

Le couloir « le Maupas - les Étangs » : aspects structurels, sédimentologiques et paléontologiques (La Limouzinière, Loire-Atlantique) *

M. CHEVALIER (1), A. BARREAU (2), J.-J. CHATEAUNEUF (3), S. COURBOULEIX (3),
J. ESTEOULE-CHOUX (6), G. FARJANEL (3), P. GENOT (2), A. HOLLIER-LAROUSSE (4),
J.-P. MARGEREL (2), D. MERLE (5), M.-F. OLLIVIER-PIERRE (6), A. LAURIAT-RAGE (5)
et N. TRAUTH (7)

Mots-clés : Levé magnétotellurique, Levé électromagnétique, Éocène inf., Yprésien, Éocène moyen, Lutétien, Pliocène, Sable, Argile, Sédimentologie, Palynomorphe, Flore algale, Faune foraminifère, Faune pélicypode, Faune gastropode, Paléogéographie.

Résumé

Le couloir « le Maupas - les Étangs » situé, entre les actuelles dépressions du Lac de Grand-Lieu et du Marais Breton, est placé à une cote relativement élevée pour la région (35 m). Il a été néanmoins possible d'y découvrir trois périodes de sédimentation tertiaire, témoignant d'une invasion marine fréquente de la plate-forme vendéenne.

A l'Yprésien, des sables et argiles noires renfermant des pollens et des kystes de dinoflagellés indiquent un milieu laguno-marin. Au Lutétien supérieur, la mer venant de l'Ouest dépose des sables coquilliers riches en flore et en faune de milieu infralittoral, comparables à celle de Pierre-Aiguë. La présence de sables blancs fossilifères et d'argiles noires, ainsi que certaines espèces, confère à ce gisement une certaine originalité. Au Bartonien, des sables blancs azoïques marquent la période de régression éocène moyen. Au Pliocène, un ensemble argileux fossilifère inférieur riche en pollens témoignant un milieu marin peu ouvert, est surmonté d'un ensemble sableux blanc azoïque indiquant une mer plus ouverte. L'ensemble de ces sédiments aurait été conservé dans le couloir à la faveur d'effondrements synsédimentaires.

La délimitation de bassins sédimentaires, particulièrement délicate dans la région étudiée, peut être grandement facilitée par l'emploi de méthodes géophysiques de subsurface. Les deux méthodes, radiomagnétotellurique (RMT) et dipôle-dipôle électromagnétique (EM34), utilisées en raison de leur rapidité de mise en œuvre et de mesures, ont permis non seulement la délimitation du couloir « le Maupas - les Étangs », mais aussi une reconnaissance de sa structure.

La prospection géophysique conduit à se représenter celui-ci, comme un graben extrêmement étroit, mais de largeur variable, qui s'est installé dans une zone fortement lacérée suivant la direction sud-armoricaine.

Abstract

The elongated basin « le Maupas - les Étangs » is located between the actual « Lake of Grand-Lieu » and « Marais breton » depressions. This subsident basin is one of the most elevated (+ 35 m) of the country. Nevertheless, it has been possible to discover three tertiary sedimentary periods.

At the Ypresian, black laminated sands and clays with dinoflagellate cysts and pollens indicate a lagoonal-marine environment. At the upper Lutetian, the sea coming from the West let down shelly sands and again black clays; the rich fauna, among some species have been identified, attest of intertidal environment. During the Bartonian, take place white sands indicating a regressive period.

The pliocene marine deposits also found in a compartment only of the corridor, are made by fossiliferous clays indicating a shallower open sea, overlaid by azoic white sands.

The presence of those sediments in the corridor result of the active tectonic movements.

Some examples of continuous profiles of radiomagneto-telluric apparent resistivity (RMT) and semi-continuous profiles of electromagnetic dipole-dipole apparent resistivity (EM34), have been realised across the elongated basin « le Maupas - les Étangs ». The investigations show that the presence of this corridor is the result of the prestructuration due to south-armoricain tectonic trend and of the remobilisation of hercynian faults (e.g. : « Sainte-Pazanne - Les Essarts » accident).

(1) Laboratoire de Géologie marine, 2, rue de la Houssinière, 44072 Nantes ; et Équipe de Recherche géologique d'Intérêt régional, 44310 La Limouzinière.

(2) Laboratoire de Biogéologie et de Biostratigraphie, 2, rue de la Houssinière, 44072 Nantes Cedex 03.

(3) BRGM, Service Géologie, BP 6009, 45600 Orléans Cedex.

(4) Section de Géophysique appliquée, Laboratoire central des Ponts et Chaussées, BP 19, 44370 Bouguenais.

(5) Institut de Paléontologie, MNHN et UA 12, 2, rue Buffon, 75005 Paris.

(6) Institut de Géologie, Av. Général-Leclerc, 35042 Rennes Cedex.

(7) CNRS, Laboratoire de Géochimie des Roches sédimentaires, Bât. 504, 91405 Orsay.

* Manuscrit reçu le 15 mars 1987 et accepté le 18 novembre 1988.

1. Introduction

Le couloir « le Maupas — les Étangs » (6 km de long) appartient à un secteur où l'altitude n'est jamais inférieure à + 30 m. Ce secteur, qui est encadré par les deux grandes dépressions régionales (Lac de Grand-Lieu, Marais breton) riches en gisements cénozoïques, est traversé par un accident de direction sud-armoricaine : l'accident Sainte-Pazanne — Les Essarts. Situé en contrebas du relief de faille qui souligne cet accident, le remplissage cénozoïque du couloir a pour substratum les micaschistes du synclinorium de la Roche-sur-Yon (fig. 1).

Dans un tel contexte faillé et malgré la rareté des affleurements, la recherche systématique de témoins d'âge tertiaire a conduit dans un premier temps à la découverte de formations d'âge lutétien. En juillet 1985, une campagne de sondages à la tarière à moteur, effectuée avec le concours du BRGM, devait effectivement retrouver, en plusieurs points, des sédiments lutétiens très fossilifères et recouper pour la première fois des dépôts yprésiens. Un sondage réalisé en 1980 par le BRGM avait, précédemment, recoupé des dépôts pliocènes (Viaud *in* Ters, 1982), dépôts que signalait déjà au siècle dernier Vasseur (1881).

Afin de déterminer la configuration de cet étroit bassin, il a été fait appel à des investigations géophysiques

(radio-magnéto-tellurique et électromagnétique) suivies de sondages et d'études sédimentologiques et faunistiques.

2. Reconnaissances géophysiques

2.1. Radiomagnétotellurique (RMT)

La magnétotellurique est une méthode de prospection géophysique inventée par Cagniard (1953). Elle est utilisée pour résoudre des problèmes de physique du globe et de prospection minière. Elle a été adaptée, en 1973, par Guineau et Dupis du Centre de Recherches Géophysiques de Garchy pour explorer le proche sous-sol sous le nom de Radiomagnétotellurique (RMT).

Les domaines d'application de cette méthode sont étendus : génie civil (Lagabrielle *et al.*, 1983), archéologie (Lagabrielle et Hollier-Larousse, 1985), et aussi géologie, comme présentement la délimitation de bassins sédimentaires. Les mesures ont été effectuées avec le concours du LCPC (centre de Nantes).

Le document que l'on obtient est un enregistrement en continu de la résistivité apparente du sous-sol (aptitude d'un terrain à s'opposer au passage d'un courant électrique) qui varie en fonction de la nature et de l'état

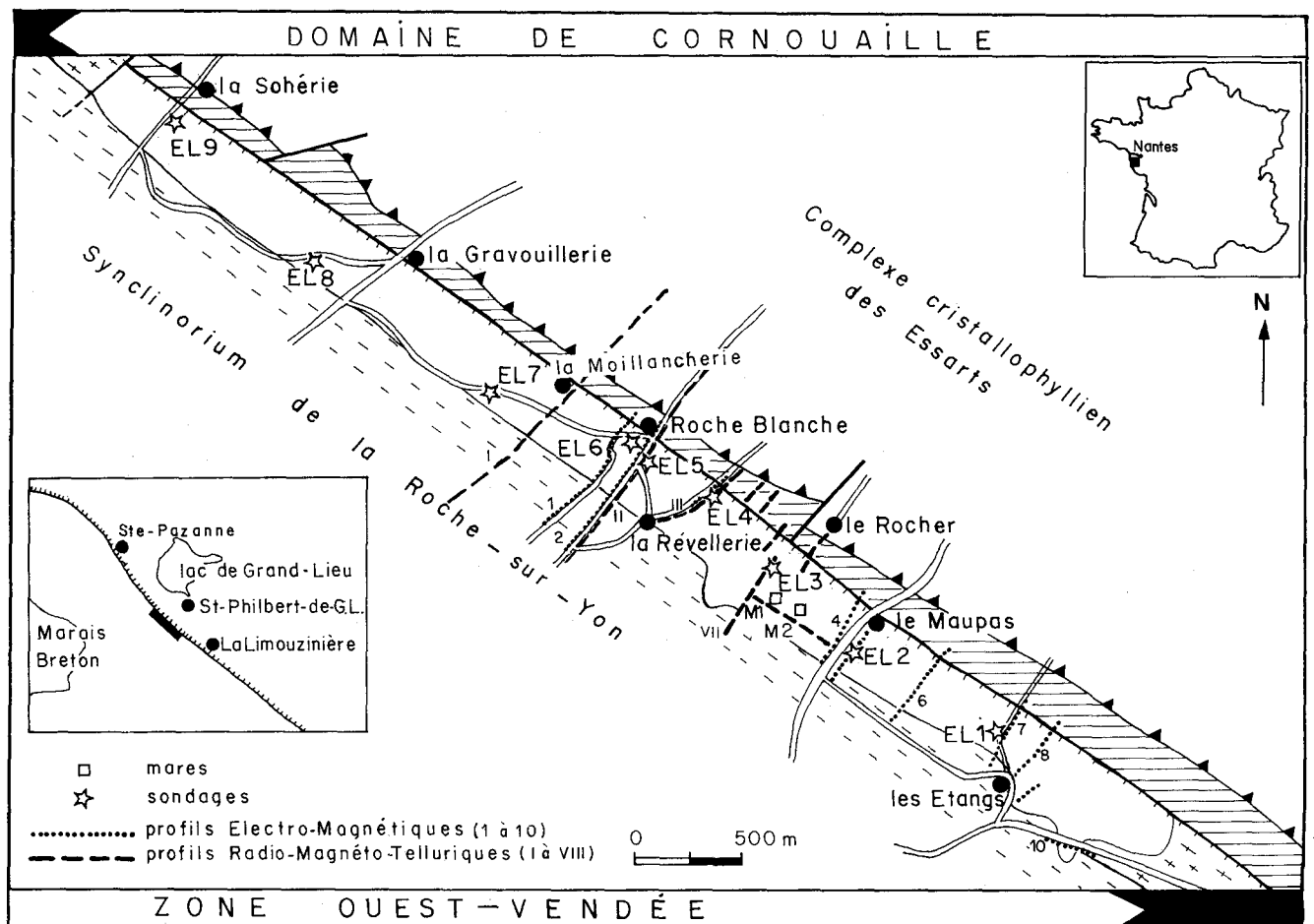


Fig. 1. - Localisation des principaux profils géophysiques et des sondages dans le couloir « le Maupas - les Étangs ».

hydrique des terrains rencontrés. Une argile, un sable saturé d'eau seront caractérisés par des résistivités faibles, un gneiss par des résistivités plus élevées.

2.1.1. Étude du profil I (fig. 2a)

Nous étudierons en détail un profil réalisé perpendiculairement au couloir du Maupas (profil I traversant le village de la Moillancherie), soit environ 1 820 m de mesures dans la direction SW-NE. Les distances sont portées en abscisse, les résistivités apparentes en ordonnée. La pleine échelle correspond à une résistivité apparente d'environ 500 ohms-mètre (suivant étalonnage par un sondage électrique).

L'enregistrement fait apparaître deux types de variations :

- des variations rapides dites « locales ».
- des variations lentes, dites « régionales ».

Les premières donnent à la courbe son contour denté. Leur origine, locale et superficielle peut être géologique (veines de rocher résistant localement à l'altération, variation rapide de l'humidité des terrains) ou anthropique (tranchées, hétérogénéités de l'empierrement du chemin sur lequel les mesures ont été réalisées). Ces variations locales ne nous intéressent pas dans cet article ; elles pourraient faire l'objet d'une étude spécifique.

Les secondes constituent la courbe porteuse des variations « locales ». Leur origine est plus profonde et d'ordre géologique. Ce sont ces variations qui seront étudiées ici.

Renseignements d'ordre structural :

Les variations très brutales de la résistivité apparente séparant des terrains de caractéristiques différentes sont ici interprétées comme des accidents tectoniques (failles, contacts anormaux).

La faille notée F1, située à 1 280 m de l'origine sépare le complexe cristallophyllien des Essarts du bassin tertiaire et quaternaire du Maupas. Cet accident se présente comme un faisceau de failles avec un premier compartiment effondré correspondant à une bande d'amphibolites.

La faille notée F2, située à 1 020 m de l'origine sépare la première zone sédimentaire, d'un autre ensemble plus résistant, qui n'avait pas été reconnu jusqu'à ce jour.

Enfin, un contact noté C3 sépare l'ensemble précédent de terrains encore plus résistants. La remontée assez douce des résistivités ne nous permet pas d'affirmer que ce contact est faillé.

Renseignements d'ordre sédimentologique :

Les failles mises en évidence ci-dessus isolent quatre domaines (A, B, C, D) correspondant à quatre niveaux de résistivité :

A - de 1 800 à 1 280 m de l'origine, de fortes résistivités (voisines de 500 ohms.m) correspondant aux gneiss du socle cristallophyllien des Essarts,

B - de 1 280 à 1 020 m de l'origine, des résistivités faibles (30 ohms.m) traduisant la présence à faible

profondeur de terrains très conducteurs (sables détritiques saturés, argile...),

C - de 1 020 à 500 m de l'origine, des résistivités plus fortes (80 ohms.m) indiquant soit un relèvement du socle sous la couverture sédimentaire, soit un changement de faciès brutal,

D - enfin, de 500 m à l'origine, des résistivités de nouveau plus élevées (de 250 à 350 ohms.m) voisines de celles d'un socle.

2.1.2. Études de plusieurs profils

Nous présentons sur la figure (fig. 2b) un enregistrement réalisé parallèlement et à 500 m de distance du précédent. La similitude entre ces deux courbes est nette. Il est probable qu'entre la Moillancherie et la Révellerie, le sous-sol s'organise de la même façon avec quatre domaines séparés par des accidents tectoniques.

Entre la Révellerie et le Maupas, l'organisation structurale est différente : la zone faillée se retrouve au nord-est, mais le domaine de remplissage (B) est plus large (400 m au lieu de 200), il est directement limité au sud-ouest par un contact faillé noté F'2. Le domaine C n'existe pas.

Le profil VIII, réalisé suivant le grand axe du bassin, affiche une remontée brusque des résistivités en arrivant au village du Maupas, indiquant ainsi l'existence d'une remontée du substratum dans ce secteur.

Ainsi, de proche en proche en effectuant des séries de mesures parallèles les unes aux autres, la structure du bassin a pu être perçue.

3. Profils dipôle-dipôle électromagnétique (fig. 3)

De même que la méthode précédente, l'électromagnétique (EM 34) mesure les résistivités apparentes des terrains rencontrés. Elle est cependant moins rapide, nécessitant un arrêt assez long, dans le cas présent, tous les 20 m, pour effectuer les mesures en dipôle horizontal et vertical. Les dix profils EM 34, également réalisés transversalement au couloir, peuvent se regrouper en trois familles, représentant des dispositions de terrain structurellement différentes :

- Roche Blanche — la Moillancherie : profils 1, 2, 3,
- le Maupas : profils 4 et 5,
- les Étangs : profils 6 à 10.

Un exemple sera décrit pour chaque famille.

Première famille

Le profil EM 34 n° 2, effectué le long du chemin traversant le village de Roche Blanche, donne un résultat très comparable au profil n° II RMT, réalisé au même endroit. On retrouve la même organisation.

