



ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE DES SABLES ET GRAVIERS DE JUMELLES (Maine et Loire) Origine et mise en place des formations situées à la base du Crétacé en Maine-et-Loire

Jacques Louail

► To cite this version:

Jacques Louail. ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE DES SABLES ET GRAVIERS DE JUMELLES (Maine et Loire) Origine et mise en place des formations situées à la base du Crétacé en Maine-et-Loire. Stratigraphie. Université de Rennes, 1969. Français. NNT : . tel-01759069

HAL Id: tel-01759069

<https://insu.hal.science/tel-01759069>

Submitted on 5 Apr 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Série : C

N° d'ordre : 78

N° de série : 16



THESE

présentée

A LA FACULTE DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITE DE RENNES

pour obtenir

le titre de Docteur en troisième cycle

Spécialité : Géologie

par

Jacques LOUAIL

ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE DES SABLES ET GRAVIERS

DE JUMELLES (Maine et Loire)

Origine et mise en place des formations
situées à la base du Crétacé en Maine-et-Loire

Soutenue le 20 Mars 1969 devant la Commission d'Examen

M. Y. MILON

Président

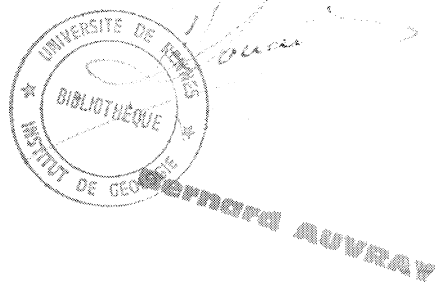
M. G. DENIZOT

Melle S. DURAND

Examineurs

Mme J. ESTEOULE-CHOUX

Série : C
N° d'ordre : 78
N° de série : 16



THESE
présentée
A LA FACULTE DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITE DE RENNES

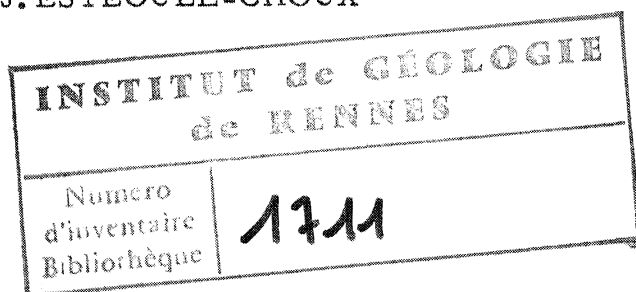
pour obtenir
le titre de Docteur en troisième cycle
Spécialité : Géologie
par
Jacques LOUAIL

ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE DES SABLES ET GRAVIERS
DE JUMELLES (Maine et Loire)

Origine et mise en place des formations
situées à la base du Crétacé en Maine-et-Loire

Soutenue le 20 Mars 1969 devant la Commission d'Examen

M.	Y. MILON	Président
M.	G. DENIZOT	
Melle	S. DURAND	Examineurs
Mme	J. ESTEOULE-CHOUX	



AVANT-PROPOS

Avant d'exposer les résultats de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à tous ceux qui ont contribué à sa réalisation.

Alors que, jeune étudiant de S.P.C.N., j'hésitais entre les diverses disciplines naturalistes, une conférence de Monsieur le Doyen MILON, Directeur de l'Institut de Géologie de Rennes, détermina mon orientation vers la Géologie ; la recherche des indices conduisant à la connaissance des phénomènes anciens qu'il nous avait présentée de façon irragée comme une passionnante "enquête policière" m'avait séduit. Après ma licence, Monsieur le Doyen MILON m'accueillit dans son Institut et confia alors la direction de mon travail à Mademoiselle DURAND. Depuis, il a toujours suivi mes recherches avec intérêt, me prodiguant conseils et encouragements. Je suis heureux de pouvoir lui exprimer ici ma profonde gratitude.

Mademoiselle DURAND, dès mon arrivée au Laboratoire, m'a proposé un sujet de recherche et a ensuite guidé ce travail tout au long de sa réalisation. Elle s'est toujours penchée avec intérêt et bienveillance sur les problèmes que je lui soumettais, m'accompagnant sur le terrain pour examiner sur place certains d'entre eux. Elle a également assuré la tâche, souvent fastidieuse, de la vérification et de la correction de ce travail. Qu'elle veuille bien accepter l'expression de ma profonde reconnaissance.

Monsieur DENIZOT a bien voulu accepter de faire partie de mon jury ; connaissant son attachement à la région angevine et sa grande compétence dans les problèmes étudiés, je suis très heureux de sa présence et l'en remercie vivement.

Madame ESTEOULE-CHOUX et Monsieur ESTEOULE, après avoir accepté de m'initier aux techniques d'étude des argiles ont bien voulu examiner certains problèmes soulevés au cours de cette étude. Leur collaboration a permis un "travail d'équipe" extrêmement fructueux dont j'ai été le principal bénéficiaire. Je les en remercie très sincèrement.

Je voudrais également remercier Mademoiselle RENAUD et Monsieur PHILIPPOT qui ont toujours répondu avec bienveillance aux questions que j'ai pu leur poser.

Je remercie également tous mes collègues et camarades Maîtres-Assistants et Assistants du Laboratoire de Rennes qui ont tous, par leur connaissance et leur amabilité, contribué à la réalisation de ce travail.

Enfin, je ne saurais oublier Madame LE NAOUR, Monsieur HAYERE et Monsieur BRIOT qui ont participé avec compétence et dévouement à la réalisation matérielle de cet ouvrage.

SOMMAIRE

Introduction générale.

Méthodes d'étude.

PREMIERE PARTIE - ETUDE DE LA DEPRESSION DE JUMELLES.

Chapitre I : Etude de la partie occidentale de la dépression de Jumelles.

- I - Les sables et graviers aux environs de Jumelles.
- II - Les sables et graviers aux environs de Mouliherne.
- III - Les sables et graviers aux environs de Linière-Bouton.
- IV - Les sables et graviers aux environs de La Croix Foureau.
- V - Les sables et graviers dans la partie SW de la dépression de Jumelles.
- VI - Conclusion à l'étude de la partie occidentale de la dépression de Jumelles.

Chapitre II : Etude de la partie orientale de la dépression de Jumelles.

- I - Etude des sables verts de la base de la butte des Sablons.
- II - Etude des "Sables glauconieux" du Cénomaniens moyen dans le sondage de Parçay-les-Pins.
- III - Etude des affleurements sableux le long de la route de Vernail à Parçay-les-Pins.
- IV - Extension et relations mutuelles des formations étudiées dans la partie orientale de la dépression de Jumelles.
- V - Conclusion.

Chapitre III : Caractéristiques pétrographiques et sédimentologiques des alluvions de la Loire.

- I - Basse terrasse de Vivy-Ballastière du gué d'Arcy.
- II - Les alluvions modernes de la Loire.
- III - Conclusions - caractéristiques essentielles des alluvions de la Loire.

Chapitre IV : Interprétations conclusion à l'étude de la dépression de Jumelles.

- I - Position stratigraphique des "sables et graviers de Jumelles".
- II - Origine et mise en place des formations superficielles.
- III - Structure de la dépression de Jumelles.

DEUXIEME PARTIE - LA SERIE CENOMANIENNE DE LA RIVE GAUCHE
DE LA LOIRE ENTRE SAINT-MAUR ET LE THOU-
REIL.

