



# CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE A 1/50 000

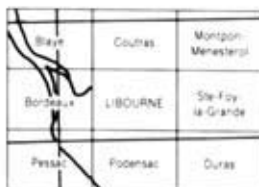
## LIBOURNE

par

J. DUBREUILH

### LIBOURNE

La carte géologique à 1/50 000  
LIBOURNE est recouverte  
par la coupure LIBOURNE (N° 181)  
de la Carte géologique de la France à 1/80 000



**BRGM**

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE  
BRGM  
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

Boîte postale 6009 — 45060 Orléans Cedex 2 — France

**NOTICE EXPLICATIVE DE LA FEUILLE  
LIBOURNE À 1/50 000**

**par**

**J. DUBREUILH**  
**avec la collaboration de**  
**F. CHARNET, L. LENOIR**

**1995**

**Éditions du BRGM**  
**Service géologique national**

**Références bibliographiques.** Toute référence en bibliographie au présent document doit être faite de la façon suivante :

— *pour la carte* : DUBREUILH J., KARNAY G. (1995). — Carte géol. France (1/50 000), feuille **Libourne** (804). Orléans : BRGM. Notice explicative par J. Dubreuilh, avec la collaboration de F. Charnet, L. Lenoir (1995), 60 p.

— *pour la notice* : DUBREUILH J., avec la collaboration de CHARNET F., LENOIR L. (1995) — Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille **Libourne** (804). Orléans : BRGM, 60 p. Carte géologique par J. Dubreuilh, G. Karnay (1995).

© BRGM, 1995. Tous droits de traduction et de reproduction réservés. Aucun extrait de ce document ne peut être reproduit, sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit (machine électronique, mécanique, à photocopier, à enregistrer ou tout autre) sans l'autorisation préalable de l'éditeur.

ISBN : 2-7159-1804-6

## SOMMAIRE

	<b>Pages</b>
<b>RÉSUMÉ</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUCTION</b>	<b>7</b>
<i>SITUATION GÉOGRAPHIQUE</i>	<i>7</i>
<i>CADRE GÉOLOGIQUE - PRÉSENTATION     DE LA CARTE</i>	<i>7</i>
<i>TRAVAUX ANTÉRIEURS - CONDITIONS     D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE</i>	<i>9</i>
<b>DESCRIPTION DES TERRAINS</b>	<b>9</b>
<i>TERRAINS NON AFFLEURANTS</i>	<i>9</i>
<i>TERRAINS AFFLEURANTS</i>	<i>15</i>
<b>ÉVOLUTION MORPHO-TECTONIQUE</b>	<b>35</b>
<b>SYNTHÈSE GÉODYNAMIQUE RÉGIONALE</b>	<b>35</b>
<b>GÉOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT</b>	<b>44</b>
<i>OCCUPATION DU SOL</i>	<i>44</i>
<i>RESSOURCES EN EAU</i>	<i>46</i>
<i>SUBSTANCES UTILES, CARRIÈRES</i>	<i>49</i>
<b>DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE</b>	<b>50</b>
<i>PRÉHISTOIRE ET ARCHÉOLOGIE</i>	<i>50</i>
<i>SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES</i>	<i>53</i>
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	<i>55</i>
<i>ANALYSES PALÉONTOLOGIQUES</i>	<i>59</i>
<i>DOCUMENTS CONSULTABLES</i>	<i>59</i>
<b>AUTEURS</b>	<b>59</b>
<b>ANNEXE : TABLEAU D'ÉQUIVALENCE DES NOTATIONS</b>	<b>60</b>

## RÉSUMÉ

Le territoire couvert par la feuille Libourne, situé au carrefour des trois régions naturelles du Landais, de l'Entre-deux-Mers et du Fronsadais, a été le siège d'une importante sédimentation durant le Tertiaire et le Quaternaire.

Située au cœur d'une zone fortement déprimée laissée au toit du Crétacé, cette région a servi de réceptacle aux différents axes de drainage, permettant le développement d'environnements particuliers.

Durant l'Éocène inférieur, la partie nord-orientale de la feuille acquiert la physionomie d'une plaine maritime, avec un bel édifice deltaïque avançant au Sud de la région libournaise, selon une configuration en « patte d'oiseau », caractérisée par le développement d'importants bourrelets sableux au débouché des émissaires fluviatiles.

Avec l'Éocène moyen, la tendance au détritisme s'accroît à la faveur d'un rajeunissement des reliefs, sans que l'édifice deltaïque, profondément perturbé par la transgression du Calcaire de Blaye, parvienne cependant à assurer sa pérennité.

C'est au cours de l'Éocène supérieur et de l'Oligocène que se développent des environnements fluvio-lacustres à faciès molassiques (Argiles à *Palaeotherium*, Molasses du Fronsadais, Argiles et calcaires de Castillon), avant que n'intervienne la transgression stampienne responsable du dépôt du Calcaire à astéries. Quelques environnements fluvio-lacustres, assez réduits dans cette région, se maintiendront à la fin de l'Oligocène (Molasses de l'Agenais), avant que la région ne soit soumise à l'altération et à l'érosion durant le Miocène et Pliocène.

Après la mise en place des premières nappes alluviales (très hautes nappes anciennes), le creusement des vallées s'effectuera avec le dépôt de terrasses fluviatiles étagées dès le Quaternaire ancien. Après la remontée de la mer lors du dernier pléniglaciaire wurmien, les vallées seront colmatées par des alluvions récentes durant la période holocène.

## INTRODUCTION

### *SITUATION GÉOGRAPHIQUE*

La feuille à 1/50 000 Libourne est partagée selon deux directions : par la vallée de l'Isle en N-S et celle de la Dordogne en E-W, isolant trois ensembles naturels :

- à l'Est, la terminaison occidentale de la région naturelle du **Landais**, individualisée par la vallée de l'Isle au Nord et celle de la Dordogne au Sud ;
- au Nord-Ouest, la région du **Fronsadais**, bordée par les rives droites de l'Isle et de la Dordogne ;
- au Sud-Ouest, la partie septentrionale de l'**Entre-deux-Mers**, en rive gauche de la Dordogne.

C'est une région de grande tradition viticole, avec de nombreuses appellations d'origine contrôlée (AOC), telles Saint-Émilion, Pomerol, Fronsac, premières côtes de Bordeaux, Entre-deux-Mers, graves de Vayres,...

### *CADRE GÉOLOGIQUE - PRÉSENTATION DE LA CARTE*

Au plan géologique, les formations affleurantes sont semblables à celles de la carte voisine Sainte-Foy-la-Grande, immédiatement à l'Est, constituées par des formations tertiaires fluviatiles ou fluvio-lacustres, seulement perturbées par les transgressions marines et l'érosion des vallées quaternaires, avec leurs alluvions périglaciaires.

Des environnements différents ont été mis en évidence sur l'emprise de la feuille dans les formations non affleurantes, qui vont de bras de marée et milieux de mangrove de l'Éocène inférieur et moyen, aux dépôts à caractère fluvio-lacustre, molassique, de l'Éocène supérieur et de l'Oligocène.

Deux transgressions marines d'importance apparaissent également, au cours de l'Éocène moyen avec le Calcaire de Blaye, et durant l'Oligocène avec le Calcaire à astéries.

La succession lithostratigraphique déduite des forages et des affleurements de terrain a bénéficié de l'apport des cartes antérieures et des travaux de recherches effectués tant sur les formations tertiaires que quaternaires. On observe à l'affleurement les formations suivantes, des plus anciennes aux plus récentes :

#### **Tertiaire**

##### **Formations fluviatiles**

###### **• Éocène supérieur**

- Sables argileux marron rubéfiés.

● **Oligocène inférieur**

- Sables feldspathiques, graviers, galets, argiles vertes.
- Sables, graviers et argiles sableuses vertes.

● **Oligocène supérieur l.s.**

- Sables feldspathiques, graviers et argiles vertes à ocre.

**Formations fluvio-lacustres**

● **Éocène moyen à supérieur**

- Argiles à *Palaeotherium* et Molasses inférieures : argiles silteuses carbonatées versicolores à chenaux sableux.

● **Éocène supérieur**

- Molasses du Fronsadais, parties inférieure et moyenne : argiles sableuses carbonatées jaunâtres.

● **Oligocène inférieur**

- Molasses du Fronsadais, partie supérieure : sables et argiles carbonatées grisâtres.
- Argiles vertes carbonatées et sables feldspathiques.
- Argiles et calcaires de Castillon.
- Molasses de l'Agenais, partie inférieure : sables et argiles sableuses carbonatées brunâtres.
- Marnes bleues et blanches à nodules calcaires.

● **Oligocène supérieur l.s.**

- Molasses de l'Agenais, partie supérieure : sables et argiles sableuses brunâtres.

**Formations marines**

● **Oligocène inférieur (Stampien)**

- Marnes vertes, faluns.
- Calcaire à astéries.

**Quaternaire**

**Formations fluviales**

● **Pléistocène inférieur**

- Très hautes nappes alluviales.
- Haute terrasse.

● **Pléistocène moyen**

- Haute terrasse (Mindel).
- Moyennes terrasses (Riss).

● **Pléistocène supérieur**

- Basse terrasse (Würm).

● **Holocène**

- Alluvions récentes.
- Alluvions actuelles et subactuelles.

## **Formations colluviales**

### **● Pléistocène—Holocène**

- Alluvions et colluvions argilo-sableuses de vallons secs.
- Colluvions sablo-argileuses et graveleuses de versants.

## *TRAVAUX ANTÉRIEURS - CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE*

La feuille à 1/50 000 Libourne s'inscrit en totalité au sein de la coupure à 1/80 000 de même nom, où les dépôts détritiques étaient cartographiés sous les appellations de « *Sidérolithique* », de « *Sables du Périgord* » et de « *Molasses* ».

La conception lithostratigraphique de cette feuille a bénéficié de l'apport des cartes avoisinantes Sainte-Foy-la-Grande (Dubreuilh et Karnay, 1994), Coutras (Dubreuilh, 1982) et Montpon-Ménéstérol (Dubreuilh, 1984), ainsi que des travaux de recherches réalisés sur l'ensemble des formations tertiaires de la région nord-aquitaine.

De nombreuses coupes lithologiques ont été levées, tant dans les formations tertiaires que quaternaires, afin de mettre en évidence les différents domaines de sédimentation ainsi que les passages latéraux de faciès. Certaines formations ont été regroupées lorsque leur épaisseur était inférieure à quelques mètres et les conditions topographiques peu favorables (c'est le cas des marnes vertes g<sub>2A</sub> et du Calcaire à astéries g<sub>2B</sub> au niveau du plateau calcaire de Saint-Émilion—Puisseguin).

Les levés cartographiques ont également bénéficié de l'apport des photographies aériennes des missions les plus récentes de l'Institut géographique national (IGN).

Très souvent il a été fait abstraction de la pellicule superficielle de colluvions limoneuses, épaisse de quelques décimètres à 1 m, qui recouvre toute les formations cartographiées, notamment à la terminaison occidentale du Landais.

## **DESCRIPTION DES TERRAINS**

### *TERRAINS NON AFFLEURANTS*

Aucun forage pétrolier n'a été réalisé sur cette feuille ; les formations profondes peuvent néanmoins être appréhendées à partir de trois forages : Saint-Géry 1 (SG 1), implanté à l'angle nord-oriental de la feuille Sainte-Foy-la-Grande\* à l'Est, Saint-Martin-du-Bois 1 (SMB 1), situé sur la feuille Coutras immédiatement au Nord, et Saint-

\* Voir log de cet ouvrage en notice de cette feuille (Dubreuilh et Karnay, 1994).



**Tableau 1 — Coupes résumées des forages Saint-Martin-du-Bois 1 et Saint-Géry 1**

Nom du sondage	Quaternaire et formations superficielles	Tertiaire	Campanien 4-5	Campanien 1-2-3	Santonien	Coniacien	Turonien	Cénomanién	Crétacé inférieur	Portlandien	Kimméridgien inférieur	Oxfordien supérieur	Dogger	Lias supérieur	Lias inférieur	Trias	Discordance hercynienne	Profondeur finale	Série de base
Saint-Martin-du-Bois 1 SMB 1 (780-6-8)	—	•	307	347	557	670	753	855	Lc	Lc	910	1278	1380	1487	1495	1723	1750	2160	Dévonien
Saint-Géry 1 SG 1 (805-4-3)	—	•	77	204	407	492	572	662	Lc	Lc	694		1215	1565	1595	1856	2052	2154	

• : indique la formation dans laquelle a débuté le sondage.

Lc : lacune.

Les profondeurs en mètres sont celles du toit des formations.

Félix (SF 1), sur la feuille Ribérac. Ils ont atteint respectivement les profondeurs de 2 154,50 m, 2 160,80 m et 2 061 m.

### **Paléozoïque**

Les formations paléozoïques ont été rencontrées à 2 052 m de profondeur à l'Est (SG 1) et à 1 750 m à l'Ouest (SMB 1) (tabl. 1).

À la partie orientale du secteur, le forage SG 1 a rencontré, à la base, des schistes finement silteux gris bleuté avec de petites intercalations de quartzites noirs, dans lesquels des pendages très accusés (entre 20 et 60°) ont été relevés. La partie supérieure, représentée par des schistes feuilletés à inclusions gréseuses, de couleur lie-de-vin, présente des pendages plus faibles, de l'ordre de 10 à 20°.

À Saint-Martin-du-Bois, le socle a été recoupé entre 1 750 et 2 160,40 m, constitué, de la base au sommet, de schistes dolomitiques, puis de dolomies. La présence de *Spirifer* a permis d'attribuer les schistes de base au Dévonien.

Par ailleurs, le socle a été atteint à 1 775 m au forage Saint-Félix (SF 1) au Nord-Est.

### **Trias**

Dans le forage SG 1, les dépôts du Trias ont été recoupés sur 196 m, entre 1 856 et 2 052 m de profondeur.

À la base, il s'agit d'une alternance de grès parfois micacés rougeâtres et d'argiles organiques rouges ou noires à débit schisteux. Des intercalations de grès blanchâtres à ciment dolomitique occupent la partie basale.

La partie moyenne est représentée par des grès argileux rouges, peu consolidés, avec des passées dolomitiques blanches plus ou moins gréseuses.

Au sommet de la série apparaissent des grès assez grossiers gris verdâtre, peu cimentés, micacés et feldspathiques, avec des intercalations argileuses verdâtres et rouges, ainsi que des passées de calcaires dolomitiques blancs à gris.

À Saint-Martin-du-Bois, l'épaisseur des dépôts triasiques, très réduite, ne dépasse pas 26 m; ils sont constitués d'argiles rouges, vertes et noires à passées gréseuses, correspondant seulement à la partie basale des dépôts. Des faciès comparables ont été traversés à Saint-Félix sur une épaisseur d'environ 125 m.

## **Lias inférieur et moyen**

À Saint-Géry, le Lias inférieur, épais d'environ 260 m, est constitué par la « zone à anhydrite et dolomie » ; il atteint 223 m à SMB 1, sensiblement sous les mêmes faciès (« dolomie de Carcans » et « zone à anhydrite et dolomie »).

La base — rapportée à l'*Hettangien* — présente des faciès à anhydrite massive avec de petites intercalations de dolomies grises à gris foncé, à forte teneur en matière organique, et des passées d'argiles noires dolomitiques.

La partie supérieure (*Sinémurien—Pliensbachien*), comprise entre 1 595 et 1 696 m, présente à la base des dolomies et des calcaires dolomitiques, puis des calcaires dolomitiques gris clair, légèrement argileux, à pâte fine et intercalations de calcaires oolitiques dolomitisés. Des calcaires à entroques gris foncé, à passées gréseuses et dolomitiques, d'aspect microconglomératique, terminent la série. À Saint-Félix, cette série est comprise entre 1 470 et 1 650 m de profondeur, sensiblement sous les mêmes faciès.

## **Toarcien—Aalénien inférieur**

Très réduits en puissance (34 m à SG 1, 8 à 10 m à SMB 1 et 16 m à SF 1), ces dépôts sont constitués soit de marnes gris foncé à noires finement silteuses, soit de calcaires cristallins gris foncé à oolites limoniteuses, comme à SMB 1.

## **Aalénien supérieur à Oxfordien inférieur**

Cette importante série, d'une puissance de 344 m à SG 1, est constituée à la base par des dolomies carbonatées gris-bleu, dures et compactes, du *Bajocien* (épaisseur 67 m).

Le *Bathonien* (1 372 à 1 494 m) est représenté par une dolomie microcristalline vacuolaire à passées macrocristallines plus grossières, avec filonnets de calcite.

Le *Callovien* se présente sous un faciès macrocristallin saccharoïde de dolomies vacuolaires brun rougeâtre, avec des passées de calcaires graveleux recristallisés à pseudo-oolites (137 m environ).

L'*Oxfordien inférieur* est un calcaire recristallisé blanchâtre, à pâte fine, d'une puissance d'environ 18 m, compris entre 1 217 et 1 235 m.

À Saint-Martin-du-Bois, cette série, d'une puissance de 107 m, est constituée de calcaires cryptocristallins beiges à marron, à filaments et débris de pélécy-podes et d'échinodermes, avec des alternances de marnes grises et de calcaires cryptocristallins beige clair à marron. Des calcaires à filaments gris à blanchâtres terminent la série. À

Saint-Félix, cet ensemble, nettement plus réduit qu'à Saint-Géry, a été reconnu entre 1 302 et 1 454 m de profondeur.

### **Oxfordien supérieur—Kimméridgien inférieur**

Le Jurassique supérieur est une puissante série de 521 m à SG 1 (694 à 1 217 m).

L'*Oxfordien supérieur* débute par des calcaires gris-blanc recristallisés, à rhomboèdres de dolomite, surmontés par des dolomies vacuolaires macrocristallines beige foncé, à passées d'ooïdes.

La partie supérieure est occupée par un calcaire beige clair recristallisé à ooïdes dans un ciment graveleux à passées bréchiques. Des intercalations de calcaires microcristallins blanc-beige et des dolomies blanchâtres s'observent également.

Le *Kimméridgien inférieur* est représenté, entre 694 et 973 m, d'abord par un calcaire beige clair à pâte fine, avec recristallisations de calcite et passées à ooïdes, puis par des alternances de calcaires gris à pâte fine et de marno-calcaires, et enfin par des calcaires à pâte fine gris légèrement argileux, à débris coquilliers et petites intercalations de grès fins gris clair.

Cette série n'atteint que 470 m à SMB 1 où elle se réduit légèrement, représentée à la base par des marnes noires à ammonites, puis par les formations des calcaires de Saint-Martin et des marno-calcaires de Lamarque. À SF 1, l'ensemble de la série, nettement plus puissante, atteint 864 m.

