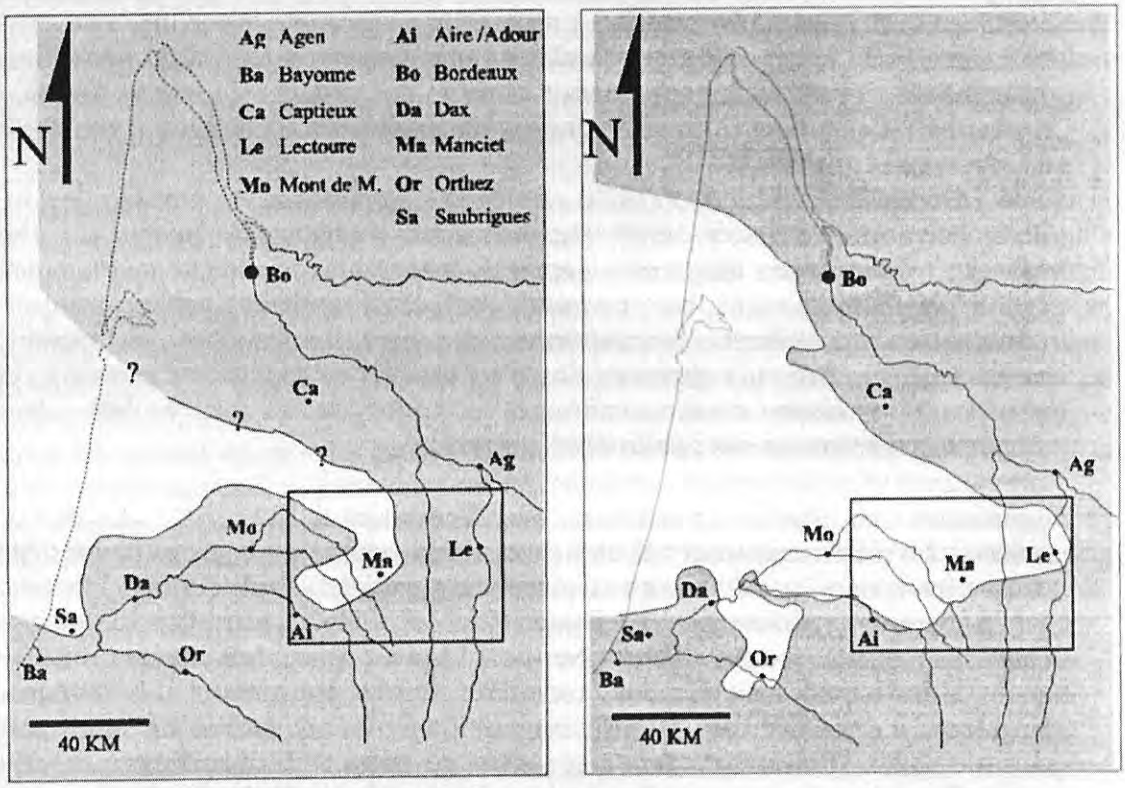


Figure 72 : Extension du domaine marin au Langhien (A) et Serravallien (B) d'après Cahuzac *et al.* (1995). La zone encadrée correspond à notre région d'étude.

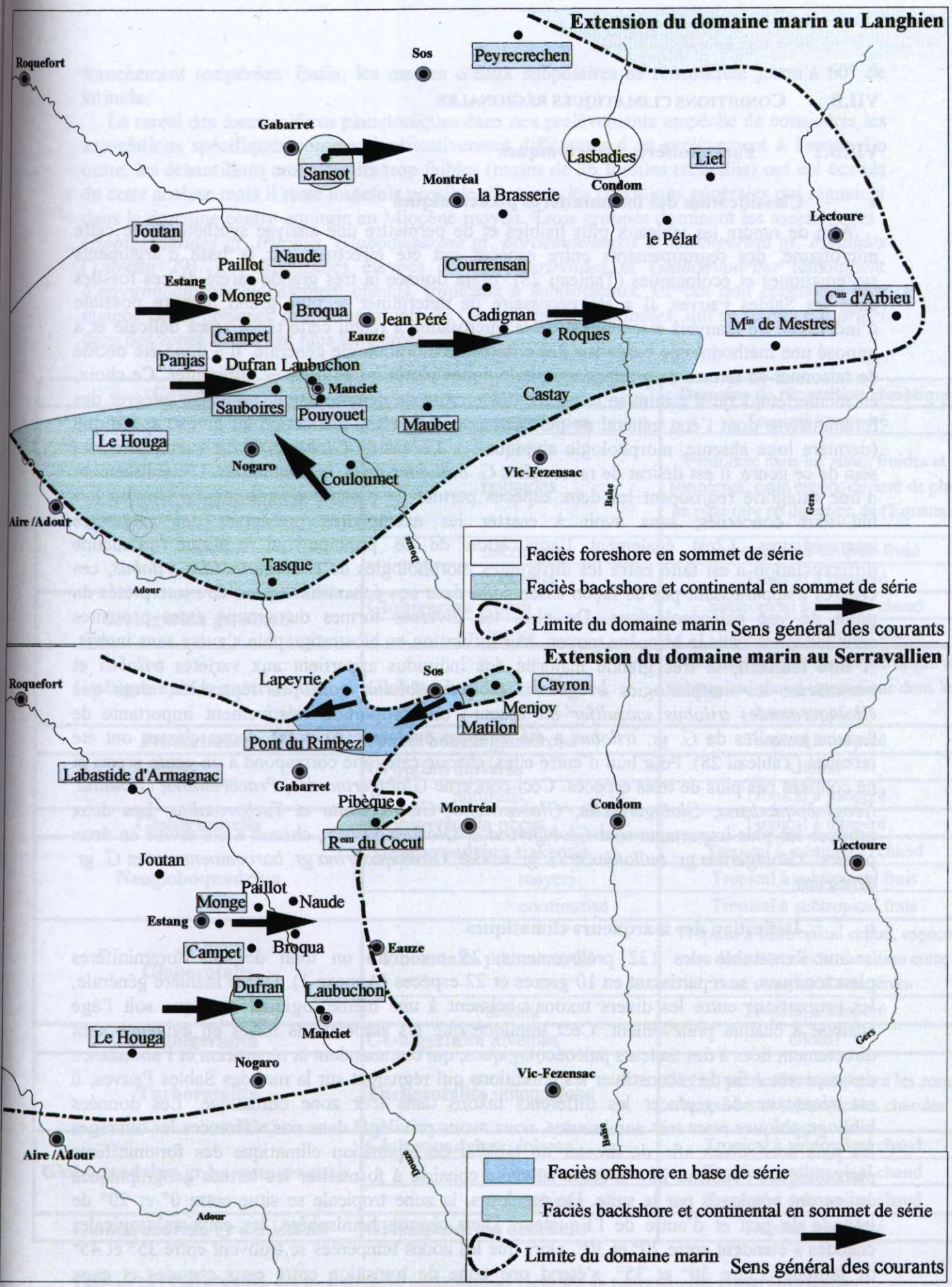


Figure 74 : Reconstitutions paléogéographiques dans le domaine centre-aquitain (cette étude).

VII.B CONDITIONS CLIMATIQUES RÉGIONALES

VII.B.1 Foraminifères planctoniques

a Classification des foraminifères planctoniques

Afin de rendre les tableaux plus lisibles et de permettre une analyse synthétique de cette microfaune, des regroupements entre espèces ont été effectués, sur la base d'arguments systématiques et écologiques (Tableau 28). Etant donnée la très grande rareté de ces fossiles dans les Sables Fauves, il a été nécessaire de déterminer le plus grand nombre possible d'individus. Le mauvais état général de la microfaune a rendu cette tâche assez délicate et a imposé une méthodologie basée sur des critères de morphologie générale. Il a donc été décidé de raisonner en termes de groupes morphologiques plutôt qu'en espèces différentes. Ce choix, en même temps qu'il minimise la portée des erreurs de détermination, permet d'intégrer des foraminifères dont l'état général ne permet pas toujours une distinction au niveau spécifique (dernière loge absente, morphologie atypique...). Le cas de *Globigerina* est exemplaire : au sein de ce genre, il est délicat de reconnaître *G. bulloides* de *G. praebulloides*. L'établissement d'une catégorie regroupant les deux espèces permet de prendre en compte l'ensemble des individus concernés, sans avoir à écarter les exemplaires présentant des caractères intermédiaires. C'est également l'application de ce principe qui explique qu'aucune différenciation n'est faite entre les différentes morphologies de *Globigerinoides trilobus*, ces critères n'apparaissant pas de façon assez nette dans nos échantillons pour être interprétés du point de vue paléoécologique. De plus, les diverses formes du groupe étant présentes simultanément dans le Miocène moyen, leur utilisation en biostratigraphie s'avère sans intérêt. A titre indicatif, la très grande majorité des individus appartient aux variétés *trilobus* et *immaturus*, les morphologies *irregularis* et *quadrilobatus* sont peu répandues, alors que *Globigerinoides trilobus sacculifer* est absent ; une proportion relativement importante de formes juvéniles de *G.* gr. *trilobus* a été mise en évidence. Au total, douze classes ont été retenues (Tableau 28). Pour huit d'entre elles, chaque catégorie correspond à un genre précis et ne contient pas plus de trois espèces. Ceci concerne *Globigerinoides*, *Praeorbulina*, *Orbulina*, *Neogloboquadrina*, *Globigerinella*, *Globorotalia*, *Globigerinita* et *Turborotalita*. Les deux groupes les plus importants sont *Globigerina* et *Globoquadrina* ; chacun a été divisé en deux parties : *Globigerina* gr. *bulloides* et *G.* gr. *woodi*, *Globoquadrina* gr. *baroemoenensis* et *G.* gr. *dehiscens*.

b Définition des marqueurs climatiques

Sur l'ensemble des 132 prélèvements, 25 ont livré un total de 922 foraminifères planctoniques, se répartissant en 10 genres et 22 espèces (Annexe 1). D'une manière générale, les proportions entre les divers taxons obéissent à une même logique, quel que soit l'âge attribué à chaque prélèvement. Ceci implique que les associations mises en évidence sont directement liées à des facteurs paléoécologiques, qui commandent la répartition et l'abondance des espèces. Afin de reconstituer les conditions qui régnaient sur la mer des Sables Fauves, il est nécessaire de replacer les différents taxons dans leur zone climatique. Les données bibliographiques étant très nombreuses, nous avons privilégié dans nos références les ouvrages les plus accessibles afin de dresser un tableau de répartition climatique des foraminifères planctoniques (Tableau 28). L'étape suivante consiste à formaliser les termes géographiques qui seront employés par la suite. De nos jours, la zone tropicale se situe entre 0° et 20° de latitude de part et d'autre de l'Équateur. Dans chaque hémisphère, les eaux subtropicales chaudes s'étendent entre 20° et 30°, alors que les zones tempérées se trouvent entre 35° et 45° de latitude. Entre 30° et 35°, s'étend une zone de transition entre eaux chaudes et eaux

franchement tempérées. Enfin, les masses d'eaux subpolaires se rencontrent jusqu'à 60° de latitude.

La rareté des foraminifères planctoniques dans nos prélèvements empêche de considérer les associations spécifiques comme significativement différentes d'un prélèvement à l'autre. En outre, les échantillons aux effectifs trop faibles (moins de 36 fossiles recueillis) ont été écartés de cette analyse mais il reste toutefois possible d'estimer les conditions générales qui régnaient dans le domaine centre-aquitain au Miocène moyen. Trois groupes dominent les assemblages : *Globigerinoides* gr. *trilobus*, *Globoquadrina* gr. *baroemoenensis* et *Globigerina* gr. *bulloides* (Tableau 29). Les fréquences élevées de *Globigerinoides* et *Globoquadrina* témoignent d'environnements globalement chauds, tropicaux à subtropicaux. Ce fait doit cependant être nuancé par la présence assez importante de *Globigerina* gr. *bulloides*, qui se retrouve *a priori* dans des zones nettement plus tempérées.

Catégories	Espèces	Domaine de répartition climatique
Globigerina gr bulloides	**Globigerina** praebulloides	Tropical à tempéré
	bulloides	Fréquente dans les zones froides et tempérées, cette espèce devient de plus en plus rare en direction de l'Equateur
	falconensis	Subtropical à tempéré froid
	concinna	Tropical à tempéré
Globigerina gr woodi	**Globigerina** woodi	Subtropical à tempéré chaud
	druryi	Tropical à subtropical chaud
Globigerinoides gr. trilobus	**Globigerinoides** trilobus s.l.	Abondant dans le domaine tropical à subtropical chaud, sporadique dans les zones tempérées
Praeorbulina	**Praeorbulina** glomerosa	Tropical à tempéré
Orbulina	**Orbulina** universa	Global
	suturalis	Tropical à tempéré
Globigerinella	**Globigerinella** obesa	Tropical à tempéré
Neogloboquadrina	**Neogloquadrina** siakensis	Tropical à subtropical chaud
	mayeri	Tropical à subtropical frais
	continuosa	Tropical à subtropical frais
Globorotalia	**Globorotalia** praemenardii	Tropical à subtropical chaud, espèce rare dans la zone de transition entre eaux chaudes et tempérées
	scitula	Tropical à tempéré
Globigerinita	**Globigerinita** juvenilis	Global
Turborotalita	**Turborotalita** quinqueloba	Global, particulièrement entre les zones tempérées et subtropicales chaudes
Globoquadrina gr baroemoenensis	**Globoquadrina** globosa	Tropical à subtropical chaud
	baroemoenensis	Tropical à subtropical chaud
	langhiana	Tropical à subtropical chaud
Globoquadrina gr dehiscens	**Globoquadrina** dehiscens	Tropical à tempéré

Tableau 28 : Classification des foraminifères planctoniques recueillis au cours de cette étude. Distribution géographique d'après Kenett et Srinavasan (1983).

c Comparaison des données actuelles avec les populations miocènes

Afin de compléter les données bibliographiques, la plupart du temps exclusivement qualitatives, nous avons choisi d'utiliser la base de données CLIMAP (CLIMAP Project Members, 1976, 1981) compilant les observations effectuées sur 1145 échantillons, répartis sur l'ensemble des océans (Figure 75A) et répertoriant les températures des eaux de surface ainsi que les proportions de chaque espèce de foraminifère planctonique. Les groupes les mieux représentés sont *Globigerinoides* gr. *trilobus* et *Globigerina* gr. *bulloides*. Nous avons testé les positions des prélèvements actuels dont les proportions approchent celles observées dans les Sables Fauves, soit 10% et plus de *Globigerinoides* gr. *trilobus* et 7% et plus de *Globigerina* gr. *bulloides* :

- *Globigerina* gr. *bulloides* se distribue selon deux modalités. D'une part, elle se retrouve au niveau de l'Équateur, entre 0° et 20° de latitude Nord, généralement dans l'Océan Indien et entre les côtes philippines et japonaises, avec des températures moyennes annuelles de 26,3°C. D'autre part, ce groupe se retrouve dans les zones tempérées, voire subpolaires, à des latitudes comprises entre 30° et 60°, de part et d'autre de l'Équateur. Les températures moyennes annuelles des eaux de surface de ces zones sont comprises entre 15,6°C et 8,5°C (Figure 75B).
- *Globigerinoides* gr. *trilobus* se concentre particulièrement dans les zones tropicales et subtropicales, entre 25° et -25° de latitude, dans des eaux chaudes, dont la température moyenne annuelle est de 26,6°C (Figure 75C).

La distribution spatiale des populations importantes (au moins 10%) de *Globigerinoides* gr. *trilobus* indique donc le caractère mégatherme de ce groupe, alors que celle de *Globigerina* gr. *bulloides* indique des affinités thermiques plus complexes, puisque les populations importantes (7% et plus des effectifs totaux) peuvent adopter un mode vie soit micro-mésotherme soit mégatherme.

Une particularité des Sables Fauves est la forte proportion de *Globigerinoides* gr. *trilobus*, dépassant 30% dans pratiquement tous nos échantillons (Tableau 29). De tels chiffres sont très rares dans l'actuel, puisque seuls 29 sites sur toute la base CLIMAP indiquent une population de *Globigerinoides* gr. *trilobus* supérieure ou égale à 25%. Ces effectifs très forts sont actuellement concentrés autour de l'Équateur, au niveau de l'Océan Atlantique, dans des eaux très chaudes, où la température moyenne annuelle est égale à 26,8°C (Figure 75D).

La comparaison directe avec les données CLIMAP doit être nuancée par le petit nombre d'espèces communes entre l'Actuel et le Miocène. Le genre *Globoquadrina*, par exemple, n'apparaît pratiquement pas dans le présent alors qu'il est fréquent dans les Sables Fauves. Les comparaisons s'appuient essentiellement sur les populations de *Globigerinoides* gr. *trilobus* et *Globigerina* gr. *bulloides*. Les données actuelles mettent en évidence un phénomène d'exclusion mutuelle entre ces deux groupes, à l'exception de la zone située entre 60° et 120° de longitude, globalement dans la partie septentrionale de la zone tropicale (Figure 75E). Dans ce secteur, se rencontrent simultanément des proportions relativement élevées de *Globigerinoides* gr. *trilobus* et *Globigerina* gr. *bulloides*, ce qui correspond à la tendance générale décelée dans nos échantillons. Les températures annuelles mesurées sont très hautes, la moyenne générale étant de 27,4°C.

Ces résultats sont en accord avec les milieux indiqués par les zones de distribution géographique de l'ensemble des foraminifères planctoniques issus des Sables Fauves. Ceci confirme que des conditions tropicales régnaient en Aquitaine au Miocène moyen.

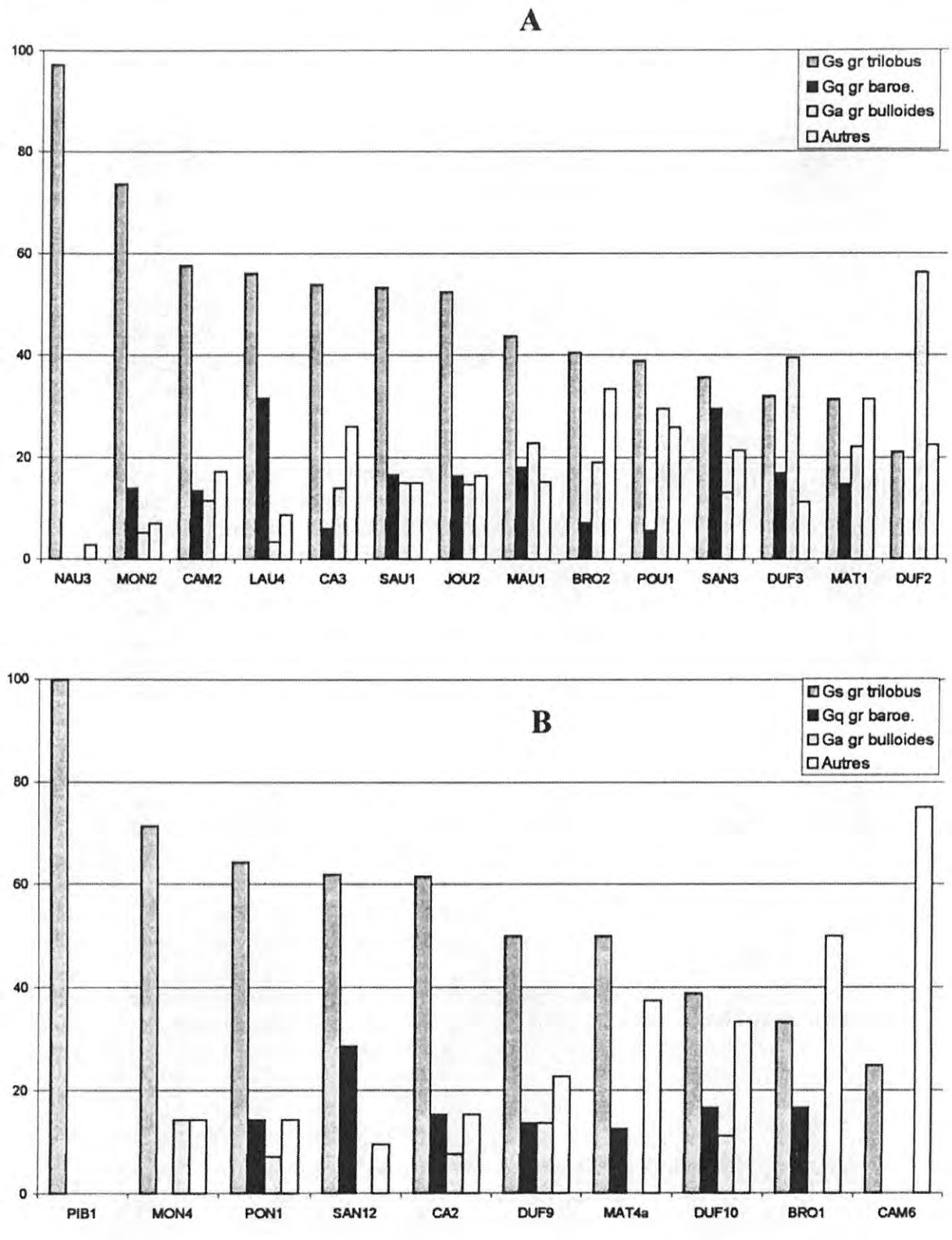


Tableau 29 : Composition des populations de foraminifères planctoniques A: effectif >36 - B: effectif < 36.

