

Les premiers dépôts paléogènes (yprésiens) de la bordure méridionale du Massif armoricain : aspects sédimentologique, tectonique et paléogéographique *

V. BORNE (1), M. CHEVALIER (2) et M.-F. OLLIVIER-PIERRE (3)

Mots-clés : Sable, Argile, (Éocène inf.), Yprésien, Sédimentologie, Tectonique synsédimentaire, Paléogéographie, Loire Atlantique, Vendée.

Résumé

Les analyses sédimentologiques et structurales permettent de proposer un nouveau modèle pour le fonctionnement de la plate-forme occidentale du Massif armoricain (France), au cours de l'Yprésien. Les sédiments argilo-sableux présentent partout les mêmes caractères sédimentologiques, indiquant un mode de dépôt unique. Des mouvements tectoniques, actifs dès le début du Cuisien inférieur, sont responsables de la conservation des sédiments. Des compartiments, primitivement submergés, ont été mis en relief et soumis à l'érosion, occasionnant une modification de la composition des dépôts. Ces mouvements affectent également l'environnement en isolant des secteurs où la sédimentation, tout d'abord laguno-marine, se poursuit en milieu laguno-continental. Les lignes de fractures seraient, dans un premier temps, d'orientation N 130° (direction sud-armoricaine), puis N 160-180°. Le niveau marin yprésien se situerait aux environs de la courbe + 40 m NGF, intéressant une vaste plate-forme. Celle-ci serait limitée au sud et au sud-ouest par les reliefs des Sables-d'Olonne et de l'île d'Yeu, et s'ouvrirait sur l'Océan vers le nord-ouest. Ce marais littoral a fonctionné durant une période relativement courte, correspondant à la seule biozone à *Wetzeliella meckelfeldensis*.

Abstract

Joint sedimentological and structural analyses have conducted to propose a new model for the evolution of the western part of the Armorican Massif (France) during Ypresian time. The clay and sand deposits offer everywhere the same sedimentological type, due to an identical deposition modality. Tectonical movements, active from the very lower Cuisian, are responsible for the sediment conservation. Formerly swamped areas were raised and altered, causing a modification to the composition of the deposits. These movements also affect the environment, isolating area where the sedimentation, at first lagoonal-marine, became more continental. The main directions of subsidence were, at first, N 130° (south-armorican), then N 160°-180°. The ypresian marine coast-line would be surrounded by the + 40 m NGF contour-line. The sedimentation during lower tertiary consequently extended over a large area limited on the South and South-West by the reliefs of Sables-d'Olonne and isle of Yeu and open towards the ocean on the North-West. This wadden was active during a short period, since only the *Wetzeliella meckelfeldensis* biozone have been recognized.

1. Introduction

Les gisements yprésiens actuellement répertoriés sont tous localisés sur la bordure atlantique de la partie méridionale du Massif armoricain (fig. 1). Certains sont connus depuis longtemps (Anse Rouge, La Sennetière, Savenay, etc.) ; d'autres ont été découverts lors de

leviers cartographiques récents (Le Loreau, Grand-Lieu, etc.) ; mais ce sont les prospections métallogéniques du BRGM (région du Lac de Grand-Lieu) et hydrogéologiques de la DDA (Marais breton), dans des zones actuellement déprimées, qui apportent le maximum d'informations sur la sédimentation yprésienne. La plupart de ces dépôts ont été analysés en détail du point de vue palynologique et ont fait l'objet de nombreuses publications (Durand, 1957, 1958, 1960 ; Durand et Ollivier-Pierre, 1969 ; Ollivier-Pierre, 1970 ; Bouysse *et al.*, 1974 ; Azéma *et al.*, 1978 ; Ters, 1978, 1979 ; Ollivier-Pierre, 1980 ; Ters, 1982 ; Ollivier-Pierre *et al.*, 1985), mais très peu avaient été étudiés sous l'angle sédimentologique (Durand, 1960 ; Estéoule-Choux, 1970 ; Ters, 1978 ; Ollivier-Pierre *et al.*, 1985). Les résultats des analyses sédimentologiques des niveaux yprésiens des forages récents (Marais breton : Borne, 1987 ; Le Maupas : Chevalier *et al.*, 1989), complétés par une étude structurale menée à l'échelle régionale, permettent de proposer pour ces différents secteurs une

(1) Laboratoire de Biogéologie et de Biostratigraphie, Université de Nantes, 2, rue de la Houssinière, 44072 Nantes Cedex 03 et Équipe de Recherche Géologique d'Intérêt Régional, Le Nailbert, 44310 La Limouzinière.

(2) Laboratoire de Géologie Marine, Université de Nantes, 2, rue de la Houssinière, 44072 Nantes Cedex 03 et Équipe de Recherche Géologique d'Intérêt Régional, Le Nailbert, 44310 La Limouzinière.

(3) Institut de Géologie, Université de Rennes, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex.

* Manuscrit déposé le 15 mars 1987, accepté le 20 décembre 1988.