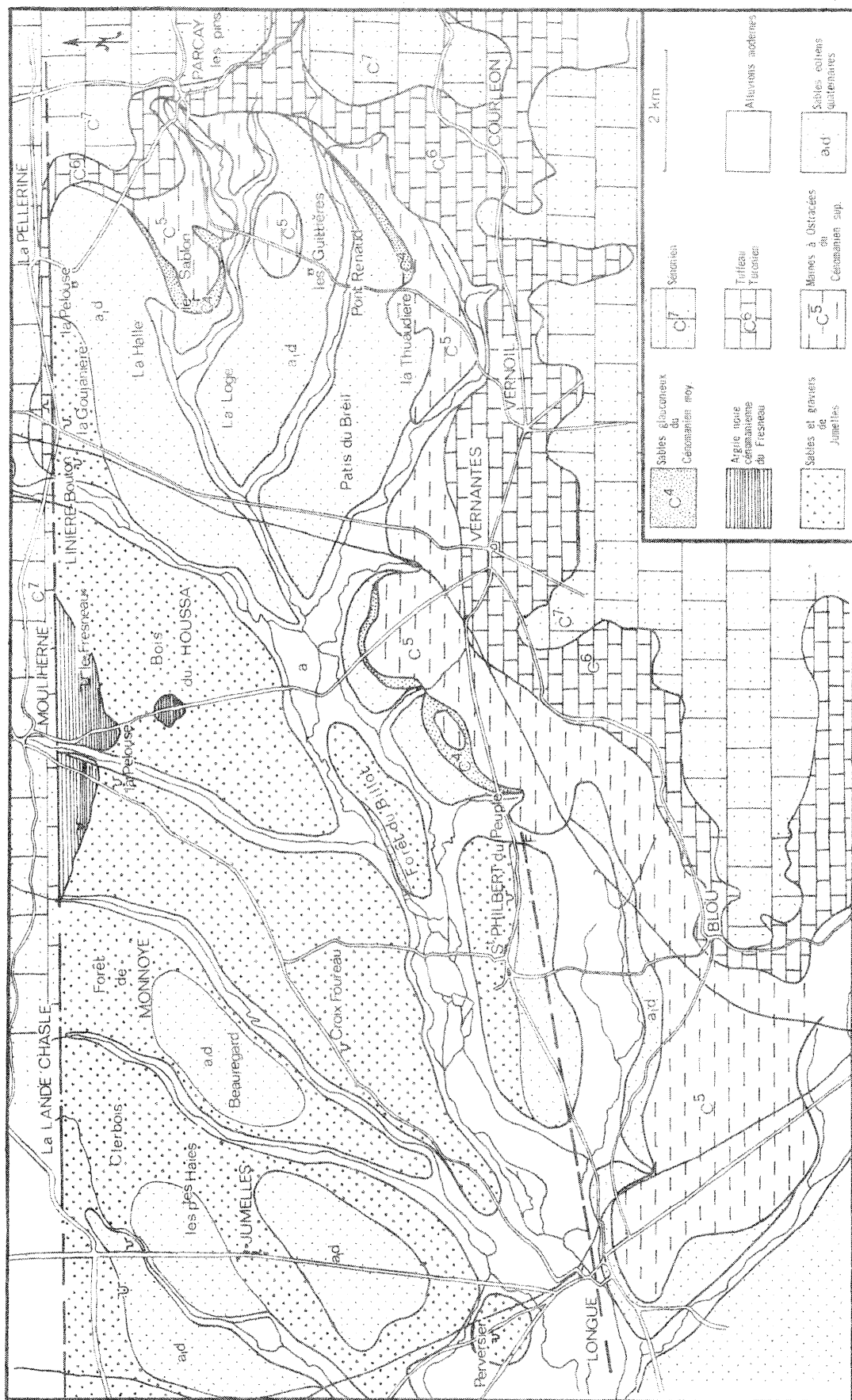
Introduction.

- I - Les sables et graviers cénomaniens dans la coupe de Saint-Maur.
- II - La coupe de Plantagenet.
- III - La coupe du Thoureil.
- IV - Conclusions.

TROISIEME PARTIE - INTERPRETATIONS GENERALES.

- I - Le cadre du dépôt et le type de mise en place de la série cénomaniennne.
- II - Origine du matériel détritique.
- III - Les grands traits de l'histoire géologique du Cénomanienn de la région étudiée.

CONCLUSIONS GENERALES



Esquisse géologique de la dépression de JUMELLES
(en partie d'après la carte géologique de la France, feuille d'Angers)

INTRODUCTION GENERALE

Entre Saumur et Angers, la vallée de la Loire est limitée sur la rive gauche du fleuve par un abrupt crayeux généralement entaillé dans le tuffeau turonien. Par contre, sur la rive droite, en aval de Longué, les assises crétacées sont morcellées en reliefs isolés ; le cadre de la plaine alluviale devient moins ferme et moins précis. Des pentes molles, généralement modelées dans les formations argilosableuses cénomaniennes, s'étendent alors entre le lit majeur du fleuve et le coteau turonien.

Cette transformation de la morphologie de la vallée rend difficile la délimitation précise de la plaine alluviale de la Loire car les alluvions anciennes du fleuve peuvent être confondues avec des formations détritiques présentant le même faciès mais possédant une origine différente. Ainsi, dans la plaine de Jumelles, dépression entaillée dans les assises crétacées et largement ouverte sur la vallée de la Loire entre Longué et Beaufort, affleurent des sables et des graviers azoïques dont l'origine et la position stratigraphique ont été l'objet d'interprétations diverses :

- BUREAU (1906), sur la première édition de la feuille d'Angers, range ces sables et ces graviers dans les alluvions anciennes (a_1 de la carte géologique) (fig I).

- CHAPUT (1917) dans son étude sur les terrasses alluviales de la Loire, se basant sur la différence de niveau qui existe entre la partie orientale de la dépression et la plaine de Jumelles y distingue deux niveaux de terrasses qu'il attribue à la Loire.

- En 1921, DENIZOT (1921) montre que les sables et graviers de Jumelles représentent " un faciès latéral " du moyen niveau des alluvions de la Loire et que la partie occidentale de la dépression de Jumelles est occupée par des " sables locaux, remaniement des sables crétacés ". Un peu plus tard (DENIZOT 1939), il souligne que, contrairement à l'opinion généralement admise (DOLLFUS 1900 - DION 1934), la vallée de la Loire, entre Angers et Saumur, n'occupe pas la position d'un anticlinal inversé par l'érosion. Cette inversion de relief se produit, non en lisière de la vallée mais plus au Nord, dans la dépression de Jumelles.

- Sur la seconde édition de la feuille d'Angers (1953), DENIZOT montre l'existence d'affleurements cénomaniens dans la dépression de Jumelles autour de Moulherne et de Vernantes. En outre, il définit ainsi les sables et graviers de Jumelles dans le paragraphe consacré aux basses terrasses quaternaires de la Loire :

" A ces basses terrasses se relient les sables et graviers de Jumelles qui, de leur niveau vers la cote 30, remontent vers 60 à l'Est, dans une dépression sans aucune disposition en terrasse. Ravinant les sables du Maine au Sud, ils transgressent au Nord sur le Sénonien et ces deux formations ont fourni l'essentiel des matériaux du sable, avec graviers de quartz blanc et quelques galets dont des spongiaires sénoniens, débris de grès et de meulière ".