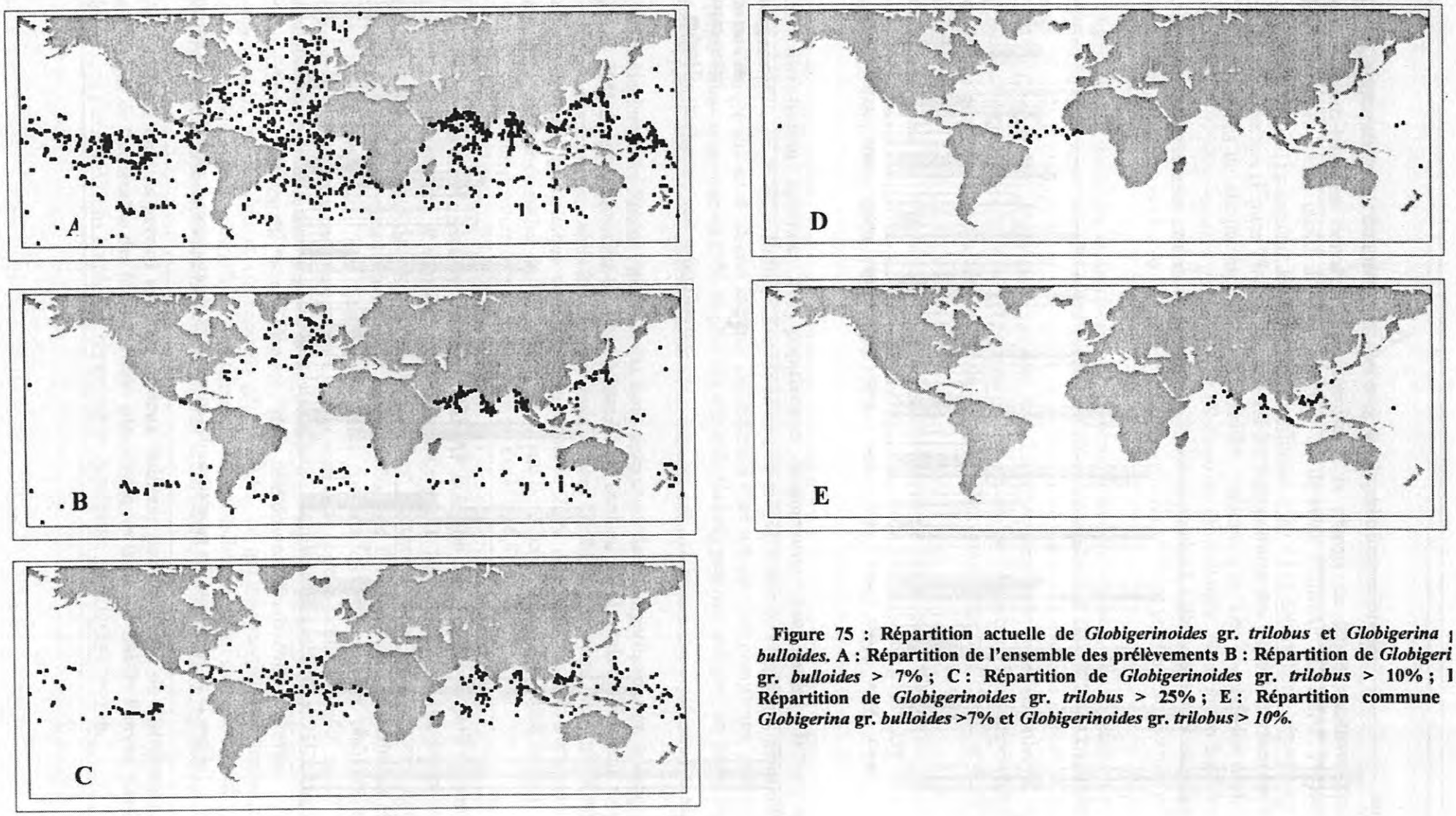


Figure 75 : Répartition actuelle de *Globigerinoides* gr. *trilobus* et *Globigerina* gr. *bulloides*. A : Répartition de l'ensemble des prélèvements B : Répartition de *Globigerina* gr. *bulloides* > 7% ; C : Répartition de *Globigerinoides* gr. *trilobus* > 10% ; D : Répartition de *Globigerinoides* gr. *trilobus* > 25% ; E : Répartition commune *Globigerina* gr. *bulloides* >7% et *Globigerinoides* gr. *trilobus* > 10%.

d Signification des populations de foraminifères planctoniques des Sables Fauves

Les populations récoltées dans les Sables Fauves correspondent à l'assemblage de deux groupes distincts :

- Le premier groupe exprime les conditions régnant sur l'ensemble de la plate-forme, il indique un climat tropical et un milieu marin propice au développement des formes planctoniques. Cette microfaune a été apportée depuis les zones de mer ouverte par de forts courants (tempêtes violentes par exemple) vers les environnements côtiers exprimés par les Sables Fauves. Ces populations associent une partie des formes les plus courantes (*Globigerinoides*, *Globoquadrina* et *Globigerina*) et les espèces les plus rares. Cette faible fréquence est en relation avec leur origine distale et les faciès défavorables à leur conservation dans les Sables Fauves. Cette partie de l'effectif figure les milieux les plus marins et un spectre de température moyenne des eaux assez large.
- Le second groupe correspond à des populations dominées par un petit nombre d'espèces (3 à 5), pouvant former jusqu'à 80% de la population totale. Ces groupes (essentiellement *Globigerinoides* gr. *trilobus* et *Globoquadrina* gr. *baroemoenensis*) témoignent de milieux tropicaux, aux températures marines élevées (de l'ordre de 26°C en moyenne). Ils sont considérés comme des populations illustrant les environnements spécifiques aux Sables Fauves : environnements côtiers, peu propices à l'installation d'une microfaune planctonique, comme semblent l'indiquer la sur-représentation des groupes *Globigerinoides* et *Globoquadrina* ainsi que l'observation de formes monstrueuses et juvéniles de *Globigerinoides* gr. *trilobus*. La température élevée des eaux s'explique par la faible tranche d'eau sur une étendue importante, correspondant au domaine d'extension des Sables Fauves.

Certains échantillons n'obéissent pas complètement à cette logique générale. Il s'agit en particulier des prélèvements Dufran 3, Matilon 1 et Dufran 2, dans lesquels le taux de *Globigerinoides* gr. *trilobus* est plus bas, ce qui s'accompagne d'une augmentation de la quantité de *Globigerina* gr. *bulloides* (Tableau 29). Il est difficile d'interpréter ce phénomène, notamment en raison des effectifs réduits qui sont impliqués. Ces associations expriment des environnements plus frais, à la base des dépôts ou une meilleure circulation des masses d'eau en provenance des secteurs plus ouverts de la plate-forme. Ceci pourrait indiquer que ce phénomène est relié à une augmentation de la tranche d'eau, provoquant un refroidissement des eaux côtières et l'apport de formes planctoniques vivant dans un domaine plus ouvert (notamment *Globigerina* et *Neogloboquadrina*) avant le retour de conditions stables et des températures marines plus élevées. Toutefois, le cadre général ne change pas radicalement, *Globigerinoides* gr. *trilobus* constituant toujours une partie importante des effectifs totaux.

VII.B.2 Intégration au contexte régional

La stabilité des associations dans les niveaux étudiés permet de conclure à un climat subtropical. En accord avec de précédents travaux (Lauriat-Rage *et al.*, 1993), ces résultats montrent que les eaux de surface conservent des températures globalement élevées tout au long du Langhien et de la première partie du Serravallien. Les variations environnementales décrites par les foraminifères planctoniques récoltés dans les Sables Fauves revêtent un caractère local, en relation avec des phases d'approfondissement dans les secteurs les plus côtiers. La comparaison des populations totales entre le Langhien et le Serravallien, hors marqueurs stratigraphiques spécifiques à chaque période (*Praeorbulina*, *Globorotalia* et *Orbulina*), met en évidence une certaine stabilité. Le seul fait significatif est la diminution au Serravallien des effectifs de *Globigerina* accompagnée d'une augmentation de

Globigerinoides gr. *trilobus* (Tableau 30). Toutefois, la phase de dégradation climatique mise en évidence durant le Serravallien sur la façade est-atlantique (Lauriat-Rage *et al.*, 1993 ; Cahuzac et Chaix, 1993, Oslick *et al.*, 1994) n'est pas discernable. Ceci peut s'expliquer par les faibles quantités de foraminifères planctoniques retrouvées dans les prélèvements en général et dans ceux attribués au Serravallien en particulier.

Les foraminifères planctoniques recueillis dans les Sables Fauves indiquent des conditions tropicales au sein d'environnements littoraux. L'augmentation des effectifs du groupe *Globigerina* gr. *praebulloides* et la baisse des effectifs du groupe *Globigerinoides* gr. *trilobus* peuvent être reliées à des phases d'approfondissement. La comparaison entre les populations du Langhien et du Serravallien ne permet pas de mettre clairement en évidence de variations environnementales à l'échelle régionale.

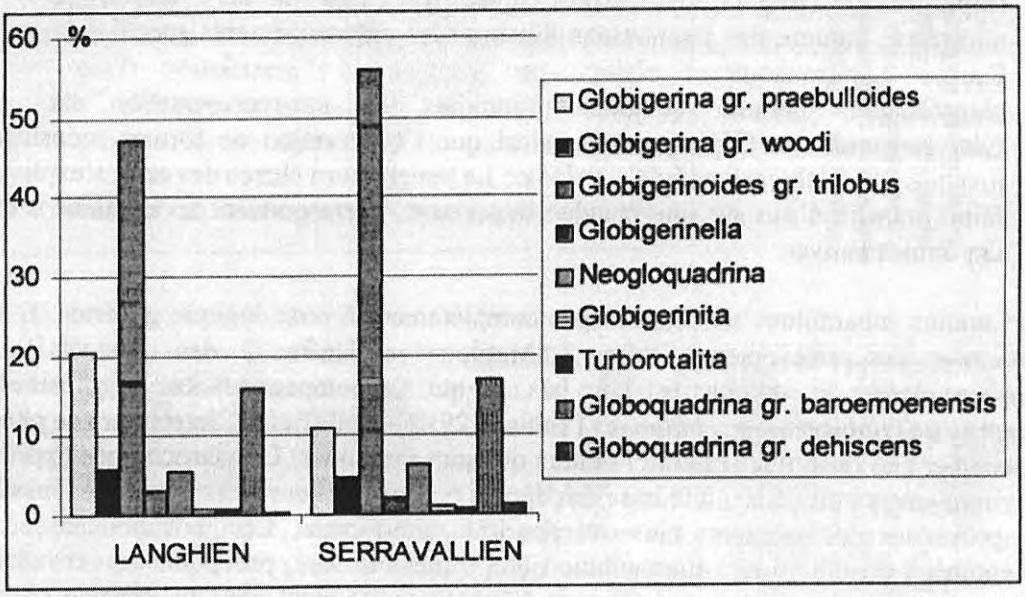


Tableau 30 : Comparaison des groupes de foraminifères planctoniques entre le Langhien (600 individus) et le Serravallien (288 individus) hors marqueurs stratigraphiques.

VII.B.3 Palynomorphes (Tableau 31)

La présence dans les Sables Fauves de niveaux marneux, favorables à la conservation des spores et pollens, permet l'étude du contenu palynologique. Les prélèvements se révèlent généralement pauvres et peu diversifiés, à l'exception des niveaux Matilon 1, Pouyouet 1, Castelnau 1 et Castelnau 5 (Annexe 4) ; de nombreux prélèvements se sont avérés absolument stériles. L'analyse des résultats obtenus se fait en deux phases : kystes de dinoflagellés et autres algues unicellulaires d'un côté et spores et pollens de l'autre, de façon à séparer les données issues des domaines marins et continentaux. L'étude des palynomorphes confirme l'étude stratigraphique des dépôts. Les associations de dinoflagellés les plus variées (échantillons MAT1 et POU1) se retrouvent dans les faciès les plus ouverts. A l'inverse, ces organismes se raréfient et les associations s'appauvrissent dans les environnements les plus internes, dans lesquels les pollens et les spores sont les mieux conservés et les plus fréquents (échantillons MAT1, BRO2, MAN1, CA1, CA4 et CA5).

a Kystes de dinoflagellés et autres algues unicellulaires

Nos prélèvements montrent une faible variété des associations, qui s'accompagne d'une concentration très réduite (Annexe 4), et plaide en faveur de milieux marins sous une faible tranche d'eau. Les genres *Lingulodinium*, *Operculodinium* et *Spiniferites*, sont bien représentés et figurent des eaux plutôt chaudes et peu profondes (Antunes *et al.*, 1997). Parmi les espèces reconnues, *Polysphaeridium zoharyi* et *Lingulodinium machaerophorum* possèdent des facultés d'adaptation à des salinités très élevées (15 à 25 ppt), ce qui en fait des marqueurs caractéristiques de régions sous influence marine restreinte. Ces formes sont particulièrement fréquentes dans les Sables Fauves, le cas extrême étant le sommet de la coupe du Cayron. Ce fait plaide en faveur de milieux très côtiers, évoquant la proximité de zones lagunaires sursalées. Dans les cas de Couloumet 5 et Castelnau 1, l'influence du domaine continental est encore plus marquée, puisqu'une algue d'eau douce a été identifiée (*Concentricystes* sp.).

Un seul niveau se démarque clairement de cette tendance, il s'agit du falun argileux situé à la base de la coupe de Matilon (échantillon MAT1). En effet, 19 formes de dinoflagellés y sont reconnues, en même temps que l'absence de *P. zoharyi* et *Concentricystes* sp. est constatée. La variété de cet assemblage illustre un domaine marin plus ouvert que le reste des niveaux considérés.

b Spores et Pollens

Les Sables Fauves ont livré 38 genres et familles différents (Annexe 4). Les spores sont assez rares et les Polypodiacées sont les formes les plus fréquentes. Les associations polliniques sont dominées par les conifères (Abiétacées, Pinacées, *Cathaya* et *Keteleeria*). Les tendances générales se traduisent également par la présence de taxons à affinités mésothermes (*Nyssa*, Taxodiacées, *Carya*, *Junglans*, *Platicarya*, *Quercus*) et méso-microthermes (Ericacées, *Salix*, *Scabiosa Ulmus*). Les exigences thermiques de chacune de ces formes (Tableau 32), combinées à leur fréquence respective dans les niveaux analysés conduisent à une première reconstitution paléoenvironnementale. Les spores illustrent les conditions locales et mettent en évidence des zones humides (*Polypodium*, *Pteris*...) et fraîches (*Anthoceros*, *Phaeceros*), ou palustres (*Nyssa*, *Taxodium*), riches en *Carya*. Les pollens permettent de dresser un tableau plus large des conditions environnementales régnant sur le continent au Miocène moyen. Les données s'accordent avec la présence d'un couvert forestier mixte dominé par les conifères. Certains taxons comme les Chenopodiacées et les Composées

illustrent la proximité du rivage (confirmée par les dinoflagellés) mais aussi une certaine ouverture du milieu (Bessedik, 1985).

Le Miocène moyen est considéré comme bénéficiant d'un climat chaud (Antunes et Pais, 1983 ; Bessedik, 1985 ; Duperon et Duperon-Laudoueneix, 1985 ; Lemoigne, 1988). Or, l'étude des Sables Fauves montre des formes mégathermes (Sapotacées) et mésothermes (essentiellement *Cathaya, Carya, Myrica, Armeria*) associées à des taxons méso-microthermes (principalement Abiétacées, Pinacées, *Quercus*) et microthermes (*Alnus, Tsuga*). Pour que ces différentes formes aient pu cohabiter en un même lieu, il faut nécessairement admettre que la chaleur ambiante devait être suffisante pour permettre aux plantes thermophiles de s'épanouir (Blanc-Louvel, 2000). Ce fait implique que des conditions subtropicales régnaient sur l'Aquitaine au Miocène moyen.

En outre, il est vraisemblable que l'association de taxons ayant des affinités thermiques différentes est à mettre en relation avec une répartition à l'échelle de la région sud-aquitaine. Le milieu de vie originel des espèces les plus tempérées est sans doute à replacer au niveau du piémont pyrénéen. Les pollens de conifères sont donc considérés comme en grande partie allochtones. Les fortes concentrations observées dans la majorité des prélèvements s'expliquent par le caractère anémophile (dû à la morphologie « dissacate ») des grains de pollen de gymnospermes. Cette morphologie assure à ces taxons une large répartition sur l'ensemble du domaine centre-aquitain, par transport éolien depuis leurs milieux de vie habituels (Salard-Cheboldaeff et Ollivier-Pierre, 2000).

Les données issues des Sables Fauves décrivent un climat chaud, avec présence d'éléments subtropicaux, globalement plus humide que celui que nous connaissons de nos jours. Dans le domaine marin, la tranche d'eau est généralement assez réduite, des influences lagunaires se manifestent. Les zones côtières apparaissent assez ouvertes, du fait de la proximité du rivage. L'influence pyrénéenne est nette et se traduit par les fortes proportions de gymnospermes, marquant l'installation d'un couvert forestier en altitude.

VII.B.4 Intégration au contexte régional

Les résultats présentés dans notre étude sont, dans l'état actuel des connaissances, l'inventaire le plus précis et le plus complet de la flore du Miocène moyen d'Aquitaine ; les restes végétaux étant souvent très mal conservés dans les gisements continentaux de cette époque. La comparaison de nos données avec celles du domaine méditerranéen (Bessedik, 1985) permet de reconnaître une tendance générale à la disparition des formes tropicales mégathermes au début du Miocène moyen, illustrée dans nos échantillons par la présence unique et en faible quantité des *Sapotaceae*. Ce phénomène se rencontre également sur le site de Sansan (Langhien, zone MN6) où, à l'exception de quelques macrorestes de *Celtis* et *Myristica* (Blanc-Louvel, 2000), aucun pollen de flore mégatherme n'apparaît (Salard-Cheboldaeff et Ollivier-Pierre, 2000). En accord avec ces travaux, nos résultats semblent indiquer que cette paléoflore aquitaine se caractérise par l'abondance de Gymnospermes (*Abietaceae, Taxodiaceae, Pinaceae*), qui forment 81% des pollens identifiés dans les Sables Fauves. Les données concernant les autres taxons sont trop fragmentaires pour pouvoir mettre en évidence d'éventuelles variations environnementales au cours du Langhien et du Serravallien.