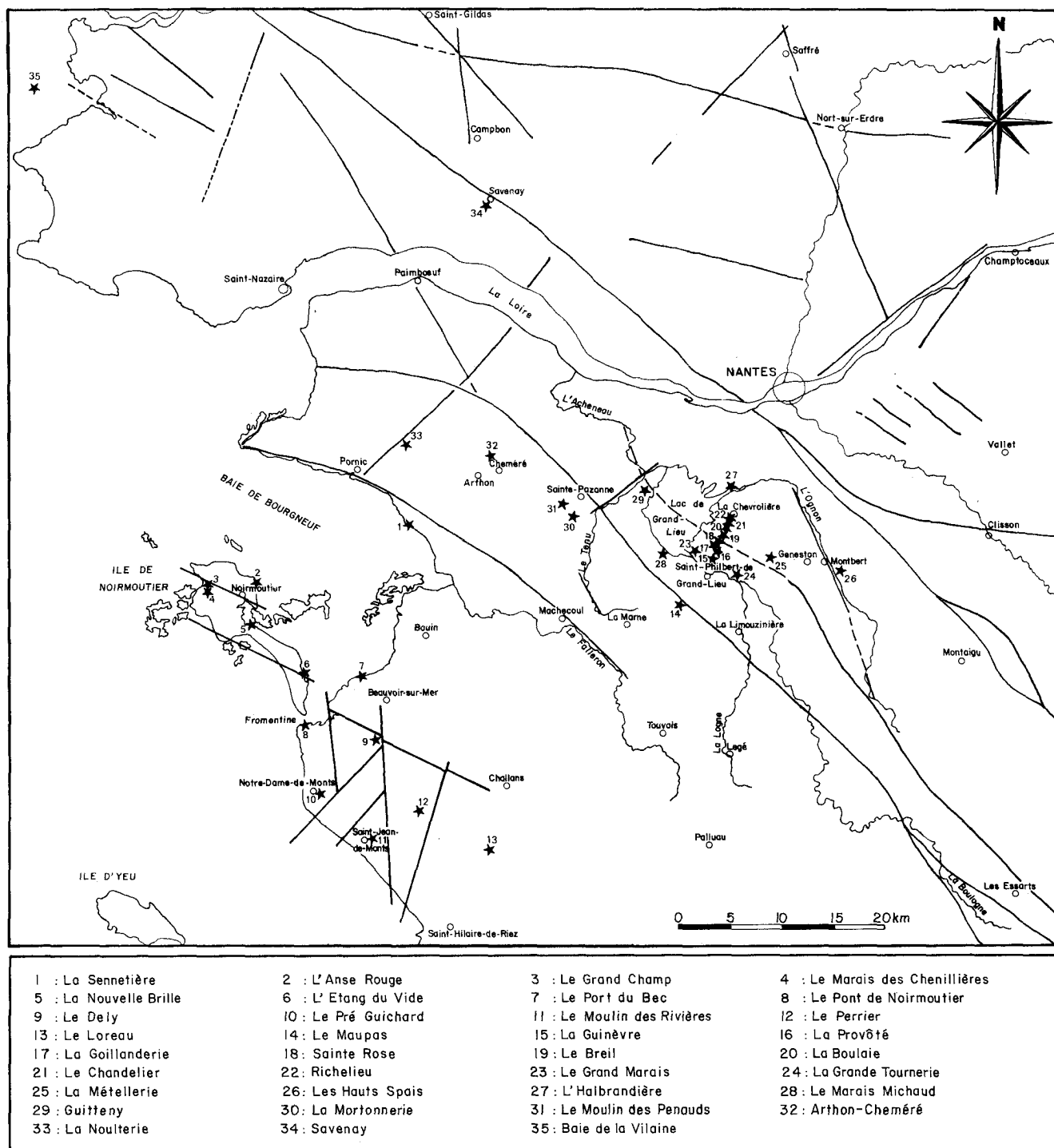


Fig. 1. - Localisation des gisements yprésiens au sud-ouest du Massif armoricain.

hypothèse relative à la mise en place des dépôts. Des études complémentaires ont donc été entreprises sur d'anciens forages et notamment, ceux de la bordure sud-orientale du Lac de Grand-Lieu (Chevalier, 1989) afin de préciser l'évolution paléogéographique et structurale de l'Ouest de la France à l'Éocène inférieur.

2. Paléotopographie anté-yprésienne

La transgression crétacée a largement couvert l'Ouest de la France, déposant des sables et argiles

noires (Cénomaniens inférieur), des marnes et calcaires (Cénomano-Turonien et Sénonien inférieur) et des sables siliceux, localement grésifiés (Sénonien) (Louail, 1981). A partir du Campanien supérieur, un mouvement de retrait de la mer s'affirme, accompagné d'une reprise générale de l'érosion.

Les dépôts crétacés ne sont plus conservés actuellement en place que dans les bassins de Challans-Commequiers et de Touvois ; mais le matériel de cet âge a été abondamment remanié dans les formations cénozoïques régionales, et cela, jusqu'au nord de la Loire (Savenay) (Barrois, 1921 ; Durand, 1960).

La présence de témoins crétacés, sous les dépôts

Localisation	Cote du mur (en m NGF)	Épaisseur (en mètres)	Localisation	Cote du mur (en m NGF)	Épaisseur (en mètres)
La Sennetière	+ 2,00	0,40	Le Breil	- 7,00	7,00
L'Anse Rouge	(- 4,00)	?	La Boulaie	- 8,00	8,80
Le Grand-Champ	-53,00	12,00	Le Chandelier	- 2,00	5,00
Le Marais des Chenillières	-68,50	24,50	Richelieu	- 1,50	7,00
La Nouvelle Brille	-76,50	20,50	Le Grand Marais	(+ 2,00)	?
L'Étang du Vide	-85,00	11,00	La Grande Tournerie	+ 3,30	0,70
Le Port-du-Bec	-61,35	16,45	La Métellerie	+ 7,00	10,50
Le Pont de Noirmoutier	-26,40	2,00	Les Hauts Spais	+10,40	3,10
Le Dely	-66,00	21,20	L'Halbrandière	(+2,00)	?
Le Pré Guichard	-88,00	16,00	Le Marais Michaud	(+2,00)	?
Le Moulin des Rivières	-92,00	30,00	Guitteny	(+3,00)	?
Le Perrier	-55,50	12,20	La Mortonnerie	(+5,00)	?
Le Loreau	- 1,05	0,50	Le Moulin des Penauds	+13,50	1,80
Le Maupas	+18,00	7,00	Arthon - Cheméré	- 7,50	3,50
La Guînevère	-18,00	19,20	La Noulterrie	(+12,00)	?
La Provôté	-10,50	5,00	Savenay	+10,00	1,00
La Goillanderie	-19,50	18,50	Baie de la Vilaine	-30,00	2,00
Sainte-Rose	-14,00	12,50			

Tabl. 1. - Cotes et épaisseurs des formations yprésiennes de l'ouest du Massif armoricain.

yprésiens, est rarement observable ; seuls trois forages (Grand-Champ, Marais des Chenillières, Pré Guichard) les ont traversés sur quelques mètres (3 à 6 m). Une érosion active s'est donc établie depuis la fin du Crétacé jusqu'au début de l'Yprésien, déblayant tout ou partie de ces dépôts meubles et comblant les dépressions préexistantes. La carrière des Chaises (Montbert) constitue un bon exemple de ce remplissage : des sables contenant des fossiles remaniés du Crétacé supérieur se sont mis en place ici dans un contexte d'épandage fluvio-deltaïque (Chevalier, Borne, 1989).

Ainsi, toute la région était exondée et pénéplanée avant la mise en place des premiers dépôts cénozoïques.

3. Répartition géographique et puissance des sédiments yprésiens

Les épaisseurs et les altitudes des gisements yprésiens sont très variables (tabl. I). Les cotes du mur les plus basses (- 92 m NGF, - 25 m NGF) ont été relevées respectivement dans les dépressions actuelles du Marais breton et du Lac de Grand-Lieu, l'épaisseur des dépôts variant entre 10 et 30 m. En dehors de ces deux zones, les cotes de la base sont toujours au-dessus du 0 NGF (jusqu'à + 18 m au Maupas) ; les épaisseurs sont alors très faibles (0,4 à 3 m), sauf au Maupas où elles atteignent 7 m (tabl. I).

4. Palynologie

De nombreux échantillons d'argile noire ont été analysés du point de vue palynologique afin d'assurer, dans un premier temps, le contrôle stratigraphique indispensable à cette étude et de donner ensuite un aperçu des milieux de végétation en relation avec la paléogéographie.

Les résultats déjà connus pour les gisements de La Sennetière, Noirmoutier (Anse Rouge), Le Loreau (Ollivier-Pierre, 1980) et la région du Lac de Grand-Lieu (Ollivier-Pierre *et al.*, 1985) ont été complétés par l'étude des échantillons d'argile noire provenant des sondages récents suivants (fig. 1) :

- Noirmoutier (Le Grand Champ, le Marais des Chenillières, La Nouvelle Brille),
- Notre-Dame-de-Monts (Le Pré Guichard),
- Saint-Jean-de-Monts (Le Moulin des Rivières),
- Le Perrier,
- Bouin (Le Port du Bec),
- La Limouzinière (Le Maupas).