— Au nord-est, un contact franc et brusque (faille F1) sépare les roches du Complexe des Essarts (domaine A) de celles de la zone sédimentaire ;

— Au centre, une zone de très faible résistivité (20 ohms.m en dipôle horizontal et vertical), corres-

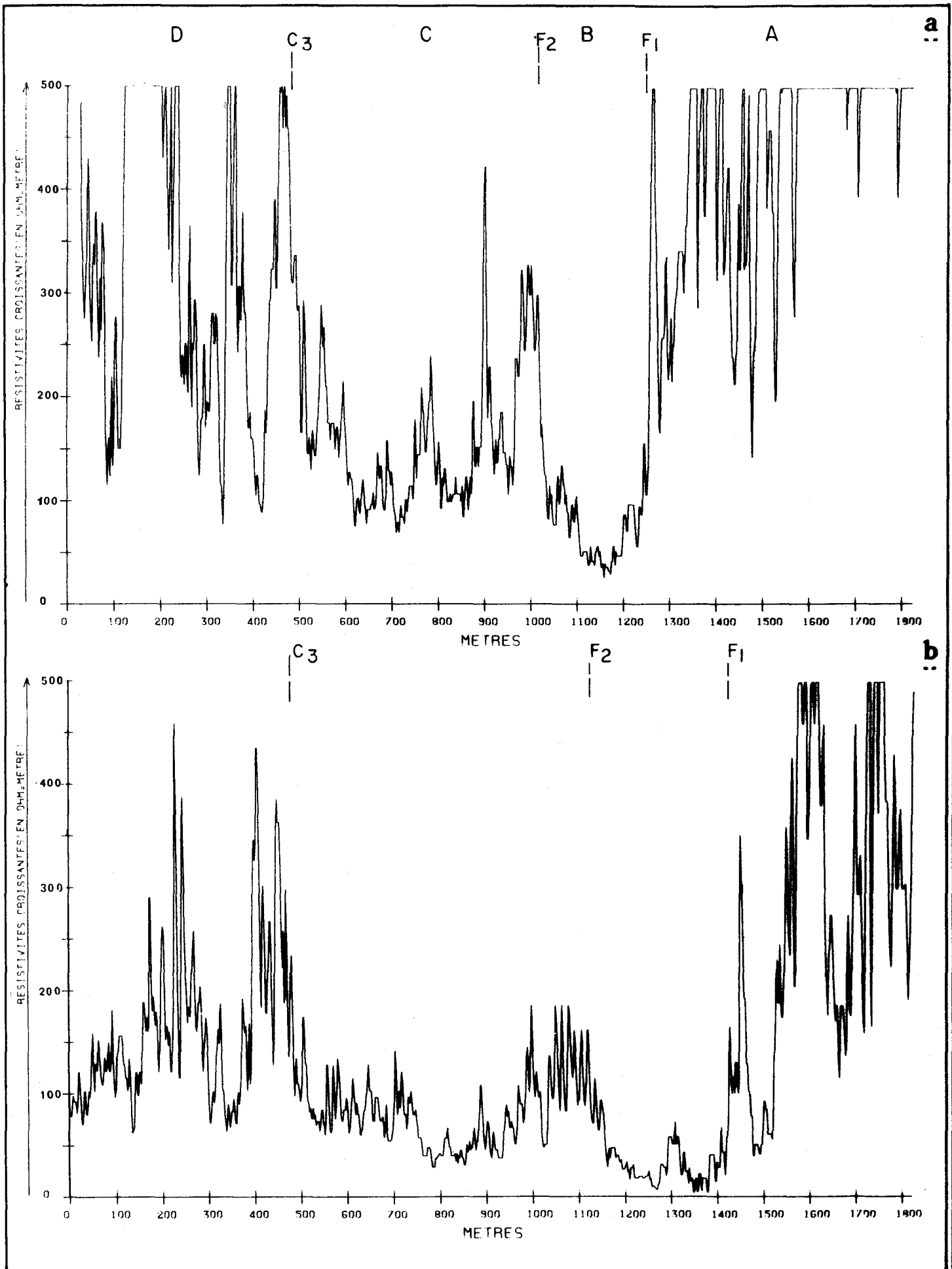


Fig. 2. - Exemples de profils radiomagnétotelluriques (RMT) ;
 a : la Moillancherie, b : Roche Blanche.

LE COULOIR « LE MAUPAS - LES ÉTANGS »

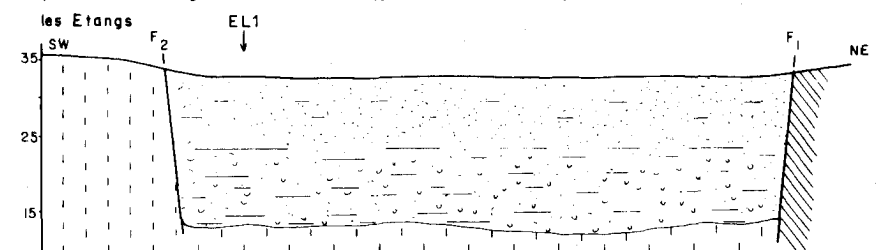
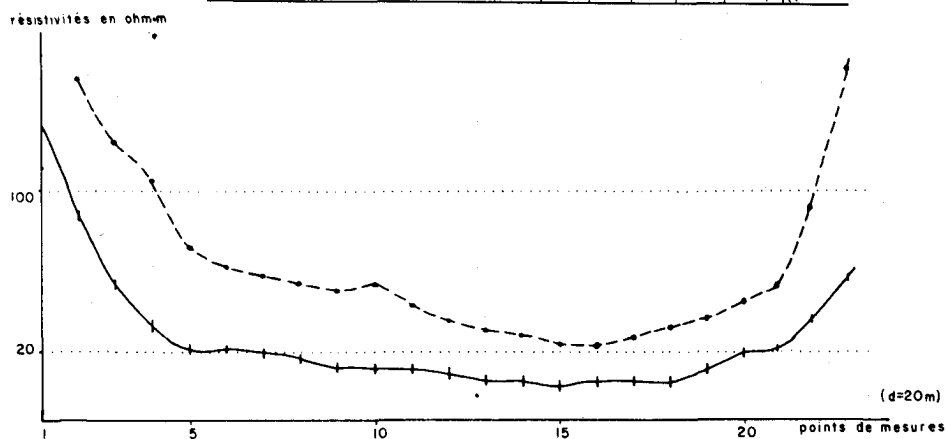
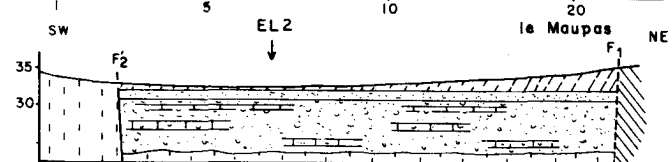
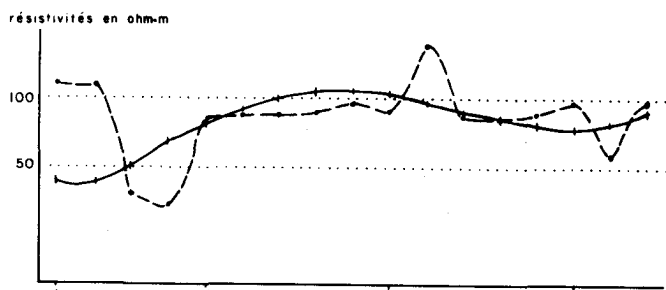
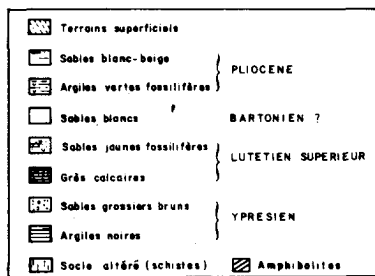
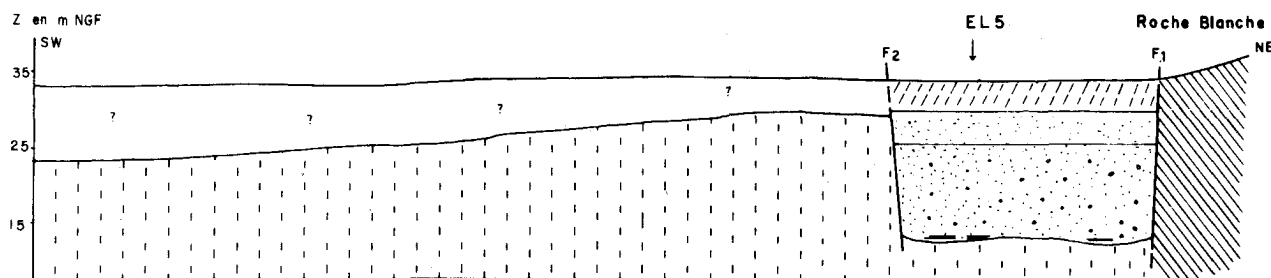
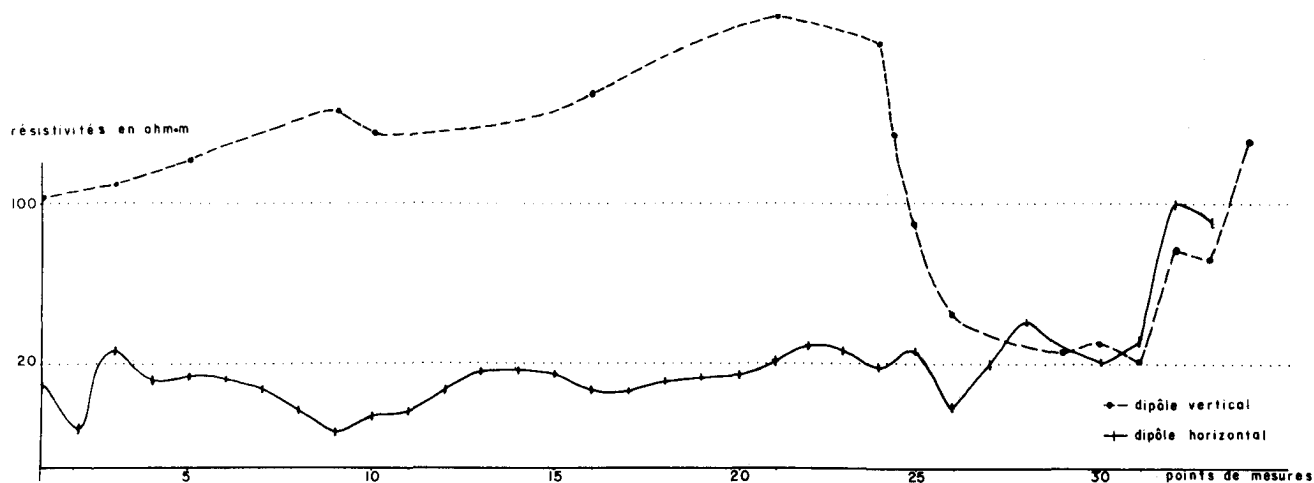


Fig. 3. - Exemples de profils électromagnétiques (EM 34) ; a : Roche Blanche, b : le Maupas, c : les Étangs ; et interprétations de la structure du couloir.

pond au remplissage sédimentaire le plus épais (domaine B) ;

— Au sud-ouest, une rapide remontée des résistivités (500 ohms.m) en dipôle vertical (faille F2), suggère une remontée du socle (domaine C) ;

— Enfin, plus vers le sud-ouest, les valeurs de résistivités en dipôle vertical baissent lentement mais demeurent supérieures à 100 ohms.m ; celles en dipôle horizontal restent faibles (10 à 30 ohms.m), indiquant soit la présence d'un socle plus altéré, soit une épaisseur de recouvrement d'un terrain plus forte. Les mesures ont été suspendues avant d'atteindre le contact C3.

Deuxième famille

Le profil n° 4 effectué près du village du Maupas, recoupe le profil longitudinal RMT n° VIII. Les valeurs faibles, en dipôle vertical comme en dipôle horizontal (50 — 100 ohms.m), donnent des courbes qui s'entrecroisent continuellement, témoignant d'un socle très altéré et d'un recouvrement peu épais. Une zone faillée (F'2) a été uniquement reconnue au sud-ouest. Le domaine C n'existe pas, et le domaine B est, ici, plus large que dans le profil n° 1.

Troisième famille

Le profil n° 7, effectué au pied du village des Étangs, présente une forme en auge caractéristique avec des plans de contacts faillés, subverticaux (F1 et F'2), de direction sud-armoricaine. Les faibles résistivités (10 — 40 ohms.m) en dipôle vertical et horizontal, seraient en faveur d'un remplissage sédimentaire très épais. Le domaine C est encore absent et le domaine B est aussi bien développé que dans le profil n° 4 (300 à 400 m).

4. Répartition spatio-temporelle des sédiments dans le couloir (fig. 4)

A l'aplomb du couloir « le Maupas — les Étangs », neuf sondages ont été réalisés avec le concours du BRGM (campagnes 1980 et 1985) (fig. 3) ; deux ont été implantés aux extrémités et les sept autres au centre, en veillant à une exploration particulièrement serrée entre les villages du Rocher et de Roche Blanche, cette partie du couloir semblant la plus propice à la découverte de dépôts éocènes. Ils ont tous atteint le socle : pour huit d'entre eux (EL 1 à EL 8), les micaschistes de Saint-Gilles de la Zone ouest-vendée, et pour le neuvième (EL 9) l'orthogneiss appartenant au Complexe des Essarts.

L'épaisseur de sédiments traversés est de 18,80 m en EL 1, 7,25 m en EL 2, 18 m en EL 3, 22 m en EL 4, 18,80 m en EL 5, 13,40 m en EL 6, 4 m en EL 7, 4,30 m en EL 8, et 2,80 m en EL 9. D'une manière générale, l'épaisseur des dépôts est plus forte dans la partie sud du couloir (17 à 22 m) qu'au nord (3 à 6 m) ; le sondage EL 2, bien que situé dans la partie méridionale, n'a traversé que 7,25 m de sable coquillier, révélant ainsi l'existence d'une brusque remontée du socle à proximité du village du Maupas.

Dix-huit profils géophysiques, ont été réalisés uniquement dans la partie méridionale du couloir : dix-sept transversalement, et un seul, près du village du Maupas,

dans l'axe du couloir. Les dix profils radio-magnétotelluriques (RMT) ont été positionnés entre la Moillancherie et le Maupas, et les huit profils électromagnétiques (EM 34) entre Roche Blanche et les Étangs. Bien que réalisés postérieurement aux neuf sondages à la tarière, les profils géophysiques n'en apportent pas moins une aide précieuse pour la compréhension de la structure du couloir.

Les analyses polliniques effectuées systématiquement dans les niveaux argileux et l'étude de la faune dans les sables et argiles fossilifères, ont permis de proposer des âges différents pour les divers faciès observés. C'est ainsi que l'on rencontre, entre le Maupas et la Gravouillerie (fig. 4) : des argiles noires et des sables bruns **yprésiens** surmontés, dans deux sondages, de sables coquilliers et d'argiles noires **lutétiens**, et de sables blancs post-lutétiens, en continuité apparente avec la série sous-jacente et qui peuvent de ce fait être rapportés au **Bartonien**. Entre le Maupas et les Étangs, des argiles vertes et des sables blancs sont datés du **Pliocène**. Les dépôts superficiels, argiles, sables et cailloutis, ont été considérés comme **plio-quadernaire** en accord avec les travaux de M. Ters (1982).

Ces données, tant stratigraphiques que sédimentologiques, et aussi les informations données par la géophysique, autorisent finalement à segmenter le couloir en trois compartiments transversaux :

- compartiment des Étangs (Néogène), au sud-est ;
- compartiment du Maupas (Paléogène), au centre ;
- compartiment de la Sohérie (Plio-quadernaire ?), au nord-ouest.

Le compartiment du Maupas, où les sondages ont été les plus nombreux, se présente en fait comme une juxtaposition de blocs élémentaires ; la mégaséquence paléogène intéresse surtout l'Éocène inférieur (Yprésien) et l'Éocène moyen (Lutézien et Bartonien). Dans le compartiment des Étangs, seule la séquence pliocène est représentée.

Afin de respecter l'ordre stratigraphique le compartiment du centre sera décrit en premier.

5. Compartiment éocène du Maupas (forages EL 2 à EL 8)

Le forage EL 3, implanté en contrebas du village du Rocher (fig. 1 et 2), a révélé la série paléogène la plus complète et la plus diversifiée ; il servira donc de référence de départ à l'étude du remplissage éocène de cette partie de couloir.