### **Cénomaniens**

Après une lacune du Portlandien et du Crétacé inférieur, débutent les dépôts cénomaniens.

À Saint-Géry, la série cénomaniens, comprise entre 662 et 694 m, est représentée par des calcaires microconglomératiques gris, gréseux et glauconieux, à intercalations de calcaires argileux, surmontés par des calcaires grésoglaucieux.

Des dépôts comparables ont été recoupés à SMB 1 (épaisseur 55 m) et à SF 1 (65 m, entre 373 et 438 m).

### **Turonien**

L'épaisseur des dépôts turoniens atteint 102 m à SMB 1 où ils sont constitués de calcaires gris-beige plus ou moins graveleux, recristallisés, à gravelles, ooïdes et nombreux débris de bryozoaires, lamellibranches, spicules d'éponges et foraminifères.

À SG 1, il s'agit de calcaires tendres gris clair, à passées détritiques, plus ou moins grossières, auxquels se superposent des calcaires blanchâtres microcristallins à intercalations de calcaires argileux tendres en plaquettes. L'épaisseur totale est de 91 m, entre 571 et 662 m de profondeur.

À SF 1, les dépôts turoniens sont assez semblables, épais de 92 m et compris entre 281 et 373 m.

### **Coniacien**

Les dépôts du Coniacien présentent, dans les trois forages, une épaisseur comparable : 79 m à SG 1 (492 à 571 m), 83 m SMB 1 et 70 m à SF 1.

Il s'agit de calcaires crayeux beige clair plus ou moins argileux et glauconieux, et de calcaires silicifiés gris bleuté à silex.

### **Santonien**

Il est constitué de calcaires crayeux et glauconieux gris blanchâtre, à passées gréseuses plus ou moins fréquentes et à silicifications grisâtres. Ces dépôts atteignent 113 m à SMB 1, 85 m à SG 1 et 91 m à SF 1.

### **Campanien—Maastrichtien**

La série campanienne à maastrichtienne affleure au forage SF 1 (0 à 120 m) sur la feuille Ribérac, alors qu'elle n'a été atteinte qu'à 80 m (80 à 407 m) à SG 1 et à 307 m à SMB 1 (307 à 347 m), comprenant les biozones 1 à 5.

La partie basale est le plus souvent marquée par des calcaires crayeux et glauconieux blanchâtres, localement silicifiés, avec quelques silex blonds, surmontés par des calcaires crayeux blancs, plus ou moins pulvérulents, à intercalations de marnes blanches.

La partie moyenne est représentée par des calcaires argilo-glauconieux, très souvent gréseux, à plages silicifiées et silex blonds en rognons. Le sommet est occupé par des calcaires finement détritiques blanc jaunâtre, à intercalations de marnes blanches, avec présence d'orbitoïdes, de spicules d'éponges et de bryozoaires.

L'épaisseur totale des dépôts crétacés (Cénomaniens à Maastrichtien) est de l'ordre de 614 m à Saint-Géry (80 à 694 m), de 438 m à Saint-Félix, où ils affleurent, et de 603 m à Saint-Martin-du-Bois.

### **Paléocène**

Des argiles versicolores à pisolites ferrugineux occupent localement le toit karstifié du Crétacé supérieur, auxquelles se mêlent les débris

de petites cuirasses latéritiques silico-ferrugineuses, ainsi que des argiles où dominant les kaolinites.

### **Éocène inférieur**

Dans ce secteur, l'Éocène inférieur présente deux séquences bien développées, dont la puissance peut atteindre 150 m au cœur de la feuille dans la région de Puisseguin :

— à la base, des sables micacés plus ou moins grossiers, grisâtres, à passées d'argiles vertes et ocre rubéfiées, terminés par des argiles plastiques noires organiques et des lignites pyriteux, sur une épaisseur d'environ 70 à 80 m ;

— au sommet, des sables micacés moyens, gris clair, kaoliniques, à passées d'argiles organiques vertes et noirâtres, surmontés par des argiles kaoliniques vertes à blanches, marquées par une intense rubéfaction liée à une exondation à caractère régional (épaisseur moyenne 70 m).

### **Éocène moyen**

Ces dépôts débutent très souvent par des sables peu argileux, micacés et feldspathiques, et des graviers et galets dans les zones de forte alimentation fluviale, comme dans la région de Libourne où un exutoire majeur traversait la carte suivant une direction sensiblement N-S. De fréquentes incursions marines, matérialisées par le Calcaire de Blaye, pénètrent les estuaires des émissaires ouverts dans le secteur.

La partie supérieure est marquée par des argiles sableuses feldspathiques, où l'on observe de nombreux arrêts de sédimentation. Cette série à dominante détritique atteint 180 à 200 m de puissance à la partie la plus occidentale de la région du Landais.

## *TERRAINS AFFLEURANTS*

### **Tertiaire**

#### ***Formations fluviales***

### **Éocène supérieur**

e7b. **Sables argileux marron rubéfiés** (épaisseur : quelques mètres à 10 m). Ces dépôts à dominante sableuse affleurent à la partie orientale de la feuille, en bordure de la vallée de la Lidoire, où ils sont le plus souvent remaniés et colluvionnés. Au Nord-Est, ils affleurent également en bordure de la vallée du Palais, donnant des sols mal drainés caractéristiques.

Il s'agit le plus souvent de sables et de petits graviers emballés dans une matrice argileuse rubéfiée, dont l'épaisseur ne dépasse pas quelques mètres. La partie supérieure est très souvent représentée par des argiles grisâtres, voire jaunâtres, à petites flammes d'oxydation.

Des débris de cuirasses ferrugineuses liées à des battements de nappes sont fréquemment observés sous forme de petites plaquettes ondulées de quelques centimètres d'épaisseur. Ces dépôts résultent du remaniement de puissantes altérites élaborées sur le Périgord, les Charentes et le Quercy dès la fin de l'Éocène moyen, durant le Marinésien.

L'épaisseur de cette formation décroît du Nord-Est vers le Sud-Ouest, pour disparaître au Nord de la commune de Lussac où elle est localement matérialisée par une surface d'altération bien marquée entre les Argiles à *Palaeotherium* et les Molasses du Fronsadais.

La phase argileuse, analysée sur la feuille voisine Sainte-Foy-la-Grande, montre un cortège dominé par les smectites (50 à 60 %) associées en proportions équivalentes à des kaolinites et des illites ou, très localement, des interstratifiés irréguliers.

L'ensemble des corrélations lithostratigraphiques effectuées au niveau du bassin confère à cette formation une position bien définie entre les Argiles à *Palaeotherium* et les Molasses du Fronsadais, au sein de l'Éocène supérieur (Ludien). Un maximum de dépôts semble néanmoins probable au cours du Ludien inférieur et moyen.

### Oligocène inférieur

**g1a. Sables feldspathiques, graviers et galets, puis argiles sableuses vertes** (épaisseur de l'ordre de 15 à 20 m maximum). Cette formation fluviatile est très souvent constituée de graviers et de galets de quartz et de quartzites blancs associés à des sables grossiers feldspathiques, dans une légère matrice argileuse vert pâle; des argiles sableuses vertes en constituent le sommet.

Plusieurs affleurements ont été observés, principalement au Nord de la feuille, près des lieux-dits la Faye ou Picarde, sur les communes de Petit-Palais-et-Cornemps ou Les Artigues-de-Lussac. C'est également le cas des dépôts affleurant au talus inférieur de la terrasse du Pléistocène inférieur (Fu) dans la région comprise entre Pomerol au Sud et les lieux-dits Dallan et Sauvêtre à l'Ouest du bourg des Artigues-de-Lussac, très souvent confondus avec les alluvions quaternaires rubéfiées de la terrasse. Dans ce secteur, entre Catusseau, La Tour-du-Pin Figeac et l'Ouest du château Cheval-Blanc, la fine couche d'alluvions quaternaires laisse apparaître un mélange au niveau du

stock de galets dans lequel s'observent les galets de quartzites blancs oligocènes constituant le substratum de la terrasse.

Près du lieu-dit la Cabane, à l'Ouest de Pomerol, ces dépôts apparaissent sous quelques décimètres de colluvions ferrugineuses cimentées, dérivant de la terrasse Fu. De la même manière, à la cote + 32 NGF, on a pu observer dans une fouille près du château Moulin-à-Vent, sous quelques décimètres, voire un mètre d'alluvions quaternaires, les sables feldspathiques et argiles vertes de la formation g<sub>1a</sub>. Cette formation fluviatile constitue le substratum de la terrasse du Pléistocène inférieur (Fu) dans tout ce secteur.

Ces dépôts, d'affinité franchement fluviatile, passent latéralement aux Molasses du Fronsadais (g<sub>1aM</sub>) déposées dans un environnement fluvio-lacustre, où l'on constate un enrichissement en carbonates d'origine pédologique.

Les minéraux argileux sont très souvent représentés par des smectites largement dominantes (60 à 70 %) associées à des illites et des kaolinites en proportions équivalentes.

Compte tenu des passages latéraux à la formation g<sub>1aM</sub>, cette formation a été replacée dans un contexte oligocène inférieur.

**g<sub>1b</sub>. Sables, graviers et argiles sableuses vertes** (épaisseur : 17 à 20 m en moyenne). Cette séquence fluviatile, bien individualisée, débute par des graviers, des galets et des sables fins argileux verdâtres, feldspathiques, à taches ocre, surmontés de sables moyens gris à deux micas, ou argilo-feldspathiques gris-vert, quelquefois très légèrement carbonatés au passage à la formation g<sub>1bM</sub>. Cet ensemble détritique, plus ou moins grossier suivant les secteurs, se termine par des argiles sableuses gris verdâtre à taches d'oxydation rougeâtres et ocre, sur une épaisseur pouvant aller de quelques mètres jusqu'à 10 m, comme dans la région située au Nord de la commune de Lussac.

Localement, ces dépôts apparaissent très rubéfiés avec des matériaux ocre à rougeâtres (par ex. : anciennes carrières situées au Sud du lieu-dit Chevalier sur la commune de Galgon, en rive droite de la vallée de l'Isle).

Cette formation, bien développée sur l'ensemble de la feuille, passe latéralement aux dépôts fluvio-lacustres de la formation g<sub>1bM</sub>, qui elle-même se termine localement par les Argiles et calcaires de Castillon (g<sub>1c</sub>), comme dans le secteur compris entre Puisseguin et Montagne.

Le cortège de minéraux argileux est très largement dominé par les smectites dont le pourcentage peut atteindre 80 à 90 %, très souvent associées à des illites et des kaolinites, voire des interstratifiés irréguliers.



Compte tenu des corrélations avec les dépôts fluvio-lacustres (g<sub>1bM</sub> et g<sub>1C</sub>), cette formation a été replacée dans un contexte oligocène inférieur.

### **Oligocène supérieur *l.s.***

g<sub>2-3</sub>. **Sables feldspathiques, graviers et argiles vertes à ocre** (épaisseur : quelques mètres). Ces dépôts sont représentés par des sables feldspathiques et micacés plus ou moins grossiers, associés à des graviers, terminés par des argiles vertes à ocre souvent très rubéfiées et légèrement carbonatées. Une teinte brune caractérise souvent ces dépôts argilo-carbonatés dérivant de l'altération du toit du Calcaire à astéries.

Plusieurs plages cartographiques ont été individualisées sur le plateau calcaire de la commune de Lussac, ainsi qu'entre Saint-Cibard et Saint-Philippe-d'Aiguille à la partie orientale de la feuille, et au droit de Saint-Émilien. Cette formation, bien que de faciès mixte, présente un incontestable « apport molassique » qui la fait considérer comme un dépôt, néanmoins très résiduel.

Les smectites, le plus souvent dominantes (50 à 60 %), sont associées comme dans les formations précédentes à des illites et des kaolinites.

Cette formation, superposée au Calcaire à astéries, a été rapportée à l'Oligocène supérieur *l.s.*

### ***Formations fluvio-lacustres***

#### **Éocène moyen à supérieur**

e<sub>6-7a</sub>. **Argiles à *Palaeotherium* et Molasses inférieures : argiles silteuses carbonatées versicolores à chenaux sableux** (épaisseur comprise entre 40 et 100 m). Du Nord au Sud de la feuille, la partie supérieure de cette formation affleure entre + 20 et + 15 NGF à la faveur de l'incision quaternaire des vallées de l'Isle, de la Dordogne et de leurs affluents.

Il s'agit d'argiles silteuses plus ou moins carbonatées gris-vert à gris-beige, à taches ocre et marbrures bleutées, admettant quelques niveaux de calcaires lacustres. La partie affleurante, la plus argileuse, a une puissance moyenne de l'ordre de 15 à 25 m, alors que les parties moyenne et inférieure sont le plus souvent constituées d'une alternance de corps argilo-sableux carbonatés et de chenaux de sables plus ou moins grossiers, d'orientation SSW.

Au Nord de la feuille, ces dépôts affleurent à la faveur du ruisseau du Palais, non loin de l'exploitation du lieu-dit Pétreau située sur la feuille à 1/50 000 Coutras.

En rive droite de l'Isle, à la partie basale des coteaux de Fronsac où elles ont été définies par J. Blayac (1930) sous le terme de « Molasses inférieures de Fronsac », elles apparaissent le plus souvent sous quelques décimètres, voire plusieurs mètres de colluvions.

À l'extrémité occidentale du Landais, c'est au droit du ruisseau de la Barbanne, près des lieux-dits Maison-Neuve et la Tuilerie, que des argiles carbonatées vert olive à taches rouille et nodules carbonatés ont pu être observées.

À la partie méridionale de la feuille, en rive gauche de la Dordogne, ces dépôts, le plus souvent argilo-silteux verdâtres à jaunâtres, soulignent la base du coteau, comme c'est le cas près du pont de Branne ou dans le secteur de Moulon.

La phase argileuse est dominée par les smectites (comprises entre 40 et 65 %), associées à des illites et des kaolinites, voire des interstratifiés le plus souvent irréguliers. Quelques pourcentages de gypse, chlorite et carbonates sont également présents. Quant à la fraction minéralogique lourde, elle montre de nouveaux apports qui s'opèrent dès la base de cette formation des « Molasses inférieures » des anciens auteurs, avec un cortège où dominent la tourmaline et l'andalousite et des minéraux issus des massifs pyrénéens, tels le grenat et l'épidote.

Sur la feuille Sainte-Foy-la-Grande (Dubreuilh et Karnay, 1994), immédiatement à l'Est, deux sites ont fourni des restes de mammifères permettant une datation de la partie supérieure de la formation : la briqueterie de la Malevieille (Le Fleix), et la coupe du lieu-dit Baby (Saint-André-et-Appelles). Parmi les espèces rencontrées, il faut noter *Palaeotherium magnum girondicum* sur le premier, et *P. magnum stehlini* associé à *Xiphodon intermedium* sur le second, permettant d'attribuer respectivement ces deux niveaux au Ludien moyen et au Ludien inférieur.

Quant à la partie basale de la formation, dont la géométrie et les limites restent assez mal définies, son dépôt a pu débuter, compte tenu des corrélations lithostratigraphiques, vers la fin de l'Éocène moyen, probablement au cours du Marinésien.

## Éocène supérieur

e7b-cM. **Molasses du Fronsadais, parties inférieure et moyenne : argiles sableuses carbonatées jaunâtres** (épaisseur moyenne 20 à 25 m). Les Molasses du Fronsadais (« Molasses supérieures de Fronsac », par opposition aux « Molasses inférieures de Fronsac » définies par J. Blayac sur la butte du Tertre de même nom), sont constituées par un ensemble de faciès argilo-sableux carbonatés de plaine d'inondation, dans lesquels apparaissent des chenaux remplis de sables feldspathiques vert pâle à traînées décarbonatées blanchâtres. On observe :  
— à la base, un premier ensemble constitué d'argiles carbonatées vert-jaune à niveaux durcis et chenaux de sables verts micacés et carbonatés ;

— localement, de petits niveaux marneux blanchâtres à jaunâtres dont l'épaisseur n'excède pas quelques décimètres, voire un mètre ;  
— au sommet, un nouvel ensemble représenté par des faciès argilo-sableux ou silteux, jaune-ocre à jaune-vert, avec chenaux bien marqués de sables gris-vert plus ou moins carbonatés, à traces blanchâtres de décarbonatation.

Comme sur la feuille Sainte-Foy-la-Grande, la partie occidentale du Landais apparaît plus influencée par les apports détritiques que la région septentrionale de l'Entre-deux-Mers, en rive gauche de la Dordogne, qui présente des faciès nettement plus argileux, molassiques.

L'analyse des minéraux argileux montre un cortège mixte où dominent les smectites (plus de 60 % en moyenne), associées à des illites. Localement, des passées de gypse et des argiles à débit fibreux ont été observées en rive droite de la Dordogne.

Cet ensemble cartographique a pu être daté à l'Est sur la feuille Sainte-Foy-la-Grande, à la faveur notamment de la coupe du lieu-dit Baby, situé sur la commune de Saint-André-et-Appelles, et de celle du lieu-dit Bois-du-Mignon, commune du Fleix, étudiée par P. Fallot dès 1889. M. Ringeade (1989) a de nouveau étudié les deux horizons, qui ont livré les restes suivants :

— Bois-du-Mignon (Le Fleix). De nombreux restes ont été mis au jour, dont un fragment de crâne attribué à *Palaeotherium crassum crassum*, ainsi que des dents isolées du genre *Palaeotherium medium medium*, confirmant l'attribution de ces niveaux inférieurs de la molasse à la zone d'Escamps (Montmartre), datée du Ludien supérieur ancien ;

— Baby (Saint-André-et-Appelles). L'horizon à mammifères, connu sous le vocable de Baby 2, a été mis en évidence dans des calcaires lacustres situés à la partie moyenne de la coupe. Une riche faune composée de *Plagiolophus minor*, *Dichobune leporina*, *Amphipera-therium minutum*, *Saturnina gracilis*, *Acotherulum saturninum*, *Diplobune secundaria*, *Xiphodon gracile* et *Amphimeryx murinus*, a permis d'attribuer cet horizon au Ludien supérieur récent (zone de Sainte-Capraise).

L'ensemble cartographié e7b-cM, constituant les parties inférieure et moyenne des Molasses du Fronsadais, a donc été attribué à l'Éocène supérieur (Ludien supérieur).

### Oligocène inférieur

g1aM. **Molasses du Fronsadais, partie supérieure : sables et argiles carbonatées grisâtres** (épaisseur moyenne 15 à 20 m). Cet ensemble, constituant la partie supérieure des Molasses du Fronsadais, débute par de petits graviers, voire quelques galets localement, sur une épaisseur de quelques décimètres à 1 m, surmontés par des sables moyens argilo-micacés gris-vert à gris foncé, le plus souvent carbonatés. Plu-

sieurs horizons présentent un faciès induré de grès gris-vert à petits nodules carbonatés et feldspaths abondants.