D'autre part, il a été possible de reprendre l'étude de quelques échantillons des anciens sondages d'Arthon (sondage 2, éch. 802 — Estéoule-Choux, 1970) et de Savenay (L'Auge) (Durand, 1960).

Les résultats obtenus montrent :

— La présence de Crétacé supérieur à la base du sondage de Notre-Dame-de-Monts (entre 93 et 89 m) avec comme principaux marqueurs des Normapolles appartenant aux genres suivants : *Complexiopollis*, *Trudopollis*, *Interporopollenites* et *Magnoporopollenites*.

— Partout ailleurs, les différents niveaux noirs ont livré une microflore plus ou moins abondante, mais bien diversifiée, dans laquelle se retrouve le même assemblage palynologique permettant d'envisager le même âge Cuisien inférieur pour l'ensemble des dépôts étudiés. Cet âge est analogue en tout point à celui antérieurement établi pour les gisements de la Baie de Bourgneuf et du Lac de Grand-Lieu. Que le milieu soit continental, comme dans quelques niveaux de la partie orientale du Lac de Grand-Lieu, ou à affinité marine (présence de dinokystes et de petits Foraminifères chitineux au Perrier, Saint-Jean-de-Monts, Notre-Dame-de-Monts, Bouin), les mêmes associations ont toujours été observées. Le groupe des Normapolles, toujours largement représenté, est dominé par *Plicapollis pseudoexcelsus* ; les formes caractéristiques suivantes sont régulièrement présentes : *Nudopollis endangulatus*, *N. terminalis*, *Pompeckjoideaepollenites peneperfectus*, *P. subhercynicus*, *Interpollis supplingensis*, *Vacu-*

pollis semiconcavus. D'autres marqueurs, caractéristiques des faciès sparnaciens dans le Bassin de Paris sont fréquents dans tous les échantillons : *Triatriopollenites roboratus*, *T. aroboratus*, *Subtriporopollenites subporatus*, *Caryapollenites triangulus*, *C. eogracilis*, *Pistillipollenites mc gregorii*, *Labrapollis labraferus*, *Anacolosidites efflatus*, *Intratriporopollenites ollivierae*, *Dicolpollis luteticus*, *Slovakipollis eocaenicus*, *Tricolporopollenites baculatus*, *T. crassiexinus* ainsi que *Spinizonocolpites prominatus* et *Diporites iszkaszentgyörgyi*.

Le niveau noir de la carrière de l'Auge à Savenay ainsi que l'argile noire du sondage d'Arthon, attribués antérieurement, le premier à l'Yprésien ou au début du Lutétien, le second au Lutétien (Durand, 1960), peuvent donc être corrélés avec les formations de la Baie de Bourgneuf et du Lac de Grand-Lieu et datés du Cuisien inférieur, faciès sparnacien.

Ces argiles noires s'étendaient donc très largement sur la partie méridionale du Massif armoricain, depuis l'anticlinal de Cornouaille jusqu'à la latitude de l'île

d'Yeu. L'étude des sondages récents a permis de confirmer et de préciser l'extension de ces faciès que l'on ne pouvait que supposer depuis la découverte, à l'est, des gisements du Lac de Grand-Lieu, et au sud, de celui du Loreau.

Les régions basses, lagunaires, étaient soulignées par une frange de végétation typique littorale, marquée par la présence quasi-constante du palmier *Nypa*. L'arrière-pays, plus ou moins marécageux, soustrait des influences marines, abritait une végétation riche en monocylédones aquatiques (*Restionaceae*, *Sparganiaceae*) et en buissons de *Myricaceae*, *Cyrillaceae* avec quelques formes arborescentes comme des *Nyssaceae* et probablement des *Taxodiaceae*. Sur sol plus ferme et moins humide, une riche végétation forestière à caractère tropical peuplait les régions un peu plus élevées en altitude : *Sapotaceae*, *Ebenaceae* étaient associées à des taxons plus tempérés comme des *Tiliaceae* et des *Juglandaceae*. Les niveaux plus continentaux du Lac de Grand-Lieu reflètent particulièrement bien la densité et la richesse de cette végétation extrapalustre.