L'étude des pollens issus de nos prélèvements est en accord avec les travaux antérieurs. La comparaison avec le Miocène inférieur met en évidence la disparition au Miocène moyen de la majorité des formes tropicales et une grande abondance des Gymnospermes. Les données sont encore trop fragmentaires pour caractériser des phases climatiques différentes entre Langhien et Serravallien.

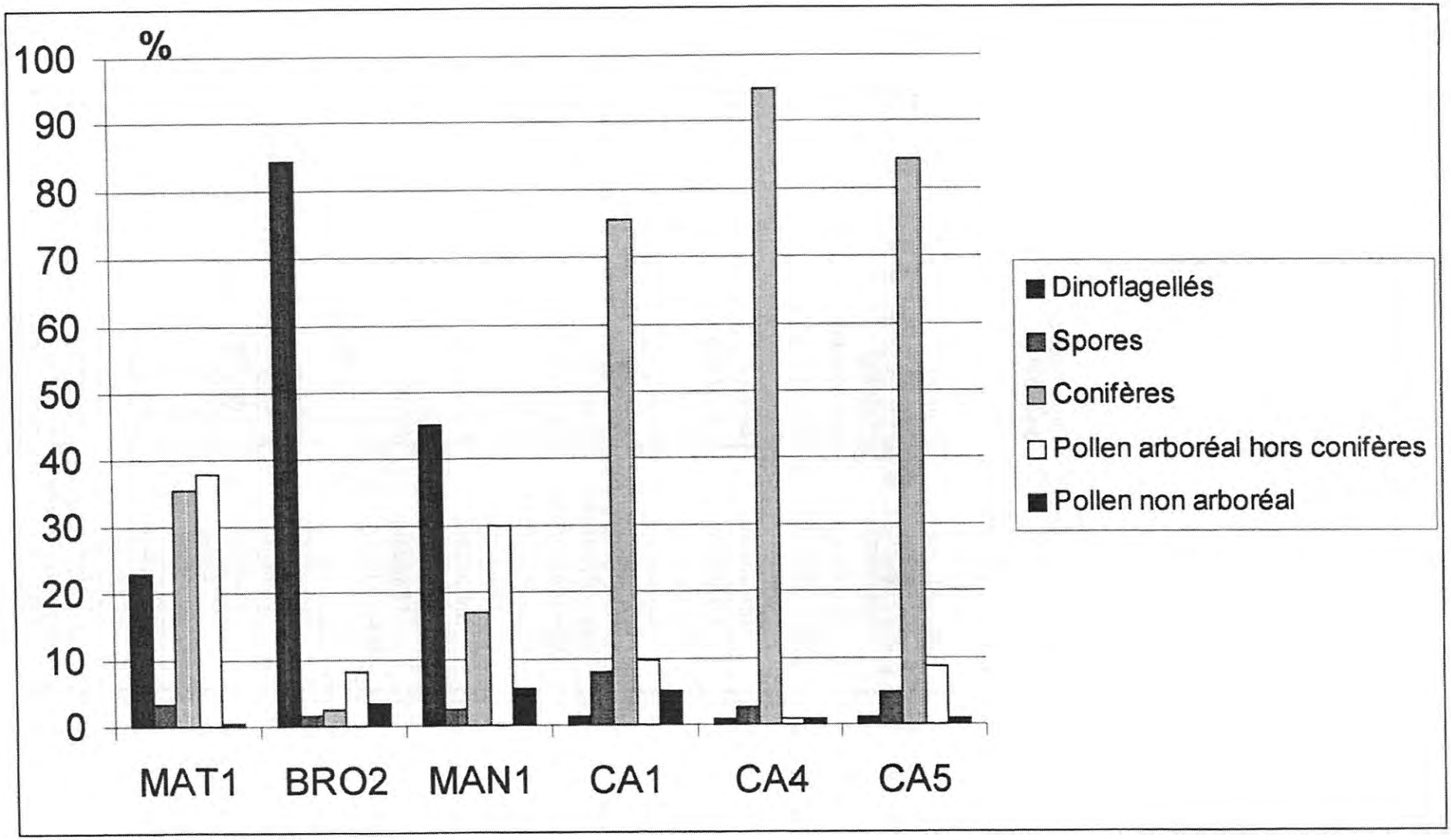


Tableau 31 : Proportion Spores - Pollens dans les échantillons les plus riches.

Exigence thermique	TYPE de POLLEN
GYMNOSPERMES	
Méso-Microtheme	Abietaceae
Ubiquiste	Taxodiaceae
Méso-Microtheme	Pinaceae
Mésotherme	*Cathaya*
Méso-Microtheme	*Keteleeria*
Microtherme	*Tsuga*
Méso-Microtheme	Cupressaceae
ARBOREAL	
Microtherme	*Alnus*
Mésotherme	*Castanea*
Méso-Microtherme	*Carpinus*
Mésotherme	*Carya*
Mésotherme	Cistaceae ?
Mésotherme	*Engelhardita*
Méso-Microtheme	Ericaceae
Mésotherme	*Ilex*
Mésotherme	*Juglans*
Mésotherme	*Liquidambar*
Mésotherme	*Myrica*
Mésotherme	*Platicarya*
Mésotherme	*Pterocarya*
Méga-Mésotherme	*Nyssa* (?)
Méso-Microtheme	*Quercus*
Méso-Microtheme	*Salix* sp.
Ubiquiste	*Sambucus ?*
Mégatherme	Sapotaceae
Méso-Microtheme	*Tilia*
Ubiquiste	*Tricolpe*
Méso-Microtheme	*Ulmus*
NON ARBOREAL	
Mésotherme	*Armeria*
Ubiquiste	Chenopodiaceae/Amaranthaceae
Ubiquiste	Compositae
Ubiquiste	Graminae
Méso-Microtheme	*Sparganium*
Mésotherme	*Lonicera*
Ubiquiste	Malvaceae
Ubiquiste	Papilionaceae
Méso-Microtheme	*Scabiosa*
Ubiquiste	Umbelliferae

Tableau 32 : Exigences thermiques des taxons identifiés (d'après Bessedik, 1985).

VIII CONCLUSION GÉNÉRALE

VIII.A RAPPEL DES RÉSULTATS

L'étude de la Formation des Sables Fauves a été effectuée à partir de l'analyse de 33 coupes, dans la partie centrale du bassin d'Aquitaine, correspondant au secteur schématiquement délimité par les villes de Roquefort au Nord, Aire-sur-Adour au Sud et Lectoure à l'Est.

VIII.A.1 Datation des dépôts - Biostratigraphie

L'ensemble des séries sédimentaires présentées dans notre étude a pu être daté, soit du Langhien, soit du Serravallien. Tout au long de ce travail, nous nous sommes attachés à définir des marqueurs biostratigraphiques adaptés.

La découverte d'un unciforme d'*Aceratherium* cf. *incisivum* dans la carrière de Matilon tend à confirmer la position dans le Serravallien supérieur d'une partie des Sables Fauves. Elle contribue également à affiner les corrélations entre les échelles biochronologiques des domaines marins et continentaux.

En matière de datation, le principal apport de notre travail est la détermination de marqueurs chronologiques fiables à l'échelle de l'Aquitaine. Les foraminifères planctoniques s'avèrent être les marqueurs les plus appropriés. Parmi les organismes généralement utilisés en domaine marin, ils représentent le groupe le plus abondant dans les dépôts littoraux du Miocène centre-aquitain. L'analyse des 25 prélèvements ayant livré des foraminifères planctoniques fait apparaître de façon claire l'importance des genres *Praeorbulina* et *Orbulina*.
Le groupe des *Praeorbulina*, notamment *P. sicana* et *P. glomerosa*, permet de dater du Langhien les dépôts dans lesquels il est présent. L'intervalle considéré se situe dans les zones N8-base N9 de Blow (1969). En outre, l'absence constante du groupe Orbulina démontre que l'intervalle concerné correspond strictement à la zone N8.
L'étude combinée de la microfaune et de l'organisation de la Formation des Sables Fauves en séquences de dépôt de troisième ordre montre que les dépôts livrant *O. suturalis* se placent à partir de la zone N10. Il apparaît donc que l'intervalle de temps pouvant se situer dans la Langhien (sommet de la zone N9), et dans lequel les premières *O. suturalis* sont signalées, n'est pas représenté dans les Sables Fauves. Le groupe des *Orbulina*, avec *O. suturalis* et *O. universa*, constitue donc en Aquitaine un marqueur fiable du Serravallien (zones N10 et suivantes).

Sur les affleurements où les marqueurs biostratigraphiques sont absents, le contexte topographique et les corrélations basées sur le découpage séquentiel des séries sont utilisés comme moyen de datation. Les dépôts en position de plateau sont attribués au Langhien. Au contraire, les dépôts encaissés dans le substratum régional sont placés dans le Serravallien.

VIII.A.2 Géométrie des dépôts – Contrôle eustatique et contrôle tectonique

L'analyse de la géométrie des dépôts fait apparaître que la Formation des Sables Fauves est organisée en deux unités distinctes : le Membre de Peyrecrechen, constitué des dépôts datés du Langhien et le Membre de Matilon, constitué des dépôts datés du Serravallien. Du Sud vers le Nord, l'unité serravallienne s'emboîte progressivement dans l'unité langhienne et dans le substratum continental du Miocène inférieur. La dynamique sédimentaire est contrôlée par deux facteurs principaux : l'eustatisme et la tectonique.

Les variations eustatiques sont à l'origine des deux cycles T-R exprimés par les Sables Fauves. La chute du niveau marin relatif d'au moins 35 mètres au passage Langhien / Serravallien, à l'origine d'une importante érosion subaérienne, puis sa remontée d'au moins 20 mètres commandent notamment l'encaissement du Membre de Matilon dans la partie septentrionale (secteur Sos-Gabarret) (Figure 75).
L'activité orogénique se manifeste simultanément, par le rejeu en distension d'accidents liés à la bordure méridionale de la Flexure celtaquitaine (Figure 76). Le fonctionnement des structures anticlinales, souvent d'origine diapirique, est en relation avec l'ouverture du Golfe de Gascogne provoquant un mouvement en transtension dextre dans le piémont pyrénéen et une reprise de l'halocinèse dans le Sud de l'Aquitaine. Il est possible que la réactivation des structures faillées soit également reliée à la propagation de contraintes lithosphériques provoquées par l'orogenèse alpine. Ces mouvements provoquent l'abaissement relatif - sur une trentaine de mètres de hauteur - de la partie méridionale du domaine centre-aquitain et entraînent la superposition du Membre de Peyrecrechen et du Membre de Matilon dans le secteur Nogaro-Estang (Figure 77).

L'analyse stratigraphique et le découpage des Sables Fauves en séquences dépôt de troisième ordre permet de replacer l'ensemble de la formation dans un contexte plus général et de le situer par rapport aux cycles eustatiques décrits dans les chartes globales (Figure 75).
Le Membre de Peyrecrechen représente le cortège transgressif et le cortège de haut niveau marin d'une séquence de dépôt de troisième ordre assimilée au cycle Bur 5 – Lan 1.
Le Membre de Matilon illustre en grande partie les cortèges transgressifs et de haut niveau marin du cycle suivant Lan 2 – Ser 1. Dans la partie septentrionale de la région étudiée, les mammifères continentaux semblent indiquer que le sommet de l'unité serravallienne correspond à un ou plusieurs cortèges de haut niveau marin plus récents, compris entre les cycles Ser 2 et Ser 4 – Tor 1.

VIII.A.3 Extension du domaine marin – Données paléoécologiques

La combinaison des facteurs eustatiques et tectoniques aboutit à des reconstitutions paléogéographiques très différentes au Langhien et au Serravallien (Figure 76).
Durant le Langhien, la mer occupe l'ensemble du domaine centre-aquitain, sa limite orientale correspond au Golfe de Lectoure.
Au Serravallien, le domaine marin est restreint dans les secteurs les plus occidentaux. Dans le secteur de Sos-Gabarret, seules les vallées les plus profondes sont envahies par la mer, formant un système de rias. Dans les secteurs Manciet-Nogaro et plus à l'Ouest, la mer forme un golfe assez réduit : le golfe de Nogaro.

L'étude de l'ensemble de la microfaune, plus particulièrement des associations de foraminifères planctoniques et de palynomorphes, laisse apparaître des conditions climatiques régionales assez stables durant le Miocène moyen. Elles décrivent un environnement du type subtropical ayant connu une dégradation par rapport au Miocène inférieur.
Dans le domaine marin, les Sables Fauves sont les témoins d'une mer très chaude, peu profonde. Ils représentent dans leur ensemble des faciès de plate-forme interne. L'analyse des associations de foraminifères planctoniques indique que la majorité des individus appartient aux groupes mégathermes supportant le plus facilement les conditions de vie peu propices aux formes planctoniques (*Globigerinoides* gr. *trilobus* et *Globoquadrina* gr. *baroemoenensis*). La grande quantité de formes euryhalines (dinoflagellés, foraminifères benthiques, mollusques), notamment dans les dépôts les plus méridionaux et les plus orientaux, indique une influence marine restreinte et peu d'échanges avec les secteurs plus ouverts de la plate-forme.

En ce qui concerne le domaine continental, l'étude des spores et des pollens, récoltés dans les faciès les plus proximaux, indique un climat chaud, avec présence d'éléments subtropicaux, globalement plus humide que de nos jours. Les zones côtières apparaissent assez ouvertes, du fait de la proximité du rivage. L'influence pyrénéenne est nette et se traduit par les fortes proportions de gymnospermes, marquant l'installation d'un couvert forestier en altitude.

VIII.B PERSPECTIVES

A l'issue de notre étude, il serait intéressant d'appliquer les mêmes principes d'analyse et de datation aux dépôts du Miocène moyen constituant les équivalents latéraux de la Formation des Sables Fauves, notamment dans la partie la plus méridionale du bassin d'Aquitaine, en Chalosse et Béarn par exemple. L'identification dans cette zone des limites du domaine marin au Langhien et au Serravallien permettrait de comparer l'évolution de la paléogéographie et de la dynamique sédimentaire avec celles décrites dans le domaine centre-aquitain. Cette zone étant située à proximité des Pyrénées, elle pourrait fournir de plus amples informations sur les mécanismes orogéniques mis en évidence et sur leur importance à l'échelle régionale. Enfin, la présence de faciès généralement plus marins et plus fossilifères permettrait probablement d'affiner le découpage biostratigraphique et de dater précisément les différents événements exprimés par ces ensembles.

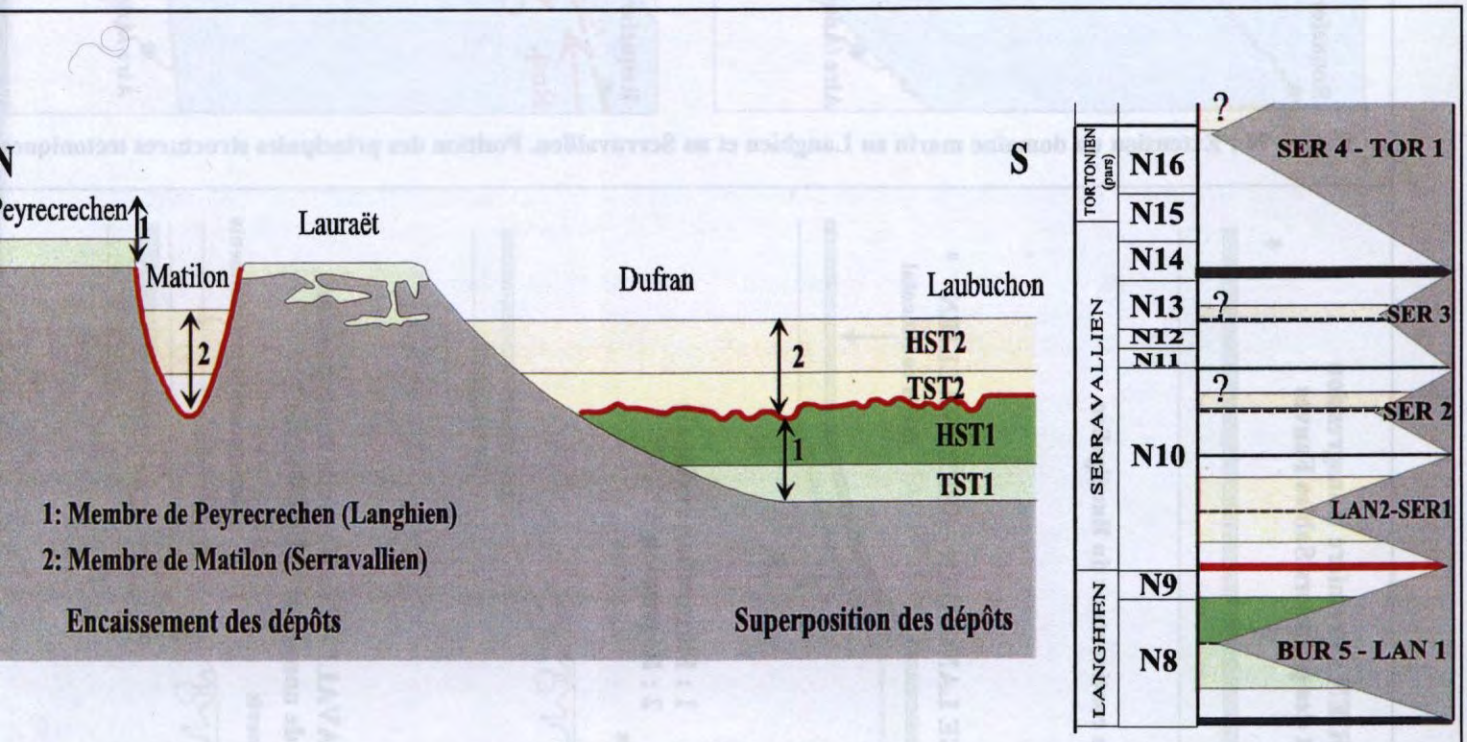


Figure 75 : Géométrie générale de la Formation des Sables Fauves, position des Membres de Peyrecrechen et Matilon.