La partie supérieure de la série est constituée par des argiles gris verdâtre sableuses, micacées, carbonatées et feldspathiques, légèrement indurées, et se termine le plus souvent par des argiles carbonatées plastiques, verdâtres à taches ocre et marron, montrant une altération probablement en liaison avec un réseau racinaire.

Les minéraux argileux sont représentés par les smectites (60 % et plus) associées à des illites et des kaolinites en proportions plus ou moins équivalentes. La fraction lourde, marquée par un renouvellement des apports, est fortement dominée par la tourmaline et le grenat, avec de manière accessoire amphibole, tourmaline, épidote et zircon.

Ces sédiments, déposés par un réseau fluvial à la faveur de crues, se trouvèrent rapidement piégés au sein d'une plaine d'épandage sans relief, dans laquelle ils ont acquis le caractère molassique (nodules carbonatés d'origine pédologique) de la partie septentrionale de l'Entre-deux-Mers, en rive gauche de la Dordogne.

Cet ensemble sous-jacent aux Argiles et calcaires de Castillon, est à rapporter à l'Oligocène inférieur par corrélation avec l'horizon à mammifères de Soumaille situé dans des dépôts comparables sur la commune de Pardailhan, dans lequel on note la présence de *Palaeotherium medium suevicum* et la disparition de *P. magnum magnum*.

**g<sub>1b</sub>M. Argiles vertes carbonatées et sables feldspathiques** (épaisseur : une quinzaine de mètres environ). Ces dépôts d'origine fluvial, sédimentés dans un milieu à tendance palustre et lacustre, sont représentés par des graviers et des sables feldspathiques plus ou moins grossiers, micacés, et des argiles vertes carbonatées. Les carbonates se présentent sous forme de nodules blanchâtres friables et de petites tubules de quelques centimètres.

Plusieurs coupes ont montré, à la base, des sables moyens à fins, grisâtres à fauves, plus ou moins carbonatés, surmontés d'argiles silteuses carbonatées blanchâtres ou crème à taches rougeâtres, très plastiques, dans lesquelles on observe fréquemment quelques passées de sables vert pâle feldspathiques et micacés, comme près du château de Génissac, au Sud de la feuille, ou à Moulon.

Sur l'ensemble de la feuille, on observe une nette évolution selon une trajectoire N-S, avec l'extension et le développement à la partie méridionale de la tendance lacustre, marquant probablement des zones plus basses, baignées par une nappe phréatique de manière plus ou moins permanente.

Ces dépôts ont été individualisés latéralement par rapport à la formation g<sub>1b</sub> (cf. *supra*) pour rendre compte des conditions du milieu

de dépôt et distinguer ainsi les zones de forte alimentation détritique de celles plus calmes.

Le cortège des minéraux argileux est représenté par des smectites dominantes atteignant 80 à 90 %, avec un reliquat d'illites et de kaolinites.

Localement, comme dans le secteur de Montagne, on observe le passage des argiles vertes et blanchâtres du sommet aux dépôts lacustres dénommés Argiles et calcaires de Castillon (g1C). Compte tenu de ce passage latéral, cette formation a été replacée dans un contexte oligocène inférieur.

**g1C. Argiles et calcaires de Castillon** (épaisseur moyenne : 10 à 12 m). Cette formation lacustre apparaît dans la partie sud-occidentale de la feuille, au Sud d'une ligne passant grossièrement en diagonale par Puisseguin, Montagne et Villegouge au Nord-Ouest.

Il s'agit le plus souvent d'argiles vertes à blanchâtres, très carbonatées, compactes, apparaissant latéralement au toit de la séquence g1bM. Des passées plus ou moins importantes de calcaires lacustres, puissantes de quelques décimètres à quelques mètres, s'intercalent dans les argiles de base et au sommet de la formation, sous forme de petits bancs, principalement à la partie sud-occidentale du Landais entre Saint-Émilion et Castillon-la-Bataille.

**g2M. Molasses de l'Agenais, partie inférieure : sables et argiles sableuses carbonatées brunâtres** (épaisseur moyenne : 5 à 8 m maximum). Cette première assise détritique, rapportée à la partie inférieure des Molasses de l'Agenais, est constituée de sables argileux carbonatés, le plus souvent rouille à ocre, et d'argiles gris-vert et ocre à nodules ou poupées calcaires, plus ou moins silteuses, micacées. Ces dépôts supportent les faciès argilo-calcaires (g2C) sur la butte du château de Gourgues, au Sud de la feuille.

La phase argileuse est représentée par des illites et des smectites en proportions souvent équivalentes, avec un reliquat de kaolinite de l'ordre de 20 %.

Ces dépôts sont le plus souvent mélangés aux altérations du toit du Calcaire à astéries.

**g2C. Marnes bleues et blanches à nodules calcaires** (épaisseur moyenne : quelques mètres). Ces dépôts sont bien plus développés au Sud sur la feuille Podensac; seuls quelques témoins ont pu être observés à la partie méridionale de la feuille Libourne. Il s'agit d'argiles silteuses, carbonatées, blanchâtres à vert pâle, et de calcaires blancs plus ou moins argileux, le plus souvent sous forme de bancs discontinus ou de poupées. Ils ont été observés sur la commune de Beychac-et-Caillau, au lieu-dit Brunet, ainsi que près du château de Gourgues, sur la commune de Branne.

## Oligocène supérieur *l.s.*

g<sub>2-3</sub>M. **Molasses de l'Agenais, partie supérieure : sables et argiles sableuses brunâtres** (épaisseur : quelques mètres). Cette formation détritique, à tendance molassique, superposée aux dépôts argilo-calcaires de la formation g<sub>2</sub>C, s'apparente à la partie supérieure des Molasses de l'Agenais. Il s'agit de dépôts détritiques argilo-feldspathiques ocre à jaunâtres et d'argiles sableuses localement carbonatées, ocre à brunâtres, à faciès très altéré. Quelques corps gréseux s'individualisent. Localement, ces faciès alimentent les formations colluviales sur l'ensemble de l'Entre-deux-Mers, mélangés aux altérations du toit du Calcaire à astéries.

Le cortège des minéraux argileux est le plus souvent représenté par la trilogie smectite-illite-kaolinite dans des proportions sensiblement équivalentes.

### **Formations marines**

#### **Oligocène inférieur (Stampien)**

g<sub>2</sub>A. **Marnes vertes, faluns** (épaisseur moyenne : 5 à 7 m). Ces dépôts fluviomarins se rencontrent à la base de la formation du Calcaire à astéries, où ils sont le plus souvent épais de quelques mètres et présentent une affinité marine de moins en moins prononcée au fur et à mesure que l'on atteint les limites nord-orientales de la feuille, dans le secteur de Puynormand.

Il s'agit le plus souvent, après un conglomérat constitué de galets calcaires épais de quelques décimètres, d'argiles vertes à petits nodules carbonatés et débris de lamellibranches, et de marnes verdâtres à gris verdâtre, sableuses, à débris d'huîtres, sur une puissance métrique à plurimétrique. La partie supérieure est souvent représentée par des marnes noires ou des argiles organiques, faiblement carbonatées, à débris de lignites, contenant une petite faune de bryozoaires, des pectinidés et des ostréidés dont *Ostrea longirostris* et *O. cyathula*. La microfaune est localement constituée de foraminifères benthiques, très souvent fortement recristallisés, parmi lesquels on peut noter *Pararotalia lithothamnica* et *Halkyardia minima*.

Au sommet de la butte du Tertre de Fronsac, à la partie occidentale de la feuille, plusieurs échantillons prélevés dans des dépôts argilo-organiques à microfaune ont livré une association floristique constituée par des pollens dont *Pinus diploxylon* et *haploxylon* (très abondants), *Platycarya*, *Ulmus*, *Carya*, *Boehlensipollis*, *Ephedra* (abondant), *Quercus*, *Engelhardtia*, *Buxus*, *Fagus*, composées, nymphacées, sapotacées, cupressacées, chénopodiacées, graminées, oléacées, des algues du type *Botryococcus*, ainsi que des spores de champignons abondantes dont *Laevigatosporites*, *Polypodiaceoisporites*, *Verrucatosporites favus* et *Leiotriletes cf. adriensis*.

La présence de *Boehlensipollis* confère à ces dépôts un âge oligocène (Stampien). Leur faible puissance dans la région de Saint-Émilion—Puisseguin les a fait rattacher cartographiquement au Calcaire à astéries.

g<sub>2</sub>B. **Calcaire à astéries** (épaisseur moyenne : 10 à 15 m). Le Calcaire à astéries est caractérisé dans le secteur Puisseguin—Saint-Émilion par des faciès carbonatés, biodétritiques, admettant à la base des passées argileuses décimétriques à métriques, blanchâtres à verdâtres, ainsi que des marnes à matière organique.

D'après M. Cassoudebat *et al.* (1972), deux cycles transgressifs constituent cette formation, séparés par un épisode régressif : le premier cycle a seulement atteint les abords de Saint-Émilion, alors que le second a nettement dépassé ce secteur pour envahir plus à l'Est les régions de Castillon et de Sainte-Foy-la-Grande.

Pour J. Gayet (1985), le Calcaire à astéries comporte trois ensembles majeurs qu'il subdivise en Oligocène supérieur 1b et 1c et Oligocène supérieur 2. L'Oligocène supérieur 1b, correspondant au maximum de la transgression stampienne, est représenté par des faciès carbonatés bioclastiques, à tendance récifale, alors qu'à la partie supérieure un plus grand détritisme se manifeste sur les bordures du biseau transgressif.

C'est grossièrement à l'Est de Saint-Émilion qu'apparaissent des faciès comparables à ceux observés sur la feuille Sainte-Foy-la-Grande, appartenant semble-t-il à la partie supérieure de la formation.

La faune est assez variée, très souvent brisée, constituée de miliolidés, soritidés, polymorphinidés, bryozoaires, ostracodes, mollusques et polypiers, associés à des « galets de reprise », et à une phase détritique sableuse relativement importante à la partie nord-orientale de la feuille, à proximité des apports fluviaux.

## **Quaternaire et formations superficielles**

### ***Formations fluviales***

Les nappes alluviales anciennes et les terrasses fluviales quaternaires liées au cours de la Dordogne et de l'Isle, bien développées sur cette feuille, reflètent les différentes périodes depuis le Pléistocène inférieur jusqu'à l'Holocène.

### **Pléistocène inférieur**

Sous l'appellation de « très hautes nappes alluviales » ont été notés des épandages fluviaux déposés sous forme de nappes emboîtées, antérieurement au creusement des vallées. Trois ensembles distincts ont été mis en évidence (Dubreuilh, 1976), répondant à des stades de

remblaiement bien marqués au niveau du substratum tertiaire; seuls deux d'entre eux (Ft<sub>1</sub> et Ft<sub>3</sub>) sont représentés sur cette feuille.

**Ft<sub>1</sub>. Très haute nappe alluviale : sables et graviers à matrice argileuse rubéfiée** (épaisseur moyenne : quelques mètres à 15 m). Ces dépôts, anciennement dénommés « Argiles à graviers de l'Entre-deux-Mers », présentent une vaste répartition géographique au sein de cette région naturelle dont ils occupent une position sommitale.

Sur la feuille Libourne, le seul lambeau important attribuable à cette haute nappe alluviale se situe à l'angle sud-oriental de la feuille dans la région de Croignon, d'où il s'étend au Sud sur la feuille Podensac et à l'Ouest sur les feuilles Bordeaux et Pessac (notation Fu-p). Quelques lambeaux ont également été observés en rive droite de la Dordogne sur les coteaux calcaires.

Cette formation graveleuse présente un matériau très rubéfié, localement déferruginisé, dont la partie supérieure est souvent occupée par des argiles bleues déposées dans des chenaux ou de petites flaques de décantation.

Le cortège minéralogique de la fraction lourde est constitué par staurotide, ilménite, rutile, leucoxène et chromite, montrant un apport pyrénéen dominant, avec néanmoins des remaniements de dépôts tertiaires. La phase argileuse est dominée par la kaolinite (80 % environ) d'excellente cristallinité, associée à des illites ou des interstratifiés illite-montmorillonite.

Plusieurs essais de datation ont été tentés, notamment sur la feuille Bordeaux (commune de Sallebœuf) où des argiles verdâtres situées à la base des dépôts graveleux ont révélé une flore froide dominée par le pin (*Pinus*) et le chêne (*Quercus*), avec une importante flore herbacée, permettant d'exclure une attribution à la période pliocène.

Ce premier remblaiement, dont la cote de base s'établit aux environs de + 75 à + 80 NGF dans la région de Croignon, avec une direction d'apports NNW-SSE, a été replacé dans un contexte du Pléistocène inférieur basal.

**Ft<sub>3</sub>. Très haute nappe alluviale : sables, graviers et galets rubéfiés** (épaisseur moyenne : 5 à 10 m). Avant cet épisode dont la direction des apports est considérée comme sensiblement E-W, une nappe alluviale notée Ft<sub>2</sub>, non représentée ici mais bien développée sur la feuille Podensac au Sud, s'intercale dans le temps; elle présente la même direction NNW-SSE que la nappe notée Ft<sub>1</sub> et fait partie de cette première direction d'apports pyrénéens. Les dépôts Ft<sub>3</sub> recourent les nappes alluviales Ft<sub>1</sub> et Ft<sub>2</sub>, matérialisant de premiers apports pouvant dériver du Massif central.

Quelques lambeaux très disséqués par l'érosion ont été isolés, principalement à la partie sud-orientale de la feuille, où leur base de



remblaiement s'établit aux environs de + 50 à + 55 NGF. Il s'agit de sables et de graviers emballés dans une gangue argileuse rougeâtre à ocre, attribués initialement aux Argiles à graviers de l'Entre-deux-Mers, puis notés Fx<sub>bD</sub> et Fx<sub>b</sub> sur les feuilles à 1/50 000 Bordeaux et Pessac.

La phase argileuse est toujours dominée par la kaolinite (environ 60 %), mais désormais avec une mauvaise cristallinité. L'illite et/ou les interstratifiés illite-smectite complètent le cortège. Les minéraux lourds les plus abondants sont andalousite, tourmaline, staurodite, sillimanite, disthène et ilménite, avec de manière plus accessoire zircon et rutile.

L'ensemble des surcreusements et leur agencement dans l'espace conduisent à proposer un âge pléistocène inférieur moyen pour cet ensemble postérieur aux premières nappes alluviales Ft<sub>1</sub> et Ft<sub>2</sub>.

**Fu. Haute terrasse : sables, graviers et galets rubéfiés** (épaisseur moyenne : quelques décimètres à 5-6 m). Cette première terrasse fluviatile, nettement inscrite au sein des premières vallées, est bien développée en rive gauche de l'Isle, alors que seulement quelques témoins subsistent en rive gauche de la Dordogne, aux environs de Génissac.

Dans la région de Pomerol, il s'agit des terrasses supportant les vignobles renommés, dont la base de remblaiement avoisine la cote + 32 NGF. Les matériaux sont constitués de sables, de graviers et de galets à patine rubéfiée, ocre, de forme très souvent allongée, de l'ordre de 4 à 6 cm en moyenne, constitués en grande partie de quartz blonds et de silex noirs et blonds. Quelques gros galets de quartzite blanc laiteux, issus du remaniement des dépôts g<sub>1a</sub> sous-jacents, se mêlent au cortège.

Plusieurs observations montrent ces dépôts, épais de quelques décimètres comme au château Moulin-à-Vent, surmontant des argiles vertes et des dépôts argilo-feldspathiques micacés vert pâle, lesquels n'appartiennent pas à la terrasse quaternaire mais aux dépôts fluviatiles oligocènes appelés anciennement « Sables du Périgord », recouvrant l'ensemble des régions de la Double et du Landais.

Les minéraux lourds sont représentés par ilménite, tourmaline, disthène, sillimanite, staurotide et magnétite, avec de manière accessoire rutile, zircon et andalousite. Le cortège argileux est constitué de kaolinite dominante (60 à 70 % en moyenne), très souvent recristallisée en métahalloysite, associée à des illites et des interstratifiés illite-smectite.

En différents endroits, notamment sur la commune d'Arsac (feuille Bordeaux), après la confluence Dordogne—Garonne, sur la vallée de la Dordogne au lieu-dit Maleret, ainsi que sur la vallée de l'Isle à la Croix-de-Chauland et Jauviac (Texier, 1979), des associations floristiques dominées par l'abondance de *Tsuga* et situées à la base du

premier surcreusement inférieur à la terrasse Fu, mettent en évidence une phase tempérée attribuable au Pléistocène inférieur, probablement la phase interglaciaire majeure située entre le Pléistocène inférieur et le Pléistocène moyen.

Cette terrasse, située plus haut topographiquement que le surcreusement renfermant les associations floristiques à *Tsuga*, ne peut donc qu'être attribuée au Pléistocène inférieur terminal.

### **Pléistocène moyen**

**Fv. Haute terrasse (Mindel) : sables, graviers et galets très rubéfiés** (épaisseur moyenne : une dizaine de mètres à 15 m). Bien développée en rive gauche de la Dordogne, elle est principalement conservée à la partie occidentale de la feuille, grossièrement à partir d'Arveyres, et s'étale à l'Ouest plus largement sur la feuille Bordeaux à 1/50 000.

Plusieurs exploitations de granulats ont permis, sur cette dernière feuille, d'étudier la succession des dépôts, notamment celles des lieux-dits la Moulinotte, les Vergnes, et plus particulièrement Maleret sur la commune de Saint-Loubès.

À Maleret (fig. 1), la partie basale de la terrasse est occupée par des sables assez propres, peu argileux, blanchâtres, kaoliniques, des graviers et de gros galets (5 à 8 cm) à grandes stratifications obliques (épaisseur : 6 à 7 m) terminés par des argiles silteuses bleuâtres.

La partie sommitale est représentée par des alternances de faciès argilo-sableux feldspathiques et micacés, rougeâtres à ocre, rubéfiés, et des faciès sablo-graveleux à gros galets (5 à 10 cm) dans une matrice ocre à rougeâtre argilo-sableuse rubéfiée (épaisseur 5 à 6 m), dans laquelle on observe de nombreux galets de roches métamorphiques à l'état de fantômes plus ou moins kaolinisés blanchâtres.