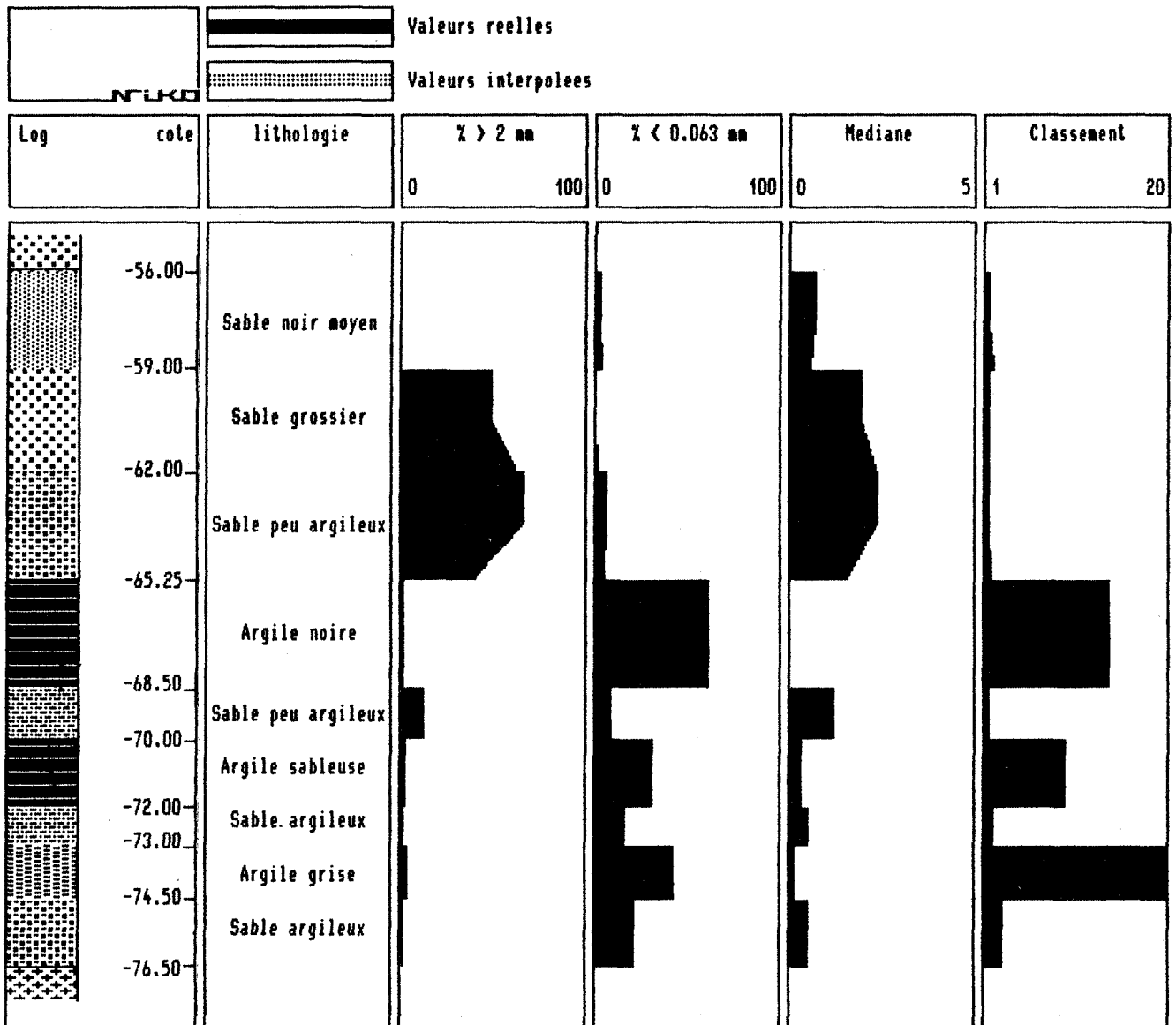


Fig. 2. - Coupe lithologique et caractéristiques granulométriques principales des alternances argilo-sableuses yprésiennes du forage de la Nouvelle Brille.

5. Sédimentologie

Les dépôts yprésiens reconnus par sondages, qu'ils soient marins ou continentaux, se présentent habituellement sous la forme d'alternances de sables grossiers et d'argiles noires laminées (fig. 2). La puissance des horizons sableux peut atteindre 10 m et celle des argiles 8 m. Quelques forages (la Métellerie, Richelieu, la Boulaie) montrent toutefois, sur une dizaine de mètres environ, un ensemble homogène d'argiles noires à passées silteuses.

5.1. Description lithologique

Les horizons argileux sont constitués de fines lames formées alternativement d'argiles compactes et de silts quartzeux très riches en muscovite ; des spicules de spongiaires remaniés y sont fréquents. L'analyse minéralogique de ces échantillons (Estéoule-Choux *in* Ollivier-Pierre *et al.*, 1985 ; Borne, 1987) a montré la présence constante de kaolinite accompagnée, dans les seules formations marines, par de la smectite ; dans les niveaux supérieurs apparaît de l'illite.

Les horizons sableux contiennent fréquemment, et en proportion variable, des éléments fournis par le remaniement de formations antérieures. Le socle donne des lithoclastes, dont la nature varie avec la localisation des gisements : fragments granitiques pour les forages du nord de Noirmoutier ; micaschistes, pour le bassin de Challans ; schistes, gneiss et amphibolites aux abords de Grand-Lieu. Le socle livre également des quartz anguleux, des minéraux lourds et des paillettes de muscovite. Les dépôts crétacés sont à l'origine d'une partie des grains de quartz cariés, des quartz hyalins très bien roulés, des fragments de grès siliceux à spicules, des orbicules de calcédoine, des silix noirs, des bioclastes silicifiés et roulés (bryozoaires, spongiaires, lamelli-branches, etc.), voire de la glauconie en grains très fins.

Tous les horizons, qu'ils soient argileux ou sableux, contiennent des débris charbonneux ainsi qu'une forte proportion de pyrite (en grains ou en épigénie de fragments végétaux). Quelques cristaux de gypse ont été également observés. Les conditions particulières de formation et de conservation de ces divers éléments nous conduisent à envisager leur mise en place dans un milieu réducteur où les incursions marines, riches en sulfate, sont fréquentes (Marius, 1984). La présence de basales chitinoïdes de foraminifères et celle de kystes de dinoflagellés confirment l'influence marine pour certains gisements.

5.2. Analyse granulométrique

Les horizons à tendance argileuse présentent tous des caractéristiques identiques. La fraction supérieure à 45 μm est nettement bimodale, avec des éléments grossiers (entre 1 et 0,71 mm) et des éléments très fins (entre 0,125 et 0,09 mm).

Les horizons essentiellement sableux peuvent être répartis en trois groupes.

— Le plus fréquent est celui de sables moyens à grossiers ($Md = 0,6$ à 1,2 mm), moyennement classés ($So = 1,6$ à 2,4) ou bien classés ($So = 1,2$ à 1,7) (fig. 3 A-B). Les sables des abords du Lac de Grand-Lieu et du Maupas sont tous du type moyennement classé ; au Dely et au Perrier, quelques niveaux présentent les mêmes caractéristiques. Les sables les mieux classés sont ceux de la base et du sommet des forages du Marais breton.

— Le deuxième groupe est représenté par des sables extrêmement grossiers ($Md = 1,4$ à 2,4 mm) et bien classés ($So = 1,2$ à 1,8) (fig. 3 C) ; trouvés surtout dans les forages de la Nouvelle Brille, du Pré Guichard et du Moulin des Rivières.

— Des sables très fins ($Md = 0,2$ mm) et bien classés ($So = 1,3$ à 1,5) (fig. 3 D) constituent le troisième groupe de sables intercalés dans les niveaux argileux. Ils sont moins fréquents : trois forages seulement les ont recoupés (Saint-Rose, La Provôté et la Guinièvre). Des affleurements existent également au nord-est de l'île de Noirmoutier. Ces sables sont toujours peu épais (moins d'un mètre).

Il faut souligner ici qu'il n'est pas possible de différencier du point de vue granulométrique les sédiments à affinité marine des sédiments à affinité continentale.

5.3. Évolution sédimentologique

Dans le Marais breton et le domaine du Lac de Grand-Lieu, on a pu définir une même évolution sédimentologique pour tous les forages. Deux séquences ont pu être mises en évidence dans les plus profonds (Moulin des Rivières notamment).

— A la base, les alternances « sables — argiles » sont très rapprochées ; puis la sédimentation tend à devenir plus homogène et plus fine (séquence *fining up* et *thinning up*) ; un niveau très épais (jusqu'à 8 m) d'argiles noires termine cette séquence.

— Une deuxième séquence se distingue par des sédiments détritiques beaucoup plus grossiers où s'intercalent des niveaux peu épais et peu argileux, celle-ci correspondrait à une séquence de *coarsening up* et *thickening up*. Ce dernier ensemble est parfois incomplet (la Goillanderie) et peut manquer totalement dans certains secteurs (le Breil).

On peut ajouter que les dépôts sableux supérieurs sont toujours plus grossiers et plus épais en bordure occidentale du Marais breton que dans le domaine du Lac de Grand-Lieu.