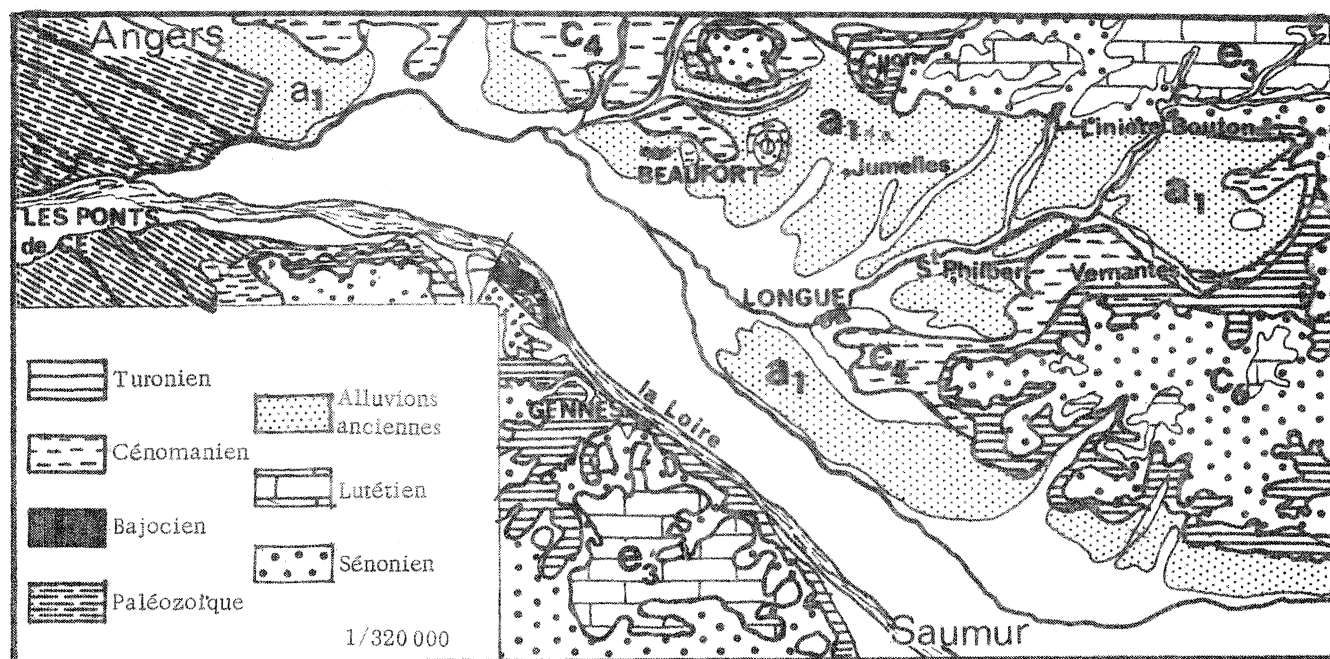


Fig. 1

Esquisse géologique de la dépression de Jumelles.
(d'après la carte géologique de la France, Feuille de Nantes au 1/320 000è)

- Reprenant par la suite l'étude de cette formation, DENIZOT (1961) apporte un certain nombre d'arguments en faveur d'un âge cénomanién des sables et graviers de Jumelles :

- Ils ne possèdent pas les caractères pétrographiques des alluvions de la Loire et ne semblent pas contenir de grains éoliens.
- La possibilité d'un alluvionnement latéral est peu probable, les silex crétacés paraissent en effet absents de la formation qui est composée presque exclusivement d'éléments provenant des terrains primaires.
- Ils présentent une grande analogie avec des sables et graviers cénomaniéniens qui affleurent sur la rive gauche de la Loire au lieu dit le Thoureil.

L'auteur expose ensuite un certain nombre d'objections possibles à l'attribution d'un âge cénomanién aux sables et graviers de Jumelles :

- Les sables et graviers de Jumelles sont très souvent en contact avec diverses assises crétacées ; ce fait peut s'expliquer par l'existence de failles, mais ajoute l'auteur, aucune observation directe ne permet d'assurer la présence de ces failles.

- Les observations faites en sondage (en particulier dans celui de Cuon, au Nord de la dépression de Jumelles) ne s'accordent pas toujours avec celles faites en surface ; soit qu'il n'existe pas de niveau graveleux à la base des dépôts cénomaniéniens, soit que la position topographique des horizons détritiques grossiers rencontrés en forage et à l'affleurement n'ait pas de correspondance géométrique simple.

Monsieur DENIZOT ayant ainsi posé le problème de l'origine et de l'âge des sables et graviers de Jumelles désirait qu'une étude sédimentologique de cette formation soit entreprise pour tenter de déterminer l'origine de ce dépôt, le mode de sa mise en place et sa position stratigraphique.

Monsieur le Doyen MILON, Directeur de l'Institut de Géologie de l'Université de Rennes, et Melle DURAND, Professeur, m'ont confié ce travail comme sujet de thèse de troisième cycle.

Le plan adopté dans ce mémoire est le suivant :

- Bref exposé des méthodes d'étude utilisées.
- 1° partie. Etude des formations sédimentaires de la dépression de Jumelles ; extension et relations mutuelles des différents niveaux reconnus, rapports avec les assises secondaires de la périphérie de la dépression. Comparaison des résultats de l'étude des sables et graviers de Jumelles et de l'analyse d'échantillons prélevés dans les alluvions de la Loire.
- 2° partie. Etude, sur la rive gauche de la Loire, des dépôts compris entre le Jurassique (Bajocien) et les Marnes à Ostracées (Cénomaniens supérieurs).
- 3° partie. Interprétations des résultats obtenus.
Essai d'une esquisse de l'évolution de la sédimentation dans la région étudiée au cours du Cénomaniens.

METHODES D'ETUDE

La plupart des sédiments étudiés ne contenant pas de fossiles, j'ai dû utiliser les méthodes de la sédimentologie pour définir leurs caractères, tenter des corrélations entre les différents affleurements et essayer de retracer l'histoire de la formation.

I. METHODES D'ETUDE DES SABLES ET DES GRAVIERS.

La granulométrie, la morphoscopie des grains de quartz, les minéraux lourds, ont été étudiés sur des sables lavés, traités à l'acide chlorhydrique à froid puis à chaud afin d'éliminer la fraction calcaire et les oxydes de fer.

a) Granulométrie.

Le tamisage des sables et des graviers a été effectué sur une série de tamis dont les mailles sont sensiblement en progression géométrique de raison $\sqrt{2}$:

Les courbes représentatives de la granulométrie de la fraction sableuse, histogramme en coordonnées polaires (RIVIERE 1957) et courbe cumulative (BIETLOT 1941) ont toujours été tracées mais pour la publication, j'ai préféré un système de courbes, figurant à la fois les sables et les graviers, mieux adapté à la représentation de la granulométrie des sédiments étudiés.

Ces courbes ont été établies en portant en ordonnées les pourcentages cumulés suivant une échelle arithmétique et en abscisse les dimensions des tamis suivant une échelle logarithmique. Les sédiments sont caractérisés par des indices déduits de la courbe cumulative :

- la dimension du grain moyen (M) (BIETLOT 1941) est l'abscisse du point d'intersection de la courbe cumulative avec la ligne d'ordonnée 50 % ; il est tel que 50 % des grains sont plus gros que M et 50 % plus petits.
- l'indice de classement (C) est égal au pourcentage des grains dont la dimension est comprise entre $M/\sqrt{2}$ et $M/\sqrt{2}$ (BIETLOT 1941).
- le unpourcentile (C), valeur approchée du diamètre maximal (PASSEGA 1957) est la dimension du grain correspondant à l'ordonnée 1 %.

b) Etude de la morphoscopie des grains de quartz.