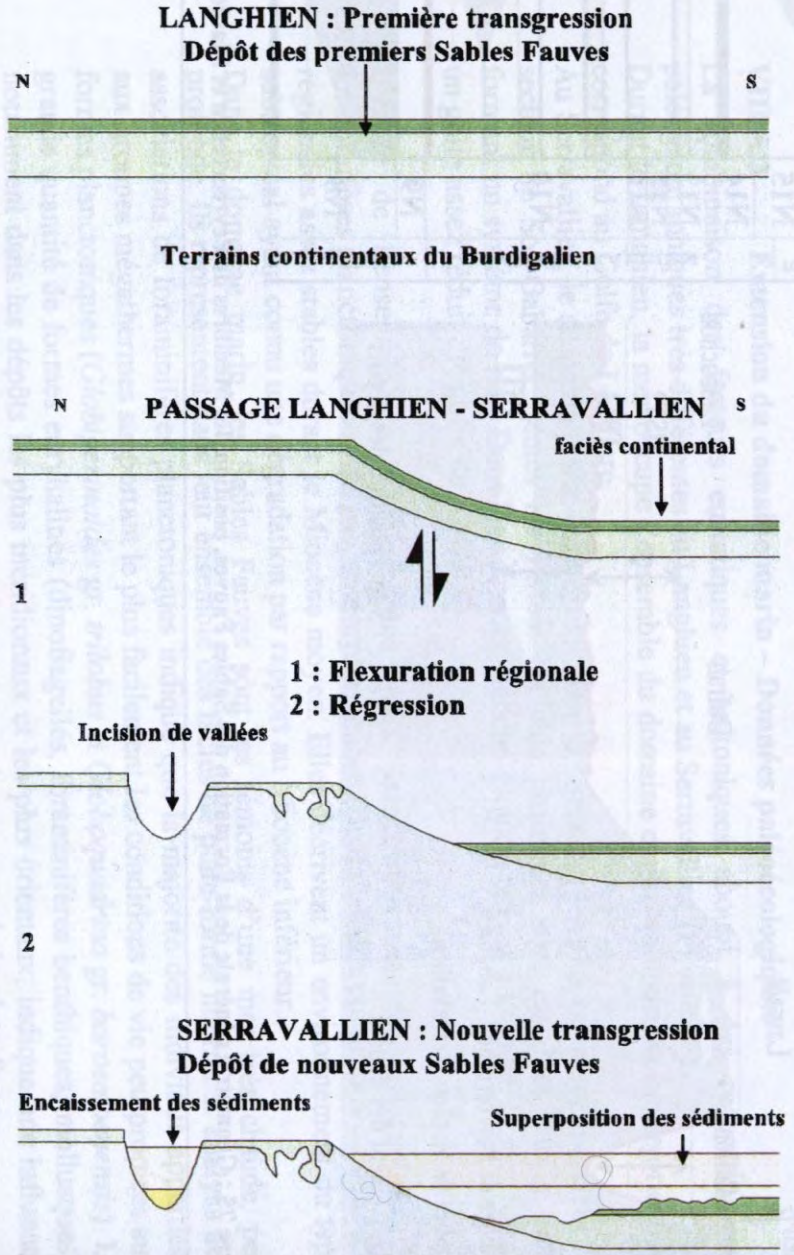


Figure 77 : Synthèse générale de l'évolution de l'Aquitaine centrale au cours du Miocène moyen.

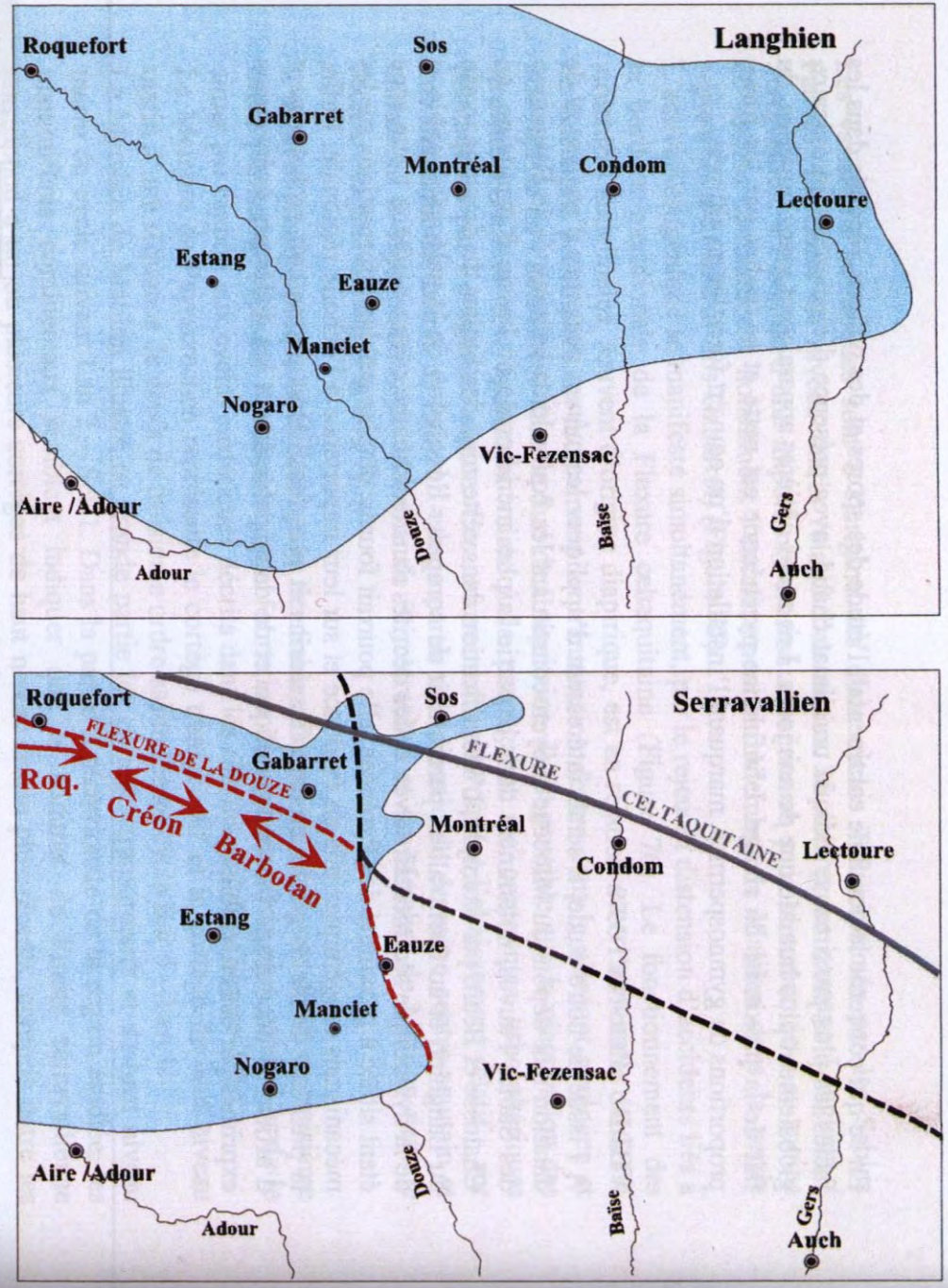


Figure 76 : Extension du domaine marin au Langhien et au Serravallien. Position des principales structures tectoniques.

BIBLIOGRAPHIE

AGUILAR J.P., 1995 - Évolution de la lignée *Megacricetodon collongensis – Megacricetodon roussillonensis* (Cricetidae, Rodentia, Mammalia) au cours du Miocène inférieur et moyen dans le sud de la France. *Paleovertebrata*, **24** (1-2) : 1-45.

AGUILAR J.P. & MICHAUX J., 1995 - Chronologie mammalienne et grade-datation dans le Miocène inférieur et moyen français : une revue. *Géologie de la France*, 1995, **1** : 69-76.

ALVINERIE J., ANTUNES M.T., CAHUZAC B., LAURIAT-RAGE A., MONTENAT C. & PUJOL C., 1992 - Synthetic data on the paleogeographic history of Northeastern Atlantic and Betic-Rifian basin, during the Neogene (from Britanny, France, to Morocco). *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, **95** : 263-286.

ANTOINE P.O., DURANTHON F. & TASSY P., 1997 – L'apport des grands mammifères (Rhinocériotidés, Suoïdés, Proboscidiens) à la connaissance des gisements du Miocène d'Aquitaine (France). In : *Actes du congrès Biochrom'97*, AGUILAR J.P., LEGENDRE S. & MICHAUX J. éd., Mém. et Trav. E.P.H.E., Institut de Montpellier, **21** : 581-590.

ANTUNES M.T. & PAIS J., 1983 - Climate during Miocene in Portugal and its evolution. *Paléobiologie continentale*, Montpellier, XIV (2) : 75-89.

ANTUNES M.T., CIVIS J., GONZALEZ-DELGADO J.A., LEGOINHA P., NASCIMENTO A. & PAIS J., 1997 - Miocene stable isotopes ($\delta^{18}O$,$\delta^{13}C$), biostratigraphy and environments in the southern limb of the Albufeira syncline (Setúbal Peninsula, Portugal). *Geogaceta (Soc. Geol. España)*, 1997, **21** : 21-24.

ASTRE G., 1922 - Le gisement coquillier de Manciet dans les faluns helvétiens du Gers. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **50** : 120-40.

ASTRE G., 1925 - Les relations des sables de la mer helvétienne et de la molasse de l'Armagnac dans le Lectourois. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **53** : 180-191.

BANDY O.L., FRERICHS W.E. & VINCENT E., 1967 – Origin, development, and geologic significance of *Neogloboquadrina* Bandy, Frarichs and Vincent gen. nov. *Cushman Found. Foram. Research Contr.*, **18** : 152-157.

BERGGREN W. A. & MILLER K. G., 1988 - Paleogene tropical planktonic foraminiferal biostratigraphy and magnetobiochronology. *Micropaleontology*, **34** : 362-380.

BERGGREN W.A., KENT D.V., SWISHER C.C. & AUBRY M.P., 1995 – A Revised Cenozoic Geochronology and Chronostratigraphy. In : *Geochronology Time Sacles and Global Stratigraphic Correlations : A unifield Temporal framework for an Historical Geology*, BERGGREN W.A., KENT D.V., AUBRY M.P. & HARDENBOL J. éd., Soc. of Econ. Pal. and Min., sp **54** : 129-212.

BERNIER P. & DALONGEVILLE R., 1996 - Mediterranean coastal changes recorded in Beach-Rock cementation. *Z. Geomorph. N.F.*, Berlin - Stuttgart, Suppl.-Bd **102** : 185-198.

BESSEDIK M., 1985 - Reconstitution des environnements miocènes des régions nord-ouest méditerranéennes à partir de la palynologie. Thèse Univ. Sc. et Tech., Montpellier : 162p.

BIZON G., 1985 - Mediterranean Foraminiferal changes as related to Paleoceanography and Paleoclimatology. In : *Geological Evolution of the Mediterranean basin*, STANLEY D.J. & WEZEL W.C. éd., Springer-Verlag, New-York : 453-470.

BLANC-LOUVEL C., 2000 - La macroflore du site de Sansan. In : *La faune miocène de Sansan et son environnement*, GINSBURG L. éd., Mém. Mus. natn. Hist. nat., **183** : 109-116.

BLOW W.H., 1969 – Late Middle Miocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. *Proceedings First International Conference on Planktonic Microfossils Geneva*, 1967, **1** : 199-422.

BLOW W.H., 1979 - The Cainozoic Globigerinida : A Study of the Morphology, Taxonomy, Evolutionary Relationships and the Stratigraphical Distribution of some Globigerinida (mainly Globigerinacea). BRILL E.J. éd., Leiden : 1413 p. + Atlas.

BOLLI H.M., 1957 – Planktonic foraminifera from the Oligocene-Miocene Cipero and Lengua formations of Trinidad B.W.I. *Bull. U. S. nat. Mus.*, **215** : 97-123.

BOLLI H.M & SAUNDERS J.B., 1985 - Oligocene to Holocene low-latitude planktic foraminifera. In : *Plankton Stratigraphy*, BOLLI H., SAUNDERS J.B. & PERCH-NIELSEN K. éd., Cambridge Univ. Press, **6** : 155-262.

BOOTHROYD J.C., 1983 – Tidal inlets and tidal deltas. In : *Coastal sedimentary environments*, DAVIS R.A. Jr éd. : 471-496.

BOURROUILH R., RICHERT J.P. & ZOLNAÏ G., 1995 – The North Pyrenean Aquitaine Basin, France : evolution and Hydrocarbons. *AAPG Bull.*, **79** (6) : 831-853.

BRGM, 1996 – Carte Géologique de la France et de la marge continentale à l'échelle de 1/1 000 000, 6e édition. *B.R.G.M.éd.*, Orléans.

BRGM, ESSO & SNPA, 1974 – Géologie du Bassin d'Aquitaine. BRGM éd. : 26 pl.

CAHUZAC B. & CHAIX C., 1993 - Les faunes de coraux (Anthozoaires Scléractiniaires) de la façade atlantique française au Chattien et au Miocène. *Ciências da Terra (UNL)*, Lisbonne, **12** : 57-69.

CAHUZAC B. & POIGNANT A., 1996 - Foraminifères benthiques et Microproblematica du Serravallien d'Aquitaine. *Géologie de la France*, 1996, **3** : 35-50.

CAHUZAC B. & POIGNANT A., 2000 - Les foraminifères benthiques du Langhien du Bassin d'Aquitaine (SW de la France) ; données paléoécologiques et biogéographiques. *Geobios*, **33** (3) : 271-300.

CAHUZAC B. & TASSY P., 1999 - Sur trois nouveaux sites marin à *Zygolophodon turicensis* (Proboscidea, Mammalia) dans le Miocène moyen d'Aquitaine. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 1999, **135** : 105-113.

CAHUZAC B. & TURPIN L., 1999 – Stratigraphie isotopique du strontium dans le Miocène marin du bassin d'Aquitaine (SW France). *Rev. Soc. Geol. España*, **12** (1) : 37-56.

CAHUZAC B. JANIN M.C. & STEURBAUT E., 1995 - Biostratigraphie de l'Oligo-Miocène du Bassin d'Aquitaine fondée sur les nannofossiles calcaires. Implications paléogéographiques. *Géologie de la France*, 1995, **2** : 57-82.

CAPDEVILLE J.P., 1991 - Notice et Carte Géol. France (1/50 000), feuille Nogaro, n° 952. *B.R.G.M. éd.*, Orléans : 35 p.

CHAPRONIERE G.C.H., 1981 - Late Oligocene to early Miocene planktonic foraminifera from Ashmore Reef No. 1 well, northwest Australia. *Alcheringa*, **5** : 103-131.

CHAUVAUD D. & DELFAUD J., 2002 – 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*, 2002, **173** (4) : 317-335.

CHOUKROUNE P., 1976 – Structure et évolution tectonique de la zone nord-pyrénéenne. *Mém. Soc. Géol. Fr.*, **127** : 1-116.

CIFELLI R., 1979 - The Role of Circulation in the Parcelling and Dispersal of North Atlantic Planktonic Foraminifera. In : *Historical Biogeography, Plate Tectonics and the Changing Environment*, GRAY J. & BOUCOT A.J. éd., Oregon State Univ. Press : 417-425.

CITA M.B., 1968 – Report of the Working Group Micropalentology. *G. Geol.*, **35** (2-2) : 1-22.

CLIMAP PROJECT MEMBERS, 1976 - The surface of the ice-age earth. *Science*, **191** : 1131-1137.

CLIMAP PROJECT MEMBERS, 1981 - Seasonal reconstructions of the earth's surface at the last glacial maximum, *Geol. Soc. Am.*, Map Chart Ser., **36** : 18 p.

COUREL L., REY J., COTILLON P., DUMAY J., MAURIAUD P., RABILLER P & RAYNAUD J.F., 1997 – Stratigraphie. Terminologie française. REY J. éd., *Bull. Centres Rech. Explor-Prod. Elf Aquitaine*, Mémoire 19 : 7-36.

CROSS T.A., BAKER M.R., CHAPIN M.A., CLARK M.S., GARDNER M.H., HANSON M.S., LESSENGER M.A., LITLLE L.D., McDONOUGH K.J., SONNENFELD M.D., VALASEK D.W., WILLIAMS M.R. & WITTER D.N., 1993 - Applications of high-resolution sequence stratigraphy to reservoir analysis. In : *Subsurface reservoir characterization from outcrop observations*, ESCHARD R. & DOLIGEZ B. éd., Editions Technip, Paris : 11-33.

CROUZEL F., 1957 - Le Miocène continental du Bassin d'Aquitaine. *Bull. Serv. Carte Géol. France*, **54** (248) : 264p.

CROUZEL F., 1974 – Restes fossiles de Proboscidiens découverts par le Chanoine François Canéto, Vicaire Général d'Auch, par ses amis et ses correspondants. *Bull. Soc. Archéo. Gers*, Auch, **74** : 373-389.

CROUZEL F., 1989 - Carte géologique de la France (1/50 000°), feuille Eauze, n°953, *B.R.G.M. éd.*, Orléans.

CROUZEL F., DURANTHON F. & GINSBURG L., 1988 – Découverte d'un riche gisement à petits et grands mammifères d'âge Orléanien dans le département du Gers (France). *C. R. Acad. Sci. Paris*, **307** (2) : 101-104.

CROUZEL F., DURANTHON F., MAGNE J. & PUJOS A., 1989 - Géologie, terre et vieilles pierres des pays d'Armagnac. Livret guide excursion AGSO, 23-24 septembre 1989 : 25-27.

DE BRUJIN H., DAAMS R., DAXNER-HÖCK G., FALBUSCH V., GINSBURG L., MEIN P. & MORALES J., 1992 – Report of the RCMNS working group on fossil mammals, Reisenburg, 1990. *Newsletter on Stratigraphy*, **23** (2/3) : 65-188.

DEMARCQ G. & DEMARCQ H., 1989 - Biostrome à *Crassostrea* du Quaternaire récent (Sénégal), comparaison avec ceux du Miocène (bassin rhodanien). *Géologie méditerranéenne*, 1989, **XVI** (1) : 3-15.

DEPERET C., 1917 – Sur l'âge de la faune de Sansan. *C. R. Som. Oc. Géol. Fr.*, **4** (17) : 73-75.

DOLLFUS G.F., 1915 - Etude de la molasse de l'Armagnac. *Bull. Soc. Géol. de France*, **15** : 335-402.

DUBREUILH J., 1989 – Synthèse paléogéographique et structurale des dépôts fluviatiles tertiaires du nord du Bassin d'Aquiatine. Passage aux formations lacustres, palustres et marines. Thèse, *Doc. BRGM*, **172** : 461p.

DUBREUILH J., CAPDEVILLE J.P., FARJANEL G., KARNAY G., PLATEL J.P. & SIMON-COINCON R., 1995 - Dynamique d'un comblement continental néogène et quaternaire : l'exemple du Bassin d'Aquitaine. *Géologie de la France*, 1995, **4** : 3-26.

DUCASSE O. & CAHUZAC B., 1996 - Evolution de la faune d'ostracodes dans un cadre paléogéographique et interprétation des paléoenvironnements au Langhien en Aquitaine, *Revue de Micropaléontologie*, 1996, **39** (4) : 247-260.

DUCASSE O. & CAHUZAC B., 1997 - Les ostracodes indicateurs des paléoenvironnements au Miocène moyen (Serravallien) en Aquitaine (sud-ouest de la France). *Revue de Micropaléontologie*, 1997, **40** (2) : 141-166.

DUPERON J. & DUPERON-LAUDOUENEIX M., 1985 - Considérations sur les gisements à végétaux tertiaires du Sud-Ouest de la France . *Bull. Section Sci.*, Paris, **8** : 197-212.

DURANTHON F. & CAHUZAC B., 1997 - Eléments de corrélation entre échelles marines et continentales : les données du Bassin d'Aquitaine au Miocène. In : *Actes du congrès Biochrom'97*, AGUILAR J.P., LEGENDRE S. & MICHAUX J. éd., Mém. et Trav. E.P.H.E., Institut de Montpellier, **21** : 591-608.

DURANTHON F. & CAHUZAC B., 1995 – Contribution à une corrélation stratigraphique domaine marin / domaine continental dans le Miocène d'Aquitaine. *Strata*, Toulouse, **7** : 33-35.

DURANTHON F. & TASSY P., 1994 - Les mastodontes miocènes et le Proboscidean Datum Event en Aquitaine. *Strata*, **6** : 178.

DURANTHON F., ANTOINE P.O., BULOT C. & CAPDEVILLE J.P., 1999 – Le Miocène inférieur et moyen du bassin d'Aquitaine- Livret guide de l'excursion des Journées Crouzel, 10 et 11 juillet 1999. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 1999, **135** : 79-92.

ESTEVEZ A., GONZALEZ-DONOSO J.M., LINARES D., LOPEZ-GARRIDO A.C., RODRIGUEZ-FERNANDEZ J., SANZ DE GALDEANO C. & SERRANO F., 1985 - El Neogeno del Valle de los Guajares (cordillera betica, Granada), Mediterránea. *Ser. Geo.*, 1985, **4** : 33-54.