5.1. Nature des dépôts

5.1.1. Sondage EL 3 (fig. 5)

5.1.1.1. Dépôts Yprésiens

Unités S1 et A1 : + 14,90 à 17 m NGF, sables et argiles noirs

Sur un socle de micaschistes très altérés repose un sable brun-noir mêlé d'argiles grises ou noires, les vingt derniers centimètres étant surtout constitués d'argiles

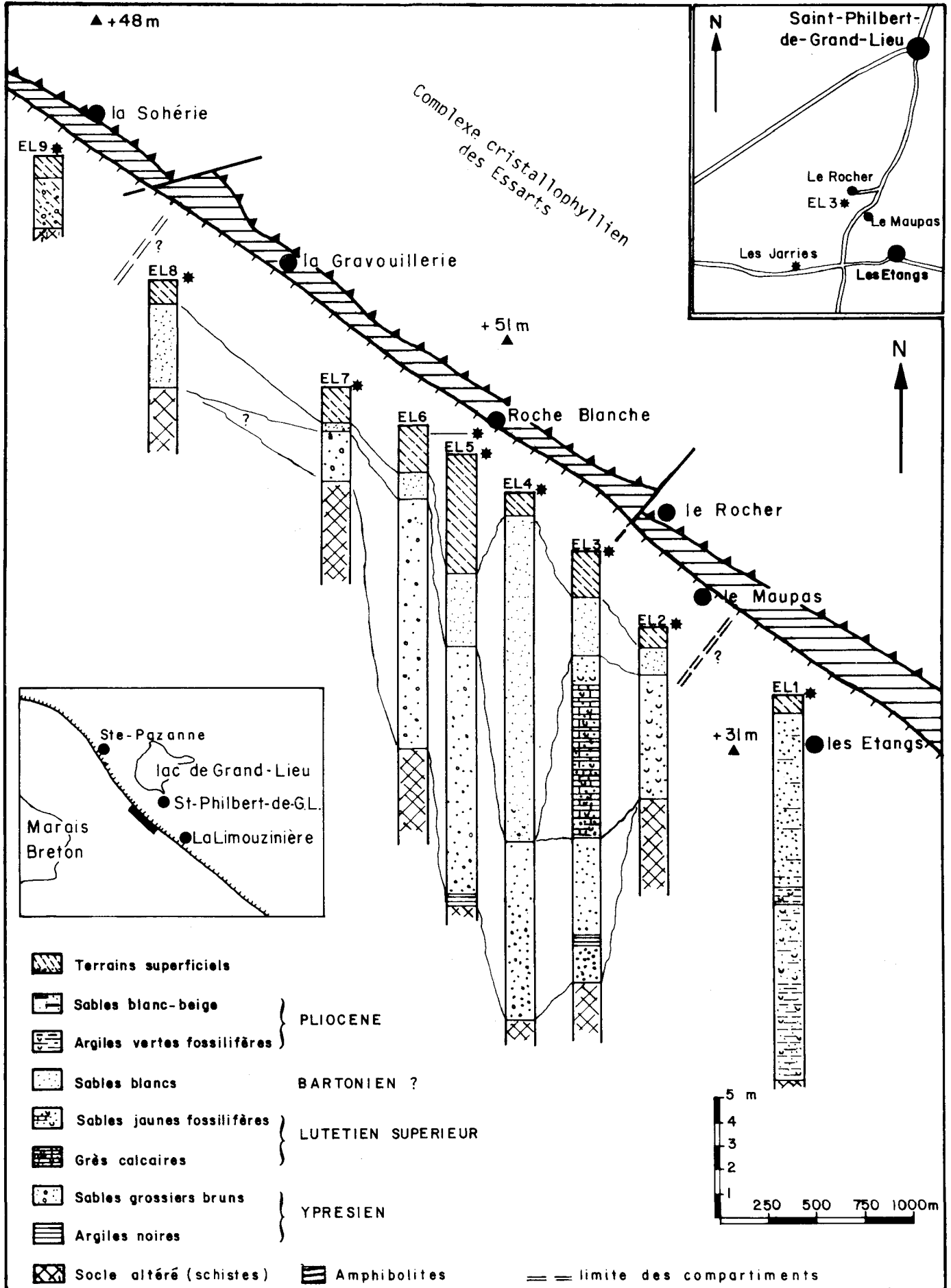


Fig. 4. - Coupe des neuf sondages réalisés dans le couloir.

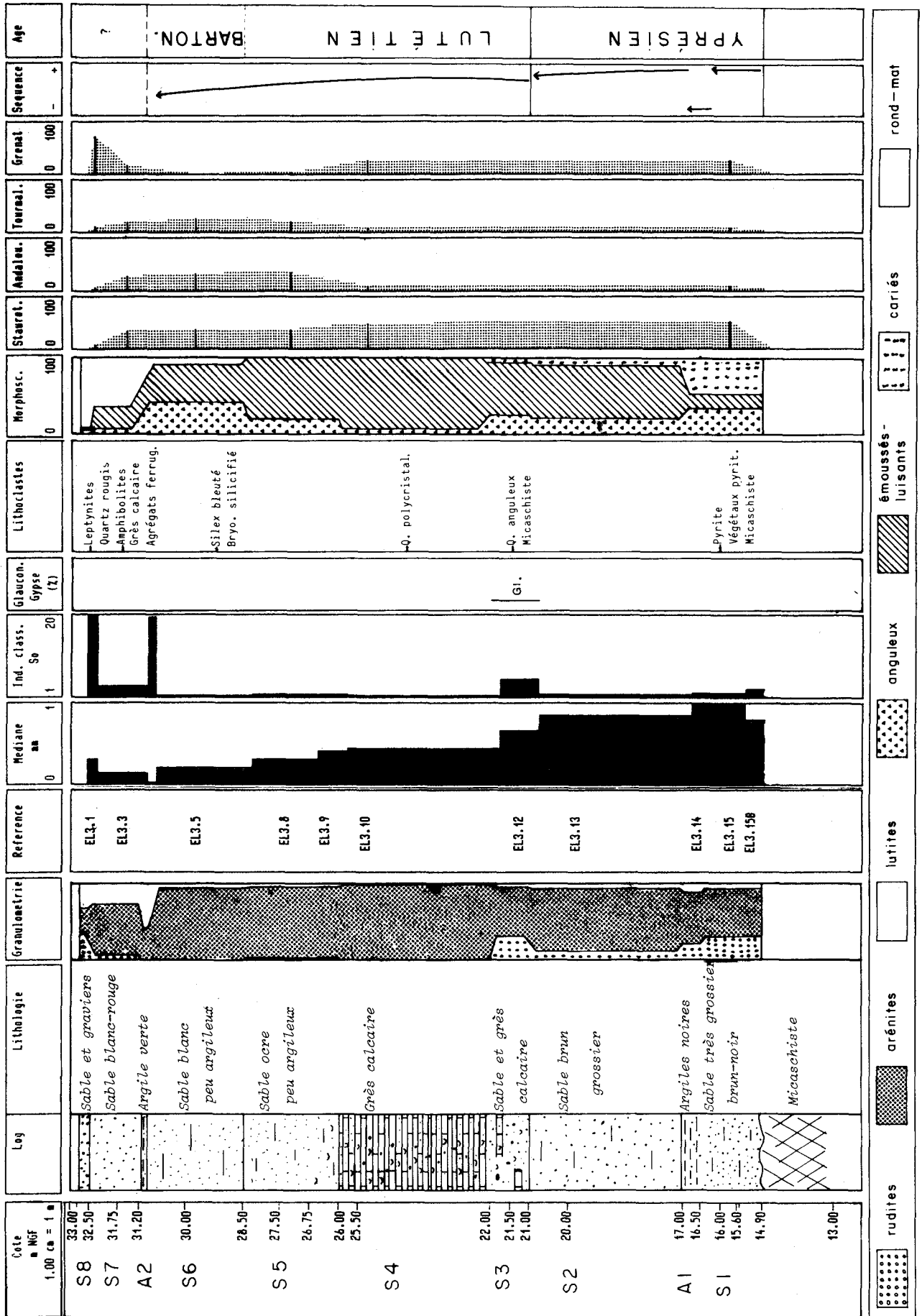


Fig. 5. - Lithologie et principales caractéristiques du sondage EL 3.

noires. Le sable qui emballé ces argiles est un sable grossier (Md = 0,8 à 1 mm), avec un pourcentage de rudites relativement important (20 à 29 %). Le classement, assez mauvais à la base (So = 2,8), s'améliore par la suite. Les lithoclastes sont constitués principalement de débris de micaschistes avec pyrite et débris végétaux pyritisés fréquents.

Les analyses morphoscopiques mettent en évidence la prédominance des quartz anguleux (33 %) et des quartz cariés (52 %), les cavités de ces derniers étant tapissées de matière organique et d'argile noire. Les grains, subsphériques, luisants et propres sont relativement rares (15 %). Parmi les minéraux lourds, grenat, tourmaline et staurotide sont particulièrement fréquents.

Unité S2 : + 17 à 21 m, sables bruns

Ce niveau, épais de 4 m, est constitué de sables bruns mieux triés (So = 1,6) que les sables sous-jacents, mais encore grossiers (Md = 0,8 mm). Les argiles noires se font plus rares. Le pourcentage de quartz sphériques et émoussés l'emporte nettement (70 %) sur celui des grains cariés (10 %) ou peu usés (20 %).

5.1.1.2. Dépôts lutétiens

Unité de base S3 : + 21 à 22 m NGF, sables fins à grossiers

Ce niveau, peu épais (1 m), marque une rupture franche avec le précédent. Les sables, plus fins (Md = 0,5 mm) et peu argileux (6 % de lutites), renferment des intercalations de grès à ciment calcaire, ainsi que quelques graviers quartzeux (30 mm) et des silex noirs. Les quartz cariés (15 %) et les grains peu usés (26 %) sont de nouveau plus abondants.

Unité S4 : + 22 à 26 m NGF, grès calcaires et sables fossilifères

La majeure partie de cet horizon est constituée de grès à ciment calcaire. En lames minces, il s'agit d'une biomicrosparite à plages de micrite poecilitique. Les grains de quartz y sont nombreux et bien roulés. Le contenu paléontologique datant cet horizon du Lutétien supérieur, est formé de débris de coquilles et de tests de Foraminifères. Ces grès sont accompagnés d'un sable jaune très coquillier. La faune, abondante, présente des coquilles recristallisées à degré d'usure variable. Les grains de quartz sont en majorité subsphériques et luisants (73 %), parfois émoussés et mats (6 %). De nombreux grains aux contours mamelonnés apparaissent (15 %). Les grains cariés ou anguleux sont peu fréquents. Le cortège minéralogique est dominé par la staurotide, le grenat, la tourmaline et l'andalousite.

Unité S5 : + 26 à 28,50 m NGF, sables jaunes coquilliers

Les débris de fossiles sont présents à la base seulement. Le sable moyen (Md = 0,3 à 0,4 mm) est bien classé (So = 1,5) et peu argileux (4 à 6 % de lutites). Le pourcentage de rudites est faible (3 à 6 %). Les grains émoussés-luisants dominent (83 %), certaines de leurs faces sont fortement picotées. Les quartz non usés deviennent plus fréquents (13 %), alors que les grains mamelonnés ou cariés se font plus rares. Les grenats, présents dans les niveaux inférieurs, disparaissent presque complètement au profit des andalousites.

5.1.1.3. Dépôts attribuables au Bartonien

Unité S6 : + 28,50 à 31 m NGF, sables blancs

Épais de 2,50 m, ce niveau est constitué d'un sable fin azoïque (Md = 0,2 mm) particulièrement pur. La répartition granulométrique, étroite (88 % du poids total dans deux classes 0,125 — 0,350 mm), confère à cette formation un très bon indice de classement (So = 1,2), graviers et argiles font presque complètement défaut.

L'évolution de la forme des grains, déjà soulignée pour l'unité précédente, se poursuit avec forte augmentation des quartz non-usés (44 %) aux dépens des émoussés-luisants (48 %). Les grains rond-mat font leur apparition (3 %). Le grenat est ici absent. Parmi les éléments remaniés, on citera des débris silicifiés (bryozoaires, orbicules) et des silex gris-bleuté.

5.1.1.4. Dépôts « post-bartoniens »

Unité A2 : + 31 à 31,20 m NGF, argile vert-clair compacte

Dans cette petite passée argilo-sableuse, les sables sont plus fins que dans l'unité précédente.

Unité S7 : + 31,20 à 32,50 m NGF, Sables fins blanc-beige

Aux sables fins et argileux de la base (Md = 0,142 mm) succèdent des sables plus grossiers, où les éléments supérieurs à 2 mm sont fréquents : débris de socle, fragments de grès siliceux, agrégats ferrugineux. Cet avant-dernier niveau est caractérisé par la prédominance des grains rond-mat (63 %) et la réapparition des grenats.

Unité S8 : + 32,50 à 32,80 m NGF, cailloutis

Cette unité est formée par des agglomérats de sable, de gravillons et d'argiles, le tout cimenté par des oxydes de fer. Les lithoclastes sont constitués principalement d'amphibolites et de leptynites.

Le sédiment est très mal classé (So = 19), multimodal, et les quartz sont essentiellement rond-mat.

5.1.2. Autres sondages (EL 2, EL 4 à EL 8)

5.1.2.1. Dépôts yprésiens

Unités S1 et A1 : sables et argiles noirs

Les niveaux S1 et A1, absents dans les sondages peu profonds (EL 2, EL 6 à EL 8), manquent aussi dans le forage EL 4, le plus profond (22,70 m), implanté entre EL 3 et EL 5. A la base du sondage EL 5, une passée (0,30 m) d'argile noire, est directement surmontée par un sable brun-noir de caractéristiques intermédiaires aux sables noirs (S1) et bruns (S2) du forage EL 3. Ce sable, bimodal et peu argileux, renferme quelques éléments (gneiss, micaschiste, silex bleutés, orbicules) empruntés aux assises antérieures. Les grains de quartz sont en majorité peu à non usés (63 %).

Unité S2 : sables bruns

Cet horizon est présent dans tous les forages, sauf EL 2 et EL 8 situés aux deux extrémités du comparti-

ment du Maupas. Son épaisseur varie de 2,50 m en EL 7 à 10 m en EL 6.

Contrairement à l'unité S2 du sondage EL 3, la base de ces sables bruns est riche en gravillons anguleux et en débris lithiques ; les sables du sommet sont, en revanche, plus argileux.

5.1.2.2. Dépôts lutétiens

Unités S3 et S4 : sables coquilliers

Le seul sondage ayant rencontré le Lutétien (EL 2) montre des caractéristiques différentes : les grès à ciment calcaire manquent, et le sable très coquillier, vert-bleuté, surmonte directement le substratum micacchisteux très altéré. Si la puissance de la formation reste ici la même que dans le sondage EL 3 (environ 5 m), la cote du mur est en revanche différente : + 31 m en EL 2, + 27 m en EL 3. Comme dans le forage EL 3, on trouve, à la base, des gravillons et des silex noirs, accompagnés en EL 2 de pyrite et de fossiles pyritisés.

L'unité S5 fait défaut dans tous ces différents sondages.

5.1.2.3. Dépôts attribuables au Bartonien

Unités S6 : sables blancs

Les sables blancs sont présents dans tous les son-

dages. Leur épaisseur, notable en EL 4 (13,50 m), est plus faible ailleurs (0,50 à 2,50 m). Peu argileux (moins de 10 % de lutites), fins ($Md = 0,19$ à $0,22$ mm) et très bien classés, ils renferment quelques éléments empruntés à des formations antérieures (débris de coquilles, orbicules, muscovite).

5.1.2.4. Dépôts « post-bartoniens »

Des dépôts sablo-caillouteux, d'épaisseur variable (1 à 8 m), sont présents dans tous les sondages, sauf dans EL 6, où un horizon silicifié surmonte directement l'unité A2.

5.1.3. Coupes des fosses M1 et M2

A l'occasion du Colloque sur le Cénozoïque armoricain (Nantes, septembre 1986), deux fosses situées entre les sondages EL 2 et EL 3 et distantes de 100 mètres, ont été creusées (3 m maximum).

5.1.3.1. Dépôts lutétiens de la grande fosse (M1)

Le Lutétien est représenté ici par trois faciès superposés : à la base des sables blancs fossilifères, puis un petit lit (1 cm) d'argile noire, et enfin des sables jaunes grossiers très coquilliers (fig. 6).