Les minéraux lourds montrent, par rapport à l'épisode antérieur (Fu), une augmentation progressive des pourcentages de la sillimanite aux dépens de l'ilménite qui régresse fortement (fig. 2). La phase argileuse est dominée par la kaolinite (90 %) dans les faciès les plus détritiques, avec des recristallisations de métahalloysite, associée à des illites ou des interstratifiés illite-smectite, alors que dans les faciès argileux la smectite est dominante (50 à 70 %), suivie de la kaolinite (20 à 40 %) et de l'illite (10 %), montrant d'importantes variations au plan climatique (fig. 3).

Une autre coupe, réalisée au Sud-Ouest d'Arveyres, entre les cotes + 22 et + 28 NGF, montre de la base au sommet la même succession (fig. 4), avec des matériaux propres, non rubéfiés à la base, séparés de la partie supérieure très oxydée par des dépôts argilo-silteux gris verdâtre comme dans la carrière de Maleret.

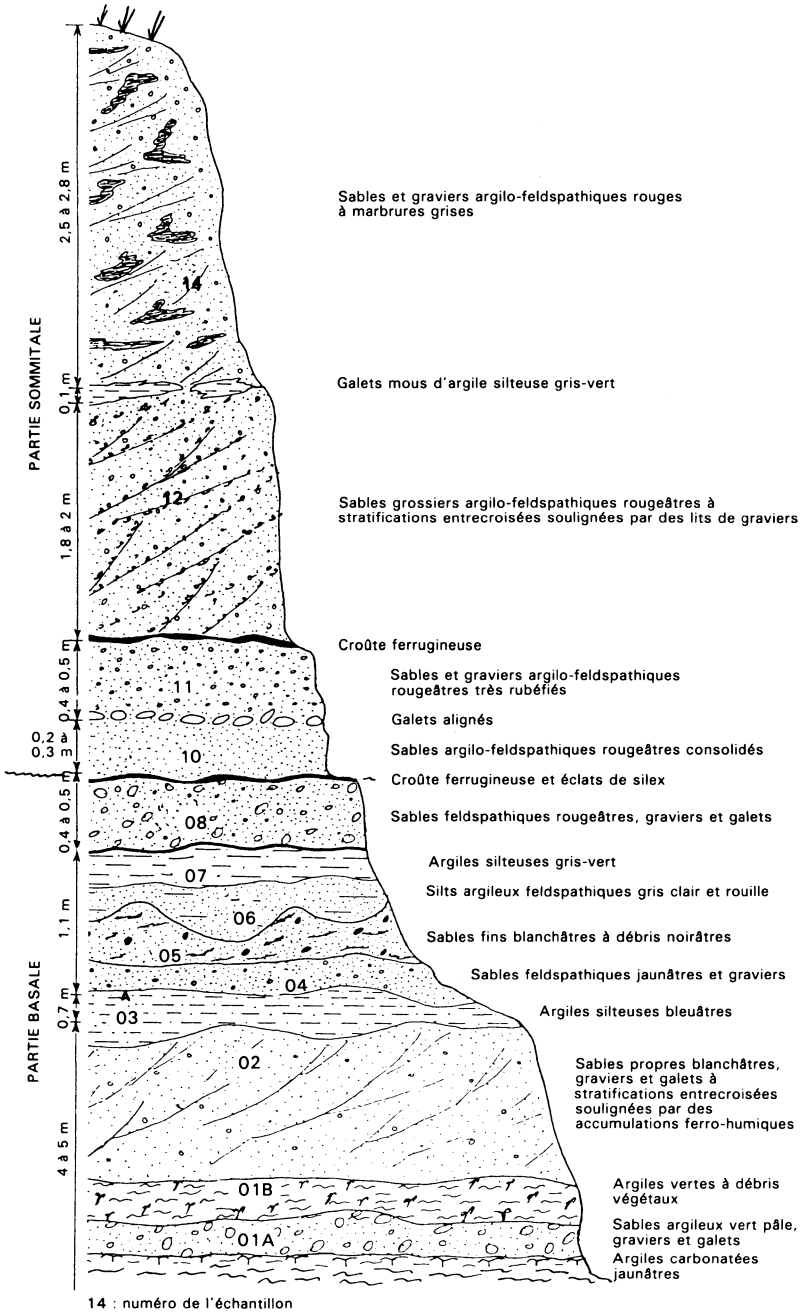
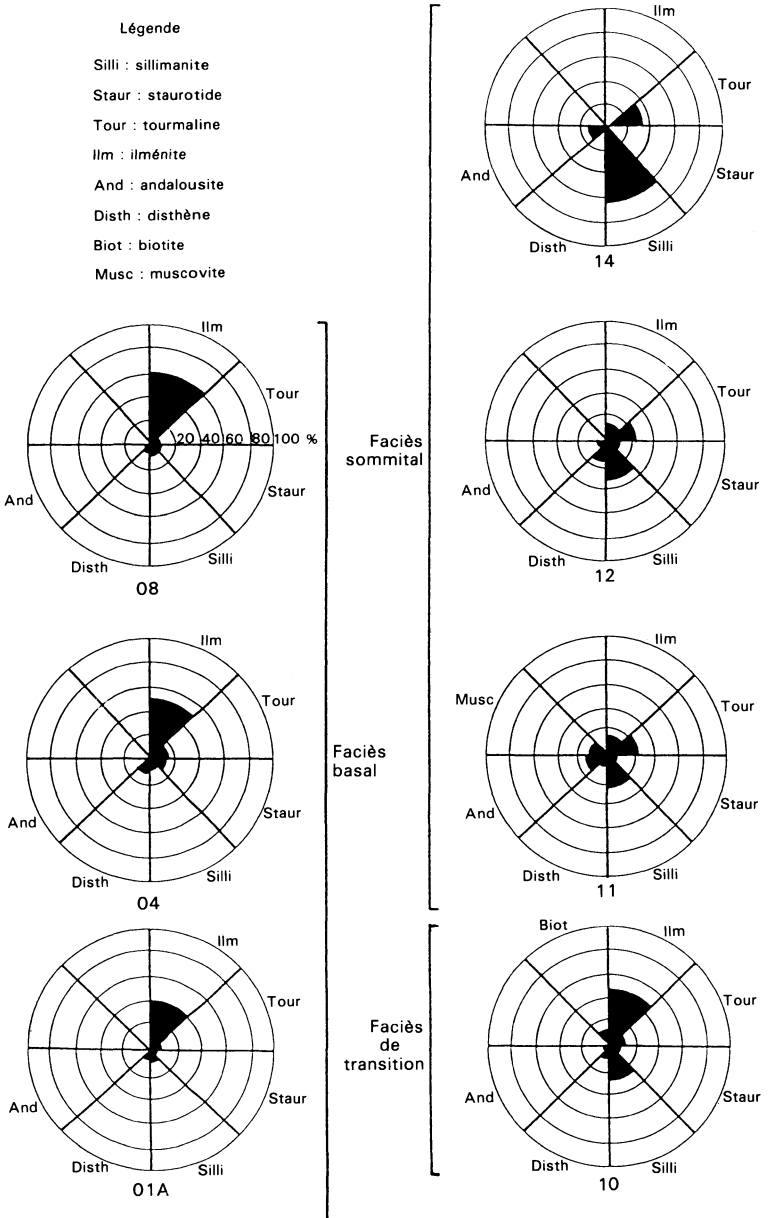


Fig. 1 - Coupe de la gravière du lieu-dit Maleret, commune de Saint-Loubès  
J. Dubreuilh (1976)



**Fig. 2 - Évolution verticale des minéraux lourds de la gravière de Maleret (Dubreuilh, 1976)**

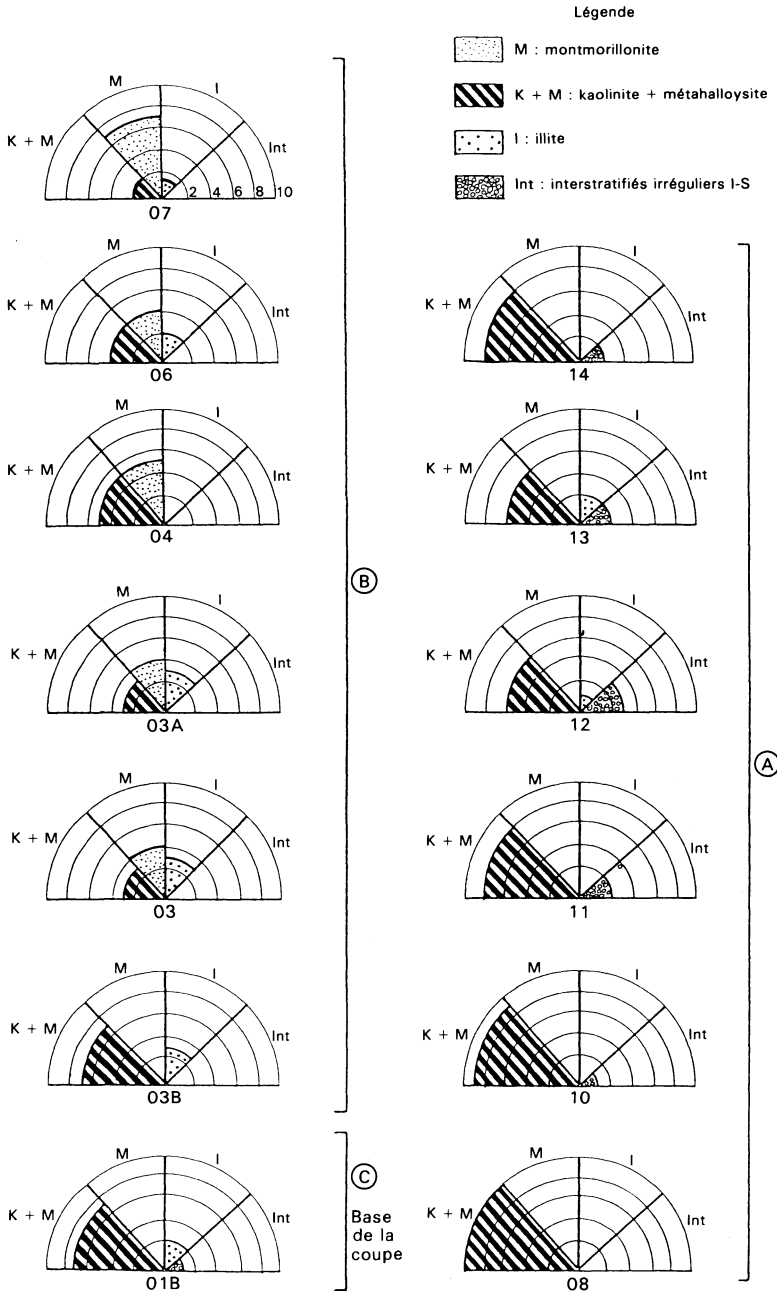
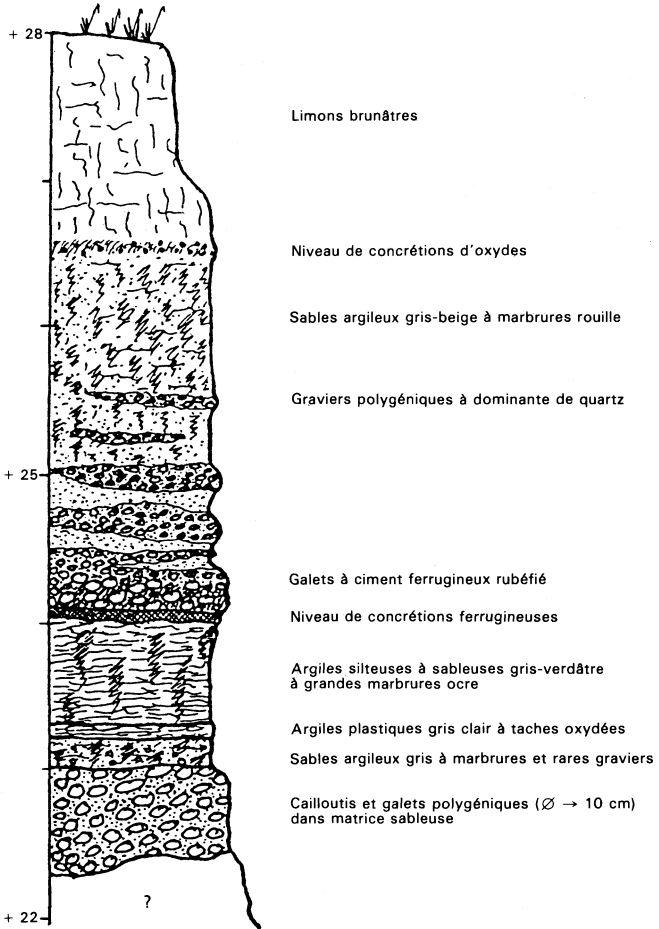


Fig. 3 - Évolution verticale des minéraux argileux de la gravière de Maleret (Dubreuilh, 1976)



**Fig. 4 - Coupe dans les alluvions mindéliennes (Fv)**  
Lieu-dit Pey-de-Vaux, commune d'Arveyres

Quelques éléments archéologiques ont été recueillis dans cette terrasse (Moisan, 1978), dont un chopper sur galet de quartzite, des nucléi sur rognons de silex, ainsi que des lames et éclats de taille ordinaires. Reposant sur les argiles bleues à débris végétaux ayant livré une importante association floristique à *Tsuga* dominant, attribuée au Pléistocène inférieur terminal, ces dépôts alluvionnaires ont été attribués au Pléistocène moyen (Mindel *l.s.*).

Fw<sub>1</sub> ; Fw<sub>2</sub> ; Fw<sub>3</sub>. **Moyennes terrasses (Riss) : sables, graviers et gros galets.** Trois niveaux alluvionnaires correspondant à cette période ont été individualisés (Fw<sub>1</sub> à Fw<sub>3</sub>) en rive gauche de la vallée de l'Isle et en rive droite de la Dordogne.

Les alluvions des différentes terrasses sont assez semblables, composées le plus souvent de graviers et de galets emballés dans une matrice sablo-argileuse. Une puissante altération intéresse la partie supérieure des trois niveaux.

Les galets, le plus souvent de forte taille, peuvent atteindre 15 à 20 cm à la base des remblaiements et sont représentés par des quartz et des silex bruns à noirs, ainsi que de nombreuses roches métamorphiques (gneiss, schistes) et des granites.

La base de remblaiement des différents paliers de terrasses a été très souvent mal appréciée compte tenu de la nature du substratum, constitué par les sables, graviers et galets de la formation g<sub>1a</sub> déposée durant l'Oligocène inférieur. Ce fait a entraîné de nombreuses méprises quant au nombre de paliers de terrasses, principalement en ce qui concerne l'épandage g<sub>1a</sub> affleurant au talus inférieur de la terrasse Fu, dans lequel aucune industrie n'a bien évidemment été recensée.

Les différentes cotes de base de remblaiement évaluées dans le secteur de la lande de Libourne mettent en évidence un étagement de l'ordre de 5 m entre les différents paliers de surcreusement :

Fw<sub>1</sub> + 15 NGF

Fw<sub>2</sub> + 10 NGF

Fw<sub>3</sub> + 5 NGF

Par ailleurs, la différence de cote entre la base de la terrasse Fu (Pléistocène inférieur), proche de la cote + 32 NGF selon la même transversale, et le premier palier de la terrasse Fw (Pléistocène moyen), met en lumière l'absence de témoin correspondant au Pléistocène moyen (Mindel) dont le surcreusement devait s'établir aux alentours de la cote + 23 à + 25 NGF.

Les différents niveaux présentent quelques différences dans la composition minéralogique de la phase argileuse, du plus ancien (Fw<sub>1</sub>) au plus récent (Fw<sub>3</sub>) où le pourcentage de kaolinite décroît de 40 à 20 %, associée à des illites (20 à 30 %) et des smectites (25 à 40 %) avec une petite proportion de chlorites (10 % environ). La fraction lourde est

constituée par sillimanite, grenat, pyroxène, magnétite et martite, avec de manière accessoire staurotide, tourmaline et ilménite.

L. Moisan (1978) a recueilli de nombreuses industries provenant des différents niveaux, qui ont toutes été rapportées à l'Acheuléen, conférant à ces différents niveaux un âge pléistocène moyen (Riss).

### **Pléistocène supérieur**

**Fx. Basse terrasse (Würm) : sables, graviers et gros galets** (épaisseur variable : 5 à 10 m). Ces alluvions apparaissent en rive gauche de la vallée de l'Isle et de part et d'autre de celle de la Dordogne, en bordure des dépôts argilo-silteux de la période holocène, desquels elles ne ressortent que de quelques mètres, très localement.

Deux niveaux de surcreusement apparaissent nettement dans le substratum dont les cotes s'établissent aux environs de  $-4$  à  $-5$  NGF et de  $-9$  à  $-10$  NGF en bordure de la vallée de l'Isle au Nord de Libourne. L'épaisseur des alluvions, très variable, évolue de quelques mètres jusqu'à plus de 10 m au maximum de surcreusement qui est intervenu au début d'une phase interstadiaire du Würm récent.

Il s'agit de dépôts sablo-graveleux avec de grès gros galets (supérieurs à 20 cm en base de remblaiement) constitués de roches variées, quartz, quartzites, silex, ainsi que de granites et de fréquentes roches métamorphiques (gneiss, schistes,...).

Les minéraux argileux sont constitués par environ 50 % d'illites associées à des smectites (10 à 20 %), ainsi que des chlorites (30 à 40 % environ).

Un niveau tourbeux, analysé par M.M. Paquereau (*in* Moisan, 1978), situé à la base du premier surcreusement, a livré une association pollinique pouvant être rapportée à la fin de l'interglaciaire Riss-Würm. L'ensemble de ces alluvions étant scellé par les dépôts argilo-tourbeux et silteux liés à la remontée flandrienne, ces deux niveaux de terrasses ont été attribués au Pléistocène supérieur (Würm).

### **Holocène**

**Fy. Alluvions récentes : sables, argiles grises sableuses, tourbes.** Ces dépôts argilo-tourbeux sont représentés dans les marais et les anciens chenaux qui bordent les vallées de l'Isle et de la Dordogne et sont les témoins de la remontée des eaux, postérieurement à la glaciation wurmienne, durant le Flandrien.

Il s'agit le plus souvent d'argiles silteuses ou sableuses grisâtres à bleuâtres, présentant fréquemment des passées de roseaux (phragmites) plus ou moins décomposés, ainsi que des tourbes noires fétides.



Les minéraux argileux sont bien représentés par les minéraux micacés (illites) aux environs de 50 %, associés à des smectites et des kaolinites dans des proportions quasi équivalentes.

De nombreuses analyses palynologiques ont été réalisées dans ces dépôts tourbeux (Paquereau, 1964), montrant des flores polliniques holocènes ayant pu débiter dès le Préboréal dans certains secteurs et se poursuivre jusqu'à l'apparition des civilisations néolithiques et de l'âge des métaux.