FAHLBUSCH V., 1976 – Report on the International Symposium on Mammalian Stratigraphy of the European Tertiary (München, april 11-14, 1975). *Newsletter Stratigraphy*, **5** : 160-167.

FORNACIARI E., DI STEFANO A., RIO D. & NEGRI A., 1996 - Middle Miocene quantitative calcareous nannofossil biostratigraphy in the Mediterranean region. *Micropaleontology*, **42** : 37-63.

GALLOWAY W.E., 1989 - Genetic stratigraphic sequences in basin analysis. I : Architecture and genesis of flooding-surface bounded depositionnal units. *A.A.P.G. Bull.*, Tulsa, **73** : 125-142.

GINSBURG L. & BULOT C., 2000 – Sansan : le cadre stratigraphique. In : *La faune miocène de Sansan et son environnement*, GINSBURG L. éd., Mém. Mus. natn. Hist. nat., **183** : 39-67.

GELY J.P & SZTRÀKOS K., 2000 - L'évolution paléogéographique et gédynamique du Bassin aquitain au Paléogène : enregistrement et datation de la tectonique pyrénéenne. *Géologie de la France*, 2000, **2** : 31-57.

GINSBURG L., 1967 - Une faune de mammifères dans l'Helvétien marin de Sos (Lot-et-Garonne) et de Rimbez (Landes). *Bull. Soc. Géol. de France*, **7** (IX) : 5-18.

GOURINARD Y., 1983 – Quelques vitesses d'évolution observées dans des lignées de foraminifères néogènes. Utilisation chronologique. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **297** : 269-272.

GOURINARD Y., 1984 – Géochronologie et corrélation des séries sédimentaires. *Géochronique*, Paris, **11** : 7.

GUILLOCHEAU F., 1995 - Nature, rank and origin of Phanerozoic sedimentary cycles. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **320** : 1141-1157.

HAQ B., HARDENBOL J. & VAIL P., 1988 - Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea level changes. In : *Sea-level changes: an integrated approach*, WILGUS C. *ET. AL.* éd., SEPM Special publication, **42** : 71-108.

HARDENBOL J., THIERRY J., FARLEY M.B., JACQUIN T., DE GRACIANSKY P.C. & VAIL P.R., 1998 - Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of european basins. In : *Mesozoic and Cenozoic sequence stratigraphy of european basins*, De Graciansky P.C., Hardenbol J., Jacquin T. & Vail P.R. éd., SEPM Special Publication, 1998, **60** : charte 2.

HODELL D.A., MUELLER P.A. & GARRIDO J.R., 1991 – Variations in the strontium isotopic composition of seawater during the Neogene. *Geology*, Boulder, **19** : 24-27.

HODELL D.A. & WOODRUFF F., 1994 – Variations in the strontium isotopic ratio of seawater during the Miocene : Strtigraphic and geochimical implications. *Paleogeography*, **9** (3) : 405-426.

HOMEWOOD P.W., MAURIAUD P. & LAFONT F., 2000 – Vade-mecum de stratigraphie séquentielle pour géologues, géophysiciens et ingénieurs réservoir. *ELF EP éd.*, Mémoire **25** : 81 p.

HOUTHUYS R. & GULLENTOPS F., 1988 - The Vlierzele sands (Eocene; Belgium): a tidal ridge system. In : *Tide-influenced sedymentary environments and facies*, BOER P.L. de, VAN GELDER A. & NIO S. D. éd. : 139-152.

HUGUENEY M. & RINGEADE M., 1990 - Synthesis on the "Aquitanian" Lagomorph and Rodent faunas of the Aquitaine Basin (France). In *: European Neogene Mammal Chronology*, LINDSAY E.H., FAHLBUSCH V. & MEIN P. éd. : 139-156.

IACCARINO S., 1985 - Mediterranean Miocene and Pliocene planktic foraminifera. In : *Plankton Stratigraphy*, BOLLI H., SAUNDERS J.B. & PERCH-NIELSEN K. éd., Cambridge Univ. Press, **8** : 283-314.

INDEN R.F. & MOORE C.H., 1983 – Beach environment. In : *Carbonate depositional environments.* SCHOLLE P.A, BEBOUT D.G & MOORE C.H. éd., AAPG Mém., **33** : 211-265.

JACQUOT E., 1870 - *Description géologique, minéralogique et agronomique du département du Gers, 1ère partie*, Imprimerie Nationale, Paris : 138 p.

JENKINS D.G., 1985 - Southern mid-latitude Paleocene to Holocene planktic foraminifera. In : *Plankton Stratigraphy*, BOLLI H., SAUNDERS J.B. & PERCH-NIELSEN K. éd., Cambridge Univ. Press, **7** : 263-282.

JOHNSON H. D. & BALDWIN C.T., 1996 - Shallow clastic seas. In : *Sedimentary environments processes, facies and stratigraphy*, READING H. G. éd., 3ème éd. : 232-280.

KENNETT J.P. & SRINIVASAN M.S., 1983 - Neogene Planktonic Foriminifera. A Phylogenetic Atlas. *Hutchinson Ross Publ. Company*, Stroudsburg, Pennsylvanie : 265 p.

KIEKEN M., 1973 – Evolution de l'Aquitaine au cours du Tertiaire. *Bull. Soc. Géol. France*, 7, (XV) : 40-50.

KIEKEN M., 1975 - Notice et Carte Géol. France (1/50 000), feuille St-Vincent de Tyrosse, n°975-976. *B.R.G.M.éd.*, Orléans : 46 p.

LAURIAT-RAGE A., BREBION PH., CAHUZAC B., CHAIX CH., DUCASSE O., GINSBURG L., JANIN M.-C., LOZOUET P., MARGEREL, J.-P., NASCIMENTO A; PAIS J., POIGNANT A., POUYET S. & ROMAN J., 1993 - Paleontological data about the climatic trends from Chattian to present along the Northeastern Atlantic frontage. *Ciências da Terra (UNL)*, Lisbonne, **12** : 167-179.

LEMOIGNE Y., 1988 - La flore au cours des temps géologiques, *Geobios*, Mém. Sp., **10** (2) : 1-296.

LITLEWOOD L.T.J. & DONOVAN S.K., 1988 - Variation of recent and fossil *Crassostrea* in Jamaica. *Paleontology*, **31** : 1013-1028.

LONGMAN M.W., 1980 - Carbonate diagenetic textures from nearsurface diagenetic environments. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geo*, Tulsa, **64** (4) : 461-487.

MAGNE J., BAUDELOT S., CROUZEL F., GOURINARD Y. & WALLEZ M.J., 1985 - La mer du Langhien inférieur a envahi le centre du Bassin d'Aquitaine : arguments biostratigraphiques et géochronologiques. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **300** (II-19) : 961-964.

MARTINI E., 1971 - Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In : *Proceeding of the second planktonic conference, Roma 1970*, FARINACCI A. éd., Tecnoscienza : 739-785.

MATTAUER M., 1968 – Les traits structuraux essentiels de la chaîne des Pyrénées. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, **10** : 3-11.

MEIN P., 1975 - Résultats du groupe de travail sur les Vertébrés. In : *Report of activity of the R.C.M.N.C. Working Group (1971-1975)*, Regional Committee on Mediterranean Neogene Stratigraphy, Bratislava : 78-81.

MEIN P., 1990 - Updating of MN zones. In : *European Neogene Mammal Chronology*, LINDSAY E.H., FAHLBUSCH V. & MEIN P. éd., NATO ASI, **180** : 73-90.

MÜLLER C. & PUJOL C., 1979 - Etude du nannoplancton calcaire et des foraminifères planctoniques dans l'Oligocène et le Miocène en Aquitaine (France). *Géologie méditerranéenne*, **6** : 657-668.

OSLICK J.S., MILLER K.G., FEIGENSON M.D. & WRIGHT J.D., 1994 - Oligocene-Miocene strontium isotopes : stratigraphic revisions and correlations inferred to an inferred glacio-eustatic record. *Paleoceanography*, **9** : 427-443.

PEYROT A., 1923 a - Contribution à l'étude du Miocène du département du Gers ; le falun de Manciet. *P.V. Soc. Linn. Bordeaux*, **75** : 27-47.

PEYROT A., 1923 b - Complément à l'étude du Miocène de Manciet. *P.V. Soc. Linn. Bordeaux*, **75** : 51-53.

PICKETT T.E., KRAFT J.C. & SMITH K., 1971 - Cretaceous burrows, Chesapeake and Delaware canal, Delaware. *Journal of Paleontology*, **45** : 209-211.

POLLARD J.E., GOLDRING R. & BUCK G., 1993 - Ichnofabrics containing *Ophiomorpha* : significance in shallow-water facies interpretation. *Journal of the Geological Society*, Londres, **150** : 149-164.

POSAMENTIER H. & VAIL P., 1988 – Eustatic Controls on Clastic Deposition. II – Sequence and Systems Tract Models. In : *Sea-level changes: an integrated approach*, C. WILGUS éd., SEPM Special Publication, **42** : 125-154.

POMEROL C., 1973 – Stratigraphie et Paléogéographie. Ere Cénozoique. DOIN éd., Paris : 269 p.

POSAMENTIER H., JARVEY M. & VAIL P., 1988 - Eustatic Controls on Clastic Deposition I - Conceptual Framework. In : *Sea-level changes: an integrated approach*, C. WILGUS éd., SEPM Special Publication, **42** : 109-124.

REPELIN J., 1920 – L'âge relatif de Sansan et de Simorre. La question du Lannemezan. Feuille de Toulouse. *Bull. Carte Géol. Fr.*, **24** (140) : 120-123

REPELIN J.,1928 - Le Bassin d'Aquitaine à l'époque Helvétienne: le Golfe marin. *C. R. Acad. Sciences Paris*, **186** (11) : 708-709.

REY J., DURANTHON F., GARDERE P., GOURINARD Y., MAGNE J., FEINBERG H. & MURATET B., 1997 - Découverte d'un encaissement entre dépôts de sables fauves dans la région de Sos (Miocène centre-aquitain). *Géologie de la France*, 1997, **2** : 23-29.

RINGEADE M., 1978 - Contribution à la biostratigraphie des faciès continentaux d'Aquitaine (Eocène supérieur-Miocène inférieur) par l'étude des Micromammifères et des Charophytes. Thèse Université de Bordeaux I, n°572.

SALARD-CHEBOLDAEFF M. & OLLIVIER-PIERRE M.F., 2000 - Palynologie et environnement du site de Sansan. In : *La faune miocène de Sansan et son environnement*, GINSBURG L. éd., Mém. Mus. natn. Hist. nat., **183** : 117-127.

SCHOEFFLER J., 1971 – Etude structurale des terrains molassiques du Piémont nord des Pyrénées de Peyrehorade à Carcassonne. Thèse d'Etat, Univ. Bordeaux : 325 p.

SEN S. & GINSBURG L., 2000 – La magnétostratigraphie du site de Sansan. In : *La faune miocène de Sansan et son environnement*, GINSBURG L. éd., Mém. Mus. natn. Hist. nat., **183** : 69-81.

SERRANO O., 2001 - Le Crétacé supérieur – Paléogène du bassin compressif nord-pyrénéen (Bassin de l'Adour) – Sédimentologie, stratigraphie, géodynamique, Thèse Univ. Rennes I, n°2514.

SERRANO LOZANO F., 1979 – Los foraminiferos planctonicos del Mioceno superior de la cuenca de Ronda y su comparacion con las otras areas de las cordilleras beticas. Thèse, Univ. Sci, Malaga : 272 p.

STAINFORTH R.M. & LAMB J.L., 1981 – An evaluation of planktonic foraminiferal zonation of the Oligocene. *Univ. Kansas Paleontol. Contrib*, **62** : 1-425.

STEINIGER F.F., BERGGREN W.B., KENT D.V., BERNOR R.L., SEN S. & AGUSTI J., 1996 – Circum Mediterranean Neogene (Miocene and Pliocene) marine-continental chronologic correlations of European mammal units. In : *The evolution of western Eurasian Neogene Mammal faunas*, BERNOR V., FAHLBUSCH V. & MITTMANN H.W. éd., Columbia Univ. Press, New-York :7-46.

SZÖTS E., 1968 - Les foraminifères planctoniques et la position stratigraphique des affleurements miocènes de Saubrigues (Landes, France), IVth Congress R.C.M.N.S., 1967, Bologne. *Giornale di Geologia*, Bologne, **2** (35) : 303-306.

TAKAYANAGI Y. & SAITO T., 1962 – Planktonic Foraminifera from the Nobori Formation, Shikoku, Japan. *Tohoku Univ. Sci. Repts.*, **5** (2) : 67-106.

TOURNOÜER R., 1874 - Note sur les terrains miocènes des environs de Sos et de Gabarret (Lot-et-Garonne et Landes). *Actes Soc. Linn. Bordeaux*, **29** (9) : 119-169.

VAIL P.R., 1987 - Seismic stratigraphy interpretation. In : *A.A.P.G. Atlas of seismic stratigraphy*, BALLY A.W. éd., A.A.P.G Studies in Geol., Tulsa, **27** : 1-10.

VAIL P.R., COLIN J.-P., JAN DU CHENE R., KUCHLY J., MEDIAVILLA F. & TRIFILLIEV V., 1987 - La stratigraphie séquentielle et son application aux corrélations chronostratigraphiques dans le Jurassique du bassin de Paris, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **8** (III-7) : 1301-1321.

VAKARCS G., HARDENBOL J., ABREU V.S., VAIL P.R., VARNAI P. & TARI G., 1998 - Oligocene-Middle Miocene depositional sequences of the central Paratethys and their correlation with regional stages. In : *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*, De GRACIANSKY P.C., JACQUIN T., FARLEY X. & VAIL P.R. éd., SEPM Sp. Publ. **60** : 209-231.

WYNS R., 1991 – Evolution tectonique du bâti armoricain oriental au Cénozoïque d'après l'analyse des paléosurfaces continentales et des formations géologiques associées. *Géologie de la France*, 1991, **3** : 11-42.

WYNS R., 1996 – Essai de quantification de la composante verticale de la déformation finie cénozoïque en Poitou, Limousin occidental et dans la plate-forme nord-aquitaine d'après l'analyse des paléosurfaces continentales et des sédiments associés. Réunion ASF-AGF « Quantification de la tectonique et de l'eustatisme », Rennes, octobre 1996 : 39.

DOCUMENTS ANNEXES

ABRÉVIATIONS UTILISÉES

PRÉLÈVEMENTS

BRO : Broqua
CA : Ruisseau du Cocut
CAM : Campet
CAS : Castay
CAY : Cayron
COU : Couloumet
DUF : Dufran
JOU : Joutan
LAP : Lapeyrie
LAU : Laubuchon
MAT : Matilon
MAU : Maubet
MEN : Menjoy
MON : Monge
NAU : Naude
PAIL : Paillot
PEY : Peyrecrechen
PIB : Pibèque
PON : Pont du Rimbez
POU : Pouyouet
ROQ : Roques
SAN : Sansot
SAU : Sauboires

FORAMINIFÈRES BENTHIQUES

Am bec : Ammonia beccarii
Elph sp : Elphidium sp.
Elph cris : Elphidium crispum
Elph com : Elphidium complanatum
Flo bou : Flourilus boueanus
Flo sp : Florilus sp.
Cib sp : Cibicides sp.
Aste pla : Asterigerina planorbis
Bri ar : Brizalina arta
Ano sp : Anomalinoides sp.
Buli sp : Bulimina sp.
Can aur : Cancris auricularis
Cib lob : Cibicides lobatulus
Cory sp : Coryphostoma sp.
Hanz bou : Hanzawaia boueana
Hete sp : Heterolepa sp.
Non bou : Nonion boueanum
Noniella sp : Noniella sp.
Oper sp : Operculina sp.
Planu sp : Planularia sp.
Spiro car : Spiroplectamina carinata
Text sol : Textularia solari
Tex : Texttularia sp.

OSTRACODES

Aur : Aurila sp.
Bos : Bosquetina sp.
Byt : Bythocypris sp.
Car 1 : Carinocythereis sp. 1
Car 2 : Carinocythereis sp. 2
Cea : Cytheridea sp.
Cos : Costa sp.
Cus : Cushmanidea sp.
Cy sx : Cytheretta simplex
Cya : Cytherella sp.
Cyea : Cyamocytheridea
Cyl : Cytherelloidea sp
Cyt 1 : Cytheretta sp. 1
Cyt 2 : Cytheretta sp. 2
Ech : Echinocythereis sp.
Euc : Eucytherura sp.
Fal : Falunia sp.
Hea : Hemicytherura sp.
Hes Hemicyprideis
Ind 1 : Indéterminé 1
Ind 2 : Indéterminé 2
Ind 3 : Indéterminé 3
Kri : Krithe sp.
Leg 1 : Leguminocythereis sp. 1
Leg 2 : Leguminocythereis sp. 2
Leg 3 : Leguminocythereis sp. 3
Lox : Loxoconcha sp.
Neo : Neocyprideis sp.
Oli : Olimfalunia sp.
Par : Paradoxostoma sp.
Pok : Pokornyella sp.
Pon : Pontocythere sp.
Pro : Propontocypris sp.
Sem : Semicytherura sp.
Uro : Urocythereis sp.
Xes : Xestoleberis sp.

ANNEXE 1

FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES

I DESCRIPTION SUCCINTE DES FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES

L'inventaire qui suit énumère les différentes espèces de foraminifères planctoniques identifiées au cours de cette étude. Chaque forme fait l'objet d'une brève description mettant en évidence les principales caractéristiques morphologiques[1], les mentions entre crochets indiquent la planche dans laquelle se trouve une illustration de l'espèce concernée.

I.A GENRE *GLOBIGERINA* D'ORBIGNY, 1826

Le genre *Globigerina* est un des plus répandus à partir de l'Éocène. De nombreuses espèces sont utilisées comme marqueurs biostratigraphiques (par exemple Bolli et Saunders, 1985), excepté dans le Miocène moyen. Deux groupes sont généralement distingués à partir de la texture du test (Serrano Lozano, 1979 ; Kenett et Srinavasan, 1983). Le premier est composé des formes pour lesquelles les pores sont nombreux, répartis de façon irrégulière, accompagnés d'épines plus ou moins développées (texture hispide). Cet ensemble porte généralement le nom des espèces les plus représentatives de cet ensemble : *G. bulloides* et *G. praebulloides*. Le second groupe correspond aux formes présentant des pores aux contours hexagonaux assez réguliers et répartis de façon régulière à la surface du test (texture réticulée). Les espèces caractéristiques de cet ensemble sont *G. woodi* et *G. decoaperta*.

- ***Globigerina praebulloides*** BLOW [Planche 1] : test hispide, ouverture ombilicale unique basse et de taille moyenne. La croissance des loges est régulière, ce qui entraîne une forme à peu près aussi haute que large.
- ***Globigerina bulloides*** D'ORBIGNY [Planche 1] : test hispide, quelquefois assez granuleux et pouvant sembler réticulé. Ouverture ombilicale unique légèrement arquée, petite à moyenne. La croissance des loges est plus rapide que dans le cas de *G. bulloides*, le contour est donc moins sphérique et plus découpé en lobes.
- ***Globigerina falconensis*** BLOW : test hispide, ouverture ombilicale intramarginale unique et restreinte du fait de la présence d'une lèvre très marquée.
- ***Globigerina woodi*** JENKINS [Planche 1] : équivalent réticulé de *G. bulloides* : ouverture ombilicale intramarginale unique, arquée. La physionomie générale est compacte, les loges ont une croissance régulière et sont jointives du fait des sutures peu profondes.
- ***Globigerina druryi*** AKERS [Planche 1] : généralement de petite taille, test réticulé, ouverture ombilicale unique basse et restreinte par une lèvre bien marquée.
- ***Globigerina concinna*** REUSS : ayant les mêmes caractéristiques que *G. woodi*, elle possède une loge supplémentaire sur le dernier tour.