Le sable de base, fin ($Md = 0,3$ mm), très bien

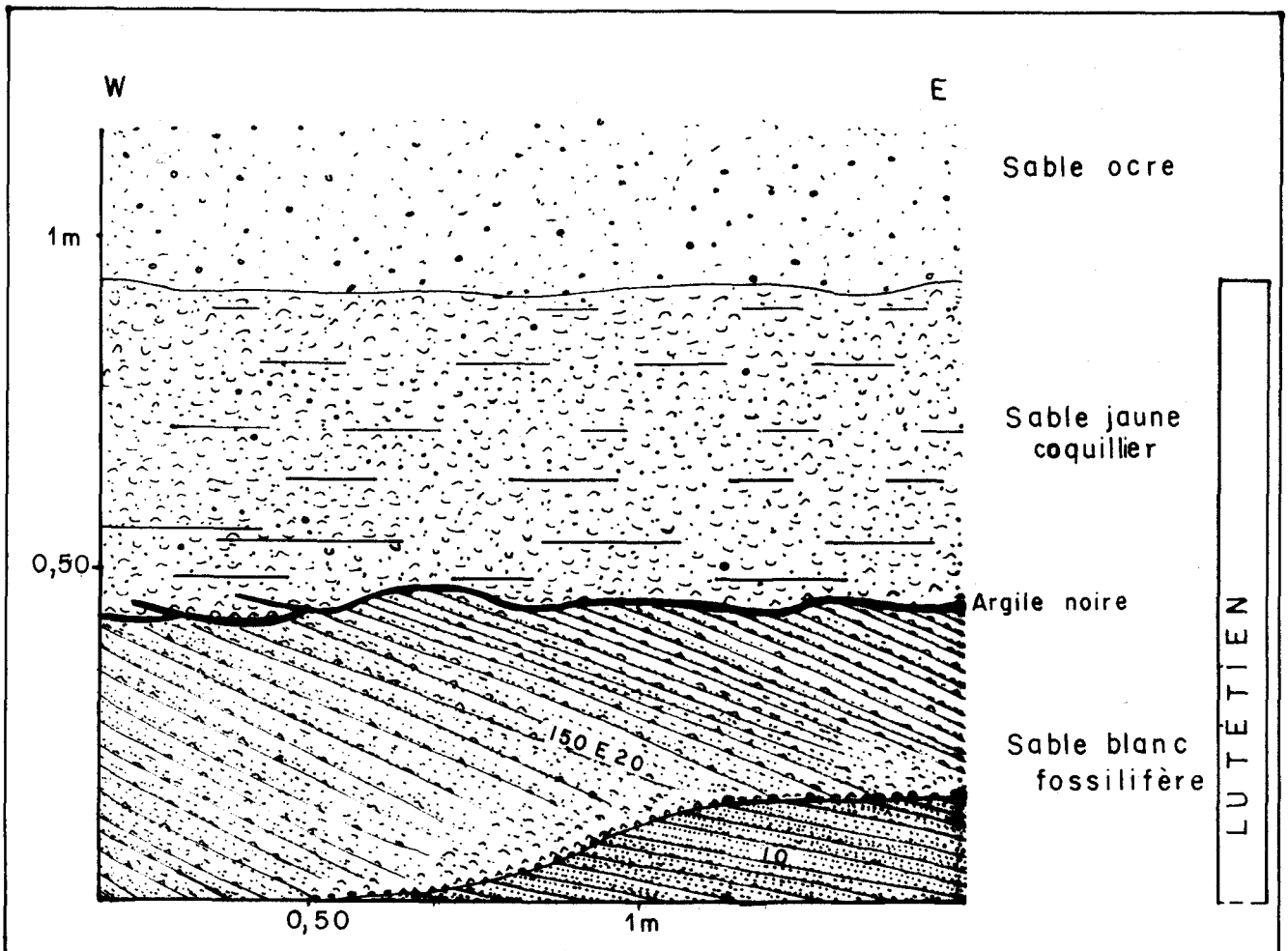


Fig. 6. - Coupe levée dans la grande fosse M 1.

classé ($So = 1,2$), avec débris de coquilles, est raviné par un sable fin, lui aussi, mais à stratifications légèrement plus obliques, et à coquilles entières. Le contact entre ces deux sables est souligné par un lit de galets centimétriques (quartz, silex, calcaire gréseux à grains de glauconie).

Les sables jaunes se distinguent des sables blancs sous-jacents par leur granulométrie ($Md = 0,4$ mm), un tri moins bon ($So = 1,8$) et, surtout, par la présence d'argile (7 %).

On peut donc considérer, le sable jaune coquillier comme un équivalent latéral des unités S4 recoupées dans les sondages EL 2 et EL 3. On soulignera que sables blancs et argiles noires n'ont pas encore été identifiés ailleurs dans le couloir.

Les sables lutétiens sont surmontés de sable beige foncé, de sable ocre localement bleu-vert, et finalement de cailloutis à graviers anguleux ; ces différents niveaux, azoïques, débutent toujours avec un mince lit de graviers arrondis.

5.1.3.2. Dépôts « post-lutétiens » de la petite fosse (M2)

Dans cette fosse, de même profondeur que la précédente, les sédiments lutétiens sont absents ; on y trouve des sables fins ($Md = 0,2$ mm), bruns, à quartz émoussés et cariés, et des argiles laminées noires. La présence de débris coquilliers vraisemblablement remaniés d'horizons lutétiens, permet de rapporter ces dépôts au Bartonien ou au post-Lutézien.

Ils sont surmontés de sable bleu-vert à quelques passées de graviers arrondis (quartz, silex bleutés), analogue à celui de l'autre fosse.

5.2. Caractéristiques de la sédimentation éocène

5.2.1. Fraction supérieure à 63 microns

5.2.1.1. Analyses granulométriques (fig. 7)

L'analyse détaillée de 56 échantillons prélevés en sondages dans le compartiment du Maupas, permet de distinguer quatre familles granulométriques.

La première famille, « Sables noirs yprésiens », est formée de sables grossiers ($Md = 1$ mm), unimodaux, indiquant des apports unidirectionnels, mais présentant un mauvais tri mécanique. Les éléments lithiques dérivent principalement du socle schisteux, mais aussi des assises crétacées.

La deuxième famille, « Sables bruns yprésiens », se distingue de la précédente, par le caractère bimodal de ses sables, avec un mode principal dans les sables fins à moyens (0,2 à 0,6 mm) et un mode secondaire dans les gravillons (10 à 14 mm). Globalement, ces sables sont moins grossiers ($Md = 0,3$ à 0,7 mm), et normalement classés. L'origine multiple des apports, et la rareté des lithoclastes, suggèrent que le socle et le Crétacé étaient encore recouverts par l'horizon précédent ; le régime hydrodynamique devait également être différent de celui du niveau précédent.

Dans les sables des « horizons lutétiens », on re-

trouve le caractère unimodal des sables noirs yprésiens ; mais les sables sont ici mieux classés et présentent surtout une granulométrie plus fine ($Md = 0,3$ à 0,4 mm). Les échantillons de la base sont riches en éléments graveleux (15 à 30 %), peu usés, empruntés pour la plupart au socle schisteux mais aussi aux formations crétacées. Ces observations semblent indiquer un retour aux conditions de sédimentation du début de l'Yprésien, mais avec des courants marins plus puissants, assurant un meilleur tri.

L'évolution vers des sables fins et un bon classement, amorcée lors des dépôts des sables lutétiens, se poursuit au « Bartonien ». Les sables fins ($Md = 0,1$ à 0,2 mm), très bien classés ($So = 1,2$ à 1,4), renferment peu d'argiles (2 à 15 %). Ces faits, associés à la rareté des lithoclastes, témoignent d'apports d'origine unique et de la faible érosion du socle.

5.2.1.2. Analyses morphoscopiques

Les analyses confirment les coupures lithologiques et granulométriques qui viennent d'être exposées.

Le pourcentage élevé de grains peu usés à non usés (40 à 75 %), qui marquent le début de la « séquence yprésienne » (S1 et S2), diminue ensuite au profit de celui des émoussés luisants (15 % en S1, 30 % en S2). Le brassage des grains, d'abord peu intense, s'est donc intensifié par la suite. La présence de quartz cariés, abondants (52 %) à la base de cette séquence (horizon S1), serait liée à l'agressivité d'un milieu lagunaire réducteur. La reprise de quartz de formations crétacées (Cénomaniens et Sénoniens) peut être aussi envisagée ici, ce type de grain étant également signalé dans les argiles noires cénomaniennes de Challans (Louail, 1981).

A la base de la « séquence lutétienne » (S3), les grains émoussés-luisants sont en partie remplacés par des grains non usés à peu usés. Ce fait, joint à la présence de lithoclastes anguleux et grossiers, indique un nouveau remaniement des assises antérieures. Les quartz cariés, mal représentés (moins de 3 %), indiqueraient que la formation yprésienne a été moins affectée par ce remaniement. Les couches yprésiennes, vraisemblablement peu épaisses, ont dû être partiellement déblayées avant la transgression lutétienne, de sorte que, seuls les lambeaux piégés dans de petits grabens se sont trouvés conservés. Les émoussés-luisants, abondants (72 à 80 %) dans les horizons suivants (sables et grès), se font moins nombreux (44 à 67 %) dans les sables jaunes. Cette évolution se fait au profit des grains non usés. Durant toute cette séquence, le très bon façonnement des grains a été acquis en milieu marin agité. En fin de séquence, les apports en lithoclastes se font plus nombreux.

Au « Bartonien », le milieu de dépôt, encore marin à la base, bénéficie d'apports continentaux plus nombreux en fin de séquence. Cet ultime épisode éocène se distingue des deux précédents par l'apparition de grains rond-mat ; leur nombre passe de 29 % à la base à 72 % au sommet. Le pourcentage de quartz anguleux à peu usés va en augmentant légèrement vers le haut.

5.2.1.3. Observations exoscopiques

L'observation au MEB a apporté quelques précisions relatives à l'évolution des grains de quartz.

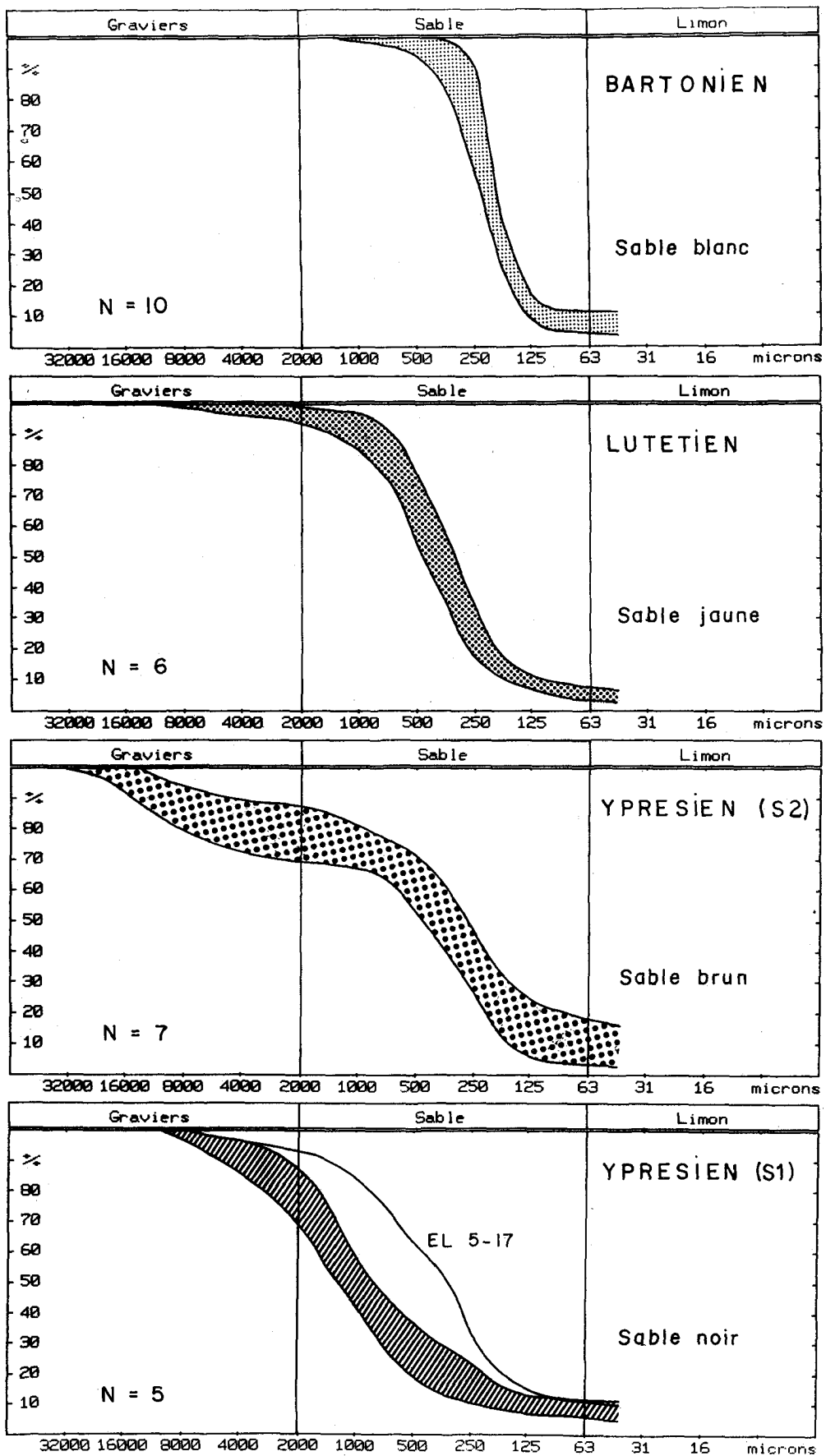


Fig. 7. - Courbes granulométriques des quatre groupes de sables éocènes.

AGE	EL ₂	EL ₃	EL ₄	EL ₅	EL ₆	EL ₇	EL ₈	EL ₉
POST-BARTONIEN	EL ₂₋₁ - SMCÉTIITE - MICA - CHLORITE à 7 A	EL ₃₋₁₀ - SMCÉTIITE - tr. mica - tr. kaolinite EL ₃₋₁₁ - SMCÉTIITE - tr. mica	/	EL ₅₋₂ - SMCÉTIITE - mica - chlorite à 7A EL ₅₋₃ - SMCÉTIITE - mica EL ₅₋₄ - tr. de kaolinite - tr. de mica - tr. de smectite	EL ₆₋₁ - SMCÉTIITE EL ₆₋₂₆ - SMCÉTIITE - tr. mica EL ₆₋₃ - SMCÉTIITE - tr. mica	EL ₇₋₁ - tr. kaolinite tr. mica EL ₇₋₂ - SMCÉTIITE - kaolinite - tr. mica	EL ₈₋₁ - SMCÉTIITE - mica, kaolinite	EL ₉₋₂ - tr. mica - tr. kaolinite - tr. smectite EL ₉₋₃ - KAOLINITE - MICA - un peu de smectite
BARTONIEN	EL ₂₋₂ - tr. kaolinite - tr. smectite - tr. mica	EL ₃₋₁₃ - SMCÉTIITE - tr. mica - tr. kaolinite	EL ₄₋₆ - SMCÉTIITE - kaolinite, mica	EL ₅₋₈ - SMCÉTIITE - mica - tr. chlorite à 7 A EL ₅₋₁₀ - SMCÉTIITE - kaolinite - tr. mica dégradé EL ₅₋₁₁ - SMCÉTIITE - tr. kaolinite - tr. mica dégradé	EL ₆₋₄ - SMCÉTIITE - tr. mica EL ₆₋₇ - tr. kaolinite	/	EL ₈₋₂ - MICA - smectite - tr. kaolinite	/
LUVÉTIEN	EL ₂₋₃ - pas d'argile EL ₂₋₄ - tr. kaolinite EL ₂₋₆ - pas d'argile	EL ₃₋₁₅ - tr. kaolinite EL ₃₋₁₆ - tr. kaolinite EL ₃₋₂₀ - KAOLINITE	/	/	/	/	/	/
YPRESIEN	/	EL ₃₋₂₂ - KAOLINITE EL ₃₋₂₄ - KAOLINITE EL ₃₋₂₅ - mica, chlorite à 7A - tr. de smectite	EL ₄₋₉ - MICA - vermiculite - tr. de kaolinite EL ₄₋₁₂ - KAOLINITE - mica dégradé - interstratifié	EL ₅₋₁₂ - pas d'argile EL ₅₋₁₂ - KAOLINITE base - chlorite à 7A - tr. smectite - tr. mica EL ₅₋₁₅ - SMCÉTIITE	EL ₆₋₈ - KAOLINITE - chlorite-smectite	EL ₇₋₄ - mica	/	/
SOCLE ALTIÈRE	/	/	/	/	/	EL ₇₋₇ - KAOLINITE - mica - smectite	EL ₈₋₄ - KAOLINITE - MICA - smectite	/

Tabl. I. - Minéraux argileux des sondages du couloir « le Maupas - les Étangs ».

A la base de l'Yprésien, les arêtes saillantes des quartz anguleux témoignent d'un transport faible. Au discret brassage de la base succèdent des transports en milieu peu profond et plus agité qui tendent à uniformiser les grains. Les quartz cariés, dont les alvéoles résultent de dissolution profonde, ont été repris dans un milieu aquatique de basse énergie, dans lequel ils ont acquis un certain poli tout en conservant leur aspect carié. A la surface des grains, arrondis ou ovoïdes, les figures de chocs à gradient de polissage (cupules, croissants, grands « V ») héritées d'un ancien milieu éolien, évoquent un épisode aquatique de haute énergie (littoral ou deltaïque). Puis, les quelques réseaux anastomosés qui exploitent les zones amorphisées par les traces de chocs indiquent un épisode de basse énergie (infratidal) (Prone, 1980). Enfin, l'existence de petits cristaux cubiques de NaCl et celle de globules siliceux confinés aux dépressions, conduisent à envisager un milieu épisodiquement émergé (Chevalier, 1980). En définitive, les observations exoscopiques confirment l'origine laguno-deltaïque, voire marine, des dépôts de cette séquence.