5.4. Morphoscopie - exoscopie des quartz

Presque tous les forages montrent une évolution identique du pourcentage des quartz anguleux. Très abondants dans les niveaux inférieurs (jusqu'à 63 % de la fraction 500-350 μm), leur nombre diminue rapidement dans les premiers horizons argileux (24 %) et demeure ensuite stable jusqu'au sommet de la forma-

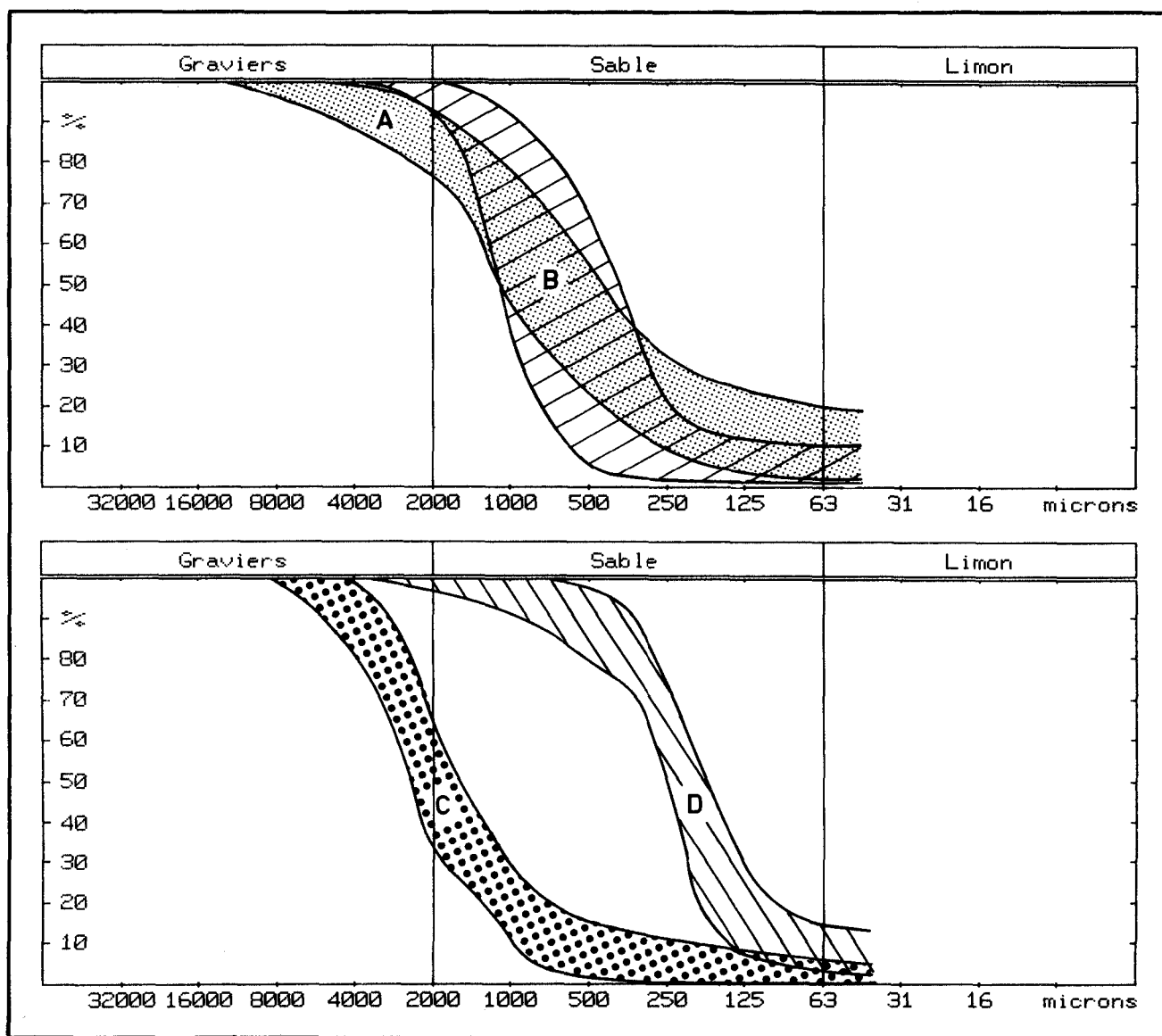


Fig. 3. - Courbes cumulatives enveloppes des différents groupes de sables intercalés dans les niveaux argileux yprésiens :

- A - Sables moyens à grossiers moyennement classés.
- B - Sables moyens à grossiers bien classés.
- C - Sables très grossiers (niveaux supérieurs des forages de l'ouest du Marais breton).
- D - Sables très fins (niveaux peu épais).

tion argilo-sableuse noire ; la proportion est alors très faible (2 à 4 %). Les forages du nord-ouest de Noirmoutier montrent cependant des variations notables, avec des valeurs voisines de 20 % dans les niveaux supérieurs ; certains horizons, peu épais, de quelques autres forages présentent parfois des teneurs élevées (16 % au Pré Guichard). Les quartz émousés-luisants cariés sont toujours très bien représentés dans les formations noires ; leur proportion qui est de 51 % à la base, varie progressivement, pour atteindre 86 % dans les sables supérieurs. Des quartz hyalins, très arrondis et très brillants, constituent le troisième groupe de grains reconnus dans ces formations. Leur pourcentage est très variable : de 7 % à la base, il se réduit dans le premier niveau d'argile (5 %), puis atteint son maximum (32 %), avant de diminuer et de se stabiliser dans les horizons supérieurs (10 à 17 %). Quelques gisements à affinité marine (la Guinièvre, le Perrier) ou continentale (le Breil, Sainte-Rose) présentent, dans les assises

supérieures, un pourcentage assez élevé de quartz émousés mats ou ronds mats (36 %).

Au microscope électronique à balayage, les grains observés présentent, dans l'ensemble, les mêmes caractères exoscopiques. Les faces des grains montrent une dissolution intense, attaquant le réseau cristallin, favorisée probablement par d'anciennes cupules de chocs. Ces figures sont principalement triangulaires avec un allongement très prononcé ; elles existent également dans certaines dépressions. D'autres sont remplies par de la silice de néogénèse, parfois accompagnée de baguettes de gypse. Les arêtes de ces grains sont toujours bien polies. Des dépôts de fins globules siliceux, visibles sur certains grains, témoignent de périodes d'immobilisation. L'ensemble des caractères exoscopiques indique une mise en place en milieu aquatique de basse à moyenne énergie. L. Le Ribault (1975) et A. Prone (1980) ont décrit des figures de dissolution analogues en

milieu marin. Ces mêmes auteurs attribuent à un environnement deltaïque la présence de silice néogénétique. D. Krinsley et J.C. Doornkamp (1973) pensent qu'un climat chaud et humide, associé à un milieu riche en alumine et en acides humiques, entraîne la formation de telles figures de dissolution.