I.B GENRE *GLOBIGERINOIDES* CUSHMAN, 1927

Le genre *Globigerinoides* se distingue de *Globigerina* par la présence d'ouvertures supplémentaires au niveau des sutures spirales. D'un point de vue phylétique, le premier groupe semble dériver du second, la mise en évidence de différentes lignées à partir de plusieurs espèces différentes de *Globigerina* (Takayanagi et Saito, 1962) démontre que ce genre est polyphylétique et artificiel (Kenett et Srinavasan, 1983). Son usage reste cependant très répandu, du fait de sa valeur en biostratigraphie. L'apparition du genre *Globigerinoides* marque pour certains auteurs la limite Oligocène-Miocène (Cita, 1968 ; Blow, 1969), bien que d'autres situent cet événement au sein de l'Oligocène (Stainforth et Lamb, 1981). Pour les latitudes les plus basses, Bolli et Saunders (1985) proposent même de relier cette limite à la brusque radiation de *G. trilobus*, à partir de la forme ancestrale *G. primordius*, peu répandue. Au niveau des latitudes plus hautes (domaine méditerranéen, par exemple), les extensions stratigraphiques de plusieurs espèces leur confèrent une importante valeur chronologique.

---

[1] Pour une diagnose complète et une bibliographie détaillée cf. Blow, 1969 ; Kenett et Srinavasan, 1983 ; Bolli et Saunders, 1985 ; Iaccarino, 1985 et Jenkins, 1985.

Globigerinoides* gr. *trilobus [Planche 2] : test très nettement réticulé, ouverture ombilicale intramarginale accompagnée d'une ouverture secondaire sur la face spirale. La variabilité morphologique du groupe permet de distinguer plusieurs variétés :

- ***Globigerinoides trilobus trilobus*** (REUSS) : morphologie assez sphérique, compacte. Trois loges composent le dernier tour ; d'une façon générale, cette dénomination s'applique lorsque la dernière loge recouvre partiellement les deux précédentes et occupe plus de la moitié de la hauteur totale.
- ***Globigerinoides trilobus immaturus*** (LE ROY) : mêmes caractéristiques que *G. trilobus trilobus*, mis à part la dernière loge qui est plus réduite et n'englobe pas les deux loges inférieures.
- ***Globigerinoides trilobus irregularis*** (LE ROY) : la distinction se fait sur la morphologie de la dernière loge qui donne à cette forme un aspect légèrement allongé.
- ***Globigerinoides trilobus quadrilobatus*** (D'ORBIGNY) : à la différence des autres variétés, elle possède quatre loges sur le dernier tour.

I.C GENRE *PRAEORBULINA* OLSSON, 1964

Le genre *Praeorbulina* constitue la transition phylétique entre *Globigerinoides* et *Orbulina*. Il se distingue du second par l'absence de pores sur toute la surface du test et du premier par l'absence d'un ombilic net et de l'ouverture qui lui est associée au stade adulte. L'évolution de cette lignée étant continue, les espèces s'individualisent graduellement. L'extension stratigraphique très restreinte de *Praeorbulina* en fait un très bon marqueur du début du Miocène moyen (zones N8-N9).

- ***Praeorbulina* gr. *glomerosa*** (BLOW) [Planche 3] : test grossièrement perforé, morphologie ovoïde à subsphérique. La dernière loge embrasse largement les autres loges et recouvre l'ouverture principale. De nombreuses ouvertures secondaires se répartissent le long de la ligne de suture basale.

I.D GENRE *ORBULINA* D'ORBIGNY, 1839

Le genre *Orbulina* constitue la dernière étape évolutive de la lignée *Globigerinoides-Praeorbulina-Orbulina*. De forme sphérique, un des caractères principaux est la présence de deux tailles de pores à la surface du test. De nombreuses formes ont été décrites depuis la définition de d'Orbigny ; beaucoup d'entre elles ont été remises en question sur la base de critères morphologiques (deux catégories de pores) ou d'une répartition stratigraphique inadéquate. Le moment de l'apparition du genre *Orbulina* (notamment *O. universa*) est encore discuté, la plupart des auteurs s'accordant à penser qu'elle se situe à l'intérieur de la zone N9, à proximité de la limite Langhien-Serravallien (p. **Erreur! Signet non défini.**).

- ***Orbulina suturalis*** BRÖNNIMANN [Planche 3] : test grossièrement perforé, morphologie subsphérique à sphérique. La dernière loge embrasse très largement les loges antérieures, sans les recouvrir tout à fait. Des ouvertures secondaires (ou des pores de grand diamètre) sont présentes sur toute la surface, elles sont les plus nombreuses dans la partie distale et au niveau des sutures.

- ***Orbulina universa*** D'ORBIGNY : test sphérique, la dernière loge englobant complètement les précédentes. La surface entière est perforée par des pores de tailles distinctes dont les plus importants correspondent à des ouvertures secondaires.

I.E GENRE *GLOBIGERINELLA* CUSHMAN, 1927

Le genre *Globigerinella* a été proposé afin de rendre compte des formes trochospiralées aboutissant à un enroulement à tendance planispiralée au stade adulte, associé à une texture composée de fines épines. Cette lignée semble dériver de *Globigerina praebulloides* (Kenett et Srinavasan, 1983) ; les caractères peu évolués de l'espèce ancestrale (*G. obesa*) ont entraîné sa classification dans plusieurs groupes différents : *Globorotalia* (Bolli, 1957), *Turborotalia* (Blow, 1969) et *Globigerina* (Chaproniere, 1981).

- ***Globigerinella obesa*** (BOLLI) [Planche 1] : ouverture intramarginale, ombilicale à extraombilicale, haute et arquée. La dernière loge est très développée et le profil bien arrondi.

I.F GENRE *NEOGLOBOQUADRINA* BANDY, FRERICHS & VINCENT, 1967

Le genre *Neogloboquadrina* est l'un des plus variable du Néogène et a été souvent assimilé à *Globorotalia*, *Turborotalia*, *Globoquadrina* ou *Globigerina*, dont il possède quelques caractères. L'identification générique s'appuie sur l'étude de la phylogénie, qui s'avère indépendante des groupes précédemment cités (Bandy *et al.*, 1967). Le premier représentant du genre est *N. continuosa*, qui semble s'être développé à partir de *Globorotalia nana* (Kenett et Srinavasan, 1983).

- ***Neogloboquadrina siakensis*** (LE ROY) : ouverture intramarginale, ombilicale à extraombilicale, bordée d'une lèvre, profil arrondi et légèrement aplati. Le dernier tour est composé de six à sept loges, dont la dernière est plus haute que large.
- ***Neogloboquadrina mayeri*** (CUSHMAN & ELLISOR) [Planche 5] : ouverture intramarginale, ombilicale à extraombilicale, en général arquée, bordée d'une lèvre. Le dernier tour compte habituellement cinq loges.
- ***Neogloboquadrina continuosa*** (BLOW) [Planche 5] : de petite taille, ouverture intramarginale basse, ombilicale à extraombilicale, lèvre souvent bien marquée. Le dernier tour est constitué de quatre loges, dont la croissance rapide confère à cette espèce un contour en lobes.

I.G GENRE *GLOBOROTALIA* CUSHMAN, 1927

Le genre *Globorotalia* est un groupe polyphylétique complexe, au sein duquel s'individualisent plusieurs lignées. Le grand nombre d'espèces décrites et les similitudes morphologiques rendent les déterminations délicates. L'évolution graduelle de chaque groupe permet la reconnaissance de morphologies caractéristiques au sein d'une population et débouche sur un découpage précis, servant de base aux échelles biostratigraphiques les plus employées (Bolli et Saunders, 1985 ; Iaccarino, 1985 ; Jenkins, 1985).

- ***Globorotalia praemenardii*** CUSHMAN & STAINFORTH [Planche 5] : profil biconvexe et subangulaire, marqué par une fine carène. L'ouverture est basse, intramarginale, ombilicale à extraombilicale et bordée d'une fine lèvre. Le dernier tour est composé de cinq à six loges à croissance rapide.
- ***Globorotalia praescitula*** BLOW [Planche 5] : profil biconvexe, à périphérie subangulaire mais sans carène. Quatre loges sur le dernier tour, ouverture intramarginale, ombilicale à extraombilicale, légèrement arquée et bordée d'une fine lèvre.

I.H GENRE *GLOBIGERINITA* BRÖNNIMANN, 1951.

Le genre *Globigerinita* est essentiellement présent dans le Néogène. Il se caractérise par une surface microperforée, des pores de très petite taille irrégulièrement répartis et la présence d'une bulle sur l'ouverture ombilicale.

- ***Globigerinita juvenilis*** (BOLLI) : test hispide, de petite taille, quatre loges à croissance régulière sur le dernier tour. Ouverture ombilicale restreinte, limitée par une lèvre épaisse, souvent accompagnée d'une loge périphérique (« bulle »).

I.I GENRE *TURBOROTALITA* BLOW & BANNER, 1962

Ce genre regroupe des espèces de petite taille, à la texture comparable à celle du groupe *Globigerina bulloides*. Ces formes ont été assimilées à différents genres : *Globigerina* (Jenkins, 1985) ou *Globigerinita*, mais l'ensemble des caractères permet de les définir comme un genre à part entière. Ceci se marque principalement par la morphologie de la dernière loge, qui recouvre partiellement l'ouverture ombilicale pouvant prendre la forme d'une bulle (Serrano Lozano, 1979). *Turborotalita* est un groupe assez moderne, se développant surtout à partir du Miocène supérieur.

- ***Turborotalita quinqueloba*** (NATLAND) [Planche 5] : test hispide, de petite taille, profil subsphérique à ovoïde. Cinq loges légèrement aplaties et croissance régulière sur le dernier tour. La dernière loge peut recouvrir partiellement l'ouverture ombilicale.

I.J GENRE *GLOBOQUADRINA* FINLAY, 1947

Ce genre regroupe les formes présentant un profil équatorial quadrangulaire à subquandrangulaire. Il se distingue de *Globigerina* par la présence d'une dent ombilicale plus ou moins développée. *Globoquadrina* a une extension stratigraphique principalement miocène.

- ***Globoquadrina baroemoenensis*** (LE ROY) [Planche 4] : morphologie globuleuse, ouverture intramarginale ombilicale unique, large et profonde, caractérisée par une « dent » ombilicale. La dernière spire compte quatre loges à croissance rapide, dont la dernière est généralement large et aplatie.
- ***Globoquadrina globosa*** BOLLI [Planche 4] : caractéristiques comparables à celles de *G. baroemoenensis*, la différence principale étant la présence d'une loge supplémentaire sur le dernier tour, qui donne un contour sphérique.
- ***Globoquadrina langhiana*** CITA & GELATI [Planche 4] : contour moins arrondi que *G. baroemoenensis*, ouverture intramarginale ombilicale assez large et profonde, accompagnée d'une « dent ». Le dernier tour comprend trois ou trois loges et demie, à croissance rapide. La dernière est très développée, sa face ombilicale est aplatie.
- ***Globoquadrina dehiscens*** (CHAPMAN, PARR & COLLINS) [Planche 4] : face spirale très aplatie, face ombilicale convexe. Ouverture intramarginale ombilicale réduite, le dernier tour est constitué de quatre loges fortement comprimées. La face supérieure de la dernière loge, portant une « dent » ombilicale importante, est très aplatie, sa face ombilicale est plane et dirigée vers l'intérieur de l'ouverture.

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

PLANCHE 1

1. *Globigerina bulloides* d'Orbigny ×150, exemplaire T1-1-1, Campet, Prélèvement CAM2.

2. *Globigerina praebulloides* Blow ×150, exemplaire T2-5-4, Dufran, Prélèvement DUF3.

3. *Globigerinella obesa* (Bolli) ×150, exemplaire T2-2-1, Matilon, Prélèvement MAT1.

4. *Globigerina woodi* Jenkins ×150, exemplaire T1-2-4, Campet, Prélèvement CAM2.

5. *Globigerina druryi* Akers ×150, exemplaire T1-4-5, Matilon, Prélèvement MAT4a.

6. *Globigerina woodi* Jenkins ×150, exemplaire T1-4-3, Matilon, Prélèvement MAT1.

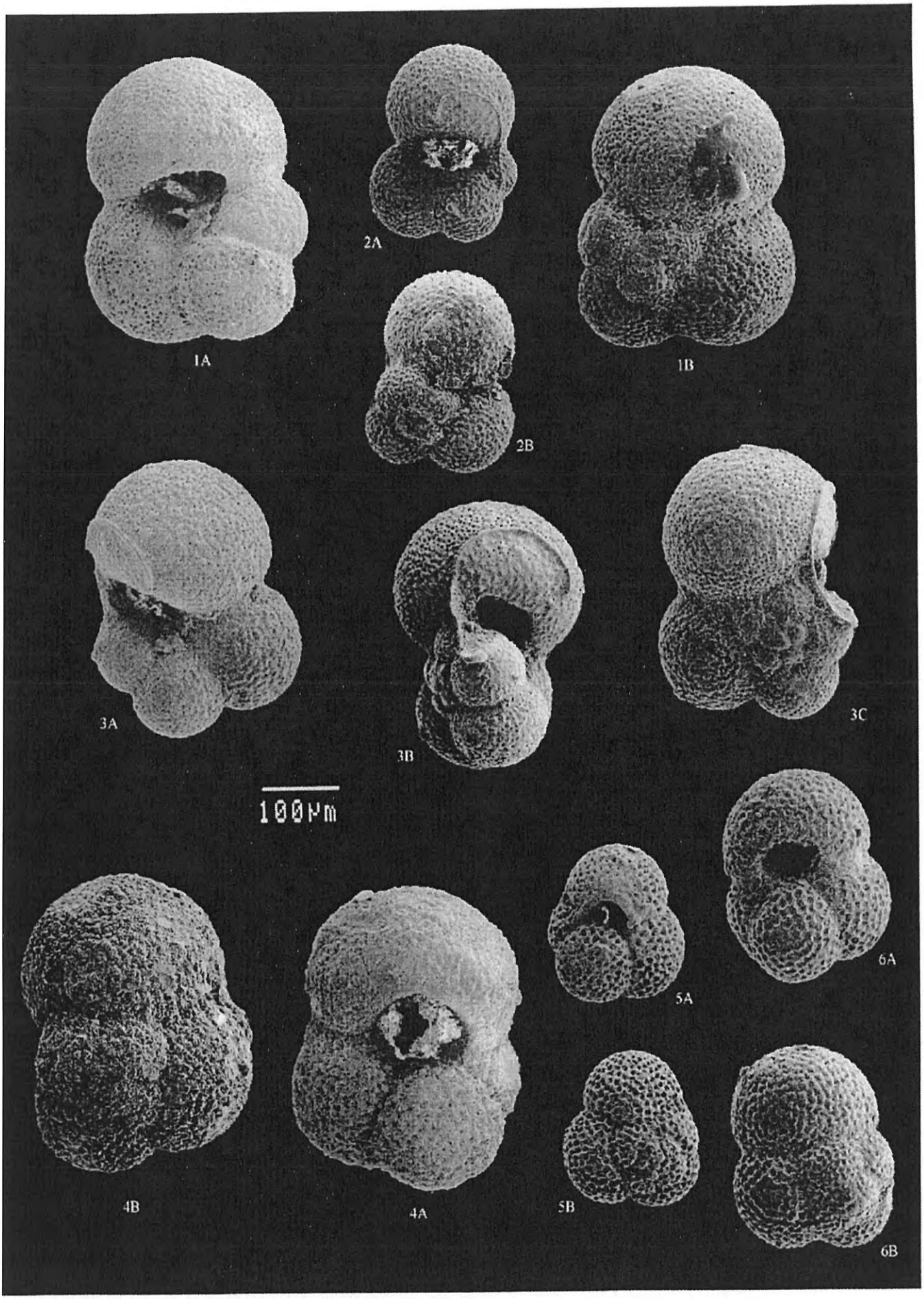

1A
2A
1B
2B
3A
3B
3C
100µm
4B
4A
5A
6A
5B
6B

PLANCHE 2

1. *Globigerinoides trilobus*, forme juvénile ×150, exemplaire T2-4-5, Dufran, Prélèvement DUF2.

2. *Globigerinoides trilobus trilobus* (Reuss) ×150, la dernière loge très invasive donne une morphologie proche de celle de *Globigerinoides sicanus* De Stefani, exemplaire T2-5-2, Maubet, Prélèvement MAU1.

3. *Globigerinoides trilobus trilobus* (Reuss) ×150, exemplaire T2-4-1, Laubuchon, Prélèvement LAU4.

4. *Globigerinoides trilobus quadrilobatus* Banner et Blow ×150, exemplaire T2-4-3, Dufran, Prélèvement DUF10.

5. *Globigerinoides trilobus immaturus* Le Roy ×150, exemplaire T1-2-2, Dufran, Prélèvement DUF9.

6. *Globigerinoides trilobus irregularis* Le Roy ×150, exemplaire T2-4-4, Monge, Prélèvement MON2.

7. *Globigerinoides trilobus irregularis* Le Roy ×150, exemplaire T2-4-2, Laubuchon, Prélèvement LAU4.

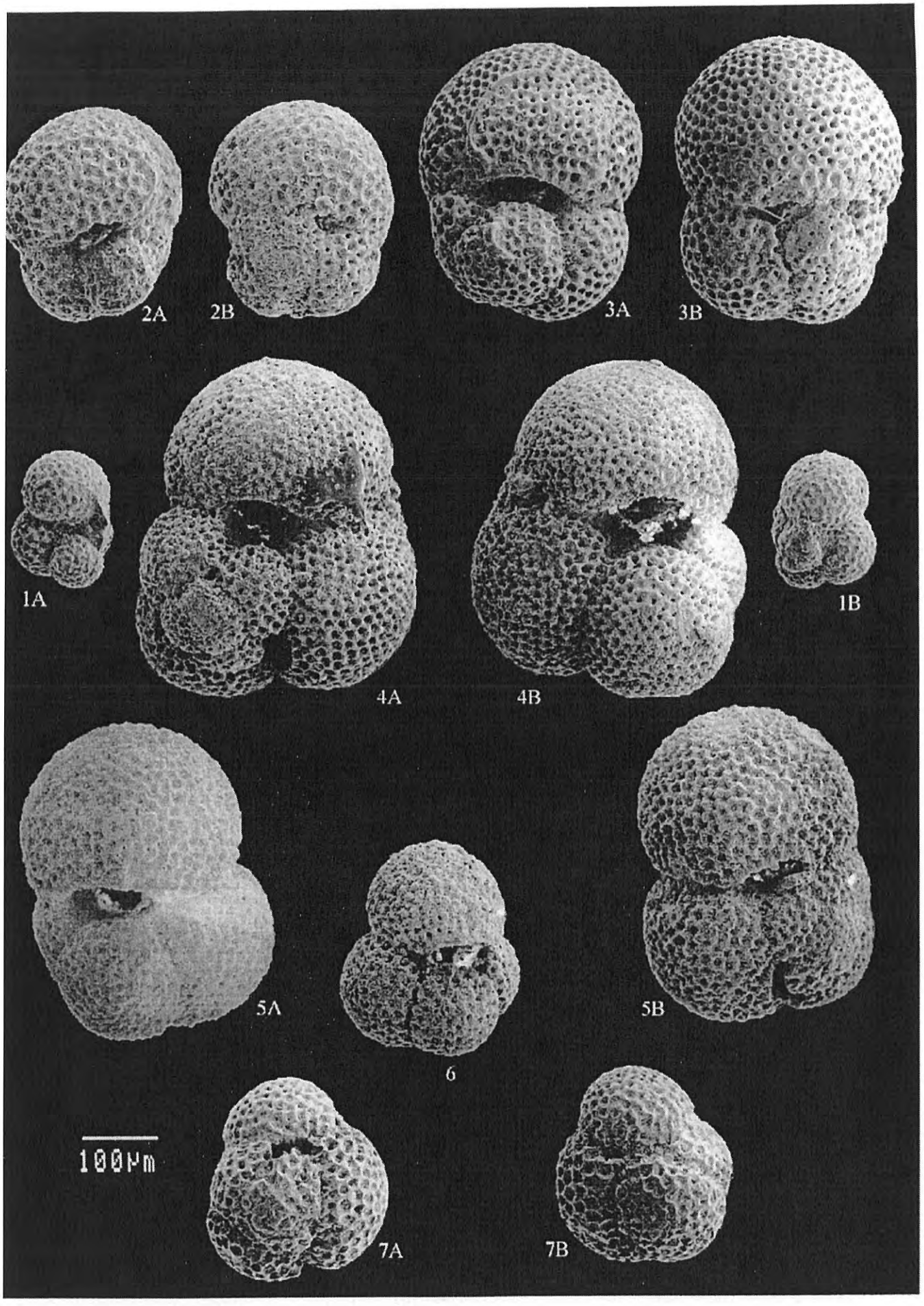

2A
2B
3A
3B
1A
4A
4B
1B
5A
6
5B
100µm
7A
7B

PLANCHE 3

1. *Praeorbulina glomerosa* (Blow) ×150, exemplaire T1-6-5, Broqua, Prélèvement BRO2.
2. *Orbulina suturalis* Brönnimann ×150, exemplaire T2-1-2, Dufran, Prélèvement DUF10.
3. *Orbulina suturalis* Brönnimann ×150, exemplaire T2-1-5, Dufran, Prélèvement DUF9.