Les quartz des formations lutétiennes, plus homogènes, illustrent une évolution qui diffère de celle de la

séquence sous-jacente. L'éolisation ancienne est marquée par des croissants de chocs, des petits « V » orientés et des « coups d'ongles ». Les quelques dépôts siliceux, subsistant dans les anfractuosités, suggèrent une reprise aquatique, vraisemblablement marine. Sur certains grains, les dissolutions liées à des figures de broutage, caractérisent d'après Prone (1980) un milieu intertidal de très haute énergie. Les quartz des dépôts sableux lutétiens témoignent donc du passage d'un milieu éolien à un milieu marin peu profond et agité.

Au Bartonien, on retrouve les mêmes caractéristiques morphologiques que pour les quartz lutétiens. Une éolisation, parfois plus poussée, a conduit à la formation de grains subsphériques-mats et de rond-mat. Sur les grains émoussés, les cassures conchoïdales profondes à gradient de polissage sont les témoins d'un ancien épisode marin de haute énergie. L'évolution des grains est ici dominée, à la base, par les influences marines et, au sommet par les influences continentales.

5.2.1.4. Minéraux lourds

La teneur pondérale est élevée pour tous les échantillons de la base des sondages, et plus particulièrement

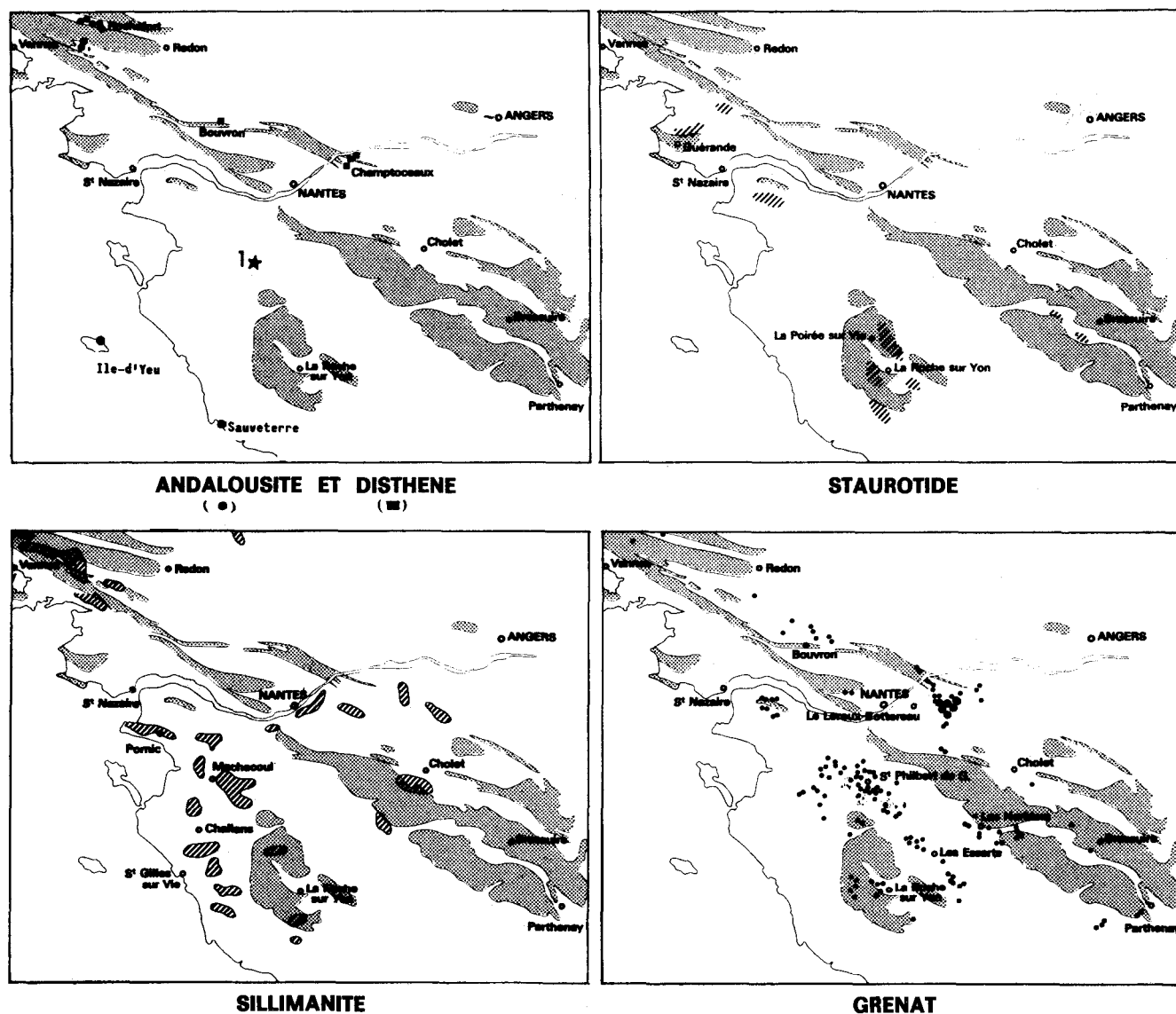


Fig. 8. - Cartes de répartition des minéraux lourds rencontrés en Vendée et dans le Pays-Nantais, d'après J. Guigues et P. Devismes (1969), carte de l'andalousite modifiée, 1 - le Maupas.

dans ceux des horizons « sables et argiles noirs » (S1, A1), où les minéraux opaques, abondants (52 à 90 %) sont constitués principalement de pyrite, avec débris végétaux pyritisés et limonite.

Dans la séquence yprésienne, la staurotide est toujours abondante (30 à 67 %). Contrairement au grenat et à la tourmaline, l'andalousite est mal représentée dans les horizons S1 A1 (4 à 12 %) ; elle est, en revanche, fréquente dans l'horizon S2 (13 à 23 %). Ces analyses se distinguent de celles effectuées dans les niveaux « argile noire » du bassin de Challans — Noirmoutier (Borne, 1986) par une teneur plus faible en staurotide et plus forte en andalousite et grenat ; ces teneurs restent toutefois, comparables à celles des sables blancs cuisiers. La reprise des assises créacées étudiées à Challans par Louail (1981), pauvres en grenats (2 à 10 %) et en andalousite (8 à 16 %), ne saurait expliquer à elle seule le cortège minéralogique des sables du Maupas. Le contexte géographique local (fig. 8) a dû jouer un rôle prépondérant. En effet, immédiatement au nord-est du couloir, le socle est riche en roches grenatifères (éclogites, amphibolites) ; au Sud-Ouest comme à l'Ouest, andalousite et staurotide sont présentes dans les auréoles métamorphiques du granite de Legé (Godard, communication orale), ainsi que dans les assises de Sauveterre (Bossière, communication orale), et à l'île d'Yeu (Semelin et Marchand, 1984). Aussi, on peut considérer qu'aux apports, à la fois proches et septentrionaux du début de l'Yprésien, font suite des apports plus lointains et plus méridionaux.

Tout au long de la mégaséquence paléogène, la teneur en minéraux altérables, inversement proportionnelle à celle des minéraux métamorphiques, montre que les deux provinces nourricières principales (orientale et occidentale), n'ont pas été simultanément soumises à l'érosion.

Au Lutétien, les évolutions sont plus complexes. La diversité des faciès, la reprise des formations antérieures (Paléozoïques, Crétacé), et les mouvements tectoniques sont assurément à l'origine de cette complexité.

La comparaison des dépôts lutétiens du sondage EL 3 avec ceux de la fosse M1, permet de discerner plusieurs directions d'apports en minéraux lourds. Les courants, venant de l'ouest, déposent en premier les sables blancs, peu chargés en grenats, mais riches en andalousite (60 %). Au cours de la sédimentation (horizon S4), des apports continentaux importants, venus de l'est, permettent une bonne alimentation en grenat (22 à 23 %). Le cortège minéralogique est alors diversifié et la tourmaline se présente sous différents habitus (grains ovoïdes ou baguettes émoussées). La comparaison avec les autres gisements régionaux, où seuls des dépôts de faciès équivalents à l'horizon S4 ont été signalés (Durand, 1960 ; Ters, 1979 et 1982), montre que, pour ce qui concerne les minéraux lourds, le gisement du Maupas se rapproche davantage de celui de Pierre-Aiguë (15 km au nord-est) que de Machecoul (10 m à l'ouest), d'Arthon (20 km au nord-ouest) et de Campbon (50 km au nord) ; ceci confirme l'hypothèse d'apports d'origine orientale. En fin de séquence (horizon S5), la rareté des grenats (2 à 4 %) et l'homogénéité du cortège indiqueraient une modification des courants ou un recouvrement des aires nourricières orientales.

Au Bartonien, les dépôts de sables blancs (S6) sont caractérisés par la quasi absence des minéraux altérables

(0 à 2 %) et par une forte teneur en andalousite (23 à 50 %). L'association est limitée à quelques minéraux comme c'était le cas dans l'horizon S5. Lesaffleurements de roches grenatifères directement attenants au couloir, auraient été empêchés de fournir leurs minéraux du fait de la persistance, à l'est, d'une couverture sédimentaire lutétienne. La présence, dans les sédiments du Maupas, de grès ladères éocènes remaniés, et sur les gneiss du « horst » des Essarts, de calcaires lutétiens silicifiés (Ters, 1982), milite pour cette hypothèse. Dans les formations superficielles, qui n'ont subi qu'un faible transport, le cortège minéralogique est diversifié, et le grenat représente l'élément dominant (jusqu'à 72 %).

5.2.2. Fraction inférieure à 63 microns (Estéoule-Choux)

Les résultats de l'étude des minéraux argileux sont consignés dans le tableau.

Dans tous les sondages où il existe, l'Yprésien est caractérisé par la kaolinite ; seul un échantillon du sondage 5 est composé uniquement de smectite.

Le Lutétien reconnu seulement en deux points (EL 2 et EL 3) et représenté par des sables en général grossiers et coquilliers est particulièrement pauvre en minéraux argileux. Il renferme des traces de kaolinite accompagnées par des traces de mica détritique.

Les sédiments post-bartoniens sont composés du même assemblage.

Le socle, dans les sondages 7 et 8 est altéré en un matériel argileux à dominante kaolinite mais qui renferme aussi du mica et une smectite.

Si globalement, la sédimentation est à caractère détritique tout au long des sondages, il y a au Bartonien un changement brutal et net au niveau des minéraux argileux.

La kaolinite de l'Yprésien provient de l'érosion de la couverture latéritique du socle. Le caractère très littoral, voire deltaïque, des sédiments explique la conservation de ce minéral qui caractérise également les formations continentales yprésiennes à l'est du lac de Grand-Lieu (Ollivier-Pierre *et al.*, 1985).

La smectite du Bartonien est-elle détritique comme le sable auquel elle est associée ? Dans ce cas elle pourrait provenir du remaniement des dépôts créacés situés au sud et riches en smectites (Louail, 1981). Mais son arrivée massive ainsi que son installation dans les dépôts post-bartoniens pourraient être en faveur d'une hypothèse tournée vers des modifications possibles de conditions de milieux favorisant la formation, directe ou par diagenèse, de smectite.

5.3. Considérations biostratigraphiques et paléoécologiques

5.3.1. Étude des Pollens (M.-F. Ollivier-Pierre)

Les formations argileuses basales ont généralement fourni de bonnes associations sporopolliniques qui se sont montrées, en tout point semblables à celles recon-

nues dans les argiles de la baie de Bourgneuf et du lac de Grand-Lieu. Elles peuvent être attribuées à la base du Cuisien inférieur (Ollivier-Pierre, 1980 ; Ollivier-Pierre *et al.*, 1985).

Parmi les Normapollens, *Plicapollis pseudoexcelsus* est toujours la forme dominante, accompagnée de façon plus modeste par *Nudopollis endangulatus*, *N. terminalis*, *Basopollis atumescens*, *Interpollis supplingensis*, *Pompeckjoidaepollenites subhercyniensis*.

Les formes caractéristiques suivantes : *Pistilli = pollenites mc gregorii* et *Dicolpopollis luteticus* sont régulièrement présentes. D'autre part, les pollens subtripores à paroi épaisse tels que *Subtriporo = pollenites constans microvadosus*, *S. subporatus*, *S. magnoporatus baculatus* et *S. magnoporatus tectopsilatus* sont fréquents et sont significatifs des associations de la base de l'Yprésien.

Triatriopollenites aroboratus, *Tripoporopollenites microcoryloides*, *Tricolporopollenites baculatus*, *T. milonii*, *T. Cognitus* et *Spinizonocolpites prominatus* complètent le spectre pollinique.

Quant aux formations supposées lutétiennes (EL 2), bien que riches en matière organique et débris végétaux variés, n'ont livré qu'un assemblage très pauvre marqué par la seule présence de quelques pollens disaccates de gymnospermes associés à de très rares Éphidraceae. L'absence totale de marqueur stratigraphique ne permet d'envisager un âge précis, ni même une comparaison avec les formations lutétiennes bien connues de Campbon et Saffré. Cependant, il conviendrait peut-être de remarquer, que le genre *Ephedripites* n'est connu dans le Massif armoricain qu'à partir du Bartonien.

5.3.2. Étude des Dinoflagellés (J.-J. Châteauneuf)

— Étude des dinoflagellés

Certains des sondages effectués dans la zone du Maupas (EL 2 à EL 5) ont recoupé sous les grès calcaires lutétiens des sables et argiles noires organiques dont la microflore est indéniablement yprésienne.

Les résidus palynologiques examinés, en particulier ceux des sables noirs ou gris de base situés immédiatement sur le socle, contiennent quelques exemplaires de dinokystes, attestant par là même une influence marine indéniable. Celle-ci vient conforter la découverte de pollens de *Nypa* (palmiers de mangrove) dans les mêmes niveaux.

Les associations de dinokystes sont généralement très pauvres à la fois en genres, espèces et nombre d'individus. Ceci témoigne à cette époque comme nous le verrons ci-après, d'un environnement de dépôt ou d'un milieu de dépôt relativement confiné, soumis à des dessalures fréquentes en liaison intermittante avec les eaux marines.

Les kystes déterminables examinés proviennent des sondages EL 2, EL 4 et EL 5. Compte tenu de leurs similitudes, nous pouvons les considérer globalement. Il s'agit des genres et espèces suivants :

- *Adnatosphaeridium multispinosum* WILLIAMS et DOWNIE, 1966 c ;
- *Adnatosphaeridium vittatum* WILLIAMS et DOWNIE, 1966 c ;

- *Adnatosphaeridium reticulense* (PASTIELS, 1948), DE CONINCK, 1969 ;
- *Ascomocystis granulatus* CHATEAUNEUF, 1980 ;
- *Glaphyrocysta pastielsi* (DEFLANDRE - COOKSON, 1955), STOVER-EVITT, 1978 ;
- *Glaphyrocysta spineta* (EATON, 1976), STOVER-EVITT, 1978 ;
- *Glaphyrocysta vicina* STOVER-EVITT, 1978 ;
- *Homotryblium pallidum* DAVEY-WILLIAMS, 1966 b ;
- *Systematophora* (KLEMENT, 1960) sp.

Sur le plan stratigraphique, aucune de ces espèces n'a une répartition dans le temps suffisamment courte pour situer de manière précise ces sédiments dans l'Yprésien. La plupart ont une durée de vie allant de l'Éocène au Miocène. Seules les deux espèces :

Glaphyrocysta spineta et *Glaphyrocysta vicina* ont été décrites dans le Cuisien — Lutétien du bassin anglo-parisien. Des associations comparables ont été décrites en Vendée ou en Bretagne méridionale dans des niveaux équivalents.

Ainsi, sur les bordures du lac de Grand-Lieu (Ollivier-Pierre, *et al.*, 1985) ou sur les rives de la baie de Bourgneuf (Châteauneuf *in Ters*, 1982) la plupart des formes décrites sont comparables à celles qui sont présentes au Maupas. La richesse de ces associations décroît de l'Ouest vers l'Est et les espèces de St-Rose ou de Richelieu (zone de la Chevrolière) sont la réplique exacte de celles des sondages EL 2, EL 4 ou EL 5).

Par contre, dans la baie de la Vilaine (Carotte n° 5 au Nord-Ouest de l'île de Dumet) la microflore de dinokyste est beaucoup plus variée (Châteauneuf *in Bouysse et al.*, 1974). Les genres : *Oligosphaeridium*, *Lanternosphaeridium*, *Achomosphaera*, *Cordosphaeridium*, *Thalassiphora*, *Hystrichokolpoma*, etc... attestent dans cette zone d'un milieu beaucoup plus ouvert sur le domaine marin à la même époque.