**Fz. Alluvions actuelles et subactuelles : argiles grises, sables, tourbes.** Les alluvions de fond de vallées sont accumulées par de petites crues dans des chenaux anastomosés, alimentées par les colluvions des formations tertiaires. Des tourbes peu évoluées apparaissent très souvent à la partie supérieure des dépôts.

### ***Formations colluviales***

**F-C. Alluvions et colluvions argilo-sableuses de vallons secs.** Ces alluvions et/ou colluvions argilo-sableuses, plus ou moins reprises par les différents ruisseaux sous forme d'alluvions, ont une puissance de quelques décimètres, voire quelques mètres localement, dans les vallons secs.

Il s'agit le plus souvent de dépôts argilo-silteux jaunâtres à noirâtres, parfois très sableux et faiblement carbonatés lorsqu'ils dérivent des formations molassiques. Des débris de petites cuirasses de nappes sont très souvent emballés, ainsi que des dépôts manganiques déposés le long des petites fissures de dessiccation.

**CF. Colluvions sablo-argileuses et graveleuses de versants.** Ces colluvions sablo-argileuses sont bien développées en bordure de la formation g<sub>1a</sub> (Oligocène) entre Les Artigues-de-Lussac et Néac, au contact d'érosion avec la haute terrasse quaternaire Fu.

Il s'agit dans ce secteur de matériaux issus de la formation g<sub>1a</sub> déposés par gravité et ruissellement sur la terrasse Fu. Localement, comme au lieu-dit la Cabanne, sur la commune de Pomerol, ces dépôts apparaissent cimentés par des oxydes de fer formant une véritable cuirasse, silico-ferrugineuse. La bordure des coteaux molassiques à regard méridional de la rive gauche de la Dordogne présente également plusieurs mètres de colluvions à dominante sableuse, plus ou moins carbonatées, issues du plateau argilo-calcaire, venant recouvrir les alluvions rissiennes.

Ces dépôts colluviaux sont également alimentés par la formation e<sub>7b</sub>, à la partie sud-orientale de la feuille, dans le secteur de Capi-tourlan, et constituent une mince couche sur le Calcaire à astéries.

## ÉVOLUTION MORPHO-TECTONIQUE

Le substratum du Crétacé supérieur possède, au droit de la feuille Libourne, une configuration en creux. Il dessine une patte d'oie, servant de réceptacle à différents axes de drainage convergeant vers une zone centrale à caractère subsident, comprise entre Libourne et Saint-Émilion, et se prolongeant à l'Ouest jusqu'aux environs de Bordeaux (fig. 5).

Ce réceptacle central est encadré par quatre entités morphologiques majeures, déterminant des zones hautes et des gouttières à la périphérie de la feuille.

Le domaine septentrional (Charentes—Double) constitue un dispositif où quatre zones hautes déterminent trois axes de drainage qui convergent dans le secteur nord, entre Coutras et Libourne.

L'élément majeur de la configuration orientale (Bergeracois—Lançais) est constitué par une vaste gouttière partant des environs de Bergerac à l'Est et débouchant dans la zone centrale des environs de Puisseguin, alors qu'un diverticule mineur, plus méridional, se joint au premier à la bordure orientale de la feuille.

Le domaine méridional (Marmandais—Bordelais) présente deux zones hautes grossièrement orientées selon une direction NW-SE entre Monségur et Branne (feuille Podensac) et NW-SE entre Langoiran et Bouliac (connue sous le nom d'« ondulation de Paillet »), déterminant une importante gouttière débouchant à la partie méridionale de la feuille dans les environs de Moulon après un long cheminement au cœur de l'Entre-deux-Mers.

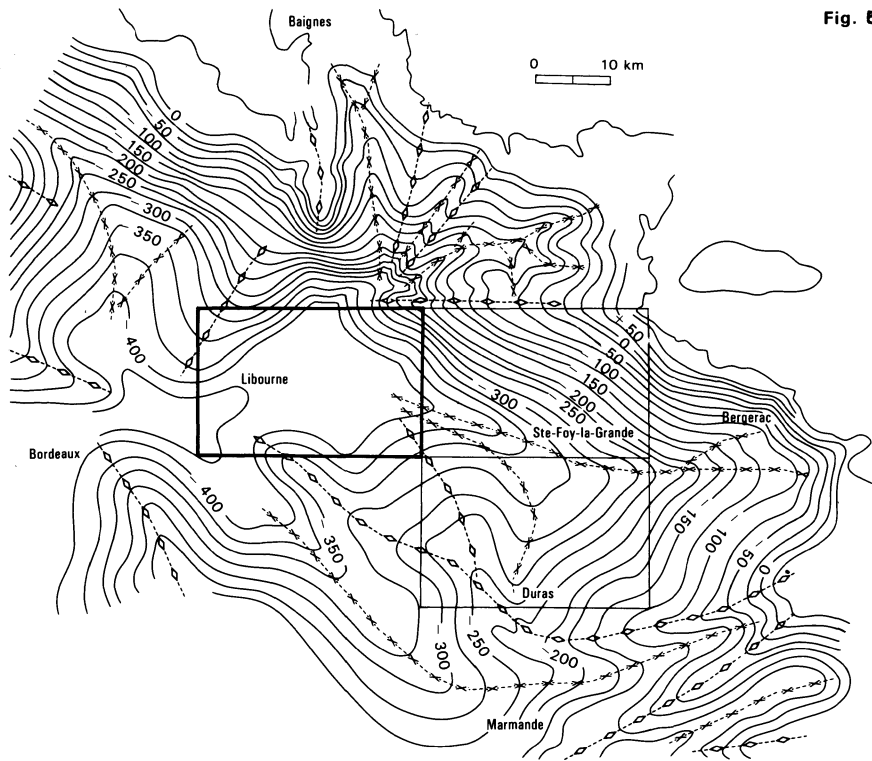
Avec moins d'influence au niveau de la feuille, le domaine nord-occidental (Blayais) est marqué par une autre gouttière qui occupe les régions du Bourgeois et du Blayais et s'ouvre vers le réceptacle central selon une direction NW-SE.

Alors que la dépression centrale se situe au maximum entre — 400 et — 425 NGF, les zones relativement hautes environnantes s'établissent aux environs de — 300 NGF et même — 250 NGF à l'angle nord-oriental.

C'est à partir de ce modèle, sans doute moins accusé, que la sédimentation détritique tertiaire a entamé le comblement de cette partie du bassin.

## SYNTHÈSE GÉODYNAMIQUE RÉGIONALE

L'histoire géologique de la région nord-aquitaine est marquée durant le **Trias** par l'arrivée de dépôts détritiques plus ou moins grossiers qui entament le comblement de la partie septentrionale du bassin.



**Fig. 5 - Carte en isohypses du toit du substratum crétacé**  
**J. DUBREUILH (1987)**

- - - - - Zone en creux
- ◆ ◆ ◆ ◆ Zone haute

Cette sédimentation détritique se poursuivra jusqu'au **Lias** qui verra l'apparition des conditions de dépôts à caractère chimique, avec anhydrite et dolomie.

Une sédimentation de plate-forme s'installe alors, avec le dépôt de calcaires dolomitiques et d'alternances marno-calcaires qui se perpétueront tout au long du **Jurassique moyen et supérieur**.

À la fin de la période jurassique, une vaste régression marine débute, ne permettant pas à la mer de revenir dans ce secteur durant tout le Crétacé inférieur, période pendant laquelle le substratum sera soumis à d'intenses érosions et altérations favorisant localement la karstification des formations jurassiques.

Une nouvelle transgression marine s'effectuera au cours du **Céno-manien** avec de premières arrivées détritiques, le plus souvent assez grossières, puis l'implantation d'une plate-forme carbonatée où se déposent des calcaires argileux à intercalations marneuses.

La sédimentation crayeuse du **Turonien**, avec alimentation détritique par chenaux sur la plate-forme, se continuera tout au long du Crétacé supérieur jusqu'au **Maastrichtien** pendant lequel s'amorceront les conditions de la régression marine, puis la karstification des zones bordières nord-orientales.

Plusieurs phases de serrage, entraînant un raccourcissement du bassin, vont induire une structuration, matérialisée par des ondulations E-W.

Au **Paléocène**, à la régression généralisée de la mer succède une période d'altération intense qui affecte la plate-forme nord-aquitaine, où le climat de type tropical chaud et humide va largement contribuer à la « continentalisation » du bassin par le jeu conjugué de l'altération pédogénétique, du ruissellement et de la karstification.

La roche-mère est alors soumise à un processus intense de destruction; elle est altérée par les agents atmosphériques, la faiblesse des apports ne permettant pas l'implantation d'une couverture végétale susceptible d'enrayer les effets destructeurs de l'érosion.

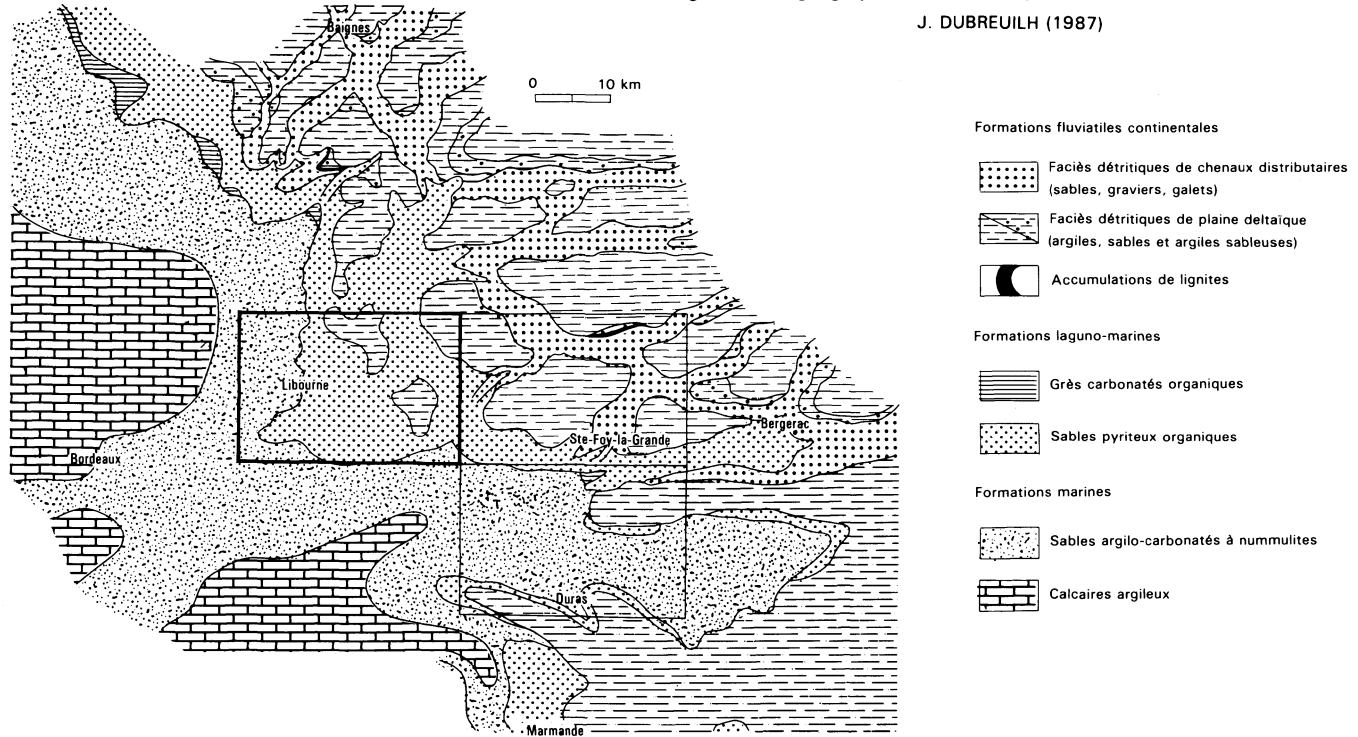
La mise en solution des éléments crée les conditions d'un enfoncement et d'une karstification des reliefs, ce qui entraîne un nivellement par mobilisations successives de masses considérables de matériaux dissociés de leur contexte.

L'altération ferrallitique se développe d'abord sur les paléoreliefs, alors que les zones basses et le domaine karstique reçoivent les faibles apports du ruissellement, dont les dépôts à caractère chimique évolueront lentement sous les effets de la diagenèse.

À l'**Éocène inférieur** (fig. 6), le domaine profond se situe au cœur de la cuvette landaise, et la partie septentrionale du bassin possède la physionomie d'une vaste plaine marécageuse vers laquelle convergent deux grands émissaires, venant l'un du Nord-Est de la région nord-

Fig. 6 - Paléogéographie à un horizon proche du toit de l'Éocène inférieur

J. DUBREUILH (1987)



limousine, l'autre, plus oriental, probablement des monts du Cantal ; un troisième, de compétence nettement plus réduite, intéresse la région sud-orientale, témoin de la branche la plus septentrionale d'un édifice dont l'origine est à rechercher au Sud du Massif central. La plaine d'épandage, très vaste, est parcourue par un chevelu de chenaux à faible compétence, avec des étendues d'eau douce considérables, permettant l'implantation de vastes tourbières.

Durant l'*Ilerdien*, derrière les bourrelets détritiques associés aux chenaux distributaires, des argiles kaoliniques se décantent lentement dans des étendues lacustres. Les différents émissaires construisent un vaste édifice deltaïque, au moyen de longues flèches sableuses au débouché de leurs exutoires. L'engorgement progressif de la plaine deltaïque durant cette période tectonique de calme relatif, va progressivement s'opérer.

Quelques légers mouvements différentiels du bassin vont cependant permettre de brèves phases transgressives qui vont pénétrer très loin à l'intérieur des terres.

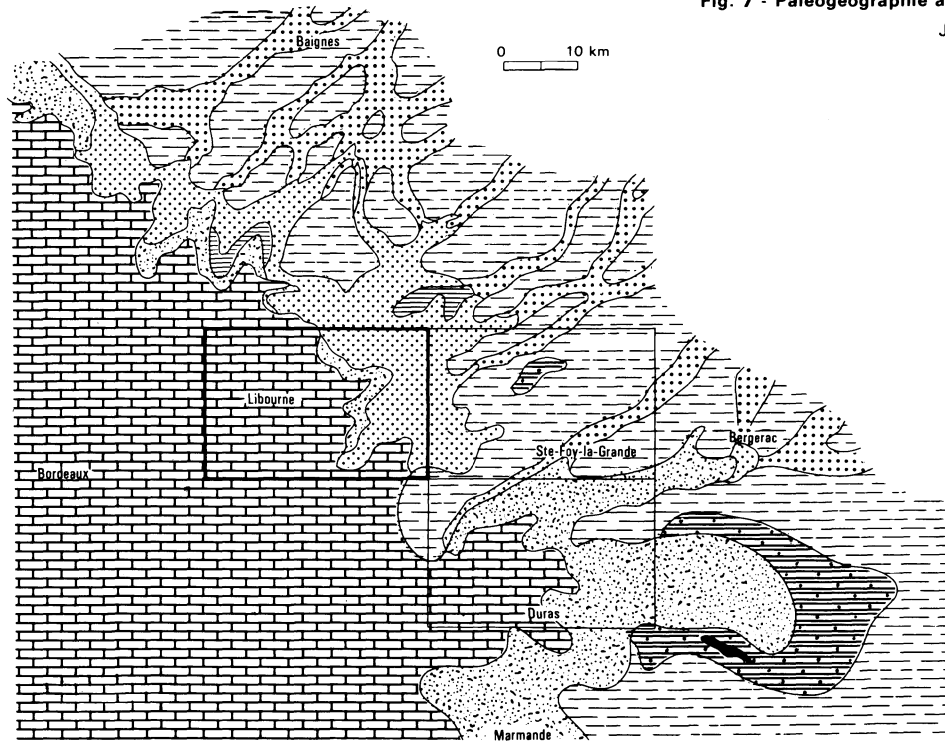
Le domaine laguno-marin semble d'extension limitée, alors que la zone de talus prograde fortement, avec un collecteur principal débouchant à l'Ouest de la feuille dans les environs de Libourne et se poursuivant à la faveur d'un « sillon sous-marin » jusque dans la région bordelaise. À la charnière entre les apports septentrionaux et sud-orientaux se dessine un golfe dans le Bergeracois, où règne une sédimentation de vase.

Dès le *Cuisien inférieur*, les prémices d'instabilité du bassin se concrétisent par une importante transgression marine, tandis que s'édifie la chaîne primaire axiale des Pyrénées. Dans le domaine nord-aquitain, ce rajeunissement des reliefs est matérialisé par un rejeu positif du Massif central, et l'alluvionnement s'intensifie alors que l'instabilité du bassin ne cesse de croître. À l'Ouest, les structures anticlinales de Jonzac et Chalais—Saint-Félix sont marquées par un gauchissement vers le Nord-Est, témoignant de l'intensité de la contrainte N-S. Les différents dispositifs de drainage se structurent et les émissaires septentrionaux assurent nettement leur prépondérance sur ceux de l'Est et du Sud-Est.




Au *Cuisien moyen*, la mer se retire et le système deltaïque septentrional, grâce à son réseau structuré, avance fortement sur le domaine marin. La plaine deltaïque inférieure est alors marquée par le développement d'une végétation de mangrove parcourue par un chevelu de chenaux de marée. Le delta, marqué par une forte dynamique fluviale, possède alors une configuration en « patte d'oiseau », caractérisée par des levées importantes au débouché des distributaires, assurant la progradation de l'édifice. La zone de front de delta se confond avec le talus sous-marin qui assure l'assise de l'édifice et son avancée sur la plate-forme carbonatée. L'enfouissement est très rapide et une importante biomasse liée à la frange eau douce-eau salée s'accumule dans cette zone.

Par rapport à l'*Ilerdien*, le climat semble plus chaud, toujours humide, avec des étendues d'eau douce nettement plus réduites.


**Fig. 7 - Paléogéographie à un horizon proche du toit de l'Éocène moyen**  
**J. DUBREUILH (1987)**





**Formations fluviales continentales**

-  Faciès détritiques de chenaux distributaires (sables, graviers, galets)
-  Faciès détritiques de plaine deltaïque (argiles, sables et argiles sableuses)
-  Accumulations de lignites



**Formation lacustre**

-  Faciès argilo-carbonatés et calcaires lacustres

**Formations laguno-marines**

-  Grès carbonatés organiques
-  Sables pyriteux organiques

**Formations marines**

-  Sables argilo-carbonatés à nummulites
-  Calcaires argileux

À la fin de l'Éocène inférieur, au maximum de la régression marine, la région nord-aquitaine est occupée par un bel édifice deltaïque (fig. 6).