5.5. Minéraux lourds

La composition des minéraux lourds demeure assez constante pour l'ensemble des sondages, avec une dominance très nette de la staurotide : très abondante dans les horizons de base (jusqu'à 86 % au Dely), son pourcentage devient stable (entre 40 et 50 %) vers le sommet de la formation. La tourmaline, d'abord mal représentée (7 à 10 %), atteint 37 % dans les niveaux supérieurs. L'andalousite est également présente mais en proportion variable : jusqu'à 35 % dans le domaine du Lac de Grand-Lieu, 5 % seulement dans le Marais breton. Les grenats sont en général peu abondants (1,5 à 5 %), avec localement des secteurs plus riches (base du Maupas : 36 % ; certain niveau du Moulin des Rivières : 30 %). Staurotide et tourmaline sont abondantes dans les roches métamorphiques régionales, ainsi qu'à l'état détritique dans les formations crétacées connues en place. Leur présence dans les dépôts yprésiens s'explique aisément par remaniement et concentration. Les apports d'andalousite n'ont pu se faire qu'à partir d'une aire d'alimentation plus lointaine. Ce minéral existerait dans l'auréole métamorphique du batholite granitique de la Roche-sur-Yon — Legé (Godard, communication orale) et dans les formations des Sables-d'Olonne (Vignerresse, communication orale), et de riches gisements sont signalés au nord du Sillon de Bretagne (région de Rochefort-en-Terre) ou, plus au nord encore, dans la région de Morlaix, du Huelgoat et du Faouet (Guigues et Devismes, 1969). La faible concentration de l'andalousite dans les dépôts du Marais breton laisse supposer que les apports se seraient faits plutôt à partir du nord-est ou de l'est. Il en va de même pour le grenat, qui n'existe en proportion notable que dans certains forages ou certains niveaux du Marais breton et qui font pratiquement défaut dans les dépôts du domaine de Grand-Lieu. La source principale de ces grenats pourrait être le complexe cristallophyllien de Saint-Philbert-de-Grand-Lieu — Les Essarts. On soulignera la rareté du glaucophane, pourtant présent dans les micaschistes de Bois-de-Cené, laissant supposer que ces derniers étaient submergés à l'époque considérée.

Dans le domaine du Lac de Grand-Lieu et du Marais breton, l'ensemble des résultats de l'analyse sédimentologique témoigne d'une évolution semblable et dans un même milieu pour toute la région à l'Yprésien. Les différentes études permettent de proposer une mise en place des dépôts dans un environnement de type bassin lagunaire réducteur, en relations épisodiques avec la mer par quelques passes formant seuils. Les éléments provenant d'un important remaniement des formations antérieures pourraient provenir, dans un premier temps, de l'est ou du nord-est, puis, lors du dépôt des sables grossiers supérieurs, du sud-ouest. L'existence d'une région émergée, centrée sur l'île d'Yeu, pourrait être envisagée.

La hauteur d'eau nécessaire à la mise en place d'un tel type de dépôt serait de 10 à 20 mètres. La cote la plus

élevée pour le mur de l'Yprésien se trouve actuellement au Maupas, à + 18 m NGF ; la ligne de rivage du Cuisien inférieur devait se situer au voisinage de l'isohypse + 40.

6. Tectonique

Les écarts constatés entre les cotes du mur des formations yprésiennes du Moulin des Rivières (− 92 m) et du Maupas (+ 18 m), montrent que la région a subi d'importants déplacements verticaux depuis le début du Tertiaire. Un certain nombre d'observations laissent à penser que ces mouvements ont eu lieu dès le début de l'Yprésien.

— De grandes différences d'épaisseur pour les niveaux argilo-sableux ont pu être mesurées dans quelques secteurs de la région étudiée. Les premiers effondrements observés sont bordés d'accidents sud-armoricains (N 130°), ils entraînent une subsidence dès le dépôt des horizons inférieurs. Au nord-ouest de Noirmoutier, les épaisseurs de ces formations de base varient de 15 à 6 m entre le forage du Marais des Chenillères et celui du Grand-Champ. A la fin du Cuisien inférieur, il semble qu'une nouvelle phase d'effondrement, cette fois régie par des accidents orientés N 160-180°, affecte le bassin de Challans. Entre le compartiment du Moulin des Rivières et celui du Perrier, les épaisseurs varient de 27 m à 8 m.

— Les sables grossiers intercalés dans les argiles sont issus soit du remaniement du socle, soit, et plus fréquemment, des formations crétacées. Le proche arrière-pays étant alors occupé par une végétation tropicale humide de type mangrove, on pourrait penser que les apports provenaient de reliefs très marqués (plus de 1 000 m) formés peut-être par le massif granitique de Clisson, ou bien par les Mauges, voire par le Massif central. Mais le caractère anguleux et la taille de certains grains sont incompatibles avec un transport prolongé ; le matériel détritique résulterait plutôt du démantèlement de compartiments antérieurement submergés, qui venaient d'être exondés par des mouvements tectoniques.

— Des remontées très localisées du substratum expliqueraient également les horizons roux intercalés dans les niveaux noirs qui sont recoupés par certains forages. La sédimentation, qui s'effectue tout d'abord en milieu anoxique, se poursuit en milieu oxygéné sans variations sédimentologiques concomitantes (Anse Rouge, Pont de Noirmoutier, Le Perrier, Sainte-Rose). Le phénomène s'accompagne parfois d'un changement du contenu palynologique ; à l'Anse Rouge, les dinoflagellés y sont absents et la microflore témoigne d'un faciès laguno-continental à continental (Châteauneuf *in* Ters, 1978). Au Perrier, des quartz ronds-mats, qui pourraient indiquer une émergence, existent aussi bien dans la partie noire des argiles supérieures que dans la partie oxydée. Mais l'analyse palynologique indique toujours un milieu marin ; les grains ronds-mats proviendraient donc d'un relief émergé proche.

— L'analyse palynologique permet de distinguer, dans le domaine du Lac de Grand-Lieu, deux types de