Elle a été effectuée suivant les principes exposés par CAILLEUX (1937-1942). Pour construire les courbes figurant la variation des pourcentages des émoussés luisants (E. L.) et des ronds mats (R. M) en fonction de la taille (CAILLEUX 1943) 150 grains environs ont été observés dans chaque fraction de tamisage.

L'étude de la morphoscopie des grains de quartz permet dans certains cas favorables de déterminer les conditions de transport et de mise en place du matériel détritique et de déceler les remaniements éventuels (CAILLEUX 1943, fig. 6). Les courbes morphoscopiques représentent également l'une des caractéristiques du dépôt et permettent de comparer les sédiments d'une même région ou d'un même âge.

c) Etude des minéraux lourds.

Les minéraux lourds ont été extraits par la méthode classique de décantation au bromoforme dans trois lots granulométriques, 0, 350 - 0, 500 mm (α), 0, 175 - 0, 350 mm (β), 0, 043 - 0, 175 mm (γ).

Cette subdivision permet d'obtenir des préparations d'épaisseur régulière groupant des grains de dimensions voisines ce qui facilite les comparaisons et les déterminations.

- Méthode de comptage.

L'expérience a montré qu'au cours du montage sur la lame de verre, les minéraux ont tendance à se grouper par espèces minérales en plages plus ou moins distinctes ; KLINGEBIEL (1967 tableau I) a ainsi mis en évidence des variations assez importantes des pourcentages des constituants du cortège lourd dans les diverses lames d'un même résidu. Afin d'éliminer cette cause d'erreur, tous les grains transparents des lames de β ont été comptés ainsi que ceux du tiers médian de la préparation de γ .

Les proportions de minéraux lourds ont été rapportées à 100 grammes de sable, le pourcentage des grains altérés ou opaques à 100 grains comptés, et le pourcentage des différentes espèces transparentes à 100 grains transparents ; les résultats obtenus ont généralement été reportés sur des diagrammes.

- Influence de la granulométrie du sédiment sur la répartition des minéraux lourds.

Au cours du transport et du dépôt peut se réaliser un classement des grains par taille et par densité ; ainsi différents auteurs (RITTENHOUSE 1943, BRAJNIKOV 1944, DUPLAIX 1949, BERTHOIS et AUBERT 1954, KLINGEBIEL 1967) ont pu montrer que certains facteurs autres que l'origine du matériel détritique (taille spécifique préférentielle, influence de la densité...) pouvaient provoquer des enrichissements sélectifs en certains minéraux. Aussi convient-il d'examiner dans quelle mesure les variations de composition du cortège lourd sont dues à la granulométrie du sédiment ou à une différence d'origine des minéraux.

Le diagramme de la figure 2 représente côte à côte la variation des indices granulométriques caractéristiques et de la composition du cortège des minéraux lourds dans le sondage de Parçay-les-Pins. Il montre clairement que les fluctuations importantes de la granulométrie du sédiment ont une influence sur la proportion de certains minéraux du cortège lourd. Il faut toutefois noter que ces variations, généralement très localisées, ne masquent pas l'évolution de l'assemblage des minéraux lourds à l'échelle du sondage (diminution de la teneur en tourmaline et augmentation du rapport staurolite andalousite).

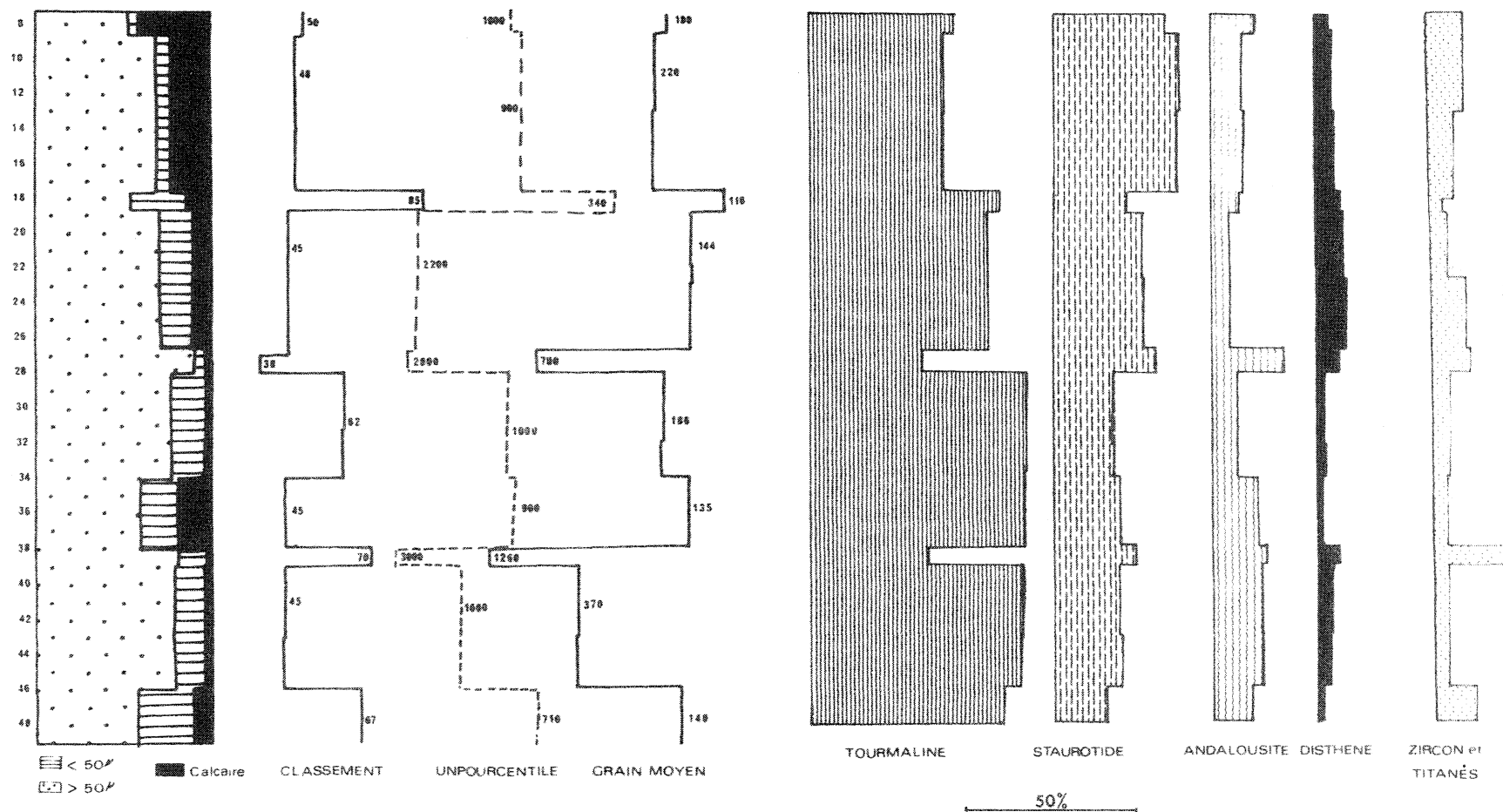


Fig. 2

Variation des indices granulométriques caractéristiques et de la composition du cortège des minéraux lourds dans le sondage de Parçay-les-Pins.