Au début de l'**Éocène moyen**, la tendance détritique se poursuivra et s'amplifiera par l'arrivée de puissantes décharges marquant un rajeunissement des reliefs du Massif central qui se sont surélevés sous l'effet de la compression. Les structures anticlinales sont de nouveau gauchies vers le Nord-Est. Il semble qu'il s'agisse d'un phénomène continu, amorcé dès l'Éocène inférieur et se poursuivant à l'Éocène moyen, beaucoup plus que de soubresauts intervenus de manière saccadée. Plusieurs transgressions marines viendront pénétrer les exutoires majeurs du dispositif deltaïque, en aval de la feuille, assurant le déblaiement des dépôts détritiques accumulés au sortir des exutoires. Le climat chaud et humide favorise en alternance l'arrivée de décharges de type torrentiel, véritables crues boueuses, mais l'édifice ne parvient cependant pas à assurer sa pérennité, déblayé en permanence par les courants de dérive littorale. De petits estuaires subsistent cependant à la fin de l'Éocène moyen, interrompant çà et là la monotonie d'une côte relativement rectiligne (fig. 7).

Le réseau fluvial possède alors une direction nettement E-W, dont la sédimentation est réglée par deux émissaires principaux débouchant dans la région centrale subsidente où une frange lagunomarine subsiste, mais nettement plus réduite géographiquement.

À la fin de l'Éocène moyen, une période d'altération de type ferrallitique intervient, bien marquée sur les bordures exondées du Périgord, du Quercy et du Limousin.

À l'**Éocène supérieur** (fig. 8), la région nord-aquitaine est marquée par un alluvionnement intense, dans une vaste plaine d'inondation en présence d'une nappe phréatique subaffleurante : c'est l'apparition des faciès molassiques carbonatés d'Aquitaine. Tout d'abord à tendance plus ou moins lacustre (argiles et calcaires), la sédimentation évoluera, par l'augmentation de compétence des émissaires, vers un détritisme plus important ; les puissantes couvertures d'altérites des marges exondées seront décapées, mobilisées et entraînées vers le bassin, créant les conditions d'un aplanissement général du relief.

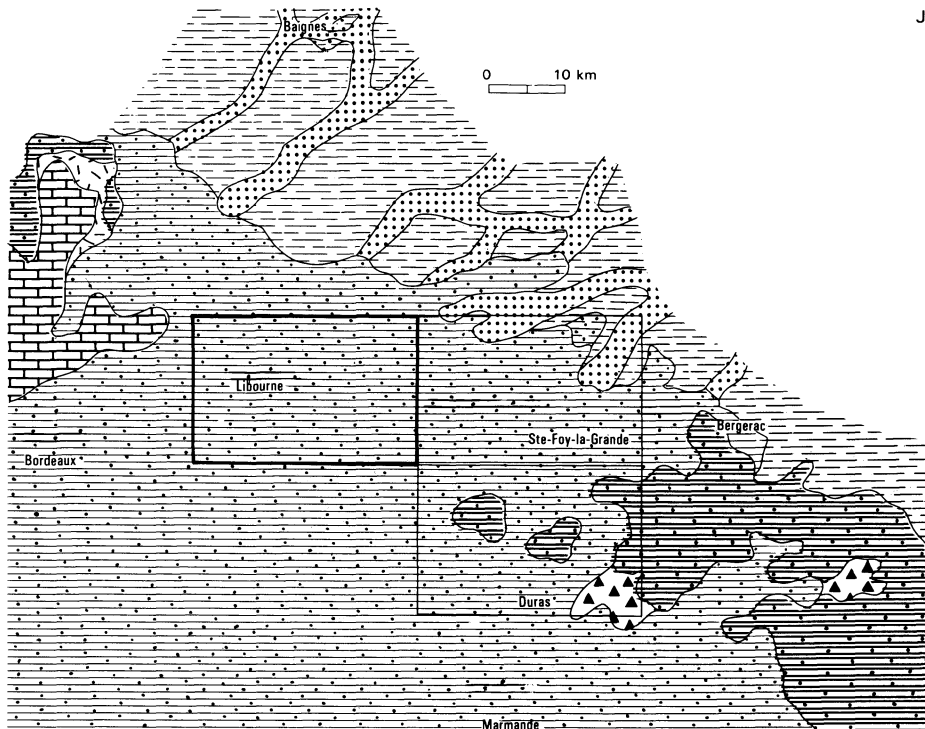
Les différentes formations molassiques finiront par combler la majeure partie de la zone centrale, marquées par l'arrivée d'un matériau diversifié où se manifestent les produits de l'érosion des massifs pyrénéens.

Au cours de cette période relativement courte, le climat à saison sèche plus marquée favorise le développement de petites étendues lacustres à tendance évaporitique où s'accumulent des formations gypsifères et des carbonates et se créent les conditions diagénétiques de l'évolution des argiles. Au maximum de la compression pyrénéenne, les directions des structures — où édifices sédimentaires — apparaissent nettement tranchées (le plus souvent E-W), tout comme les axes de drainage dont les directions sont soit E-W, soit N-S. À cette période s'épanouissent certaines espèces de mammifères, dont l'évolution est



Fig. 8 - Paléogéographie à un horizon proche du toit de l'Éocène supérieur

J. DUBREUILH (1987)



Formations fluviales continentales et palustres



Faciès détritiques de chenaux  
(sables, graviers, galets)



Faciès détritiques de plaine d'épandage  
(argiles, sables et argiles sableuses)



Faciès argilo-sableux carbonatés (molasses)  
à niveaux évaporitiques

Formation lacustre



Faciès argilo-carbonatés et calcaires lacustres

Formation laguno-marine



Argiles carbonatées organiques à *Ostrea*

Formation marine



Calcaires argileux

assez rapide. Le réseau fluvial s'encaisse en amont dans les formations d'altérites, alors que la plaine d'inondation, engorgée de sédiments, n'est plus parcourue que par un réseau plus ou moins anastomosé de chenaux divagants. La plate-forme carbonatée est rejetée nettement à l'Ouest. Il semble que la phase de compression pyrénéenne touche alors localement à sa fin et que les conditions de la distension se manifestent dès le Ludien moyen, favorisant le remplissage du bassin dans sa partie aval.

Au début de l'**Oligocène**, le comblement se poursuit, avec un réseau fluvial progressivement rajeuni et plus compétent, en raison d'un climat plus humide avec de fortes précipitations obligeant le réseau à se restructurer. À la période relativement calme du début de l'Oligocène, succèdent quelques petites transgressions et régressions localisées pendant lesquelles se manifestent quelques mouvements différentiels du bassin, probablement dus à des réajustements locaux.

À la période « calcitissante », marquée par les faciès lacustres et palustres à milieu pré-évaporitique, succédera la vaste phase transgressive stampienne qui pénétrera très en amont jusqu'au cœur du domaine molassique, dont l'extension géographique tendra à se restreindre, pris en tenaille entre un domaine lacustre oriental et le front de la transgression. La pénétration transgressive vers l'Est a été d'autant plus importante que le caractère subsident de la zone charnière située entre les édifices fluviaux septentrionaux et sud-orientaux a été permanente, et ce depuis la base du Tertiaire.

Des conditions régressives s'amorcent progressivement, laissant sous forme de témoins de larges golfes ouverts à l'Ouest, tandis que la mer se retire jusqu'aux abords de l'agglomération bordelaise où subsisteront de petites baies protégées à milieu confiné et faune hyposaline, en raison des apports d'eau douce qui restent relativement importants.

Au **Miocène**, de petites phases transgressives viendront aux portes de la région bordelaise, matérialisées par des faciès biodétritiques de bordure (faluns). Les régions charentaise et périgourdine (Double, Landais) sont alors soumises à une « continentalisation », où s'élaborent et se concentrent des solutions donnant naissance à des formations diagénétiques (argiles fibreuses) sur les bordures des étendues lacustres.

Au **Pliocène**, de nouvelles décharges détritiques se déversent sur l'Aquitaine, issues à la fois du Massif central et des Pyrénées, alors que se manifestent quelques réajustement tectoniques, le plus souvent très localisés. Il s'agit de couloirs d'épandage, matérialisant des paléocours préfigurant le réseau structuré quaternaire.

Le domaine de sédimentation est dès lors centré sur la cuvette landaise qui reçoit les sédiments principalement issus des Pyrénées, mais également des environs de la Montagne noire et, de manière plus restreinte, du Massif central par remaniements de matériaux déjà déposés.

Au cours du **Quaternaire**, les réseaux fluviatiles se structurent et s'encaissent, acquérant progressivement la configuration que nous leur connaissons aujourd'hui.

## GÉOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT

### OCCUPATION DU SOL

#### Sols

La forte artificialisation des sols du vignoble (façons culturales, voire terrassements et apports de terre, amendements et fertilisation), explique la discordance fréquente entre le type génétique et les caractères chimiques (et parfois même les caractères physiques) des sols actuels. L'exposé qui suit fait surtout référence aux types morphogénétiques, dont les caractères seront discutés en tenant compte du mode de mise en valeur : il s'ensuit quelques différences d'appellation avec les études à finalité agronomique de C. Van Leeuwen (1987, 1991) sur le vignoble de Saint-Émilion, auxquelles le texte qui suit fait de larges emprunts par ailleurs.

Sur les formations limoneuses des plateaux, dont l'origine reste controversée (dépôts éoliens selon H. Enjalbert, 1961 ; ou d'inondation — au moins ceux qui recouvrent les graves — pour J. Wilbert, 1988), les **sols lessivés** de type *boulbène* dominant. Ce sont des sols morphologiquement très différenciés (indice d'entraînement de l'argile supérieur à 2), de développement A/E/Btg/Cg, initialement acides (pH : 4 à 5). L'engorgement temporaire s'accroît dans les cuvettes ou les bas de versant. En conditions de culture, l'homogénéisation de la surface et la relative maîtrise des caractéristiques du complexe absorbant par les amendements calcaires et les engrais, rendent délicate toute subdivision fondée sur des critères analytiques. Sensibles à l'érosion à cause de leur texture limoneuse, ils peuvent être tronqués : on les distingue alors des sols développés dans des matériaux moins épais par leur horizon d'illuviation Bt.

En effet, sur les marges de ces auréoles de limons, on passe au substratum calcaire ou molassique par l'intermédiaire d'une chaîne de sols. Le *terrefort* «*boulbéné*», bien que limoneux encore en surface, ne présente pas des marques aussi nettes de lessivage : c'est un **sol brun** ou un **sol brun lessivé**, mésotrophe, souvent complexe, où des apports latéraux de matériel silteux plus évolué emprunté aux sols d'amont n'est pas à exclure, mais aussi où l'influence chimique du substratum carbonaté peut commencer à se faire sentir, notamment sous forêt, par le jeu de la mobilisation biologique des bases échangeables. Le vrai terrefort est un **sol brun calcique** ou **eutrophe**, argileux, développé dans une molasse ou un calcaire argileux ; c'est un sol lourd où un début de ségrégation du fer et du manganèse, rendue possible par la décarbonatation et la baisse corrélative du

pH, révèle une certaine hydromorphie d'imbibition capillaire. Ce type de sol est surtout représenté dans le quart nord-ouest de la feuille.

Sur le Calcaire à astéries, on rencontre plutôt des **sols bruns calcaires** moins épais et mieux drainés. Quant aux **sols bruns calcaires**, beaucoup dérivent en fait des sols précédents par une recharge en calcaire fin consécutive au travail du sol, les sols bruns calcaires primaires ayant des conditions géomorphologiques de gisement nettement moins communes (calcaires crayeux ou argileux, souvent en bas de pente, avec des apports colluviaux).

Le terme le moins évolué de la séquence, apparaissant dans les vallées sur les versants les plus raides ou des ressauts du relief différentiel, quand l'érosion permet l'affleurement direct de la roche calcaire, est la **rendzine initiale**. Son profil, simplissime, est de type A/C; les surfaces concernées sont faibles.

Dans les vallées, et plus spécialement celles qui sont au Nord de la Dordogne, les sols de versant développés dans les faciès fluviatiles de l'Oligocène inférieur (g<sub>1b</sub>) sont souvent sableux et du type **sol brun acide**, pauvre et désaturé, appelé *sable blanc* (marque d'éluviations anciennes avant remaniement?). Ils passent à des **sols lessivés acides complexes** ou à des **planosols lithomorphes** quand apparaît un niveau argileux à faible profondeur. Une telle morphologie peut correspondre à un colluvionnement de ces sables sur un substrat argileux (g<sub>1aM</sub>, e7b-cM, e6-7a).

Enfin, sur les alluvions anciennes Fu à Fx (Ft est ici négligeable), les variations lithologiques marquent nettement les caractères physiques du sol alors que les traits pédogénétiques — et notamment la couleur brune — pourrait être héritée d'altérations anciennes. On a affaire, quoi qu'il en soit, à des sols peu différenciés verticalement. Initialement acides sans doute, et peut être même à tendance podzolique par endroits, ils ont été si transformés dans leurs caractères chimiques que les variations des taux de matière organique, de bases échangeables ou d'oligo-éléments ne peuvent être reliés à aucun processus pédogénétique. Quelques autres montrent un enrichissement en argile dans les horizons profonds et sont peut être, eux aussi, polyphasés. Certains enfin, couvrant de faibles surfaces en rebord de terrasse, s'apparentent aux **planosols** : un substrat argileux peu perméable et à faible profondeur (de l'Oligocène par exemple) y fait office de plancher pour les écoulements hypodermiques. Par endroits on retrouve, sur quelques lentilles de limons, des sols à divers degrés de lessivage (Wilbert, 1988).

Les sols du réseau hydrographique appartiennent à deux grandes catégories. Dans les vallons « secs » (*i.e.* colluviaux, à régime intermittent et sans chenal d'étiage), les colluvions de type F-C donnent naissance à des sols peu évolués à engorgement temporaire, de type **pseudogley**. Dans les grandes vallées alluviales, la texture des *palus*

(alluvions récentes Fy) est plus homogène, argilo-limoneuse; on y observe des **gleys**, à engorgement permanent, et parfois des tourbes.

### **Végétation, cultures**

Appartenant à la région I.F.N. des « vallées et coteaux viticoles », le Libournais est la région la moins boisée du département de la Gironde, avec un taux de boisement d'environ 6 % (Inventaire forestier national, résultats du troisième cycle : 1987). Ce sont des petits bois de chênes pédonculés et de robiniers (ceux-ci typiques des régions de vignoble), de pins maritimes sur les coteaux et de quelques peupleraies dans le fond de la vallée. La flore très artificialisée de ces groupements (Lavergne, 1963) ne donne guère matière à développements. La vigne occupe près de 70 % de la S.A.U. d'après le dernier recensement général de l'agriculture (R.G.A. de 1988). Les autres cultures sont surtout des prairies permanentes dans les sols de vallées trop humides pour la vigne, et des céréales (principalement du maïs-grain).

Les exploitations viticoles sont de petite taille (un à vingt hectares, rarement plus), gérées en faire-valoir direct pour la plupart, et de plus en plus orientées vers la vente au détail. La surface drainée a doublé depuis le recensement de 1979. Le vignoble libournais est connu par ses grands crus classés appartenant aux A.O.C. Lalande-de-Pomerol, Pomerol, Saint-Émilion, Montagne-Saint-Émilion, Fronsac, Canon-Fronsac, qui occupent les *graves* ou les coteaux argilo-calcaires au Nord de la Dordogne. Au Sud, c'est l'appellation Entre-deux-Mers (blancs secs) qui domine, alors que sur les terrains plus sains de la plaine alluviale (bourrelets sableux, zones hautes), il se produit surtout du bordeaux ou du bordeaux supérieur.

L'hétérogénéité pédologique de certains grands domaines viticoles a retenu l'attention de quelques observateurs. De fait, l'influence des caractères édaphiques sur la qualité du vin — sujet sensible et complexe s'il en fut — est au centre d'un certain nombre d'études menées par l'institut d'œnologie de l'université Bordeaux II. Des caractères chimiques comme la richesse en azote, les teneurs en manganèse ou en fer, sont assez facilement maîtrisés. Les teneurs toxiques en cuivre, dues aux traitements par la bouillie bordelaise, peuvent être abaissées par des amendements calcaires maintenant cet élément dans une plage de faible solubilité. Le régime hydrique, moins facilement maîtrisable, a une influence nette sur la vigueur végétative, et corrélativement sur des paramètres de la qualité œnologique comme la teneur du raisin en sucres réducteurs ou en composés phénoliques. Sur ces questions, on pourra consulter les travaux de J. Duteau *et al.* (1981), J. Duteau (1982) ou C. Van Leeuwen (1991).

### *RESSOURCES EN EAU*

Plusieurs aquifères superposés, formant un multicouche, sont exploités sur le territoire couvert par cette feuille, à partir du toit des

calcaires crayeux du Crétacé supérieur dans les formations détritiques tertiaires et quaternaires.

Quant aux nappes profondes du Jurassique et du Crétacé, bien qu'elles ne soient pas exploitées dans ce secteur, quelques données existent sur les feuilles voisines.

### Réservoirs profonds jurassiques

L'exploitation de ces horizons profonds reste tributaire de l'importance de la dolomitisation secondaire, de l'ampleur de la karstification ou de la présence de milieux récifaux plus favorables du point de vue de la transmissivité. Les quelques données acquises à l'Est en Dordogne montrent un pH des eaux de l'ordre de 7 à 7,4, pour une température moyenne comprise entre 11,8 et 14,2°C, avec un résidu sec très variable de 40 à 310 mg/l et une résistivité comprise entre 15 et 200  $\Omega$ /m.

### Réservoirs du Crétacé

Ces aquifères possèdent une porosité de fissures qu'il n'est pas aisée d'exploiter en raison des colmatages postérieurs. Quelques ouvrages, notamment à l'Est, dans la région de Bergerac (806-6-3), ont atteint ces horizons présentant localement un débit spécifique assez faible, de l'ordre de 0,4 à 0,5 m<sup>3</sup>/h par mètre de rabattement. Des débits plus importants peuvent être obtenus localement (région bordelaise) suivant l'état de la roche-magasin (fissuration et porosité) ou la présence de faciès sableux liés à la configuration paléogéographique. Le pH varie suivant les horizons de 6,7 à 8 et la température de 9,8 à 21,8°C, montrant un mélange des eaux entre différents aquifères.

### Nappes du Tertiaire

Plusieurs aquifères superposés, localement bien individualisés, se rencontrent sur le territoire de la feuille. Il s'agit, du plus profond au moins profond :

- des « *sables inférieurs* » (comprenant l'Éocène inférieur et/ou l'Éocène moyen) ;
- des *sables fluviatiles* dits « *du Libournais* ».