En effet, sur le plan de l'environnement de dépôt, outre l'espèce *Ascomocystis granulatus* décrite dans le bassin de Paris (Châteauneuf, 1980) et probablement issue d'un groupe d'algue différent de celui des Péridiniens, les genres *Glaphyrocysta*, *Adnatosphaeridium* et *Homotryblium* sont connus dans tout le Paléogène pour leur faculté d'adaptation aux milieux hypo- ou hyperhalins, marqués par un confinement plus ou moins important.

Cette nouvelle découverte d'Yprésien, dans la zone du Maupas, vient donc confirmer par son contenu en dinokystes le vaste paysage de marécages littoraux couvrant toute cette région et pénétrant le socle vendéen vers l'Est à la faveur de paléostructures fonctionnant en réseau hydrographique (Ollivier-Pierre, *et al.*, 1985).

5.3.3. Étude des Algues calcaires (P. Génot)

Les Algues calcaires sont représentées dans les sables du Maupas par quinze espèces de Chlorophycées, principalement des Dasycladales (Dasycladacées et Acétabulariacées) associées à quelques Caulerpales.

Parmi les Dasycladacées, deux espèces sont fréquentes : *Neomeris encrinula* et *Neomeris limbata* dont

Bivalves du Lutétien du Maupas	EL 2-4	EL 2-5	EL 3-10	Gisements « Classiques » de Loire-Atlantique	Pierre-Aiguë (1982)	Bassin de Paris	Cotentin
<i>Barbatia (B.) dumasi</i> (COSSM.)	+	-	+	+	-	-	-
<i>Barbatia (B.) proxima</i> (DUFOUR)	-	-	+	+	+	-	-
Arcidae indet.	+	-	+	+	-	-	-
<i>Arcopsis (A.) mixta</i> (DUFOUR)	+	+	+	+	+	-	-
<i>Arcopsis (A.) scapulina</i> (LMK)	-	-	+	+	+	+	+
<i>Limopsis</i> sp.	+	+	+	+	-	-	-
<i>Cnisma microdon</i> COSSM.	+	+	+	+	-	-	-
<i>Glycymeris</i> sp.	+	-	-	+	-	-	-
<i>Crassostrea cucullaris</i> (DESH.)	+	-	+	+	-	+	-
<i>Parvilucina (Microloripes)</i> <i>crenulatula</i> (COSSM.)	+	-	-	+	-	-	-
<i>Chama (C.) calcarata</i> (LMK)	-	?	?	+	+	+	+
<i>Chama (C.) turgidula</i> (LMK)	?	-	-	+	+	+	-
<i>Choniocardia (C.) oppenheimi</i> (COSSM.)	+	-	-	+	-	-	-
<i>Miodomeris (M.) modica</i> (DESH.)	+	-	+	+	-	+	-
<i>Miodomeris (M.) stagonopsis</i> (COSSM.)	-	-	+	+	-	-	-
<i>Venericardia (V.) sulcata</i> <i>loxomorpha</i> (COSSM. et Piss.)	-	+	+	+	+	(+)	+
<i>Venericardia</i> sp.	-	+	-	+	-	-	-
Carditidae indet.	+	-	-	+	-	-	-
<i>Crassatina (Chattonia)</i> <i>compressissima</i> (DUFOUR)	-	+	-	+	-	-	-
<i>Crassatina (Chattonia) trigonata</i> <i>keeni</i> (CHAVAN)	-	-	+	+	-	(+)	-
Carditidae indet.	+	-	-	+	-	-	-
<i>Tellina (Arcopagia) namnetensis</i> COSSM.	-	?	-	+	-	-	-
<i>Tellina (Arcopagia) erycinoides</i> DESH.	-	-	+	+	-	+	-
<i>Meroena cailliaudi</i> (DUFOUR)	-	-	+	+	+	-	-
<i>Meroena monthiersi</i> (VASSEUR)	-	+	-	+	-	-	-
<i>Tivelina coislinensis</i> (COSSM.)	?	-	+	+	-	-	-
<i>Marcia</i> sp.	+	+	-	+	-	-	-
Veneridae indet.	-	-	+	+	-	-	-
<i>Corbula (Cuneocorbula) angulata</i> (LMK)	-	-	+	+	+	+	+
<i>Jouannetia gouetensis</i> (COSSM.)	+	-	-	+	-	-	-

Tabl. II. - Bivalves lutétiens du compartiment du Maupas.

le manchon a l'aspect d'anneaux isolés, ou plus rarement regroupés, qui correspondent à la calcification d'une ou de plusieurs rangées circulaires d'ampoules fertiles.

Des fragments de manchons cylindriques attribués aux *Belzungia terquemii*, *Neomeris arenularia*, *Neomeris fercourtensis* et *Neomeris larvarioïdes* (= *N. bureaui* MORELLET, 1917) ont également été découverts, de même que de rares spécimens de *Cymopolia elongata* et de *Neomeris fragilis*, en mauvais état de conservation. Un ensemble d'ampoules fertiles pluricystes (*Zittelina parisiensis* ?) n'a pu être identifié avec certitude.

Des Acétabulariacées sont souvent associées aux espèces précédemment citées. Il s'agit surtout de portions de disques reproducteurs qui se présentent sous la forme d'ampoules seules (*Acicularia pavantina*) ou assemblées grâce à des lamelles calcifiées (*Acicularia munieri*). De nombreuses *Acicularia* ne peuvent malheureusement pas être déterminées spécifiquement, en raison de la disparition de la zone externe des ampoules fertiles.

Enfin, l'existence de Caulerpales a été reconnue dans ce milieu, grâce à la découverte de fins fragments d'articles d'*Ovulites margaritula* et de très rares segments, mal conservés, d'*Halimeda* sp.

C'est la première fois qu'une telle association de Chlorophycées calcaires est signalée dans les niveaux lutétiens du sud de la Loire. Par son contenu spécifique, cette association est comparable à celle retrouvée, au nord de la Loire, dans les sables du Lutétien supérieur des bassins de Saffré et de Campbon (Génot, 1987). Elle en diffère par un nombre sensiblement plus réduit d'espèces et par des spécimens moins bien conservés.

Il n'est pas possible d'établir une comparaison significative entre cette association et celle de niveaux équivalents du Bassin aquitain. En effet, la microflore algaire de ce dernier est encore trop peu connue. Par contre, nous avons pu constater que certaines espèces, telles que *Acicularia munieri*, *Ac. pavantina*, *Cymopolia elongata*, *Neomeris limbata*, *N. fragilis* et *Ovulites margaritula*, sont répandues dans le Bassin de Paris dès le début du Lutétien. Nous remarquons, pour la première fois à l'Ouest, la présence de *Neomeris fercourtensis*, espèce cantonnée à ce jour dans les sédiments du Lutétien moyen du Bassin parisien. En revanche, *Belzungia terquemii* est inconnue dans ce dernier bassin, alors qu'elle a été découverte, en relativement grand nombre, dans les dépôts lutétiens de l'ouest de la France.

Signalons, enfin, que cette microflore algaire montre quelques affinités bartoniennes, avec la présence de *Neomeris arenularia* et de *Neomeris encrinula*, espèces surtout répandues à l'Auverisien.

D'un point de vue paléoécologique, la relative abondance des Algues vertes calcaires témoigne du caractère marin, peu profond, du milieu de dépôt des sédiments du Maupas, au Lutétien supérieur.

5.3.4. Étude des Foraminifères (Margerel)

La liste des principales espèces reconnues est la suivante :

EL 2 (4) *Alveolina elongata* d'ORB.

Lituonella roberti SCHLUMBERGER

Rotalia lithothamnica UHLIG (la plus abondante)

Rotalia papillosa d'ORB.

Acervulina sp.

Epistomaria rimosa PARKER et JONES

Gyroidinella magna LE CALVEZ

Fabularia discolithes DEFANCE

Nummulites brongniarti d'ARCHIAC et HAIME

EL 2 (5) idem

EL 3 (10) idem plus *Orbitolites reicheli* HOTTINGER.

L'association indique clairement la biozone biarritzienne (Lutétien terminal).

5.3.5. Étude des Bivalves (Lauriat-Rage)

1. Caractéristiques des gisements

Trente taxons de Bivalves (dont vingt-deux déterminés spécifiquement) ont été relevés dans cette faune

	Cuisien	Lutétien	Bartonien	Ludien
<i>Arcopsis (A.) scapulina</i> (LMK)	-	+	+	-
<i>Crassostrea cucullaris</i> (DESH.)	-	-	+	-
<i>Chama (C.) calcarata</i> (LMK)	-	+	-	-
<i>Chama (C.) turgidula</i> (LMK)	-	+	+	+
<i>Miodomeris (M.) modica</i> (DESH.)	+	+	+	-
<i>Venericardia (V.) sculcata</i> s.l. (SOL.)	-	+	+	-
<i>Crassatina (Chafttonia) trigonata</i> s.l. (LMK)	+	+	+	-
<i>Tellina (Arcopagia) erycinoides</i> DESH.	+	+	-	-
<i>Corbula (Cuneocorbula) angulata</i> LMK	+	+	+	-

Tabl. III. - Répartition stratigraphique dans l'Éocène des Bivalves du compartiment du Maupas, également connus dans le bassin de Paris.

très fragmentée qui se rapporte à deux sondages voisins dans le secteur du Maupas, EL 2 (le Maupas I) et EL 3 (le Maupas II = le Pâtureau), implantés sur deux communes différentes, la Limouzinière et Saint-Philbert-de-Grand-Lieu. Dans le détail, deux prélèvements de EL 2 renferment des Bivalves, soit EL 2-4 avec seize taxons dont dix déterminés spécifiquement et EL 2-5 avec dix taxons dont sept déterminés spécifiquement. Seul, un prélèvement de EL 3 (EL 3-10) a livré des Bivalves, avec dix-sept taxons dont quinze déterminés spécifiquement (tabl. II et tabl. III).

2. Remarques sur la biostratigraphie et la paléobiogéographie

Toutes les espèces sont connues dans le Lutétien « classique » de Loire-Atlantique (Bois-Gouët, la Close, Coislin, Arthon, Campbon), et treize sur les vingt-deux déterminées — soit presque 60 % — sont endémiques de la région et ont été décrites par Dufour, Vasseur et Cossmann. Sept de ces espèces seulement figurent dans le Lutétien supérieur de Pierre-Aiguë, beaucoup plus riche avec soixante-quinze espèces (Lauriat-Rage *in* Blondeau *et al.*, 1982, tabl. 5) ; ce faible nombre en commun s'explique surtout par des modes de récolte différents, les petites formes provenant des sondages au Maupas et les grandes coquilles ayant été ramassées lors du creusement d'un abreuvoir à Pierre-Aiguë. Neuf espèces seulement appartiennent également à la faune lutétienne du Bassin de Paris (tabl. II).

On notera que Glibert et Van de Poel (1971) ont divisé *Venericardia sulcata* (SOLANDER) et *Crassatina trigonata* (LAMARCK) en plusieurs sous-espèces à significations stratigraphiques différentes (Cuisien, Lutétien, Bartonien) et distingué des sous-espèces biogéographiques différentes, respectivement, d'une part, *Venericardia sulcata loxomorpha* (COSSMANN et PISSARRO) et *Crassatina trigonata keeni* (CHAVAN) pour le Lutétien de Loire-Atlantique et, d'autre part, *Venericardia sulcata serrulata* (DESHAYES) et *Crassatina trigonata trigonata* (LAMARCK) pour le Lutétien du bassin de Paris. Ces subdivisions ont été établies à partir des variations de la forme et de l'ornementation des coquilles conduisant à la reconnaissance de populations bien distinctes. Les quatre espèces qui sont mentionnées dans le Lutétien du Cotentin font aussi partie de la faune lutétienne du bassin de Paris.

La signification stratigraphique de cette faune est donnée par les espèces également connues dans le

bassin de Paris (voir tabl. II). Ces dernières sont toutes signalées dans le Lutétien de la région parisienne, sauf *Crassostrea cucullaris* cantonnée au Bartonien ; *Chama calcarata* est partout uniquement lutétienne ; une seule espèce, *Chama turgidula*, se poursuit jusqu'au Ludien. En résumé, quatre espèces sur les neuf débutent dans le Cuisien, huit sont présentes dans le Lutétien et sept se prolongent dans le Bartonien s.s. On peut dater du Lutétien supérieur ces deux sondages, âge déjà attribué aux autres gisements paléogènes de Loire-Atlantique.

Cette faune très disparate (valves entières ou brisées, bien conservées ou très usées, formes juvéniles ou adultes de petite taille) correspond à divers éléments de thanatocénoses, prélevés dans des biotopes différents (épifaune, endofaune), mais ayant vécu dans la zone infralittorale.

5.3.6. Étude des Gastéropodes (D. Merle)

Les gastéropodes récoltés dans les sondages de la Limouzinière (EL 2-4, EL 2-5) et de St-Philbert-de-Grand-Lieu (EL 3-10) complètent nos connaissances sur la faune éocène de l'Ouest de la France et en particulier de la région de Pierre Aiguë. Dans le tableau ci-dessous, 77 espèces sont regroupées et à titre de comparaison, leur présence dans le gisement de Pierre Aiguë est signalée (Tabl. IV).

Sur le plan biostratigraphique, l'ensemble de la faune de ces sondages se retrouve au Bois-Gouët. Son attribution au Lutétien supérieur semble donc évidente, comme celle de Pierre Aiguë (Blondeau *et al.*, 1982) avec qui elle partage 29 % d'éléments communs, soit 21 espèces. Compte tenu de la proximité du gisement de Pierre Aiguë, ce pourcentage d'éléments communs semble faible, cependant la liste de la faune citée par Blondeau *et al.*, (1982) comprenait essentiellement des grosses espèces, alors que celle de ces sondages n'en contient que des petites. Ces deux listes doivent donc être considérées comme complémentaires et totalisent 173 espèces pour la région de Pierre Aiguë.

Sur le plan paléocéologique, la faune des sondages EL 2-4 et EL 2-5 apparaît nettement moins riche que celle du sondage EL 3-10. Toutefois, l'ensemble se caractérise par la présence de nombreuses coquilles roulées, mélangées avec des organismes juvéniles, ce qui évoque un tri mécanique et par voie de conséquence un assemblage de plusieurs peuplements. L'abondance des *Bayania* (*B. besanconi*, *B. gouetensis*) et des Potamididae (*P. (P.) praecinctus*, *B. (V.) calcitrapioides britanna*), communs aux trois sondages, suggèrent un milieu à salinité variable, ce que l'analyse des gastéropodes de Pierre Aiguë a aussi révélé (Blondeau *et al.*, 1982), mais notons qu'ici une grande partie des individus récoltés appartient au cortège d'espèces transportées. La fréquence des petits archéogastéropodes, notamment dans le sondage EL 3-10, ainsi que des Rissoïdidae et des *Bittium* montrent aussi l'existence d'une végétation (Phanérogames ou Algues) par leur trophisme et suggèrent un milieu de vie dans l'étage infralittoral. Enfin, le genre *Turritella* souvent trouvé roulé avec les *Bayania* et les Potamididae est un genre essentiellement fousseur, qui peut indiquer un substrat meuble, comme les genres *Sigmesalia*, *Amauropsina*, *Natica* et *Olivancillaria*, cependant plus rares.