Il apparaît donc que pour le type de sédiment étudié ici, l'influence de la granulométrie sur la répartition des minéraux lourds à l'intérieur du cortège n'a qu'une influence secondaire, qui pour un échantillonnage assez serré, ne masque pas les variations de composition de plus grande échelle qui sont les seules dont on peut tenir compte.

II. METHODE D'ETUDE DES SEDIMENTS ARGILEUX.

Les échantillons argileux ont été étudiés suivant le mode opératoire couramment utilisé au laboratoire de Rennes.

a) Préparation des échantillons.

Après séchage des échantillons à la température ambiante du laboratoire, une fraction d'environ 50 g est broyée au mortier et passée au tamis de 280 microns.

Les marnes sont ensuite décarbonatées par une solution d'acide acétique dilué, tamponnée à Ph 5 par l'acétate d'ammonium suivant une méthode analogue à celle préconisée par PETERSON (1961).

b) Analyse thermique différentielle.

Tous les échantillons globaux ont été examinés à l'analyse thermique différentielle dont "l'emploi combiné à celui des rayons X donne une image fidèle de la roche" (ESTEOULE-CHOUX 1967 p4).

L'appareillage utilisé est identique à celui décrit par CAILLERE et HENIN (1963, pages 112-117 planche VI).

- enregistreur Saladin-Le Chatelier.
- four type Chevenard à cycle thermique imposé, vitesse de chauffe 600°/heure.
- couple platine/platine rhodié.

c) Etude aux Rayons X.

Les échantillons argileux après dispersion et saturation en calcium sont orientés sur des plaquettes de verre, ce qui permet d'enregistrer la série 00 ℓ .

L'appareil utilisé (I) est un diffractomètre CGR Théta 60 à tube scellé et anticathode au cobalt.

Suivant la nature de l'échantillon d'autres traitements ont parfois été nécessaires à la détermination : chauffage à 400°C, gonflement à l'éthylène glycol, etc...

Les déterminations de certains minéraux ont de plus nécessité l'examen de diagramme de poudre.

=====

- (I) - Tous les diagrammes de diffraction X publiés ici ont été réalisés par Monsieur J. ESTEOULE.

d) Microscopie électronique.

Madame J. ESTEOULE-CHOUX a bien voulu se charger de l'étude en microscopie électronique de la morphologie des particules argileuses entrant dans la composition d'un certain nombre d'échantillons, me faisant ainsi bénéficier de son expérience en ce domaine (J. ESTEOULE, J. ESTEOULE-CHOUX 1964 ; J. ESTEOULE-CHOUX 1967).

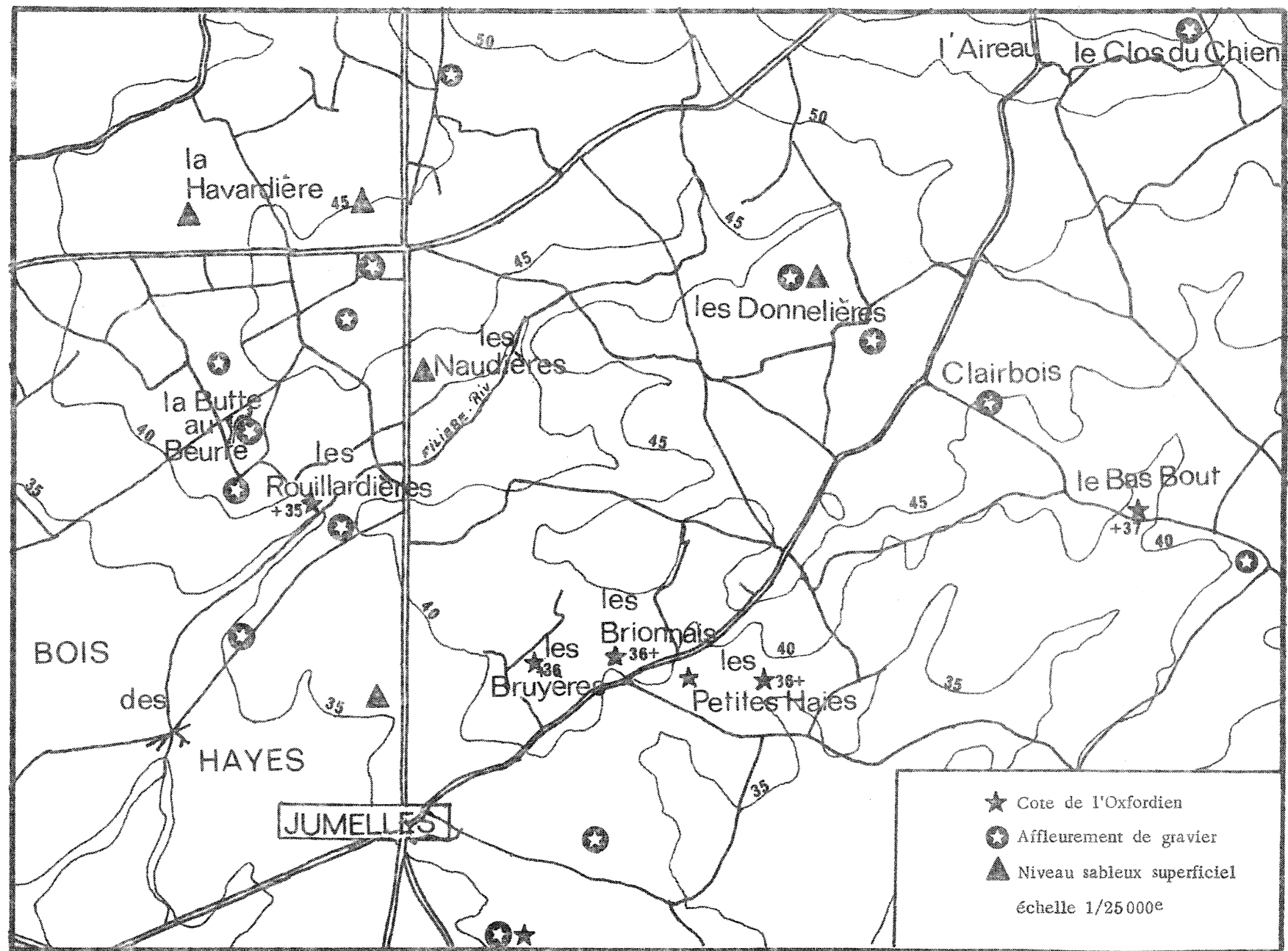


Fig. 3. - Localisation des formations étudiées aux environs de Jumelles.

CHAPITRE I

ETUDE DE LA PARTIE OCCIDENTALE DE LA DEPRESSION
DE JUMELLES

I. LES SABLES ET GRAVIERS AUX ENVIRONS DE JUMELLES

Aux environs de Jumelles (Fig. 3) les graviers, très souvent masqués par une couverture superficielle de sables beiges, reposent sur des marno calcaires gris qui ne sont visibles qu'à la faveur d'excavations importantes ou lors du forage des puits.

A - LES SABLES ET GRAVIERS DANS LES BALLASTIERES DE LA
BUTTE-AU-BEURRE.a) Lithologie, position des échantillons étudiés.