De nombreuses données ont été extraites de la gestion des nappes effectuée par le BRGM depuis 1958.

● **Sables inférieurs.** Cet aquifère, soumis à autorisation pour les ouvrages supérieurs à 60 m, est très exploité en Gironde, notamment sur les communes longeant les vallées de la Garonne en aval de Podensac, et celle de la Dordogne depuis l'amont de Libourne jusqu'à Ambès. Cette exploitation, relativement importante, conduit actuellement à enregistrer à Libourne, à l'exemple du forage Queyrosse n° 2 (804-6-5), une baisse annuelle constante du niveau piézométrique

qui ne manquera pas de poser certains problèmes dans les années futures.

La carte des résistivités établie sur l'ensemble du secteur d'exploitation montre des valeurs qui oscillent entre 1 000 et 5 000  $\Omega/\text{cm}$ , la région de Libourne donnant des eaux aux alentours de 3 000  $\Omega/\text{cm}$ .

Les valeurs de transmissivité sont assez variables et s'établissent entre  $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  dans les zones nord-orientales, près des alimentations, à  $3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  à l'extrémité occidentale du Landais.

Les teneurs en fluor varient également entre 0,6 et 0,9 mg/l à la périphérie de l'agglomération libournaise, alors qu'elles atteignent plus de 1 mg/l à l'extrémité sud-occidentale de la feuille.

En 1988, la piézométrie de cette nappe évoluait de + 10 NGF au Nord de Libourne à - 5 NGF à l'extrémité sud-occidentale de la feuille, pour atteindre un maximum de creux au niveau de l'agglomération bordelaise vers - 20 NGF.

• **Sables fluviatiles du Libournais.** Cette nappe recèle de très nombreux ouvrages de part et d'autre des vallées de la Dordogne et de l'Isle, la feuille Libourne constituant son principal secteur d'exploitation. En 1987, 314 forages intéressant cet aquifère ont été recensés pour un volume de prélèvement autorisé atteignant 50 420  $\text{m}^3/\text{jour}$ .

Il s'agit stratigraphiquement d'un ensemble de corps sableux situés entre le sommet de l'Éocène moyen et la base de l'Éocène supérieur, se présentant globalement comme un aquifère captif, artésien au droit des vallées, très influencé par les marées.

Les débits spécifiques obtenus dans les palus des vallées montrent d'importantes variations allant de 3 à 10  $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$  de rabattement pour les niveaux sablo-graveleux les plus inférieurs (Molasses inférieures) et 0,5 à 2  $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$  de rabattement pour les horizons sableux intercalés dans les molasses argilo-carbonatées appartenant à la formation des Argiles à *Palaeotherium*. La transmissivité obtenue en pompage varie de 0,2 à  $5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ .

### Nappes du Quaternaire

Les terrasses fluviatiles graveleuses des lits mineurs de la Dordogne et de l'Isle servent de réservoir à des aquifères dont les caractéristiques hydrauliques sont assez différentes suivant l'existence ou l'absence d'une continuité avec les aquifères tertiaires sous-jacents.

Le pH des eaux varie de 6,5 à 7,5 en moyenne, pour une température comprise le plus souvent entre 12 et 15 °C, mettant en lumière les mélanges entre les différents aquifères.

Les meilleures transmissivités sont observées dans la basse terrasse wurmienne (Fx) où elles sont proches de  $1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ , alors que pour les terrasses rissiennes (Fw) elles oscillent de  $1 \cdot 10^{-3}$  à  $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ .

Le résidu sec est compris entre 300 et 500 mg/l, pour une résistivité de l'ordre de 15 à 25  $\Omega$ /m.

### *SUBSTANCES UTILES, CARRIÈRES*

Des matériaux tels que calcaires pour pierres de taille et granulats de qualité variable ont été exploités depuis très longtemps sur le territoire de cette feuille.

#### **Calcaires pour pierres de taille**

La formation du Calcaire à astéries a fourni des pierres de taille pour la construction dès le début du siècle, à partir de carrières souterraines implantées sur les communes de Saint-Émilion, Puisseguin, Montagne ou Lussac. En rive droite de l'Isle, quelques petits prélèvements ont été également effectués au Nord de Villegouge, ainsi que sur les communes de Saint-Germain-la-Rivière et Saint-Aignan.

D'autres carrières à ciel ouvert ont fourni des matériaux tout-venant pour l'empierrement, ainsi que des moellons pour la construction.

#### **Granulats**

De très nombreuses exploitations ont été ouvertes dans les terrasses quaternaires, offrant des matériaux de qualité variable suivant les ensembles alluvionnaires.

● **Sables, graviers et galets à matrice argileuse.** Ce type de matériaux est exploité par quelques carrières sur la vallée de l'Isle, au droit de la terrasse Fu, notamment près des lieux-dits la Gravette ou les Lorettes. Il s'agit de matériaux possédant une matrice argileuse (supérieure à 10 % de fines), ferrugineuse, dont l'épaisseur peut atteindre 4 à 5 m en moyenne, avec environ 10 % d'éléments supérieurs à 20 mm et un équivalent de sable compris entre 25 et 60.

● **Sables, graviers et galets à intercalations argilo-limoneuses.** Les terrasses rissiennes (Fw1 à Fw3) fournissent l'essentiel de ces matériaux, exploités par certaines grandes carrières de plusieurs hectares, comme celles du lieu-dit les Brûlés sur la commune de Saint-Denis-de-Pile. Ces dépôts, souvent de qualité variable, sont constitués de matériaux plus ou moins grossiers (20 % d'éléments supérieurs à 20 mm) qui, après lavage, servent à la confection des bétons. L'équivalent de sable est compris entre 18 et 53, les valeurs les plus élevées étant situées dans les gisements immergés.

● **Sables, graviers et galets propres.** Bien qu'ils comportent une fraction limoneuse importante, ces matériaux grossiers de très bonne qualité sont exploités pour les bétons par les grandes carrières des



Billaux ou de Saint-Denis-de-Pile au Nord de la feuille, à partir de la terrasse Fx. Leur épaisseur exploitée peut atteindre 4 à 8 m, la base étant très souvent confondue avec les formations à galets de l'Oligocène (g<sub>1a</sub>). Cet ensemble révèle plus de 30 % d'éléments supérieurs à 20 mm et un équivalent de sable compris entre 46 et 60.

Il faut également signaler quelques prélèvements de sables effectués localement dans les Molasses du Fronsadais (e<sub>7b-cM</sub> et g<sub>1aM</sub>), ainsi que de petites extractions d'argiles, autrefois exploitées pour la fabrication de terre cuite à partir des Argiles à *Palaeotherium* (e<sub>6-7a</sub>).

## DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

### PRÉHISTOIRE ET ARCHÉOLOGIE

Sur le territoire couvert par cette feuille, les découvertes anciennes et les recherches systématiques de L. Moisan (1978, 1979, 1986, 1987) ont révélé la présence, dans les dépôts alluviaux des hautes terrasses de la vallée de l'Isle, d'industries roulées du Paléolithique ancien représentées en stratigraphie par des séries peu nombreuses.

Des industries plus abondantes appartenant à l'Acheuléen moyen ou récent sont également connues dans les terrasses alluviales risiennes. Dès le Riss ancien, des séries archéologiques roulées ou non roulées, témoignent de la pratique du débitage levallois au sein d'industries acheuléennes. Les peuplements acheuléens semblent avoir vécu sur les aires d'épandage alluviaux (Moisan, 1987) où ils ont exploité les matières premières disponibles (petits galets de silex globuleux irréguliers) dont les caractéristiques semblent avoir fortement conditionné celles des industries (outils courts et épais, bifaces amygdaloïdes ou partiels, débitage levallois peu élaboré). Les séries les plus abondantes sont attribuées à l'Acheuléen récent et datées du Riss III. Elles coexistent dans la masse des cailloutis avec des industries roulées plus anciennes, peut-être de l'Acheuléen moyen. Dans la basse terrasse de l'Isle, des industries roulées ont été rapportées à un Acheuléen récent assez classique compte tenu de la présence de bifaces de belle facture qui se placent en position secondaire dans un milieu alluvial daté du Würm ancien.

Les alluvions wurmiennes n'ont livré que peu de matériel archéologique en comparaison de la moyenne terrasse datée du Riss III, et les industries moustériennes n'y semblent pas nettement représentées par opposition à leur relative abondance sur les plateaux environnants. Elles comportent surtout du Moustérien de tradition acheuléenne, connu par les découvertes anciennes de M.J.A. Garde dans le secteur dominant la vallée de l'Isle (Saint-Denis-de-Pile, Abzac, Les Artigues-de-Lussac, Montagne, Puisseguin) ou par de petits gisements de plein air proches de Saint-Émilion, qui ont fait l'objet de ramassages anciens (collections du musée de la Société historique et archéologique de Saint-Émilion), qui semblent avoir été sélectifs au profit des belles

pièces parmi lesquelles prédominent les bifaces du Moustérien de tradition acheuléenne, associés à divers types de raclours.

Dans le Castillonnais, un gisement de plein air, placé sur un versant dominant la plaine alluviale de la Dordogne, a livré une abondante industrie de Moustérien Quina (Sireix et Bordes, 1972), industrie relativement mal représentée en Gironde.

Dans ce secteur, rares sont les occupations contemporaines du début du Paléolithique récent (Aurignacien et Périgordien), pour la plupart connues dans des gisements de plein air où seule est conservée l'industrie lithique. L'Aurignacien est représenté dans plusieurs petites stations proches de Saint-Émilion, ainsi qu'en Entre-deux-Mers, sur le bassin-versant de la Canodonne. Les séries qui lui appartiennent comportent notamment des grattoirs épais carénés ou à museau, des grattoirs sur lames retouchées, des burins grossiers sur éclats, mais l'industrie osseuse et la faune ne sont malheureusement pas conservées à l'état d'indices, ou exceptionnellement dans un remplissage d'abri (abri Lespaux, fouilles Y. Krtolitz). Ce dernier a livré une séquence clairement attribuable au Périgordien à burins de Noailles, associant une industrie laminaire abondante et variée à pointes de la Gravette et burins de Noailles à une industrie osseuse, une flûte en os d'oiseau et des restes de cheval, renne et grands bovidés.

Dans la deuxième moitié du Pléniglaciaire du Würm récent, le peuplement humain s'intensifie et se manifeste tant dans des gisements de plein air que sous abri, tandis que les occupations en grottes demeurent très rares. Au Nord de la plaine alluviale de la Dordogne, un campement du Magdalénien récent a été signalé dans la basse vallée de l'Isle, sur la terrasse inférieure (Gherardi, 1972; Lenoir, 1983), plusieurs gisements magdaléniens sous abri ou en pied de falaise sont connus dans la région de Saint-Émilion (Fongaban, Maurens, Bellefond-Belcier). Cette répartition se prolonge timidement vers l'Est dans le Castillonnais. Ces gisements n'ont pour la plupart livré que de l'industrie lithique et les matières osseuses ne s'y sont pas conservées, rendant ainsi difficile leur attribution à un stade précis du Magdalénien.

Quelques sites ont cependant livré de la faune associée à d'autres éléments de datation (outillage lithique et osseux) qui permettent de les replacer dans l'échelle chronostratigraphique où ils témoignent d'occupations s'échelonnant entre le Dryas ancien et le Dryas récent. Les industries qui y sont représentées sont façonnées en majeure partie dans les silex sénoniens recueillis sous forme de galets dans les alluvions des basses vallées de l'Isle et de la Dordogne, mais possèdent en outre, pour certains, une composante de silex local (silex des Argiles et calcaires de Castillon). Parmi ces gisements, celui de Saint-Germain-la-Rivière (Lenoir *et al.*, 1991) renferme une importante séquence montrant la présence de deux ensembles d'industries bien différenciés et pour lesquels nous disposons de datations absolues. L'ensemble inférieur, daté de 16000 B.P., comporte une industrie

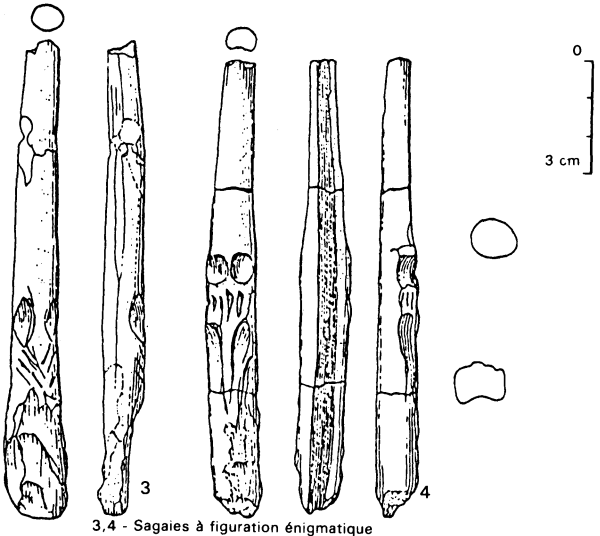
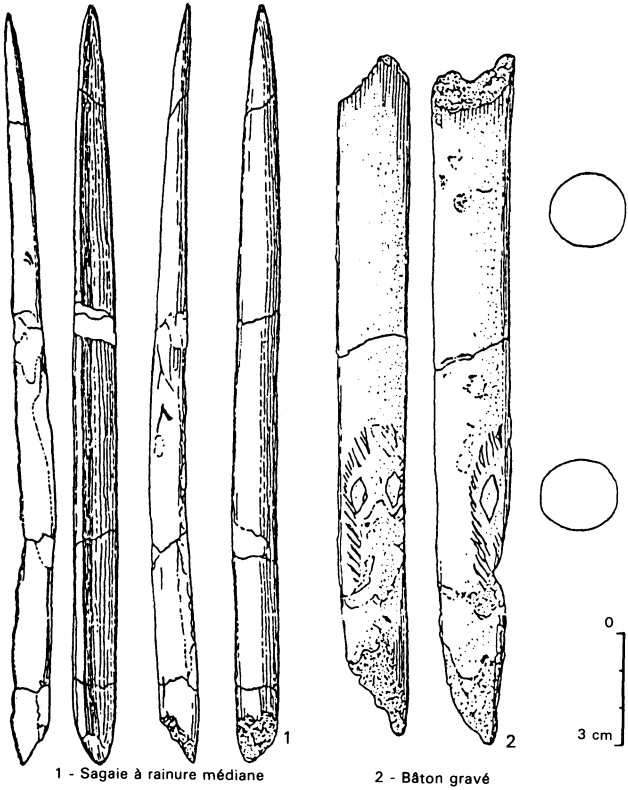


Fig. 9 - Saint-Germain-la-Rivière

très particulière caractérisée par le débitage d'éclats épais servant de pièces-supports à des grattoirs d'allure aurignacienne ou à de grossiers denticulés. Bon nombre de ces éclats ont été transformés en nucléus à lamelles, elles-mêmes transformées en petites lamelles à fines retouches latérales directes. Cette industrie est relayée par une industrie magdalénienne plus « classique » datée de 15 000 à 14 000 B.P., qui possède des grattoirs et des burins sur lames retouchées associées à des lamelles à dos épais et des lamelles scalènes parfois denticulées. L'industrie osseuse (fig. 9) montre peu de variation d'un ensemble à l'autre et il en est de même de la faune, riche en restes d'antilope saïga, indicatrice de conditions steppiques froides et sèches caractéristiques du Dryas ancien.

Dans l'Entre-deux-Mers, les gisements magdaléniens se groupent dans le bassin de la Canodonne et de ses affluents. Parmi ces gisements, certains (Bisqueytan, Moulin-Neuf, Granet) se rattachent au Magdalénien moyen et associent à une industrie riche en microlithes (lamelles à dos épais), et qui comporte de beaux outils sur lames (grattoirs, burins, outils composites, lames retouchées), des faunes où l'antilope saïga domine, accompagnée du cheval, du bison, du renne, du renard polaire, de la chouette des neiges. Ces habitats se placent lors des conditions froides et steppiques du Dryas ancien, comme en témoignent les études de faunes et de pollens dont les résultats sont en parfait accord avec ceux des datations radiocarbone. Dans ce même secteur, d'autres gisements sous abri anciennement fouillés (la Pique, Piganeau,...) évoquent davantage le Magdalénien récent.

Dans la plupart de ces sites, l'occupation magdalénienne est relayée par des occupations se rattachant au Néolithique, caractérisées par des industries peu diversifiées, associées à de la céramique et à des faunes de climat tempéré. C'est également au Néolithique que peuvent être attribués les monuments mégalithiques (allées couvertes) connus dans ce secteur.

### *SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES*

La feuille Libourne est partagée par les vallées de la Dordogne et de l'Isle en trois ensembles naturels qui sont autant de régions viticoles de renommée, telles le Saint-Émilionnais, le Fronsadais et l'Entre-deux-Mers (graves de Vayres).

L'itinéraire, au départ de Libourne, emprunte la départementale 670 en direction de Castillon-la-Bataille, à travers les terrasses risiennes couvertes de colluvions argilo-sableuses. Au lieu-dit Grand-Bigaroux, emprunter la D 122 en direction de Saint-Émilion, où l'on aperçoit au-dessus du château de la Gaffelière, sur le rebord du plateau de Calcaire à astéries, d'anciennes carrières souterraines exploitées pour la construction de Saint-Émilion. À plusieurs titres, un arrêt s'impose dans cette cité, qu'il s'agisse de la visite de la ville,

de l'église monolithe, des catacombes, de l'ermitage ou du cloître des Cordeliers.

Poursuivre au Nord par la D 122, à travers le plateau du Calcaire à astéries en direction de la vallée de la Barbanne où affleurent, près du lieu-dit Maison-Neuve, au Nord-Est, les Argiles à *Palaeotherium* représentées par des argiles bleu-vert carbonatées, à petites marbrures rougeâtres et nodules carbonatés. Sur la commune de Montagne, plusieurs affleurements de Calcaire à astéries s'offrent à l'observation, ainsi que les Molasses du Fronsadais, à la retombée du plateau, près du lieu-dit Baudron, au Nord, non loin du pont des Adams.

Poursuivre vers Lussac et, 1 km après le pont, prendre à gauche la D 121 en direction des lieux-dits Chéreau et Fontmurée, à travers les épandages fluvio-lacustres oligocènes ( $g_{1aM}$  et  $g_{1bM}$ ), recouverts le plus souvent par des formations colluviales argilo-limoneuses.