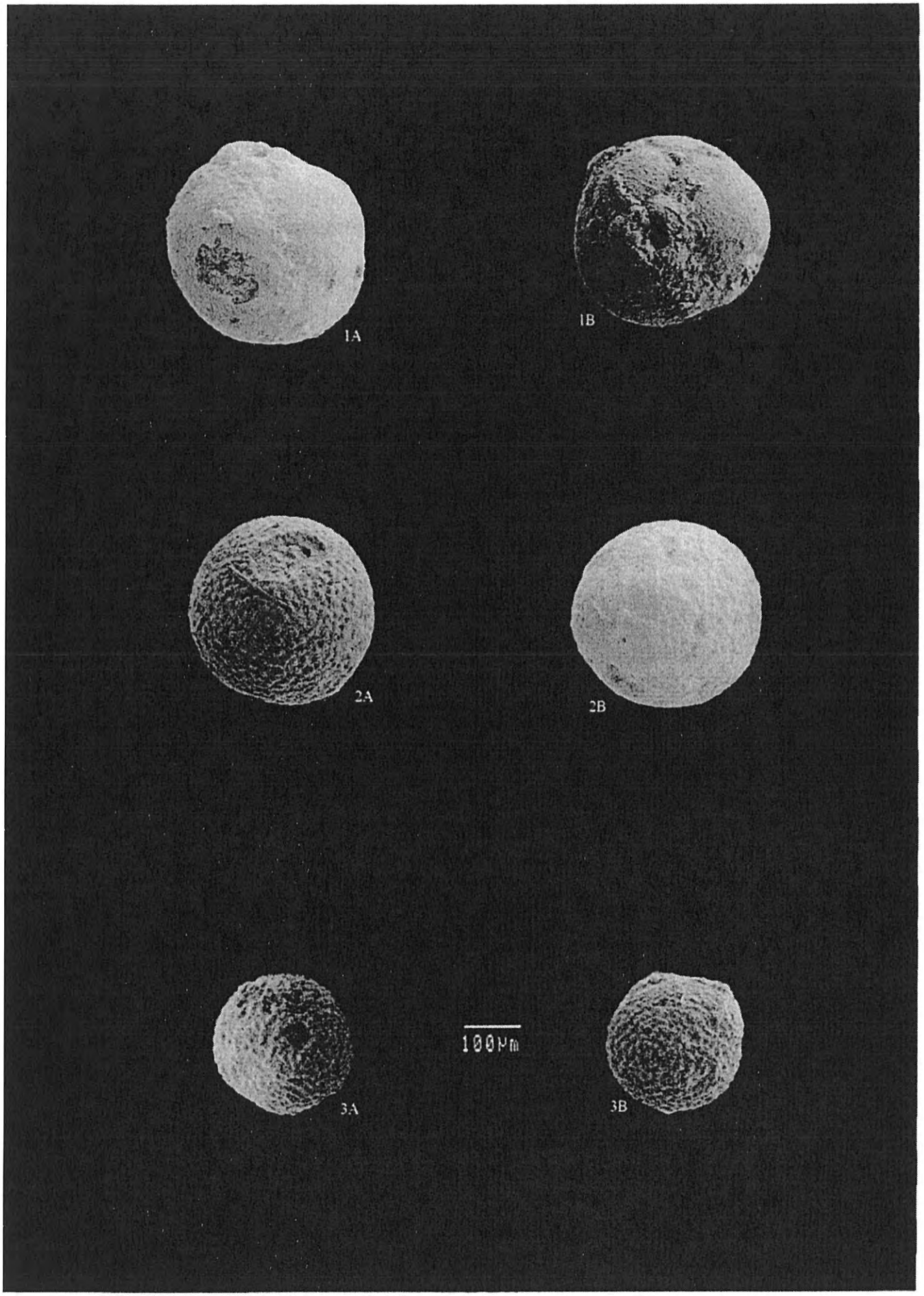

1A
1B
2A
2B
100µm
3A
3B

PLANCHE 4

1. *Globoquadrina dehiscens* (Chapman, Parr et Collins) ×150, exemplaire T1-3-5, Castelnau-d'Auzan, Prélèvement CA3.

2. *Globoquadrina langhiana* Cita et Gelati ×150, exemplaire T1-2-1, Laubuchon, Prélèvement LAU4.

3. *Globoquadrina langhiana* Cita et Gelati ×150, exemplaire T1-3-3, Broqua, Prélèvement BRO2.

4. *Globoquadrina baroemoenensis* (Le Roy) ×150, exemplaire T1-2-3, Sauboires, Prélèvement SAU1.

5. *Globoquadrina baroemoenensis* (Le Roy) ×150, exemplaire T1-4-2, Sauboires, Prélèvement SAU1.

6. *Globoquadrina globosa* Bolli ×150, exemplaire T1-5-2, Laubuchon, Prélèvement LAU4.

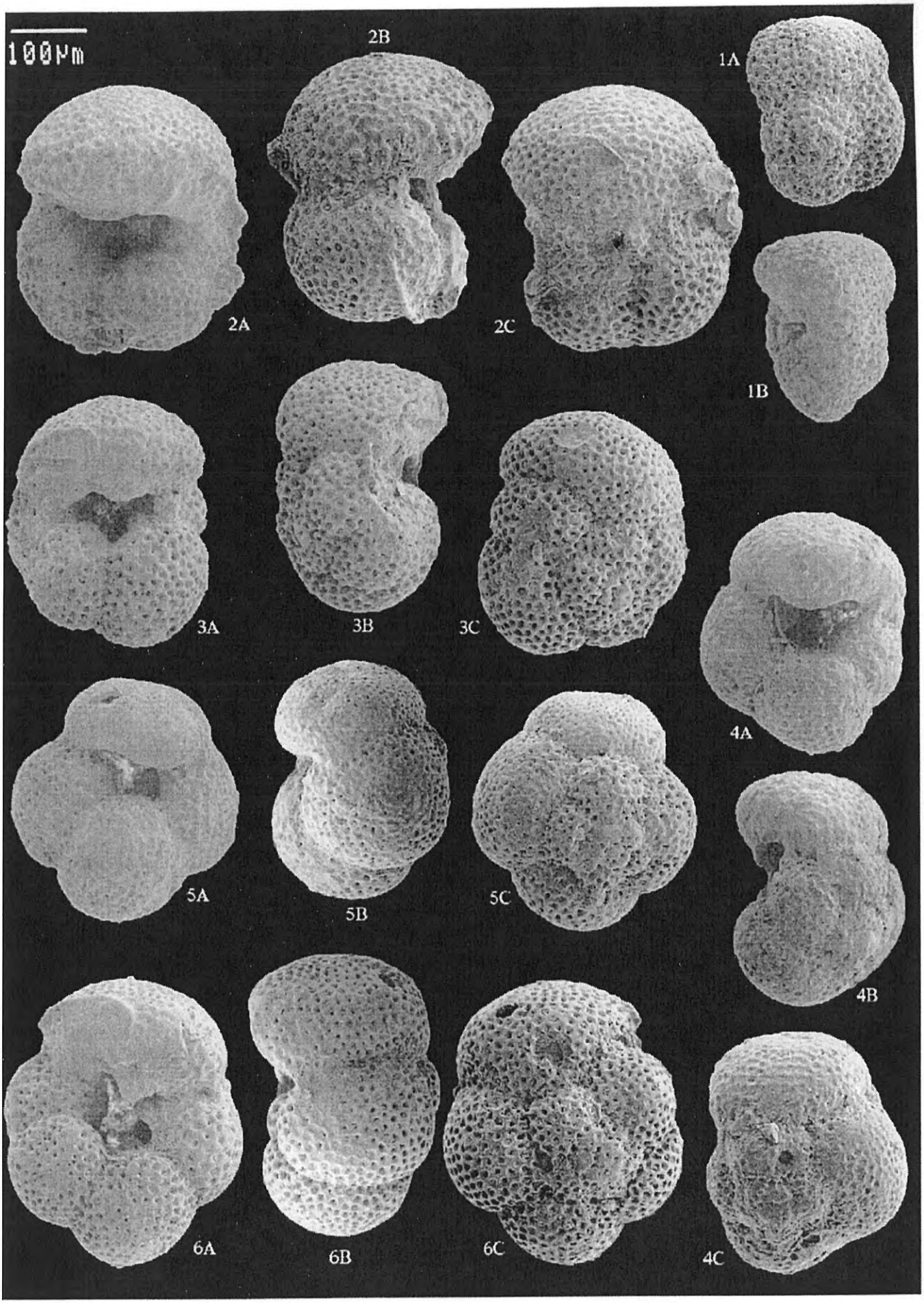

100µm
2B
1A
2A
2C
1B
3A
3B
3C
4A
5A
5B
5C
4B
6A
6B
6C
4C

PLANCHE 5

1. *Neogloboquadrina continuosa* (Blow) ×150, exemplaire T1-5-1, Castelnau-d'Auzan, Prélèvement CA3.

2. *Neogloboquadrina mayeri* (Cushman et Ellisor) ×150, exemplaire T1-3-2, Castelnau-d'Auzan, Prélèvement CA3.

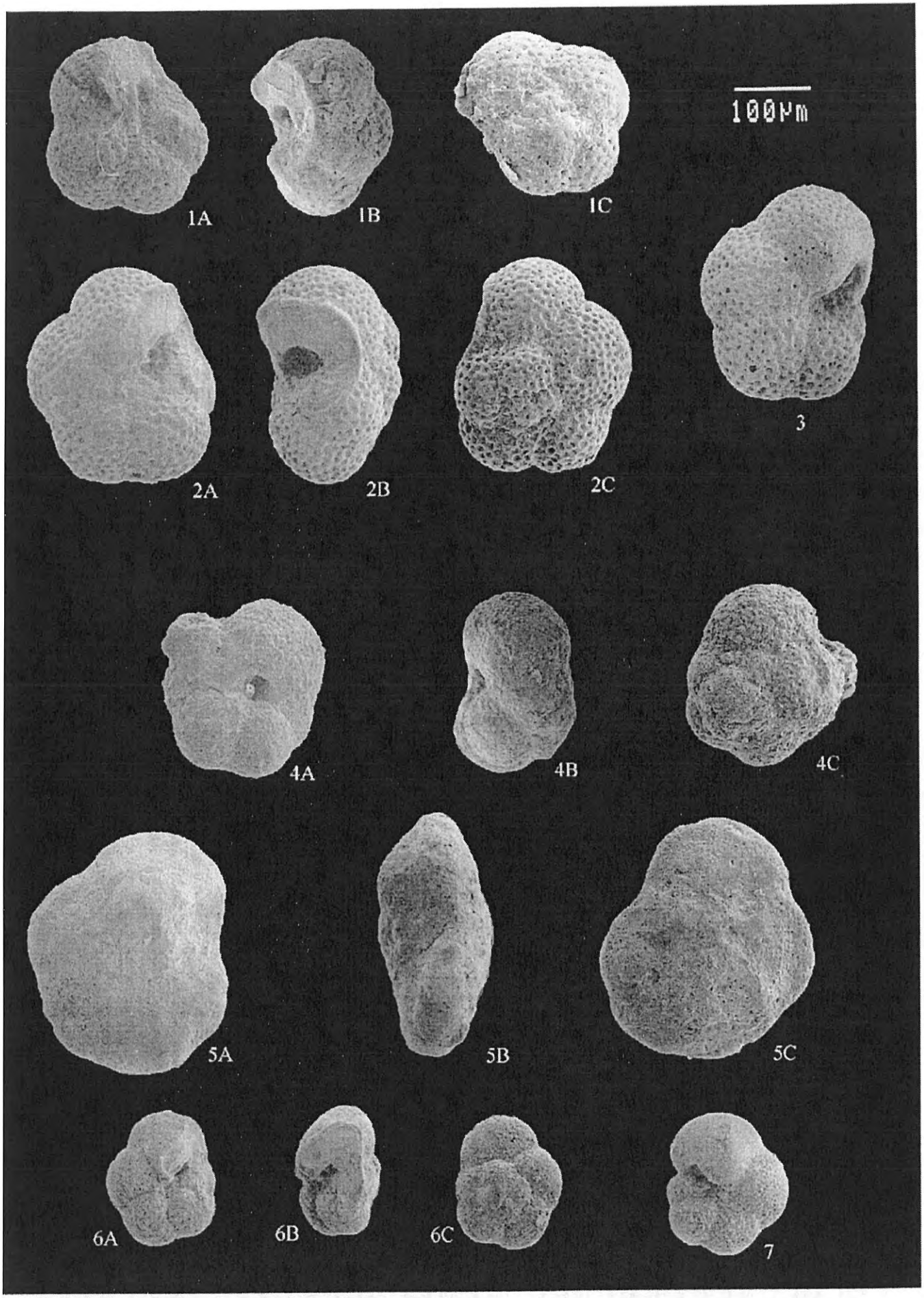
3. *Neogloboquadrina mayeri* (Cushman et Ellisor) ×150, exemplaire T1-4-5, Matilon, Prélèvement MAT4a.

4. *Turborotalita quinqueloba* (Natland) ×150, exemplaire T1-3-4, Castelnau-d'Auzan, Prélèvement CA3.

5. *Globorotalia* cf. *praemenardii* Cushman et Stainforth ×150, exemplaire T1-5-6, Monge, Prélèvement MON5.

6. *Globorotalia praescitula* Blow ×150, exemplaire T1-5-5, Maubet, Prélèvement MAU1.

7. *Globorotalia praescitula* Blow ×150, exemplaire T1-5-4, Sansot, Prélèvement SAN3.


100µm
1A
1B
1C
2A
2B
2C
3
4A
4B
4C
5A
5B
5C
6A
6B
6C
7

	SAN3		SAN12		MAT1		MAT4a		PON2		CA1		CA2		CA4		PIB1		MAU1		POU1		SAU1	
	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%
Globigerina praebulloides Blow	6				7								5		1				9		1		1	
bulloides d'Orbigny					5				1		1		2						13		2		8	
falconensis Blow																								
		11,3		**0,0**		**22,2**		**0,0**		**7,1**		**7,7**		**14,0**		**50**		**0**		**21,0**		**5,6**		**15,0**
woodi Jenkins					5														3		4		4	
druryi Akers	1						1						2								1			
concinna Reuss	1																		2					
		3,8		**0,0**		**9,3**		**12,5**		**0,0**		**0,0**		**4,0**		**0**		**0**		**4,8**		**9,3**		**6,7**
Globigerinoides gr. *trilobus* (Reuss)	19		13		17		4		9		8		27		1		2		46		21		32	
		35,8		**61,9**		**31,5**		**50,0**		**64,3**		**61,5**		**54,0**		**50**		**100**		**43,8**		**38,9**		**53,3**
Praeorbulina glomerosa (Blow)	5		2																1					
		9,4		**9,5**		**0,0**		**0,0**		**0,0**		**0,0**		**0,0**		**0**		**0**		**1,0**		**0,0**		**0,0**
Orbulina universa d'Orbigny					1																			
suturalis Brönnimann									2				1											
		0,0		**0,0**		**1,9**		**0,0**		**14,3**		**0,0**		**2,0**		**0**		**0**		**0,0**		**0,0**		**0,0**
Globigerinella obesa (Bolli)	2				5								1						3		3		3	
		3,8		**0,0**		**9,3**		**0,0**		**0,0**		**0,0**		**2,0**		**0**		**0**		**2,9**		**5,6**		**5,0**
Neogloboquadrina siakensis (Le Roy)					2						1		2						5		1			
mayeri (Cush. & Ellisor)	1						1														5			
continuosa (Blow)					3						1		4										2	
		1,9		**0,0**		**9,3**		**12,5**		**0,0**		**15,4**		**12,0**		**0**		**0**		**4,8**		**11,1**		**3,3**
Globorotalia praemenardii Cush. & St.																								
praescitula Blow	1																		1					
		1,9		**0,0**		**0,0**		**0,0**		**0,0**		**0,0**		**0,0**		**0**		**0**		**1,0**		**0,0**		**0,0**
Globigerinita juvenilis (Bolli)	1				1														2					
		1,9		**0,0**		**1,9**		**0,0**		**0,0**		**0,0**		**0,0**		**0**		**0**		**1,9**		**0,0**		**0,0**
Turborotalita quinqueloba (Natland)													2						1					
		0,0		**0,0**		**0,0**		**0,0**		**0,0**		**0,0**		**4,0**		**0**		**0**		**1,0**		**0,0**		**0,0**
Globoquadrina globosa Bolli	1				1								1						1		1			
baroemoenensis (Le Roy)	12		5		7		1		1		2		2						18		15		10	
langhiana Cita & Gelati	1		1						1															
		26,4		**28,6**		**14,8**		**12,5**		**14,3**		**15,4**		**6,0**		**0**		**0**		**18,1**		**29,6**		**16,7**
dehiscens (Ch. P. & Col.)	2						1						1											
		3,8		**0,0**		**0,0**		**12,5**		**0,0**		**0,0**		**2,0**		**0**		**0**		**0,0**		**0,0**		**0,0**
Effectif total	**53**		**21**		**54**		**8**		**14**		**13**		**50**		**2**		**2**		**105**		**54**		**60**	