ESPÈCES	EL3-10	EL2-4	EL2-5	Pierre Aiguë
<i>Submarginula cf. elongata</i> (DEF.)	*	*		
<i>Norrisia (s.s.) pterochilus</i> COSS.	*			
<i>Tectus</i> sp.	*			
<i>Homalopoma (s.s.) obtusalis</i> (BAUDON)	*			*
<i>Cirsochilus (s.s.) acutispira</i> (COSS.)	*			
<i>C. (s.s.) dufouri</i> (VASSEUR)	*		*	
<i>Tricolia bonneti</i> COSS.	*			
<i>T. dissimilis</i> (DESH.)	*		*	
<i>Ayziella (Phas.) vasseuri</i> (COSS.)	*		*	*
<i>Pileolus (T.) rostratus terminalis</i> (COSS.)	*		*	*
<i>Nerita (Theliostyla) tricarinata</i> (LMK)	*			*
<i>N. (Amphinerita) baylei</i> (VASSEUR)	*			*
<i>Clithon (Vittoclithon) elegans</i> (DESH.)	*	*		*
<i>Circulus</i> sp.	*	*		
<i>Vitrinellidae</i>	*		*	
<i>Hydrobia cf. mamnetensis</i> (COSS.)	*			
<i>Turricula (s.s.) transversaria</i> (LMK)	*			
<i>Eopleurotoma rudiuscula</i> (DESH.)	*			*
<i>Gemmula plebeia</i> (SOW.)	*	*		
<i>Crassispira (Tripia) granulata</i> (LMK)	*			*
<i>Pleurotomella striarella</i> (LMK)	*			
<i>Conus</i> sp.	*			
<i>Odontostomia (Megastomia) pervicina</i> (COSS.)	*			
<i>O. camponensis</i> VASSEUR	*	*		
<i>Syrnola (Puposyrnola) acicula</i> (LMK)	*			
<i>Cylichna bruguieri</i> (DESH.)	*			
<i>Peringia distinguenda</i> (COSS.)	*			
<i>Stenothyroides globulus</i> (DESH.)	*			
<i>Cingula (Ceratia) sp.</i>	*			
<i>Turboella (s.s.) nana</i> (LMK)	*		*	
<i>Rissoina (s.s.) clavula</i> (DESH.)	*	*	*	
<i>Turritella (Haustator) sp.</i>	*	*	*	
<i>Sigmesalia vermetina</i> (COSS.)	*			
<i>Bayania besanconi</i> (VASSEUR)	*	*	*	*
<i>B. gouetensis</i> COSS.	*	*	*	
<i>Pasitheola macera</i> COSS.	*			
<i>Potamides (Ptych.) praecinctus</i> (COSS.)	*	*	*	
<i>P. (Potamidopsis) tricarinatus</i> (LMK)	*			
<i>Batillaria (Vic.) calcitrapoides britanna</i> (VASSEUR)	*	*	*	*
<i>B. (V.) baylei</i> (VASSEUR)	*		*	*
<i>Cerithium ? cf. bureaui</i> COSS.	*		*	
<i>Cerithiidae</i>	*		*	
<i>Sandbergeria (s.s.) communis</i> (DESH.)	*			
<i>Bittium (s.s.) semigranosum</i> (LMK)	*	*	*	
<i>Bittium</i> sp.	*			
<i>Benoistia muricoides millegrana</i> (COSS.)	*	*		*
<i>Tenuicerithium crassicoatum</i> (DESH.)	*	*		
<i>Tripanaxis goniorostra</i> COSS.	*			
<i>Seila</i> sp.	*			
<i>Eulimidae</i>	*		*	
<i>Rimella fissurella</i> (LINNÉ)	*		*	
<i>Capulus</i> sp.	*			
<i>Tugurium ? rhytidum</i> (COSS.)	*		*	
<i>Amauropsina arenularia</i> (VASSEUR)	*			
<i>Natica (s.s.) epiglottina</i> LMK	*			
<i>Natica</i> sp.	*		*	
<i>Naticidae</i>	*		*	
<i>Sassia</i> sp.	*			
<i>Trophoninac</i>	*			
<i>Omalaxis disjunctus</i> (LMK)	*			
<i>Mathilda (s.s.) morgani</i> (DESH.)	*			
<i>M. (s.s.) gracilis</i> DE BOURY	*			
<i>Acirsa (Acirsella) bouryi</i> (COSS.)	*		*	
<i>Triphora inversa</i> (LMK)	*		*	
<i>Triphora</i> sp.	*			
<i>Cantharus (Eocantharus) excisus</i> (LMK)	*		*	*

<i>C. (Pollia) vasseuri vasseuri</i> COSS.		*		
<i>Suessonia bergeroni</i> (VASSEUR)	*	*		
<i>Mitrella (Columbellopsis) hordeola</i> (COSS.)	*	*		
<i>Fusinus</i> sp.	*			
<i>Olivancillaria (Pseud.) impressa</i> (COSS.)	*			*
<i>Cryptochorda stromboides</i> (HERMANN)	*			*
<i>Vexillum (Uromitra) terebellum</i> (LMK)	*			*
<i>Gibberula geslini</i> (VASSEUR)	*			*
<i>Marginella (St.) bordoti</i> (COSS.)	*			*
<i>Unitas separata</i> (DESH.)			*	

Tabl. IV. - Analyse des Gastéropodes lutétiens du compartiment du Maupas.

5.4. Considérations paléogéographiques

5.4.1. Éocène inférieur

La présence de pollens de palmier *Nypa* et de *Diporites*, associés à des kystes de Dinoflagellés, indique un milieu à tendance marin-lagunaire, avec apports importants en sable grossier. Un tel type de dépôt a été reconnu à maintes reprises dans les deux grandes dépressions régionales, actuellement proches du zéro NGF : le Marais breton et le Lac de Grand-Lieu (Durand, 1960 ; Ollivier-Pierre, 1980 ; Ters, 1982 ; Châteauneuf *et al.*, 1984 ; Ollivier-Pierre *et al.*, 1985 ; Borne, 1986). L'altitude du couloir du Maupas (+ 35 m NGF) et celle du mur des formations yprésiennes (+ 18 m) font du gisement étudié ici, le témoin éocène inférieur, le plus haut de tous les gisements connus à l'échelle régionale. Ces observations autorisent à considérer, alors, la Vendée septentrionale comme une vaste plate-forme continentale, d'altitude relativement élevée, et recouverte par la mer à l'Yprésien.

5.4.2. Éocène moyen

Les dépôts de sables jaunes coquilliers lutétiens, parfois indurés par un ciment calcaire, sont représentés au nord comme au sud de la Loire, et couvrent de grandes surfaces : Marais breton, Baie de Bourgneuf, Arthon — Cheméré, Lac du Grand-Lieu, Campbon, Saffré (Vasseur, 1881 ; Durand, 1960 ; Mounés, 1973 ; Ters, 1979 et 1982 ; Borne, 1986). La faune présente au Maupas, comparable à celle de Pierre-Aiguë (Blondeau *et al.*, 1982), indique un milieu de sédimentation franchement marin avec une profondeur d'eau maximale de 50 m. La cote du mur des formations lutétiennes, au Maupas (+ 24 m) et du Moulin de la Nation (+ 25 m) (5 km au NW), est la plus élevée de la Bretagne méridionale (Borne et Chevalier, 1986). Si l'on considère que, toute la région ne dépasse nulle part 60 m, on conçoit facilement que la mer lutétienne ait pu inonder largement la plate-forme vendéenne et pénétrer profondément dans les terres.

Au Maupas, comme à Campbon et à Saffré, il n'existe aucune discontinuité entre Lutétien supérieur et Bartonien. Pour cette dernière période, les sables blancs du Maupas toutefois, témoignent d'un passage d'un milieu marin franc à un milieu à tendances continentales, suggérant un épisode régressif. Les formations de Pornic (calcaire lacustre, Z = + 38 m), de la vallée de

l'Ognon (argile noire laguno-marine, $Z = 20$ m), de Campbon et de Challans (marnes dolomitiques à attapulgites, $Z = + 16$ m) sont des indications de milieu confiné (Durand, 1960 ; Éstéoule-Choux, 1967 ; Ollivier-Pierre, 1980 ; Margerel *et al.*, 1976 ; Châteauneuf *in* M. Ters, 1982 ; Borne, 1986). Dans cette région où les gisements sont éparés et de faciès différents, il est évidemment difficile de proposer une synthèse paléogéographique.

La découverte de dépôts sableux attribuables au Bartonien, pose un problème nouveau, en ce sens qu'elle ne permet plus l'attribution systématique de tous les sables blancs au Cuisien. L'horizon sable blanc superposé à celui du Lutétien, au Maupas, possède des caractéristiques granulométriques et minéralogiques analogues à celles des sables que l'on rapporte habituellement au Cuisien dans la région vendéenne. Si aucun doute ne subsiste quant à l'âge des sables blancs de Challans — Noirmoutier, compris stratigraphiquement, entre l'Yprésien (faciès sparnacien) et le Lutétien (Borne, 1986), il n'en va pas de même pour les autres gisements et, tout particulièrement pour ceux de Grand-Lieu, qui surmontent le plus souvent directement le socle, voire l'Yprésien et qui sont rarement en relation avec les dépôts lutétiens. La parenté minéralogique existante entre ces différents sables, suggère que la mer bartonienne aurait remanié les sables cuisien pour les redéposer, dans des conditions hydrodynamiques comparables à celles existantes au Cuisien.

6. Compartiment pliocène des Étangs

Le seul sondage effectué dans ce compartiment a traversé, au-dessus d'un socle micaschisteux très altéré, des sédiments argilo-sableux, gris-vert, fossilifères (épais de 10,70 m), surmontés d'un sable blanc azoïque (7,10 m).

6.1. Étude sédimentologique (fig. 9)

6.1.1. Ensemble argileux inférieur fossilifère

A la base, les sédiments très argileux, riches en quartz non usés à peu usés (40 %) et renfermant des quartz cariés, des débris ligneux et de la pyrite, témoignent d'un milieu marin peu agité et réducteur. La présence de glauconie (8 %) semble confirmer ce fait, à moins qu'il s'agisse d'un héritage, les grains étant bien roulés.

Ce niveau argileux, épais de 5 m, passe progressivement à des sables fins ($Md = 0,084$ mm), de moins en moins argileux, mal classés et bimodaux, qui se sont déposés dans un milieu relativement moins corrosif et plus agité, comme en témoigne les 80 % de quartz émoussés-luisants. Dans toute la série, la smectite est le minéral argileux dominant. Elle est accompagnée de kaolinite, d'illite et de minéraux micacés.

Les horizons fossilifères, dont la macrofaune, réduite à l'état de débris est vraisemblablement d'origine

détritique, se terminent par une passée argilo-sableuse grise, où la présence de gypse et les traces d'attapulгите suggèrent un milieu confiné.

6.1.2. Ensemble sableux supérieur

Aucune coupure sédimentologique franche n'a été mise en évidence entre les niveaux argileux sous-jacents et les sables azoïques supérieurs. Ces derniers sont eux-mêmes fins ($Md = 0,228$ mm) et bimodaux, mais présentent un classement un peu meilleur ($So = 1,4$). La prédominance des grains émoussés-luisants (63 %), et les dépôts de silice sporadiquement conservés dans les dépressions des quartz, indiquent que la sédimentation s'est déroulée dans un milieu marin agité (intertidal).

Au sommet, les horizons azoïques se terminent avec des sables fins ocres ($Md = 0,231$ mm). Le mode ternaire, et la présence de quartz rond-mat ou peu usés, suggèrent des apports multiples et la proximité du rivage. Ceci est confirmé par les observations au microscope électronique à balayage : les grains de quartz avec cupules, croissants et petits « V » de chocs acquis dans un environnement aérien, ont été repris et façonnés dans un milieu aquatique vraisemblablement marin peu profond (intertidal) (Prone, 1980). Ces grains montrent également des dissolutions formant des réseaux anastomosés et quelques dépôts de silice dans les cavités.

6.2. Considérations biostratigraphiques et paléoécologiques

La macrofaune réduite à l'état de débris n'a pas permis une étude des groupes classiquement bien représentés au Pliocène (Bivalves, Gastéropodes, Bryozoaires, Madréporaires) ; seuls les pollens et les Foraminifères ont donc fait l'objet d'une analyse.

TAXONS EXPRIMÉS EN POURCENTAGES	
<i>Pinus</i> type <i>diploxylon</i>	68,1
<i>Pinus</i> type <i>haploxylon</i>	+
<i>Abies</i>	+
<i>Picea</i>	+
<i>Tsuga</i>	+
Taxodiaceae	2,8
Sciadopytis	1,1
<i>Engelhardtia</i>	+
<i>Liquidambar</i>	+
<i>Carya</i>	+
<i>Pterocarya</i>	+
« Arbres à affinité tertiaire »	4,2
<i>Quercus</i>	2,1
<i>Ainus</i>	1,8
<i>Betula</i>	+
<i>Ilex</i>	+
<i>Acer</i>	+
<i>Vitis</i>	+
Ericaceae	+
Chenopodiaceae	11,9
Compositae	+
Sphagnaceae	+
Osmundaceae	3
Phytoplancton d'eau douce	+
Phytoplancton marin	+

Tabl. V. - Analyse pollinique d'un échantillon (n° 24 : 14,00 - 14,50 m) du sondage ELI « Les Étangs ».

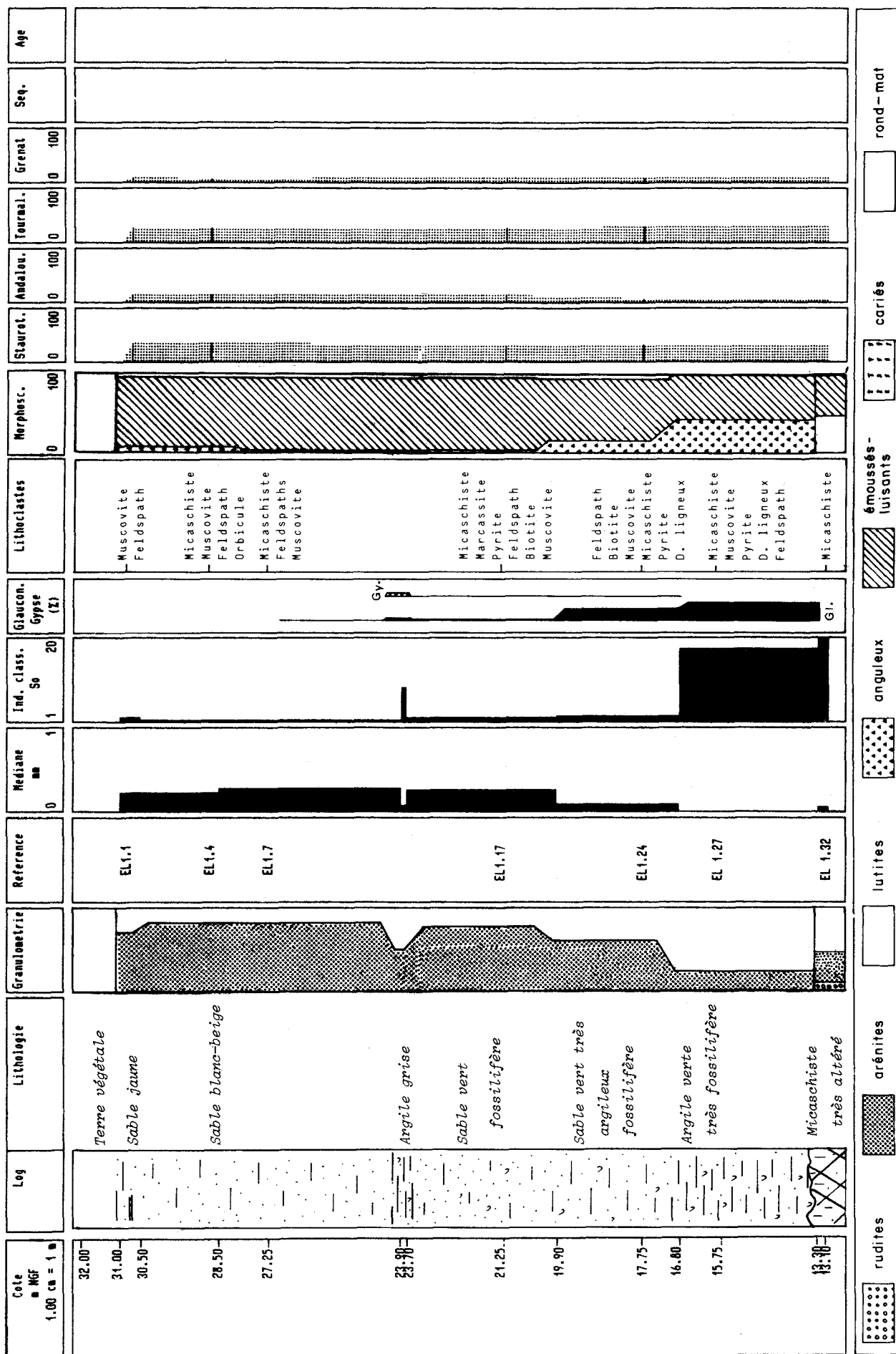


Fig. 9. - Lithologie et principales caractéristiques du sondage EL 1.

6.2.1. Étude des Pollens (G. Farjanel)

Un seul échantillon du sondage EL 1 (n° 24) a été prélevé entre 14,00 - 14,50 m pour analyse palynologique (tabl.). La microflore est très abondante.

Les pollens de pin atteignent 68,1 %, les taxons à « affinité tertiaire » 4,2 % (*Taxodiaceae*, *Sciadopytis*). Les feuillus sont rares, représentés par 2 genres : *Quercus* et *Alnus*. Parmi les herbacées, dominent les *Chenopodiaceae* (11,9 %). Le caractère marin est attesté par la présence de dinokystes et de microforaminifères chitineux.

Interprétation stratigraphique

L'association palynologique dominée par les conifères et les *Chenopodiaceae*, caractérise un milieu de bord de littoral. Les taxons à « affinité tertiaire » peu abondants (4,2 %) nous incite à attribuer un âge reuvérien final à ce niveau.

Ces résultats sont à comparer à ceux obtenus d'une part en Vendée dans les sondages implantés à Corcoué-sur-Logne (référence (1)) d'autre part en Anjou (Référence (2)) et en Pays Nantais (référence (3)).