Après le lieu-dit Bertureau, poursuivre toujours par la D 121 en direction de Néac pour retrouver le ruisseau de la Barbanne. Dans ce secteur, plusieurs observations importantes peuvent être effectuées, concernant le rapport entre le substratum oligocène ( $g_{1a}$ ) et la terrasse du Pléistocène inférieur (Fu) constituant le premier épisode du réseau fluvial périglaciaire, postérieur aux nappes alluviales anciennes du début du Pléistocène inférieur.

En rive gauche de la Barbanne, après le coteau de Néac, se développent les terroirs renommés de l'appellation Pomerol, où l'on observe en bas de pente le mélange entre les formations à galets de l'Oligocène (quartz et quartzites blancs) et la terrasse ancienne constituée de galets allongés à patine ferrugineuse ocre (Dubreuilh *et al.*, à paraître).

Après le ruisseau de la Barbanne, prendre à gauche la route communale conduisant au lieu-dit la Chichonne pour observer en bas de pente les argiles feldspathiques vert pâle de l'Oligocène ( $g_{1a}$ ) en bordure de route.

À partir de Néac, par la route à droite, les mêmes observations peuvent être faites près du château Moulin-à-Vent, à l'Ouest, où les mêmes faciès apparaissent vers la cote + 32 NGF sous quelques décimètres d'alluvions Fu, donnant dans le sous-sol proche un horizon quasi imperméable où dominent les argiles smectiques et les feldspaths apportant des ions indispensables à la vigne.

Après les observations intéressantes concernant le terroir des grands crus de Pomerol, poursuivre par la D 121 en direction de Catusseau, pour revenir, à travers les terrasses rissiennes, sur la commune de Libourne où un petit arrêt à vocation touristique permettra d'admirer les rives de la Dordogne et celles de l'Isle. Continuer vers l'Ouest par le pont traversant l'Isle, en direction de la butte du Tertre de Fronsac, toute proche, dont on aperçoit le point culminant situé plus de 70 m

au-dessus des dépôts alluviaux (Fy) de l'Holocène, avec son château, demeure des seigneurs de Fronsac depuis l'époque de Charlemagne.

Au pied de la butte, non loin de l'ancienne tuilerie affleurent les Argiles à *Palaeotherium*, définies par J. Blayac sous le nom de « Molasses inférieures de Fronsac », ainsi que les dépôts détritiques des Molasses du Fronsadais, dans lesquelles apparaissent quelques restes de palaeothéridés dans de petites zones chenalisées. Au sommet de la butte s'observent des argiles carbonatées et des faluns du Stampien (g<sub>2</sub>A).

Remonter jusqu'au bourg de Fronsac pour prendre vers le Nord-Ouest la D 246, en direction de Villegouge, et traverser le plateau de Calcaire à astéries subaffleurant, très largement recouvert par des dépôts argilo-limoneux d'origine colluviale.

À partir de Villegouge, prendre la D 138, en direction du Nord-Est vers Galgon, pour traverser les formations fluvio-lacustres et fluviales oligocènes g<sub>1a</sub>M, g<sub>1b</sub> et g<sub>1b</sub>M.

À partir de Galgon, reprendre la direction du Sud-Est par la D 18 en direction de la commune des Billaux où, après les marais de la plaine alluviale récente de la vallée de l'Isle, apparaissent les premiers épandages caillouteux de la terrasse wurmienne (F<sub>x</sub>), très largement exploité pour les granulats au droit de cette commune.

Puis rejoindre Libourne vers le Sud, à travers les terrasses rissiennes, par les lieux-dits les Charruands et Beauséjour.

Il faut également mentionner l'itinéraire Saint-Émilien—Pomerol—Entre-deux-Mers (p. 234-238) de l'ouvrage « *Terroirs et vins de France* », publié sous la direction de C. Pomerol aux Éditions du BRGM.

### BIBLIOGRAPHIE

- BASTIN A.H. (1941) — Sur la présence d'*Elephas antiquus* dans les alluvions quaternaires de Libourne (Gironde). *P.V. Soc. linn. Bordeaux*, t. XCII, p. 33-46, 1 pl., 1 tabl.
- BASTIN A.H. (1942) — Sur la formule pétrographique comparée des alluvions quaternaires de la Dordogne, de l'Isle et de la Garonne inférieures, aux environs de Libourne et de Bordeaux.
- BLAYAC J. (1930) — Aperçu de la répartition des faciès et du synchronisme des terrains tertiaires du bassin d'Aquitaine au Nord de la Garonne et jusqu'à Castres. *Livre jubil. Soc. géol. Fr.*, t. 1, p. 151-170.

- BORDES F., MOISAN L. (1969) — Un hachereau sur éclat typique dans les alluvions de l'Isle. *BSPF-CRSM*, n° 6, p. 172-174, 2 fig.
- BRUNET M. (1979) — Les grands mammifères chefs de file de l'immigration oligocène et le problème de la limite Éocène-Oligocène en Europe. Paris : Fondation Singer-Pollignac édit., 281 p., 88 tabl., 19 fig., 16 diag., 28 pl.
- CAVELIER C. (1979) — La limite Éocène-Oligocène en Europe occidentale. *Sci. géol.*, Strasbourg, mém. n° 54 (thèse État, 1976).
- CASSOUDEBAT M., PLATEL J.P., SELLEIER E. (1972) — Étude phéno-ménologique du Calcaire à astéries. *Bull. Soc. linn. Bordeaux*, t. II, n° 1, p. 9-18.
- CHÂTEAUNEUF J.J., DUBREUILH J., PLATEL J.P. (1977) — Éléments de datation par la palynologie du Tertiaire continental à faciès sidérolithique des Charentes. *Bull. BRGM* (2), sect. I, n° 4, p. 356-359.
- DUBREUILH J. (1976) — Contribution à l'étude sédimentologique du système fluvial Dordogne-Garonne dans la région bordelaise. Les ressources en matériaux alluvionnaires du département de la Gironde. Thèse Univ., Bordeaux I, 273 p., 41 fig., 73 tabl., 1 pl. h.t.
- DUBREUILH J. (1982) — Carte géol. France (1/50 000), feuille Coutras (780). Orléans : BRGM. Notice explicative par J. Dubreuilh (1980), 26 p.
- DUBREUILH J. (1982) — Corrélations stratigraphiques entre les dépôts continentaux fluviaux du Sidérolithique et des Sables du Périgord des Charentes et les formations molassiques du Libournais. *Bull. BRGM* (2), sect. I, n° 4, p. 281-284, 1 fig.
- DUBREUILH J. (1984) — Carte géol. France (1/50 000), feuille Montpon-Ménésterol (781). Orléans : BRGM. Notice explicative par J. Dubreuilh, avec la collaboration de C. Mondeilh (1984), 27 p.
- DUBREUILH J. (1987) — Synthèse paléogéographique et structurale des dépôts fluviaux tertiaires du Nord du bassin d'Aquitaine. Passages aux formations palustres, lacustres et marines. Thèse État, Bordeaux III, 461 p., 79 fig., 9 tabl., 1 pl. photos, 15 annexes. (Documents du BRGM, n° 172).
- DUBREUILH J., MARCHADOUR P., THIRY M. (1984) — Cadre géologique et minéralogique des argiles des Charentes, France. *Clays Minerals*, 19, p. 19-41.
- DUBREUILH J., KARNAY G. (1994) — Carte géol. France (1/50 000), feuille Sainte-Foy-la-Grande (805). Orléans : BRGM. Notice explicative par J. Dubreuilh, avec la collaboration de F. Charnet (1994), 52 p.
- DUBREUILH J., PLATEL J.P. (1982) — Stratigraphie et sédimentologie des formations continentales tertiaires à faciès sidérolithique et Sables du Périgord. *Bull. BRGM* (2), sect. I, n° 4, p. 269-280, 3 fig.

- DUTEAU J. (1982) — Alimentation en eau de la vigne dans le Bordelais en période estivale sèche. Exemple de l'année 1980 à Saint-Émilion et à Pomerol. *Science du sol*, n° 1, p. 15-29.
- DUTEAU J., GUILLOUX M., SÉGUIN G. (1981) — Influence des facteurs naturels sur la maturation du raisin, en 1979, à Pomerol et Saint-Émilion. *Connaissance de la vigne et du vin*, 15, n° 1, p. 1-27.
- ENJALBERT H. (1961) — Les pays aquitains : le modelé et les sols. Bordeaux : Bière édit., 607 p.
- FALLOT E. (1887) — Compte rendu géologique de la 2<sup>e</sup> excursion géologique trimestrielle faite le 8 mars 1887 à Sainte-Foy-la-Grande. *P.V. Soc. linn. Bordeaux*, t. XLI, p. LIII-LVIII.
- GAYET J. (1985) — L'ensemble des environnements oligocènes nord-aquitains : un modelé de plate-forme marine stable à sédimentation carbonatée. *Mém. inst. géol. bassin Aquitaine*, 571 p.
- GHERARDI P. (1972) — La station magadalénienne du Petit-Barail à Sablons-de-Guîtres (Gironde). Note préliminaire. *Rev. hist. archéol. Libournais*, t. XL, 143, p. 24-25.
- INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL (s.d.) — Département de la Gironde ; résultats globaux du 3<sup>e</sup> inventaire (1987). Document provisoire : I.F.N., échelon de Bordeaux (à paraître).
- KLINGEBIEL A. (1962) — Analyse séquentielle et lithostratigraphique du Paléogène nord-aquitain. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 254, p. 2035-2037.
- KLINGEBIEL A. (1963) — Observations sur la sédimentation argileuse du début des temps tertiaires en Aquitaine. *Bull. Soc. géol. Fr.* (7), t. V, p. 303-306.
- KLINGEBIEL A. (1967) — Étude sédimentologique du Paléogène nord-aquitain. Interprétation lithostratigraphique et paléogéographique. Thèse État, Bordeaux.
- KULBICKI G. (1956) — Constitution et genèse des sédiments argileux sidérolithiques et lacustres du Nord et du Nord-Est de l'Aquitaine. *Sciences de la Terre*, t. IV, n° 1 et 2, p. 5-101, 21 fig., 4 pl. h.t.
- LAVERGNE D. *et al.* (1963) — Carte de la végétation de la France, feuille Bordeaux (n° 56). Service de la Carte de végétation, CNRS, Toulouse.
- LENOIR M. (1983) — Le Paléolithique des basses vallées de la Dordogne et de la Garonne. Thèse État, Bordeaux, 702 p., 43 tabl., 445 fig., 17 cartes.
- LENOIR M., MARMIER F., TRECALLE G. (1991) — Données nouvelles sur les industries de Saint-Germain-la-Rivière (Gironde). In : « 25 ans d'études technologiques en préhistoire ». XI<sup>e</sup> rencontres internationales d'archéologie et d'histoire, Antibes. Juan-les-Pins : éd. APDCA, p. 245-254, 4 fig.
- MOISAN L. (1969) — Identification d'une industrie acheuléenne au niveau de la moyenne terrasse de l'Isle. *Revue hist. archéol. Libournais*, t. XXXVIII, n° 133, p. 73-92, 15 fig.



- MOISAN L. (1978) — Recherches sur les terrasses alluviales du Libournais et leurs industries préhistoriques. Thèse Univ., Bordeaux I, 421 p., 97 fig., 158 tabl.
- MOISAN L. (1978) — Les terrasses alluviales du Libournais. Interprétation chronologique. Étude de leur contenu archéologique. *Bull. Soc. anthrop. Sud-Ouest*, t. XII, n° 4, p. 85-106, 4 fig., 2 tabl.
- MOISAN L. (1979) — Les industries préhistoriques des terrasses alluviales du Libournais. *Rev. hist. archéol. Libournais*, t. XLVII, n° 172, p. 41-62, 1 carte, 6 pl.
- MOISAN L. (1986) — Quelques données sur le peuplement du bassin inférieur de la Dordogne au Paléolithique inférieur et moyen. *Bull. Soc. anthrop. Sud-Ouest*, t. XXI, n° 2, p. 119-121.
- MOISAN L. (1987) — Les formations alluviales du bassin inférieur de la Dordogne et leurs industries paléolithiques. Cahiers du Quaternaire, n° 10, 423 p., 54 fig., 1 carte h.t. Paris : CNRS édit.
- PAQUEREAU M.M. (1964) — Flores et climats post-glaciaires en Gironde. *Actes Soc. linn. Bordeaux*, t. 101, n° 1.
- RÉCHINIAC A. (1964) — Étude sédimentologique des principales formations détritiques du Paléogène aquitain. *Actes Soc. linn. Bordeaux*, t. 101, n° 2.
- RINGEADE M. (1987) — Séquences mamaliennes en Aquitaine. *München Geowiss. Abh.*, (A), 10, 312 p.
- SÉGUIN G., PUCHEU-PLANTE B., DUTEAU J. (s.d.) — Les terroirs du Bordelais. Polycopié, institut d'œnologie, université Bordeaux II, 31 p., 12 fig.
- SERVICE CENTRAL DES ENQUÊTES ET ÉTUDES STATISTIQUES (1988) — Recensement agricole de 1988 (SCEES-INSEE). Tableaux Prosper : Gironde. Paris : Imprimerie nationale, 189 p., 9 pl.
- SIRIEIX M., BORDES F. (1972) — Le Moustérien de Chinchon (Gironde). *Bull. Soc. préhist. Fr.*, t. 69, Études et travaux, n° 1, p. 324-336, 8 fig.
- TEXIER J.P. (1979) — Recherches sur les formations superficielles du bassin de l'Isle. Thèse État, 3 t., 447 p.
- VAN LEEUWEN C. (1987) — Étude des sols et de leur répartition dans la région viticole du Libournais. D.E.A., institut d'œnologie univ. Bordeaux II - INRA Bordeaux, service d'étude des sols et de la Carte pédologique de France, 48 p., 41 pl.
- VAN LEEUWEN C. (1991) — Le vignoble de Saint-Émilion : répartition des sols et fonctionnement hydrique ; incidences sur le comportement de la vigne et la maturation du raisin. Thèse doctorat univ. Bordeaux II, UFR d'œnologie, 154 p.
- WILBERT J. (1986) — La pédologie en Aquitaine, cartographie et comme inventaire. Chambre régionale d'agriculture d'Aquitaine - INRA Bordeaux, 1 notice 81 p., 9 cartes à 1/50 000.
- WILBERT J. (1988) — Étude pédologique du domaine du lycée agricole de Libourne-Montagne. Lycée agricole de Libourne-Montagne - INRA, Carte pédologique de France.

## **Carte géologique de la France à 1/80 000**

Feuille *Libourne* : 1<sup>re</sup> édition (1906) par G. Vasseur, J. Blayac, M. Repelin.

Feuille *Bergerac* : 1<sup>re</sup> édition (1920) par G. Vasseur, J. Blayac, M. Dalloni, A. Randouin; 2<sup>e</sup> édition (1965) par M. et M.R. Séronie-Vivien.

## **Autres publications et documents consultés**

Rapports de fin de sondage de la société ESSO-REP pour le forage pétrolier de Saint-Martin-du-Bois (SMB 1).

Rapport de fin de sondage de la Compagnie française des pétroles (CFP) pour les forages de Saint-Géry (SG 1) et de Saint-Félix (SF 1).

Géologie du bassin d'Aquitaine : atlas BRGM, ELF-RE, ESSO-REP, SNPA (1974).

Documentation recueillie au titre du Code minier par le service géologique régional Aquitaine.

## *ANALYSES PALÉONTOLOGIQUES*

Paléontologie des vertébrés : M. RINGEADE (univ. Bordeaux I, département géologie et océanographie).

Palynologie : J.J. CHÂTEAUNEUF, G. FARJANEL (BRGM).

Micropaléontologie : P. ANDREIEFF (BRGM).

## *DOCUMENTS CONSULTABLES*

La banque des données du sous-sol du BRGM détient l'inventaire des sondages exécutés sur le territoire de la feuille. Cette documentation, recueillie au titre du Code minier, est consultable au service géologique régional Aquitaine, avenue Dr-A.-Schweitzer, 33600 Pessac, ou bien au BRGM, Maison de la Géologie, 77, rue Claude-Bernard, 75005 Paris.

## **AUTEURS**

Cette notice a été rédigée en 1992 par Jacques DUBREUILH, ingénieur géologue au BRGM, Service géologique national (département Cartes et synthèses géologiques), avec la collaboration de F. CHARNET (ingénieur chargé d'études à l'institut pour le développement forestier, Orléans) pour la rubrique « Sols, végétation et cultures » et de L. LENOIR (institut du Quaternaire, univ. Bordeaux I), pour la préhistoire et l'archéologie.

Présentation au CCGF : 10 décembre 1992.

Acceptation de la carte et de la notice : 17 juin 1993.

Impression de la carte : 1995.

Impression de la notice : juin 1995.

ANNEXE

TABLEAU D'ÉQUIVALENCE DES NOTATIONS

Feuille Libourne à 1/50 000	Feuille Jonzac (171) 2 <sup>e</sup> éd. à 1/80 000 (1964)	Feuille Libourne (181) 1 <sup>re</sup> éd. à 1/80 000 (1906)	Feuille Bergerac (182) 1 <sup>re</sup> éd. à 1/80 000 (1920)
Fz, Fy	a <sup>2</sup>	a <sup>2b</sup>	a <sup>2</sup>
Fx		a <sup>1b</sup>	a <sup>1</sup>
Fw <sub>1</sub> , Fw <sub>2</sub> , Fw <sub>3</sub>	a <sup>1</sup>	a <sup>1a</sup>	a <sup>1a</sup>
Fv	—	m <sub>IIa</sub> pars	m <sub>II</sub> pars + m <sub>II-e3</sub> pars
Fu		m <sub>II-e3</sub> pars +	m <sub>II</sub> + m <sub>IIa1</sub> pars +
Ft <sub>3</sub>		m <sub>IIa</sub> pars	m <sub>II-e3</sub> pars
Ft <sub>1</sub>		m <sub>IIc</sub>	
g <sub>2-3</sub> , g <sub>2-3M</sub> , g <sub>2C</sub>	} e-m	m <sub>IIIa1</sub> + m <sub>II-e3</sub>	m <sub>IIIa</sub> + m <sub>IIIa1</sub> + m <sub>II-e3</sub>
g <sub>2M</sub> , g <sub>2B</sub> , g <sub>2A</sub>		pars	pars
g <sub>1C</sub>		m <sub>IIIb</sub> + m <sub>II-e3</sub>	m <sub>IIIb</sub>
g <sub>1b</sub> , g <sub>1bM</sub>		pars	
g <sub>1a</sub> , g <sub>1aM</sub>		m <sub>II-e3</sub> pars	
e <sub>7b</sub>		e <sub>3b</sub> + m <sub>II-e3</sub>	} e <sub>3S</sub>
e <sub>7b-cM</sub>		pars	
e <sub>6-7a</sub>			