Les exploitations entaillent les graviers sur une hauteur de 4,50 m environ ; les échantillons ont été prélevés sur le front de taille de la "grande ballastière" (coordonnées $x = 415,30$, $y = 275,25$, $z = 42,50$ m) qui permettait de relever la succession suivante (Fig. 4) :

- un niveau sableux superficiel. Cette zone constituant le "découvert" de la carrière est déblayée au bulldozer ce qui rend impossible toute prise d'échantillon satisfaisante.

- 3,50 m de sables et graviers rougeâtres (Vi 3 et Vi 4) ne montrant pas de stratification bien développée à l'endroit des prélèvements mais passant latéralement à une zone à stratification entrecroisée lenticulaire d'axe NE-SE. De grandes loupes d'argile sableuse et micacée (Vi 5) pouvant atteindre 1m d'épaisseur se différencient alors à ce niveau ; elles sont bien visibles dans la partie NE de l'exploitation.

- un lit sableux rougeâtre d'un mètre d'épaisseur (Vi 2) présentant un litage interne oblique de pendage maximum 30° dans une direction $N40^\circ E$.

- Au fond des excavations, des sables et graviers blanchâtres (Vi 1).

b) Nature pétrographique et composition granulométrique.

La fraction granulométrique supérieure à 2 mm représente au moins 50 % du poids des échantillons bruts, exception faite du niveau Vi 2 uniquement sableux ; elle se compose de granules, de graviers et de cailloux de quartz blanc, parfois fibreux ou finement granuleux, d'origine filonienne, ainsi que de rares silex peu usés, mais souvent altérés et de quelques éléments de grès quartzite blanc.

PREMIERE PARTIE

ETUDE DE LA DEPRESSION DE JUMELLES

Introduction

La dépression de Jumelles (carte H. T) peut être divisée en deux parties :

Une partie occidentale : elle correspond à la plaine de Jumelles proprement dite. Elle est comprise dans un triangle dont les sommets sont :

- La Lande-Chasle au NW.
- La Pellerine au NE.
- Longué au SW.

Largement ouverte sur la vallée de la Loire vers le SW, elle passe d'une altitude de 59 m à Linière-Bouton, à 35-40 m dans la région de Jumelles, et son raccordement avec le lit majeur de la Loire se fait sensiblement entre les courbes de niveau de 25 et de 30 m. Cette région correspond à la zone d'affleurement des " Sables et graviers de Jumelles ".

Une partie orientale : comprise entre la Pellerine, Parçay-les-Pins, Vernuil et Vernantes. Elle forme une unité bien distincte de la précédente ; son altitude se situe entre 59 et 70 m et les graviers n'y affleurent plus. La "couverture alluviale" figurée sur la carte géologique est un niveau presque continu de sables beiges qui ne contiennent que très peu d'éléments grossiers. De plus, le raccordement de cette partie orientale de la dépression de Jumelles avec le plateau crétacé se fait de façon beaucoup plus douce que sur le flanc nord où la limite, très tranchée, est presque rectiligne.

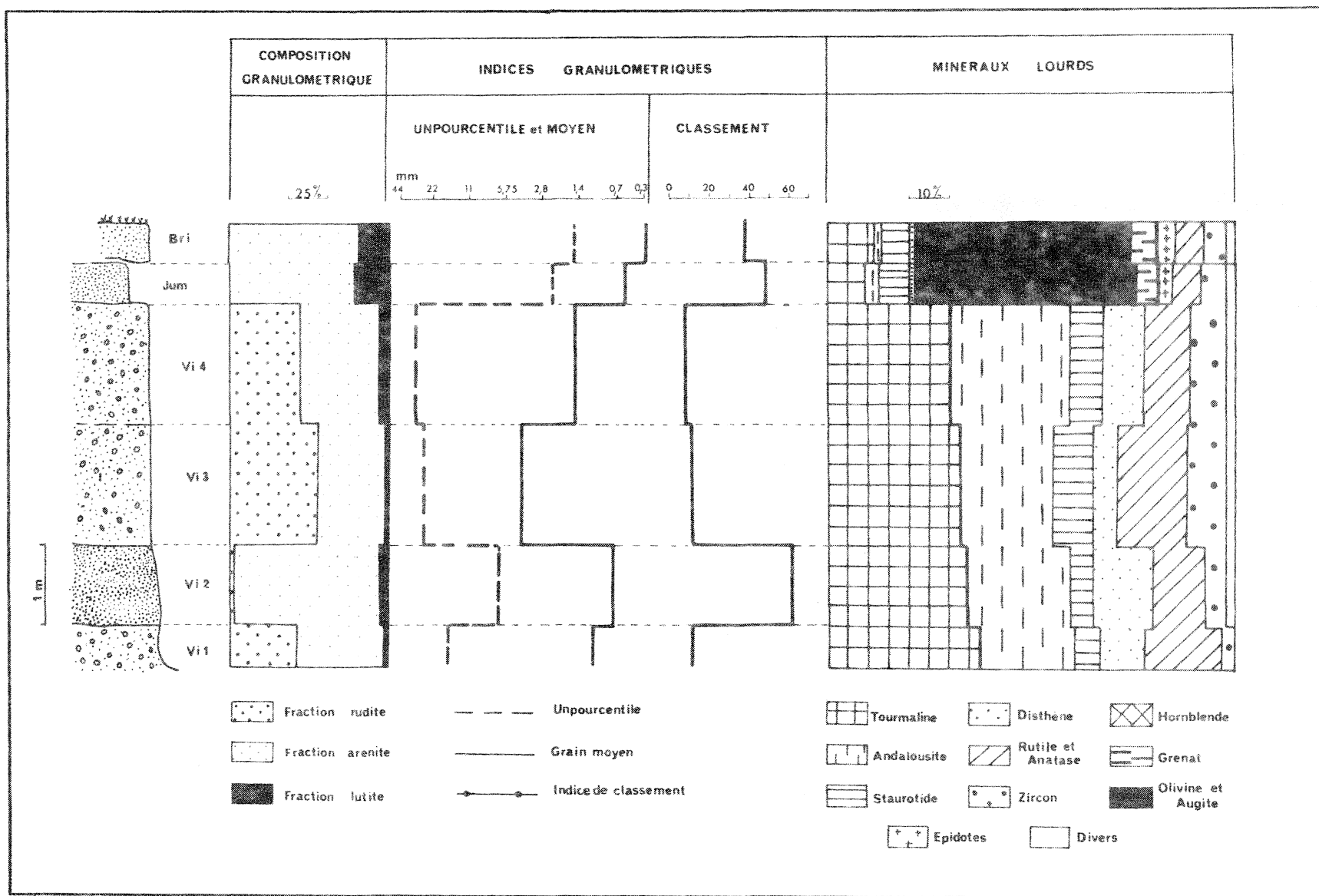


Fig. 4. - Caractéristiques granulométriques et minéraux lourds des formations étudiées aux environs de Jumelles.

Ces graviers sont emballés dans un sable quartzeux grossier, légèrement feldspathique dans sa fraction fine. Le pourcentage d'éléments inférieurs à 50 microns (silt quartzeux et argile) est toujours réduit.

Des quartz hyalins bipyramidés se rencontrent dans la fraction sableuse essentiellement composée de grains laiteux pour les dimensions supérieures et hyalins pour la partie fine.