	NAU3		DUF2		DUF3		DUF9		DUF10		BRO1		BRO2		CAM2		CAM6		MON2		MON4		JOU2		LAU4	
	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%
Globigerina praebulloides Blow			13		9		2		1				6		5				1		1		6		1	
bulloides d'Orbigny			24		12		1						2		1						2		3		1	
falconensis Blow			1																							
		0,0		53,5		39,6		13,6		5,9		0,0		19,0		11,5		0		14,3		5,3		14,8		3,5
woodi Jenkins			1		2		1		1				3		5		1				1		2			
druryi Akers			1		1								1								1		1			
concinna Reuss			2						1																	
		0,0		5,6		5,7		4,5		11,8		0,0		9,5		9,6		20		0,0		3,5		4,9		0,0
Globigerinoides gr. *trilobus* (Reuss)	35		15		17		11		7		2		17		30		1		5		42		32		32	
		97,2		21,1		32,1		50,0		41,2		33,3		40,5		57,7		20		71,4		73,7		52,5		56,1
Praeorbulina glomerosa (Blow)	1										3		4		1								2			
		2,8		0,0		0,0		0,0		0,0		50,0		9,5		1,9		0		0,0		0,0		3,3		0,0
Orbulina universa d'Orbigny																										
suturalis Brönnimann							2		3								2								1	
		0,0		0,0		0,0		9,1		17,6		0,0		0,0		0,0		40		0,0		0,0		0,0		1,8
Globigerinella obesa (Bolli)			3		3										1				1				1			
		0,0		4,2		5,7		0,0		0,0		0,0		0,0		1,9		0		14,3		0,0		1,6		0,0
Neogloboquadrina siakensis (Le Roy)			4				1						1		1								1		1	
mayeri (Cush. & Ellisor)			2																							
continuosa (Blow)			3										3		1						1		3		1	
		0,0		12,7		0,0		4,5		0,0		0,0		9,5		3,8		0		0,0		1,8		6,6		3,5
Globorotalia praemenardii Cush. & St.																					1					
praescitula Blow																										
		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0		0,0		1,8		0,0		0,0
Globigerinita juvenilis (Bolli)							1		1				1													
		0,0		0,0		0,0		4,5		5,9		0,0		2,4		0,0		0		0,0		0,0		0,0		0,0
Turborotalita quinqueloba (Natland)			2										1													
		0,0		2,8		0,0		0,0		0,0		0,0		2,4		0,0		0		0,0		0,0		0,0		0,0
Globoquadrina globosa Bolli					1						1										2		1		1	
baroemoenensis (Le Roy)					8		3		3				2		6		1				3		9		16	
langhiana Cita & Gelati													1		1						3				1	
		0,0		0,0		17,0		13,6		17,6		16,7		7,1		13,5		20		0,0		14,0		16,4		31,6
dehiscens (Ch. P. & Col.)																									2	
		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0		0,0		0,0		0,0		3,5
Effectif total	36		71		53		22		17		6		42		52		5		7		57		61		57	

ANNEXE 2

FORAMINIFÈRES BENTHIQUES

	Am bec	Elph sp	Elph cris	Elph com	Flo bou	Flo sp	Cib sp	Aste pla	Bri ar	Ano sp	Buli sp	Can aur
SAN 3	●			●	●	●		•			•	
SAN 5	●	●	●	●			•				•	
SAN 12a	●	●		•	●		•					•
PEY1	●	●										
MAT 1	●	●	•		●			●				
MAT 4a	•	•				•						
MEN3	●	●	●		●							
CAY 2	●	•						•	•			
CAY3	●	•										
PON2	●	●		●	●			●				
LAP 2	●	●	•	•		•	•					
CA2	●	●	●	●			•			•		
CA 3	●						•		•			
CA4	●	●				•						
PIB 1	●	●	●		●					•		
MAU 1	●		●		●			•				
ROQ 1	●	●				●						
CAS 2	●	●										
POU 1	●	●					•	•				
COU 4	•		•									
SAU 1	●	●	●	●	●							
NAU 3	●	•			●							
PAIL	•	•	•									
DUF1	●	•										
DUF3	●	●				●		•				
DUF 9	●	●				•	•					
BRO 1	●		●		●							
BRO 2	●	●		●								
BRO 3	●	•	•		•		•					
CAM 2	●	●			•		•	•			•	
CAM 6	●	•										
MON 2	●	●	●									
MON 4	●	●	●		●							
JOU 2	●	●										
LAU 4	●	•	•	•	•			•				

Cib lob	Cory sp	Hanz bou	Hete sp	Non bou	Noniella sp	Oper sp	Planu sp	Spiro car	Text sol	Tex sp	
		•					•			•	SAN 3
											SAN 5
	•										SAN 12a
											PEY1
											MAT 1
•											MAT 4a
											MEN3
		•									CAY 2
											CAY3
	•										PON2
											LAP 2
		•		•							CA2
											CA 3
											CA4
											PIB 1
•											MAU 1
											ROQ 1
											CAS 2
											POU 1
											COU 4
											SAU 1
						•				•	NAU 3
											PAIL
											DUF1
•	•					•					DUF3
											DUF 9
											BRO 1
	•										BRO 2
											BRO 3
	•				•			•			CAM 2
•				•							CAM 6
											MON 2
											MON 5
						•	•		•		JOU 2
•	•							•			LAU 4

ANNEXE 3

OSTRACODES

	SAN 12a	MAT 4a	CAY 2	CA 2	CA 3	CA 4	MAU 1	COU 3	NAU 3	PAIL	DUF 1	DUF 3	DUF 9	BRO 1	BRO 2	CAM 2	MON 5	JOU 2
Aur												1	4					
Bos					1													
Byt									1			2						
Car 1					1		1											
Car 2							1											
Cos				1								1						
Cus									2				1				1	
Cya				7	4	1						1		1	1		1	1
Cea																	1	
Cyl									1									1
Cy sx		1									1			1	1		1	
Cyt 1		1		1	1				10		2					1		1
Cyea						1												
Cyt 2									8							2		2
Ech				7	7				2								1	
Euc													1					
Fal		1				1						1				1		1
Hes				2	1													
Hea													1					
Kri							1		1									
Leg 1	1		1						4							2	1	
Leg 2									3									
Leg 3									3									
Lox													3					
Neo				3														
Oli																		
Par	1																	
Pok	2			11	6	2	3	1	6	1								
Pon	1				1													
Pro												2	4					
Sem													1					
Uro									2					1	1			
Xes					2													
Ind 1				1	1					1								
Ind 2																1		1

ANNEXE 4

PALYNOMORPHES

DINOFLAGELLES	MAT1		CAY9		CA1		CA4		CA5		POU1		COU5		COU8b		DUF3		BRO2		CAM6		MON2		JOU2	
	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%
Dino indet	-	-	-	-	1	10	-	-	1	33,3	-	-	1	12,5	181	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Achomosphaera sp.	33	38,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	75,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Apteodinium australiensis	8	9,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Batiacasphaera sphaerica	2	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hystrichosphaeropsis obscura	3	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hystrichokolpoma rigaudiae	3	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Impagidinium patullum	2	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lingulodinium machaerophor	13	15,3	-	-	-	-	-	-	1	33,3	1	0,8	-	-	-	-	-	-	91	88,3	1	50	50	52,1	-	-
Multispinula quarita	-	-	-	-	1	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Operculodinium sp.	-	-	-	-	8	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Operculodinium centrocarpum	1	1,2									3	2,3														
Operculodinium piaseckii	1	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pentadinium taeniagerum	3	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polysphaeridium zoharyi	-	-	1000	100	-	-	-	-	-	-	101	76,5	-	-	-	-	84	100	12	11,7	1	50	44	45,8	3	100
Selenopemphix brevispinosa	2	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Selenopemphix quanta	2	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Spiniferites cf. bentorii	1	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	13	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Spiniferites cf. delicatus	1	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Spiniferites mirabilis	2	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	12	9,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Spiniferites pseudofurcatus	1	1,2	-	-	-	-	1	100	1	33,3	1	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-
Spiniferites ramosus	7	8,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-
Systematophora sp.	5	5,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tectatodinium pellitum	2	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trinovantedinium papulum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	12,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**85**		**1000**		**10**		**1**		**3**		**132**		**8**		**181**		**84**		**103**		**2**		**96**		**3**	
Autres Algues																										
Concentricystes sp.	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tinodiscus sp.	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**0**		**0**		**6**		**0**				**0**		**1**		**0**		**0**		**0**		**0**		**0**		**0**	
TOTAL	**85**		**1000**		**16**		**1**		**3**		**132**		**8**		**181**		**84**		**103**		**2**		**96**		**3**	

SPORES	MAT1		CA1		CA4		CA5		POU1		COU5		BRO2	
	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%
Indet.	-	-	-	-	3	50,0	3	9,4	-	-	-	-	-	-
Anthoceros	-	-	4	6,3	-	-	1	3,1	-	-	-	-	-	-
Letotrilites	-	-	-	-	-	-	2	6,3	-	-	-	-	-	-
Phaeoceros	-	-	1	1,6	-	-	1	3,1	-	-	-	-	-	-
Riccia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	50,0
Sphagnum	1	8,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polypodiaceae	7	58,3	14	22,2	1	16,7	-	-	7	100	9	90,0	-	-
Polypodium	-	-	44	69,8	2	33,3	17	53,1	-	-	-	-	-	-
Pteris	4	33,3	-	-	-	-	7	21,9	-	-	1	10,0	1	50,0
Selagineta	-	-	-	-	-	-	1	3,1	-	-	-	-	-	-
Total SPORES	**12**		**63**		**6**		**32**		**7**		**10**		**2**	

POLLENS	SAN14		MAT1		CAY9		CA1		CA4		CA5		POU1		COU5		COU8b		DUF3		BRO2		CAM6		MON2		JOU2	
	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%
Abietaceae	5	17,9	129	90,8	1	33,3	-	-	-	-	-	-	50	48,1	164	82,4	72	96,0	-	-	3	21,4	-	-	20	83,3	-	-
Taxodiaceae	-	-	2	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pinaceae	5	17,9	-	-	-	-	590	81,5	87	84,5	545	87,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	85,7
Cathaya	-	-	-	-	-	-	5	0,7	7	6,8	4	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keteleeria	-	-	-	-	-	-	9	1,2	7	6,8	14	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tsuga	-	-	-	-	-	-	1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cupressaceae	-	-	-	-	-	-	1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**10**		**131**		**1**		**606**		**101**		**563**		**50**		**174**				**0**		**3**		**0**		**20**		**12**	
Alnus	1	3,6	-	-	-	-	1	0,1	-	-	1	0,2	-	-	-	-	-	-	1	20,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Castanea	1	3,6	-	-	1	33,3	-	-	-	-	-	-	1	1,0	-	-	-	-	-	-	1	7,1	-	-	-	-	-	-
Carpinus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	20,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Carya	-	-	2	1,4	-	-	40	5,5	-	-	37	5,9	13	12,5	6	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cistaceae ?	-	-	-	-	-	-	1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Engelhardita	1	3,6	-	-	-	-	2	0,3	-	-	5	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ericaceae	-	-	1	0,7	-	-	10	1,4	-	-	1	0,2	-	-	3	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ilex	-	-	-	-	-	-	4	0,6	-	-	1	0,2	-	-		0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Juglans	-	-	-	-	-	-	4	0,6	-	-	-	-	-	-	1	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Liquidambar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Myrica	-	-	1	0,7	-	-	2	0,3	-	-	2	0,3	9	8,7	-	-	-	-	1	20,0	1	7,1	-	-	1	4,2	-	-
Platicarya	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0,5	-	-	2	1,0	1	1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pterocarya	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nyssa (?)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1,9	1	0,5	-	-		-	-	-	-	-	-	-		-
Quercus	8	28,6	1	0,7	1	33,3	6	0,8	1	1,0	1	0,2	7	6,7	2	1,0	-	-	1	20,0	-	-	-	-	-	-	1	7,1
Salix sp.	2	7,1	4	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2,9	4	2,0	1	1,3	-	-	5	35,7	-	-	-	-	1	7,1
Sambucus ?	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,5	1	1,3	-	-			-	-	-	-	-	-
Sapotaceae	-	-	-	-	-	-	4	0,6	-	-	-	-	2	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tilia	1	3,6	-	-	-	-	2	0,3	-	-	1	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tricolpe	-	-	-	-	-	-	2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ulmus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,0	1	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**14**		**9**		**2**		**78**		**1**		**56**		**38**		**21**				**4**		**7**		**0**		**1**		**2**	
Armeria	-	-	1	0,7	-	-	8	1,1	-	-	4	0,6	1	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chenopodiaceae/Amaranthac	-	-	-	-	-	-	7	1,0	-	-	2	0,3	6	5,8	4	2,0	-	-	1	20,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Compositae	3	10,7	-	-	-	-	7	1,0	-	-	-	-	2	1,9	-	-	-	-	-	-	4	28,6	2	100	3	12,5	-	-
Graminae	1	3,6	1	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sparganium	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	3,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lonicera	-	-	-	-	-	-	2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Malvaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Papilionaceae	-	-	-	-	-	-	9	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Scabiosa	-	-	-	-	-	-	6	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umbelliferae	-	-	-	-	-	-	1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**4**		**2**		**0**		**40**		**1**		**6**		**16**		**4**				**1**		**4**		**2**		**3**		**0**	
Total POLLENS	**28**		**142**		**3**		**724**		**103**		**625**		**104**		**199**		**75**		**5**		**14**		**2**		**24**		**14**	

ANNEXE 5

DOCUMENTS PHOTOGRAPHIQUES

1 : Détail de la déformation des niveaux supérieurs de la coupe de Sansot.

2 : Vue générale du sommet de la coupe de Sansot. La déformation des niveaux sableux (côté droit) indique des mouvements distensifs au sein de la série.

3 : Vue générale de la carrière de la Brasserie, avec poches de Sables Fauves entraînés dans le réseau karstique par soutirage.

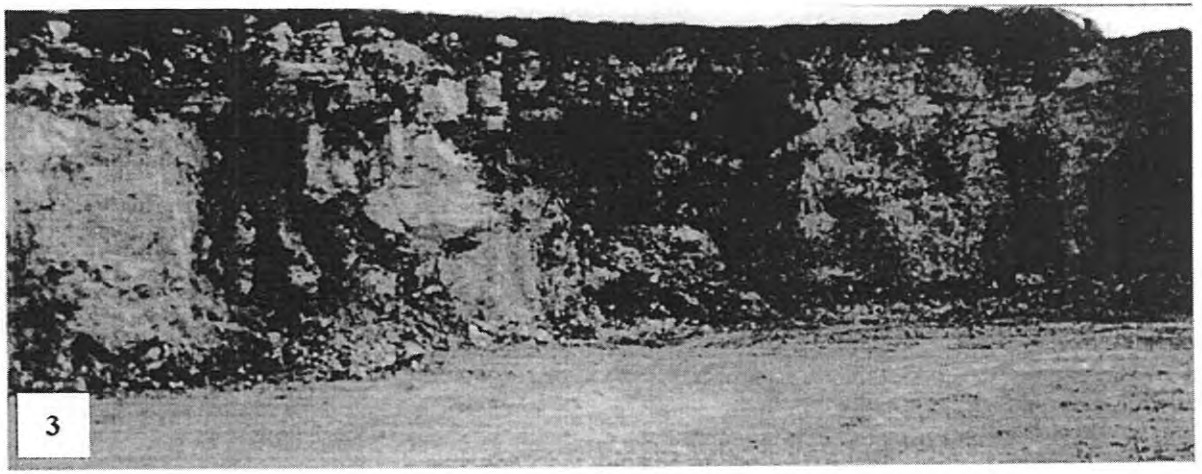
4 : Détail d'une figure de soutirage (carrière de la Brasserie).

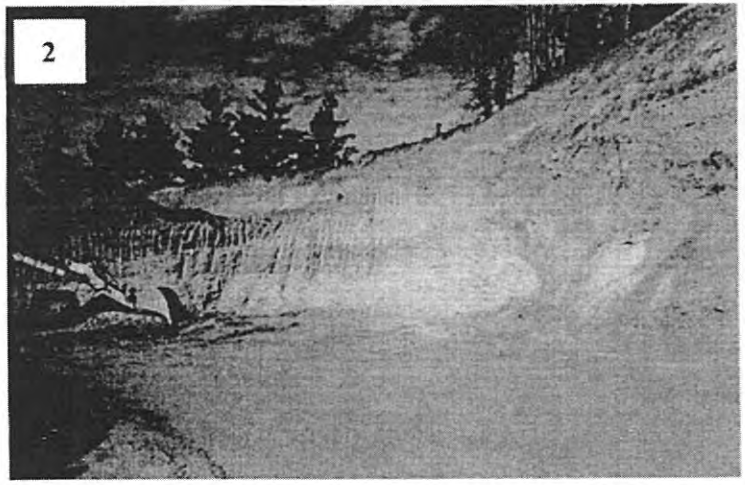
5 : Portion de galerie d'*Ophiomorpha* (coupe de Dufran).

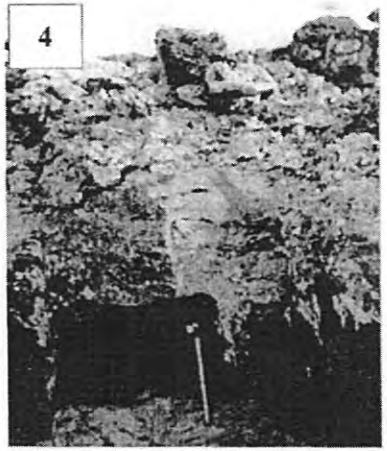
6 : Exemple de stratifications obliques en éventail (coupe de Roques).

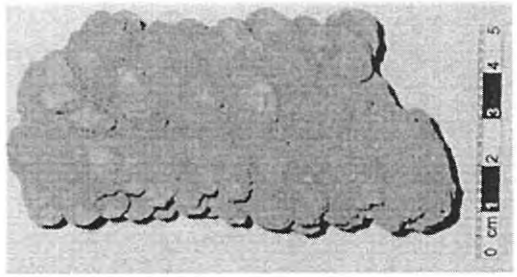
7 : Exemple ce *Crassostrea crassissima* (coupe de Sansot).

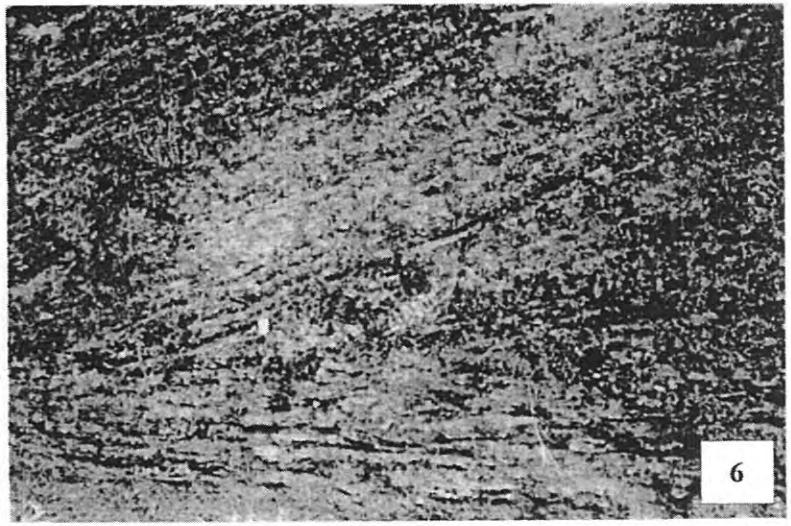

1

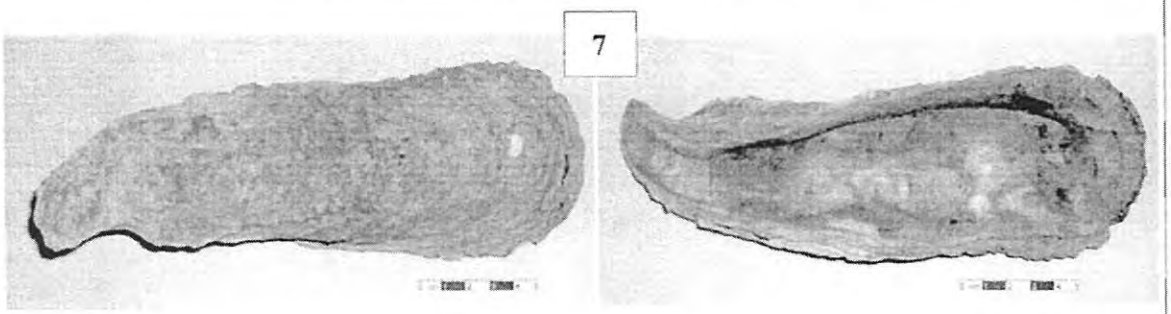

3


2


4


5
0 cm 1 2 3 4 5


6


7