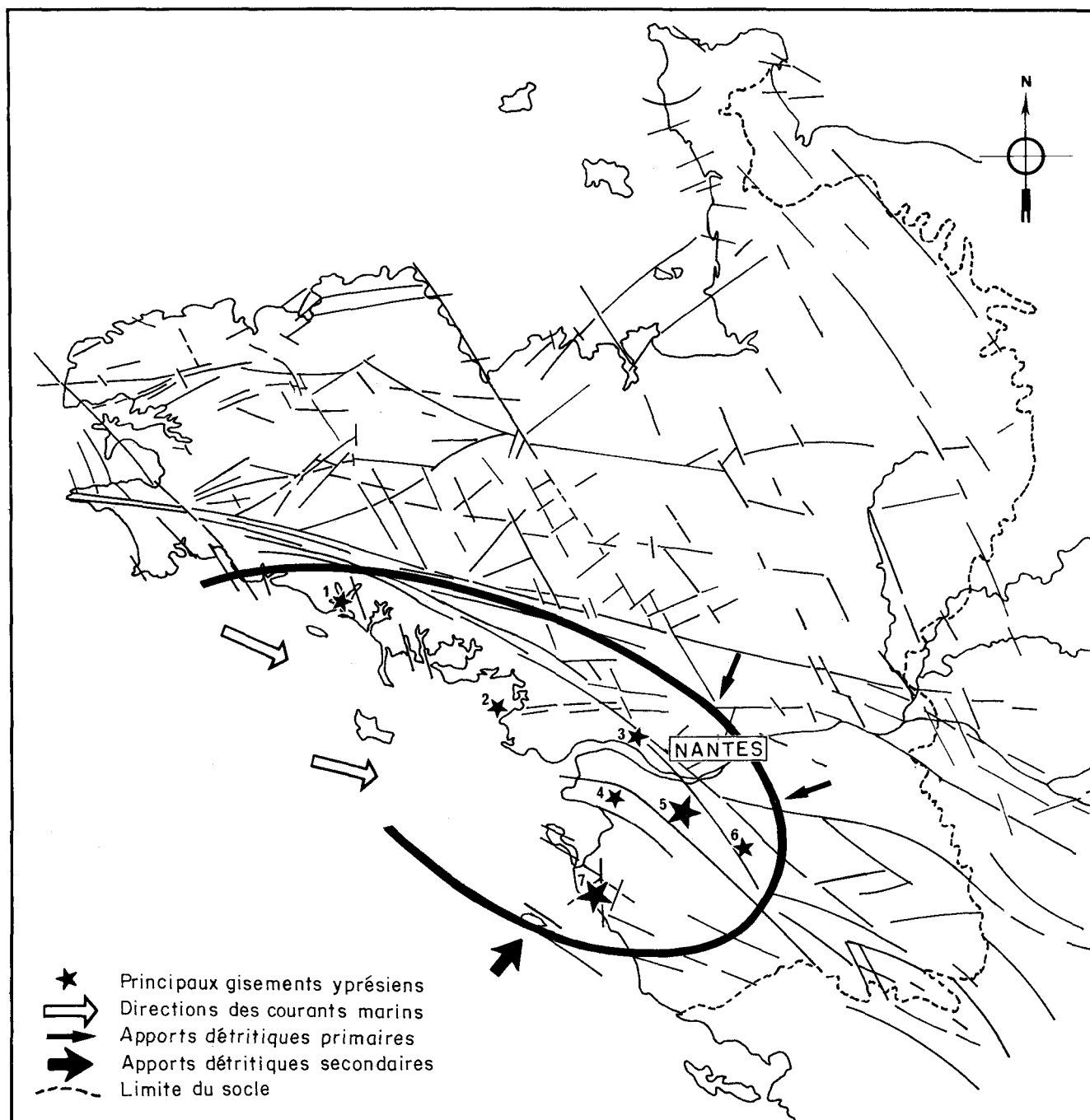


Fig. 4. - Extension probable du bassin lagunaire réducteur yprésien en bordure occidentale du Massif armoricain (fracturation d'après J.L. Vignerresse, 1988)

1 - Port-Louis ; 2 - Baie de la Vilaine ; 3 - Savenay ; 4 - Arthon, Cheméré ; 5 - Grand-Lieu ; 6 - Montbert ; 7 - Marais breton.

végétation : l'un à caractère marin, l'autre continental. Des forages très rapprochés ont traversé l'une ou l'autre de ces séries : certains d'entre eux montrent qu'elles sont superposées, mais non imbriquées. Le pôle continental est toujours rencontré au sommet des sondages, suggérant une tendance régressive du milieu. Après l'installation des sables et argiles marins sur l'ensemble de la région, la sédimentation continentale aurait pu s'effectuer dans des chenaux après déblaiement de tout ou partie des dépôts antérieurs. Cependant, l'analyse sédimentologique ne permet pas de faire la distinction entre les conditions de mise en place des sédiments marins et celles des sédiments continentaux. Des mouvements tectoniques en touches de piano pourraient expliquer leur répartition, certains secteurs effondrés

ayant seuls assuré la conservation des niveaux marins. La sédimentation à tendance continentale a pu se poursuivre, dans le domaine du Lac de Grand-Lieu, isolée des influences marines par le rejeu de certains autres blocs qui constituaient une barrière.

7. Conclusion

Les analyses sédimentologiques et palynologiques, associées à des études structurales, apportent des éléments nouveaux à la reconstitution du paysage et de la

paléogéographie de la région étudiée au cours de l'Yprésien (fig. 4).

Sur une plate-forme aplanie s'est installé un marais lagunaire réducteur, vraisemblablement peu profond à l'origine, séparé de la mer par des seuils. La sédimentation s'accompagne, au début, d'un remaniement *in situ* des formations en place (altérites ou sables crétacés). Dans l'arrière-pays, s'installe alors une végétation de type tropical humide.

Dès le début de la sédimentation, des mouvements tectoniques ont favorisé la subsidence de certains secteurs le long de fractures de direction sud-armoricaine, comme par exemple au nord de Noirmoutier où ils se traduisent par des apports de quartz anguleux au sud de la faille et par des dépôts continentaux au nord-est de celle-ci. L'alternance des niveaux argileux et sableux témoigne également de ces rejeux. Les apports seraient d'origine principalement orientale (NE et SE).

A la suite de ces mouvements verticaux, s'individualise un bassin plus profond où s'accumulent, sur toute l'étendue de la région, de fortes épaisseurs d'argiles noires. Des passées locales de quartz anguleux témoignent encore de mouvements tectoniques.

Après cet épisode de sédimentation calme, la brusque décharge d'un matériel clastique, particulièrement grossier et épais à Saint-Jean-de-Monts et à Notre-Dame-de-Monts, montre qu'il devait exister plus à l'ouest, vraisemblablement à l'emplacement de l'île d'Yeu, un domaine mis en relief par d'autres mouvements tectoniques. L'orientation des fractures de cette deuxième phase semble être N 160°. C'est au cours de cette réorganisation structurale qu'a pu se différencier la sédimentation de type continental des environs du Lac de Grand-Lieu, des blocs émergés, dont l'emplacement ne nous est pas connu, isolant alors ce domaine des influences marines.

La séquence de comblement du bassin, amorcée dès l'Yprésien (faciès sparnacien) s'est ensuite poursuivie dans le Marais breton au Cuisien supérieur, par le dépôt de sables blancs grossiers, puis fins (Borne, 1987), dont l'équivalent serait représenté, dans le domaine du Lac de Grand-Lieu, par les sables bruns du Maupas (Chevalier *et al.*, 1989).

Nous remercions Messieurs G. Bresson (D.D.A. de Vendée), J.J. Châteauneuf (BRGM) et N. Trauth (CNRS) d'avoir bien voulu mettre à notre disposition les échantillons des sondages qui ont servi à cette étude.

Références bibliographiques

AZEMA C., OLLIVIER-PIERRE M.F., VIAUD J.M. (1978). - La palynologie permet d'attribuer à l'Yprésien la flore contenue dans les argiles noires du Loreau en Soullans (Vendée). *C.R. Acad. Sci. Fr.*, **286**, pp. 1141-1143.

BARROIS Ch. (1921). - Rapport sur les feuilles de Dinan et de Saint-Nazaire à 1/80 000. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **26**, n° 143, pp. 45-48.

BORNE V. (1987). - Le bassin paléogène de Challans-Noirmoutier (France). Thèse de doctorat de l'Université de Nantes. Document du BRGM n° 121, 272 p.

BOUYSSÉ P., CHÂTEAUNEUF J.J., TERS M. (1974). - Présence d'Yprésien, niveau transgressif et taux de sédimentation flandriens en Baie de la Vilaine (Bretagne méridionale). *C.R. Acad. Sci. Fr.*, **D**, **279**, pp. 1421-1424.

CHEVALIER M., BARREAU A., CHÂTEAUNEUF J.J., COURBOULEIX S., ESTEOULE-CHOUX J., FARJANEL G., GENOT P., LAURIAT-RAGE A., MARGEREL J.P., MERLE D., OLLIVIER-PIERRE M.F., TRAUTH N. (1989). - Remplissages sédimentaires cénozoïques dans le couloir « Le Maupas - Les Étangs » (La Limouzinière, Loire-Atlantique). *Géologie de la France*, n° 1-2, 1989 (ce volume).