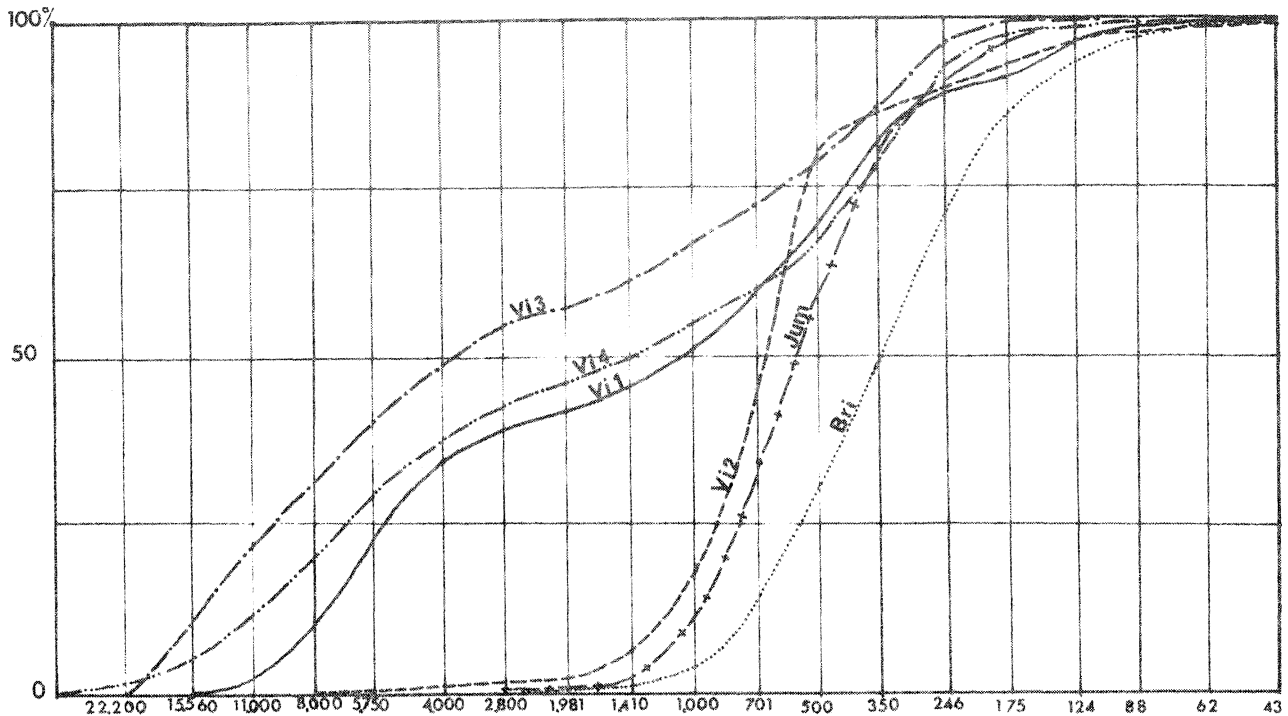


Fig. 5. - Courbes granulométriques cumulatives des échantillons étudiés aux environs de Jumelles.

L'étude granulométrique montre la présence dans le dépôt, à la fois, de gros graviers, de sable et d'une fraction fine d'importance variable.

Les courbes granulométriques (Fig. 5) présentent toutes au moins une inflexion marquée en un point quelconque de leur tracé, indice de la juxtaposition de plusieurs stocks granulométriques et cette composition entraîne un classement médiocre du sédiment (Fig. 4).

Le lit sableux Vi 2, représenté par une courbe unimodale à forte pente qui contraste avec les précédentes, paraît correspondre à une variation temporaire des conditions de sédimentation.

c) Etude de la morphoscopie des grains de quartz.

Les grains de quartz de la fraction sableuse sont faiblement émoussés luisants, l'usure ne se marque que par une retouche des arêtes des grains qui demeurent sub-anguleux. Les courbes morphoscopiques (Fig. 6) traduisent la diminution rapide du pourcentage des émoussés luisants vers les petites dimensions et se groupent en un faisceau étroit montrant que les caractéristiques morphoscopiques sont semblables pour les différents échantillons étudiés.

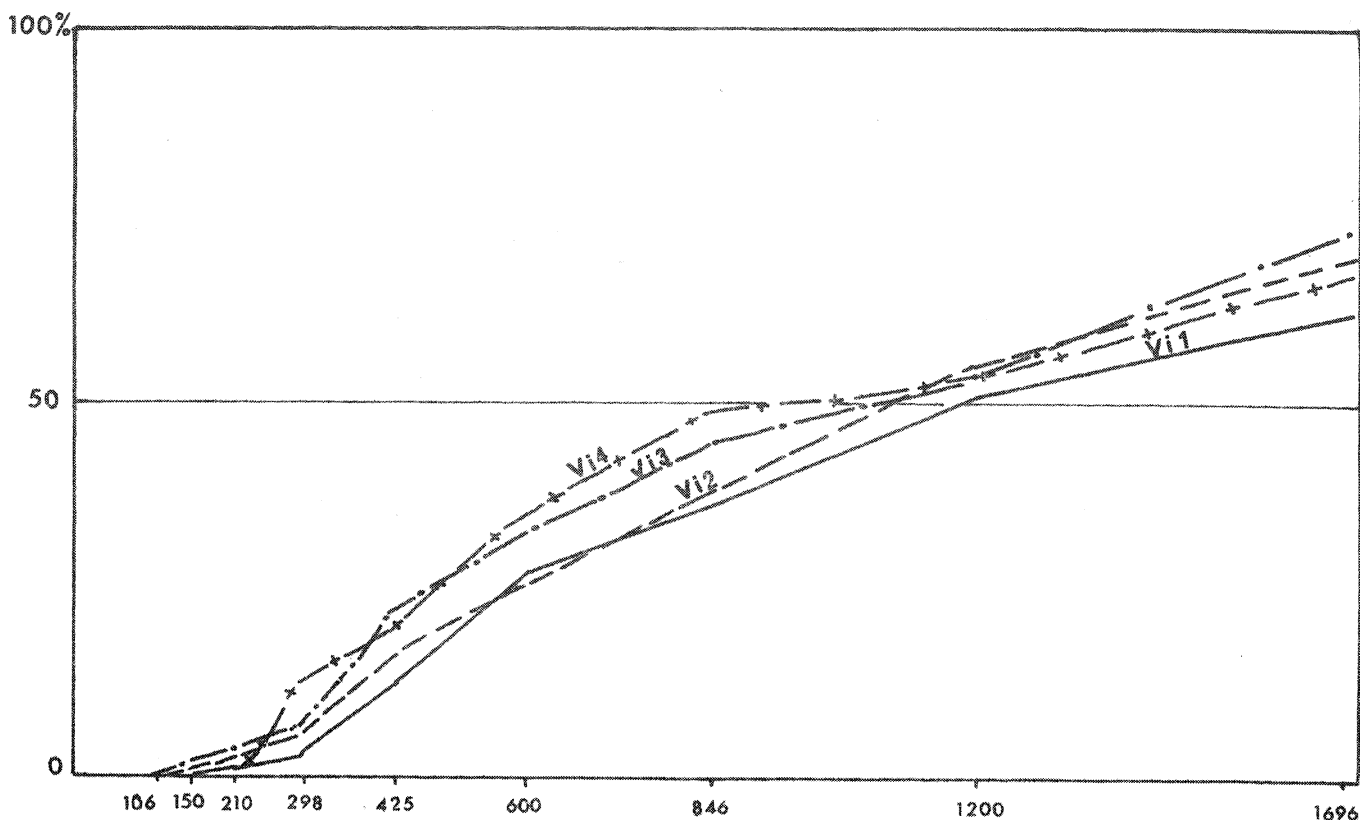


Fig. 6. - Ballastière de la Butte au Beurre : variation du pourcentage des émoussés luisants en fonction de la taille des grains.

d) Etude des minéraux lourds.