6.2.2. Étude des Foraminifères (Margerel)

Caractères généraux

La série fossilifère des Étangs est assez pauvre en foraminifères. De plus, ils sont peu diversifiés et on ne compte qu'une vingtaine d'espèces. Ils sont associés à des ostracodes au moins aussi nombreux. Le caractère dominant est la grande importance du groupe *Cibicides lobatulus* - *Cibicides advenus*. Un certain nombre d'espèces décrites dans le Redonien sont présentes (tabl. VII).

Remarques paléocéologiques

Le milieu est peu profond, riche en végétation marine et certainement peu propice au développement des foraminifères.

Remarques stratigraphiques

Il n'y a pas caractérisation particulière d'une biozone, mais par la similitude des assemblages observés avec ceux de Corcoué-sur-Logne (excepté les espèces à tests de grande taille) ; on peut rattacher cette série à la biozone à *Polymorphina frondiformis*, *Pseudopolymorphina variata* et *Elphidium paraskevaidisi* et *Quinqueloculina longirostra*.

L'ensemble de la microfaune donne un âge Pliocène (Margerel, 1968, 1987).

6.3. Synthèse paléogéographique

En l'absence de macrofaune identifiable, la microfaune et la microflore permettent de rattacher le compartiment des Étangs aux autres témoins pliocènes (Reuvérien) de la région Vendée — Pays-Nantais. Bien que présentant des caractéristiques analogues à celles de certains dépôts de la dépression de Grand-Lieu et de

Corcoué-sur-Logne (Ters, 1982 ; Châteauneuf *et al.*, 1984 ; *et al.*, 1987), la formation des Étangs se distingue de celle de la Marnière (Chevalier et Delanoë, 1987) par l'absence de macrofaune, et par la rareté des minéraux lourds altérables. Le milieu de sédimentation, moins profond aux Étangs, aurait bénéficié d'apports différents de ceux de la Marnière, ce qui s'expliquerait soit par un recouvrement, au Pliocène, du massif éclogitique des Essarts soit par des directions de courant différentes. Pour ces deux gisements de même âge distants de 1,5 km, situés dans le même contexte structural, et à la même altitude, il est difficile d'envisager une sédimentation synchrone. L'hypothèse d'un dépôt légèrement décalé dans le temps, avec reprise des formations coquillières, est en revanche plausible. Les formations azoïques du sommet, pourrait témoigner du remaniement des sables blancs bartoniens du compartiment du Maupas, de même granulométrie, ainsi que d'apports sableux, riche en grenats, d'origine plus orientale.

7. Compartiment plio-quadernaire de la Soherie

Ce compartiment qui occupe l'extrémité nord-ouest du couloir « le Maupas — les Étangs », n'a été exploré que par un sondage (EL 9). Le substratum est ici composé de gneiss appartenant au Complexe des Essarts. Les dépôts superficiels colluvionnés, épais de 3 m, sont faits d'un sable argileux ocre à graviers centimétriques, qui surmonte 7 m d'un sable graveleux brun, bien classé et de granulométrie moyenne (Md = 0,5 mm), témoignant d'un environnement aquatique (marin ?).

En l'absence de toute faune, et faute d'avoir pu mettre en évidence des caractéristiques communes aux autres dépôts, l'âge des sables de base n'a pu être précisé. L'attribution de ce compartiment est donc Plio-Quadernaire en référence aux épais dépôts de pente.

8. Conclusion

Les résultats de la méthode dipôle-dipôle électromagnétique, semi-continue, donnent une image générale de l'organisation du sous-sol ; mais les interprétations restent délicates. La méthode radiomagnétotellurique, permettant de réaliser rapidement des profils en continu, donne au contraire des résultats précis facilitant grandement l'interprétation.

Par exemple, les mesures géophysiques réalisées entre la Révellerie et la Moillancherie, perpendiculairement au grand axe du couloir, révèlent deux parties : au nord-est, en bordure immédiate des amphibolites, un compartiment rempli par plus de 15 m de sédiments, et au sud-ouest, un compartiment moins profond (environ 6 m) non reconnu par sondage. Ces deux parties sont séparées par un seuil micascisteux recouvert par environ 4 m de sédiment.

L'utilisation de ces deux méthodes, transversalement aux structures sud-armoricaines, conduit ainsi à mettre en évidence une préstructuration en lanière du

(1) : (Chevalier *et al.*, 1989).

(2) : (Courbouleix *et al.*, 1989).

(3) : (Borne *et al.*, 1989).

substratum. Suivant la direction sud-armoricaine, on trouve des bandes ou des lentilles juxtaposées d'amphibolites, de gneiss et de schistes. Au Tertiaire, des mouvements tectoniques, reprenant les mêmes orientations, seraient responsables de la création du couloir et de la conservation de sédiments ; à l'aplomb de plusieurs des lanières se serait installé le couloir « le Maupas - les Étangs ».

Les plus anciens dépôts reconnus dans le couloir « le Maupas - les Étangs », formés de sables et d'argiles noires laminées, remontent à l'Yprésien (— 50 Ma). La présence des pollens de *Nypa* et des kystes de dinoflagellés (biozone à *Wetzeliella mekelfendensis*), permet d'envisager pour cette époque, une relation étroite avec la mer. Des sédiments de même type se retrouvant également dans les dépressions du Lac de Grand-Lieu et du Marais breton, suggèrent par ailleurs que la plate-forme vendéenne était uniformément occupée par la mer et des lagunes.

Après une période d'émergence couvrant environ 8 Ma, la mer, venue de l'Ouest, s'étale de nouveau très largement sur cette même plate-forme pour y déposer des sédiments détritiques et carbonatés fossilifères d'âge lutétien supérieur dont certains étaient encore inconnus en Vendée. La faune, riche et diversifiée, indique un milieu franchement marin (infralittoral). L'association de coquilles intactes ou brisées de Gastéropodes et de Lamellibranches, ainsi que de formes juvéniles ou adultes de petite taille, correspond à un mélange de plusieurs peuplements. Quelques espèces de Gastéropodes suggèrent, comme à Pierre Aiguë, un milieu à Salinité variable. Certaines associations d'espèces (Gastéropodes, Algues) sont comparables à celles déjà connues au nord de la Loire, dans les bassins de Campbon et de Saffré (Bois-Gouët). En ce qui concerne les Algues, le gisement du Maupas renferme la plus riche association d'espèces de Chlorophycées signalée à ce jour en Vendée. Au cours du Bartonien, la régression éocène moyen va s'effectuer.

La troisième et ultime invasion marine enregistrée s'est produite au Pliocène (Reuvérien) (— 3 Ma) ; elle est marquée par des argiles gris-bleuté fossilifères déposées en milieu peu profond suivies de sables azoïques blancs. Les pollens, abondants, dans les horizons inférieurs, sont communs à toute la région. Les Foraminifères se rattachent à la biozone à *Polymorphina frondiformis*, *Pseudopolymorphina variata* et *Elphidium paraskevaidisi*.

La conservation de ces différents dépôts dans le couloir s'expliquerait évidemment par les rejeux, principalement à l'Éocène et au Pliocène, d'un accident hercynien W, NW-E, SE, l'accident Sainte-Pazanne-Les Essarts (Godart, 1987). Ces rejeux se sont poursuivis au Quaternaire entraînant alors la formation de puissants dépôts de pente.

Références bibliographiques

BLONDEAU A., BREBION P., BUGE E., CHEVALIER J.P., DAMOTTE R., LAURIAT-RAGE A., LE CALVEZ Y., ROMAN J., TERS M., VIAUD J.M. (1982). - Le Lutétien de Pierre Aiguë, près de Saint-Aignan-de-Grand-Lieu (Loire-Atlantique). *Bull. BRGM*, (2), 1, n° 1 et 2, pp. 115-142.

BORNE V. (1986). - Le Paléogène du Bassin de Challans-Noirmoutier (France). Doctorat d'Université, Nantes, 268 p.

BORNE V., CHEVALIER M. (1986). - Livret guide du Colloque « Tectonique récente, effondrements et remplissages sédimentaires cénozoïques en Domaine armoricain », ERG éd., 100 p.

BORNE V., BREBION Ph., BUGE E., CHEVALIER M., COURBOULEIX S., ESTEOULE-CHOUX J., FARJANEL G., LAURIAT-RAGE A., LIMASSET O., MARGEREL J.P., SELLIER D. (1989). - Conservation, dans le Pays nantais, de dépôts pliocènes en bordure d'accidents de type « Quesoy-Nort-sur-Erdre ». *Géologie de la France*, n° 1-2, 1989, ce même volume.

CAGNIARD L. (1953). - Principe de la méthode magnétotellurique, nouvelle méthode de prospection géophysique. *Ann. Géophysique*, n° 9, pp. 95-125.

CHATEAUNEUF J.J., THIRY M., GROSS C., TRAUTH N., JACOB C. (1984). - Potentiel uranifère dans les bassins paléogènes français, sédimentologie, minéralogie, géochimie. Final report, BRGM, 84 SGN 223, Géol., 190 p.

CHEVALIER M. (1980). - Rôle des sables utilisés pour le maraîchage. Comparaison sable de Loire - sable de substitution. D.E.A. Géologie, Nantes, 37 p.

CHEVALIER M., BORNE V., BREBION Ph., BUGE E., CHAIX Ch., COURBOULEIX S., DELANOE Y., ESTEOULE-CHOUX J., FARJANEL G., LAURIAT-RAGE A., MARGEREL J.P., POUIT D., ROMAN J., TRAUTH N., VIAUD J.M. (1989). - Le complexe cénozoïque de Corcoué-sur-Logne (Loire-Atlantique). Études sédimentologiques et paléontologiques et premières reconnaissances géophysiques. *Géologie de la France*, n° 1-2, 1989, ce même volume.

CHEVALIER M., DELANOE Y. (1989). - Études géophysique et sédimentologie du petit graben redonien pliocène de la Marnière (La Limouzinière, Loire-Atlantique). *Géologie de la France*, n° 1-2, 1989, ce même volume.

COURBOULEIX S., BREBION Ph., BUGE E., CHAIX Ch., ESTEOULE-CHOUX J., FARJANEL G., GRUET M., LAURIAT-RAGE A., LIMASSET O., MARGEREL J.P., POUIT D. (1989). - Étude de six gisements néogènes explorés par sondages en Maine-et-Loire (France). *Géologie de la France*, n° 1-2, 1989, ce même volume.

COSSMANN M. (1896-1922). - Mollusques éocéniques de la Loire-Inférieure. *Bull. Soc. Sci. nat., Ouest France*, 1 (1896-1898), 2 (1899-1902), 3 (1904-1906), suppl. (1915-1919), 2^e suppl. (1921-1922).

COSSMANN M., PISSARO G. (1900-1905). - Faune éocénique du Continent. Mollusques. *Bull. Soc. géol. Normandie*, 1 (1900-1902), 2 (1903-1905).

COSSMANN M., PISSARO G. (1904-1913). - Iconographie complète des coquilles de l'Éocène des environs de Paris. Pélécytopes, 1 (1904-1906) ; Scaphopodes, Gastéropodes, Brachiopodes, Céphalopodes et supplément, 2 (1910-1913).

DUFOUR E. (1881). - Études des fossiles des sables éocènes de la Loire-Inférieure. *Ann. Soc. Acad. Nantes*, 1^{re} partie, Pélécytopes, pp. 13-56.

DURAND S. (1960). - Le Tertiaire de Bretagne. Étude stratigraphique, sédimentologique et tectonique. *Mém. Soc. géol. minéral. Bretagne*, Rennes, n° 12, 389 p.

ESTEOULE-CHOUX J. (1967). - Contribution à l'étude des argiles du Massif Armoricaïn. Argiles des altérations et argiles des bassins sédimentaires tertiaires. *Mém. Soc. géol. minéral. Bretagne*, Rennes, n° 14, 319 p.

GLIBERT M. (1960-1963). - Les Gastéropodes du Cénozoïque étranger des collections de l'Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique. *Mém. Inst. roy. Sci. nat. Belgique*, (2), n° 61, 64 (1960), n° 68, 69 et 70 (1962), n° 73 et 74 (1963).

GLIBERT M., VAN DE POEL L. (1965-1970). - Les Bivalves fossiles du Cénozoïque étranger des collections de l'Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique. *Mém. Inst. roy. Sci. nat. Belgique*, (2), n° 77 et 78 (1965), n° 81 et 82 (1966), n° 83 (1967) et n° 84 (1970).

GODARD G. (1981). - Lambeaux probables d'une croûte océanique subductée : Les écolites de Vendée (Massif armoricain, France). Thèse 3^e cycle, Nantes, 153 p.

GODARD G. (1987). - Petrology of some eclogites in the Hercynides : the eclogites from the southern Armoricaïn Massif, France in « Eclogites and eclogites-facies rocks », D.C. Smith ed., Elsevier, ch. 8.

GUIGUES J., DEVISMES P. (1969). - La prospection minière à la batée dans le Massif armoricain. *Mém. BRGM Fr.*, n° 71, 171 p.

GUINEAU B., DUPIS R. (1973). - Agence Nationale pour la Valorisation de la Recherche, Paris, CNRS, brevet ANVAR, n° 73-11-573.

- LAGABRIELLE R., CHEVASSU G., LARGILLIER J.F. (1983). - La magnétotellurique artificielle à l'étude des gisements rocheux. *Bull. Associa. Internat. Géol. de l'Ingénieur*, n° 26-27, pp. 265-271.
- LAGABRIELLE R., HOLLIER-LAROUSSE A. (1985). - Les deux types d'informations contenus dans les profils de la magnétotellurique artificielle. Exemple d'application à la prospection archéologique. *Bull. Liaison LPC*, n° 137, pp. 37-42.
- LOUAIL J. (1981). - La transgression crétacée au Sud du Massif Armoricaïn. Cénomaniens de l'Anjou et du Poitou. Crétacé supérieur de Vendée. Étude stratigraphique, sédimentologique et minéralogique. Thèse d'État, Université de Rennes, 488 p.
- LOZOUET P. (1985). - Compléments à la malacofaune oligocène (Stampien) de Gaas (Bassin d'Aquitaine, France). 1. Mollusques saumâtres. *Meded. Werkgr. Tert. Kwart. geol.*, 22 (3), pp. 125-142.
- MARGEREL J.P., BLONDEAU-ALLARD M.A., OLLIVIER-PIERRE M.F. (1976). - Contribution à l'étude micropaléontologique de l'Éocène du bassin de Campbon (Loire-Atlantique). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), VII, pp. 765-768.
- MOUNES J. (1973). - Le Marais Breton et ses Marges. Étude de géomorphologie et de sédimentologie. Thèse d'État, Géographie, Nantes, 425 p.
- OLLIVIER-PIERRE M.F. (1980). - Étude palynologique (spores et pollens) de gisements paléogènes du Massif Armoricaïn. Stratigraphie et paléogéographie. *Mém. Soc. géol. minéral. Bretagne*, Rennes, n° 25, 239 p.
- OLLIVIER-PIERRE M.F., CHATEAUNEUF J.J., FARJANEL G., ESTEOULE-CHOIX J. (1985). - Du domaine marin au domaine continental, un exemple : les argiles feuilletées yprésiennes de la Baie de Bourgneuf et du Lac de Grand-Lieu (Vendée). *Bull. Sci. géol. Strasbourg*, 48, 1, pp. 45-59.
- PRONE A. (1980). - Les quartz de la Provence occidentale. Étude exoscopique et endoscopique, implications paléogéographiques. Thèse d'État, Université de Provence, 2 vol., 445 p.
- SEMELIN B., MARCHAND J. (1984). - Découverte d'esclaves hyperalumineuses dans l'ortho-gneiss de l'île d'Yeu. *C.R. Acad. Sci. Fr.*, 299, sér. II, n° 10, pp. 633-638.
- TERS M. (1979). - Les synclinoriums paléozoïques et le Précambrien sur la façade occidentale du Massif vendéen : stratigraphie et structure. *Bull. BRGM Fr.*, (2), I, 4, pp. 293-301.
- TERS M. (1982). - Notice de la carte géologique à 1/80 000 de Saint-Philbert-de-Grand-Lieu. BRGM, Orléans.
- VASSEUR G. (1877). - Nouveau gisement fossilifère de l'âge du calcaire grossier, découvert au Bois-Gouët, près de Saffré (Loire-Inférieure). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (3), 6, p. 81.
- VASSEUR G. (1881). - Terrains tertiaires de la France occidentale. Masson éd., Paris, 432 p.
- VIAUD J.M. (1978). - Découverte d'un gisement fossilifère d'âge lutétien à la Pierre-Aiguë, près de Saint-Aignan-du-Grand-Lieu (Loire-Atlantique). *Bull. Soc. sci. nat. Ouest Fr.*, 76, pp. 190-191.