CHEVALIER M., BORNE V. (1989). - Remise en question de l'attribution « Sables rouges » pliocènes aux formations détritiques du Lac de Grand-Lieu (Loire-Atlantique). *Géologie de la France*, n° 1-2, 1989 (ce volume).

CHEVALIER M. (1987). - Tectonique récente, effondrements et remplissages sédimentaires cénozoïques dans le domaine de Grand-Lieu. Thèse de Doctorat de l'Université de Nantes, 173 p.

DURAND S. (1957). - Les grès à *Sabalites* de Noirmoutier (Vendée) reposent sur une formation ligniteuse datant du début du Tertiaire. *C.R. Acad. Sci. Fr.*, **244**, pp. 2629-2632.

DURAND S. (1958). - L'analyse pollinique montre que le remaniement du Crétacé au pied du Sillon de Bretagne date de l'Eocène inférieur. *C.R. Acad. Sci. Fr.*, **D**, **247**, pp. 1753-1756.

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

DURAND S., OLLIVIER-PIERRE M.F. (1969). - Observations nouvelles sur la présence du pollen de palmier *Nypa* dans l'Eocène de l'ouest de la France et au sud de l'Angleterre. *Bull. Soc. géol. minér. Bretagne*, sér. C, **1**, n° 1, pp. 49-57.

ESTEOULE-CHOUX J. (1970). - Contribution à l'étude des argiles du Massif Armoricain. Argiles des altérations et argiles des bassins sédimentaires tertiaires. *Mém. Soc. géol. minér. Bretagne*, Rennes, n° 14, 319 p.

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

KRINSLEY D., DOORNKAMP J.C. (1973). - Atlas of quartz sand. Surface textures. Cambridge at University Press, 91 p.

LE RIBAUT L. (1975). - L'exoscopie. Méthodes et applications. *Note et Mém. Total*, n° 12, Cie Française des Pétroles, Paris, 232 p.

LOUAIL J. (1981). - La transgression crétacée au Sud du Massif Armoricain. Cénomaniens de l'Anjou et du Poitou. Crétacé supérieur de Vendée. Étude stratigraphique, sédimentologique et minéralogique. Thèse d'État, Université de Rennes, 488 p.

MARIUS C. (1984). - Contribution à l'étude des mangroves du Sénégal et de la Gambie. Écologie, pédologie, géochimie, mise en valeur et aménagement. Thèse d'État, ORSTOM, Paris, 309 p.

OLLIVIER-PIERRE M.F. (1970). - Contribution à l'étude palynologique du niveau sapropélien de la Sennetière en La Bernerie (Loire-Atlantique). Thèse 3^e cycle, Université de Rennes, 175 p.

OLLIVIER-PIERRE M.F. (1980). - Étude palynologique (spores et pollens) de gisements paléogènes du Massif Armoricain. Stratigraphie et paléogéographie. *Mém. Soc. géol. minér. Bretagne*, Rennes, n° 25, 239 p.

OLLIVIER-PIERRE M.F., CHÂTEAUNEUF J.J., FARJANEL G., ESTEOULE-CHOUX 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*, **38**, 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.

TERS M. (1978). - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 de Paimbœuf, n° 480, BRGM, Orléans.

TERS M. (1978). - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 de Noirmoutier, n° 506-533, BRGM, Orléans.

TERS M. (1979). - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 de Machecoul, n° 507, BRGM, Orléans.

TERS M. (1982). - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 de Saint-Philbert-de-Grand-Lieu, n° 508, BRGM, Orléans.

VIGNERESSE J.-L. (1988). - La fracturation post-hercynienne du Massif armoricain d'après les données géophysiques. *Géologie de la France*, Orléans, n° 4, 1988, pp. 11-22, 10 fig.

L'Oligocène de Provence méridionale Stratigraphie, dynamique sédimentaire, reconstitutions paléogéographiques

Denise NURY

Documents du B.R.G.M. - n° 163 (1988). *1 volume broché 21 × 29,7, 412 p., 120 fig., 37 tabl., 7 pl. photo.* — *Th. Doct. État Univ. Provence (Aix-Marseille I).* **Prix : 170 FF.**

Ce mémoire divisé en trois livres traite des problèmes posés par la stratigraphie, la dynamique sédimentaire et la paléogéographie de l'Oligocène de la Provence méridionale. Au-delà de la mise en évidence de nouvelles unités stratigraphiques, définies et corrélées de bassin à bassin, l'auteur propose une corrélation avec les stratotypes de l'Oligocène européen. La biostratigraphie, fondée sur les gastéropodes, est mise en parallèle avec les échelles de mammifères, charophytes, pollens et spores. Elle contribue à préciser la pérennité d'espèces classiques.

La révision de l'Oligocène a conduit à une reconstitution des paléo-milieus dont l'évolution est strictement régie par la tectonique synsédimentaire et, en particulier, par les phénomènes distensifs. Ces derniers contrôlent la répartition spatiale des dépôts qui s'organisent, depuis les failles bordières des bassins vers leur centre, selon une polarité partant des brèches, en passant par des dépôts carbonatés et parfois sulfatés qui admettent des éléments détritiques locaux et exotiques fluviatiles, pour arriver à des séquences détritiques essentiellement fluviatiles accumulées en régime subsident. L'agencement répétitif des dépôts dans le temps permet une reconstitution dynamique caractérisée par l'ouverture progressive des aires de sédimentation au fur et à mesure de leur migration vers le Nord ou le Nord-Ouest.

Cette dynamique a été commandée par le mouvement d'un socle paléozoïque qui se situait entre la Provence actuelle et le bloc corso-sarde dans sa position anté-dérive. Ce socle a fourni le matériel siliceux, tout en se creusant des fossés établissant des communications périodiques avec le Téthys, ce qui explique l'arrivée occasionnelle d'eaux marines, source possible d'une partie des sulfates.

La mise en place des corps sédimentaires, discontinue dans le temps, est mise en relation avec une évolution climatique dont l'aridité apparaît comme le trait essentiel. Malgré les perturbations liées à la tectonique synsédimentaire, les séries s'organisent en trois cycles se répétant selon le même modèle : période aérienne, installation d'une tranche d'eau douce avec influences marines, retour à une ambiance purement continentale, exondation.

Ce travail s'inscrit bien dans le courant des conceptions actuelles sur l'évolution du bassin nord-occidental de la Méditerranée à l'Oligocène. Il met en particulier parfaitement en lumière le rôle d'un « Continent méridional » dont l'érosion fournit l'essentiel du détritique et dont les mouvements contrôlent, en partie au moins, la dynamique sédimentaire régionale. Le modèle proposé s'intègre de façon très satisfaisante dans un cadre géodynamique marqué par la construction, très rapide à partir de l'Oligocène supérieur, de la marge du bassin liguro-provençal. Dans cet esprit, le bassin de Marseille représente l'expression terrestre de structures probablement analogues affaissées au niveau de la marge et en bordure du bassin profond.

G. GUIEU