Le cortège des minéraux lourds se compose essentiellement de tourmaline et de silicates de métamorphisme associés à une proportion variable de zircon et de minéraux titanés.

- La tourmaline, en prisme ou en éclats, représente l'élément dominant du cortège ; quelques tourmalines bleues, de variété indicolite, se rencontrent parmi une majorité de grains bruns, très pléochroïques.

- Les andalousites, toujours très chargées en inclusions carbonneuses (chiastolithes) forment la plus grande partie du groupe des silicates de métamorphisme qui comprend également des disthènes et des staurotides jaunes pâles.

- Les zircons et les minéraux titanés (rutile, anatase, brookite) représentent environ 20 % des transparents.

- La proportion de minéraux opaques ou altérés oscille entre 50 et 60 % suivant les échantillons.

e) Etude des niveaux argileux.

De grandes lentilles d'argile sableuse blanche (Vi 5), bien visibles dans la partie NE de la ballastière, sont interstratifiées dans les graviers rougeâtres de la partie médiane du front de taille. L'analyse thermique différentielle de la fraction argileuse de ces lentilles (Fig. 7 Vi 5) montre un premier phénomène endothermique commençant à 90°C suivi d'un grand crochet endothermique à 500°C et d'une faible réaction exothermique

à 1000°C. Cette courbe peut s'interpréter en s'appuyant également sur les études aux rayons X comme un mélange de montmorillonite dominante, de kaolinite et d'une petite quantité de micas.

A la suite des observations de KULBIKI dans les formations du sidérolithique d'Aquitaine (KULBIKI 1953), la mise en place de tels niveaux argileux interstratifiés dans des formations détritiques grossières est souvent interprétée comme le résultat de la décantation d'éléments détritiques fins dans de petits marigots ou lacs temporaires lors des périodes d'arrêt de la sédimentation détritique grossière. Ces éléments fins peuvent alors provenir, soit d'un apport particulier, soit du lessivage des sables et graviers avoisinants (parfois sous l'influence du soutirage par un Karst).

Dans le cas des niveaux argileux étudiés ici, le passage latéral graduel des graviers aux sables fins puis à l'argile sableuse ainsi que la présence de récurrences sableuses fines dans les lentilles argileuses, semblent indiquer que la séparation des diverses fractions granulométriques est contemporaine de la mise en place des graviers. Elle s'est effectuée par décantation dans une zone calme où les courants d'apport perdaient progressivement de leur compétence (par exemple dans la partie convexe d'un méandre).

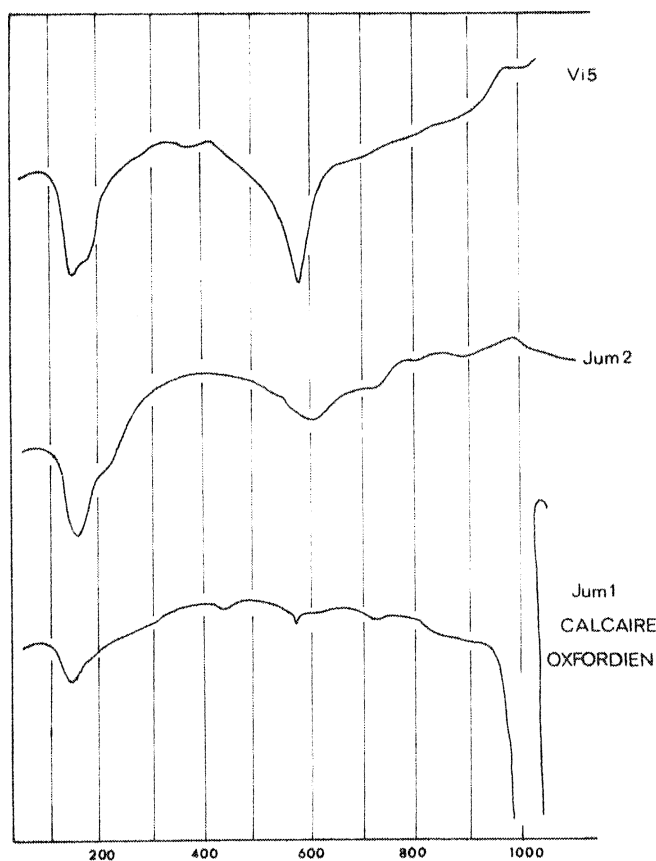


Fig. 7

Courbes d'analyse thermique différentielle des niveaux marneux et argileux étudiés aux environs de Jumelles.

B - ETUDE DU NIVEAU SABLEUX SUPERFICIEL.

Un échantillonnage satisfaisant n'ayant pu être réalisé dans les exploitations de graviers (l'horizon supérieur constituant le découvert étant déblayé au bulldozer), les échantillons de ce niveau proviennent de deux excavations temporaires situées au voisinage ; ils ont été prélevés :

- Echantillon "Jum" : en bordure de la route nationale 138, au lieu dit Les Naudières (x = 416, 10 ; y = 275, 50 ; z = 43 m).
- Echantillon "Bri" : à la base de la butte témoin crétacée de Brion (x = 412, 40 ; y = 275, 70 ; z = 45 m).

Ces excavations entaillent 1 à 2 m de sables beiges, sans stratification apparente, qui contiennent parfois des galets de grès à ciment siliceux possédant une morphologie et une patine éoliennes. Aux environs de Jumelles, ce niveau sableux recouvre les graviers alors qu'à Brion, il masque les Marnes à Ostracées du Cénomanién supérieur à l'endroit des prélèvements. Sur les flancs de la butte, il repose sur les assises turoniennes et sénoniennes.

Dans cet horizon superficiel, le pourcentage de graviers est très faible mais la proportion d'éléments fins (silt et argile) peut atteindre 25 %. La fraction sableuse est feldspathique et contient également des orbicules de calcédoine, des fragments de silex et de rares grains glauconieux souvent très altérés. Les courbes granulométriques cumulatives (Fig. 5) sont unimodales, elles correspondent à un sédiment assez bien classé dans la fraction sableuse moyenne.

L'étude de la morphologie des grains de quartz (Fig. 8) permet de reconnaître :

- des grains bien usés, polis et luisants dont le pourcentage reste fort dans la partie sableuse fine.
- des grains ronds mats, abondants au-dessus de 500 μ .

Tous les types intermédiaires existent entre les ronds mats et les émoussés luisants vrais ; en particulier, certains grains ont des arêtes dépolies alors que leurs faces sont encore luisantes. Les grains R. M. paraissent donc provenir du remaniement par le vent de quartz primitivement émoussés luisants.

- des grains non usés qui n'apparaissent qu'au-dessous de 200 μ .

L'assemblage des minéraux lourds est très différent de celui des sables et graviers de la Butte au Beurre : l'importance de la tourmaline et des silicates de métamorphisme, qui dans les graviers constituaient l'essentiel du cortège, diminue considérablement en raison de l'apparition d'un fort pourcentage d'olivine et d'augite ainsi qu'à un degré moindre d'épidotes et de grenats (Fig. 4).

Il est également à noter, qu'à l'intérieur du groupe des silicates de métamorphisme, le pourcentage de staurotide est nettement supérieur à celui d'andalousite.

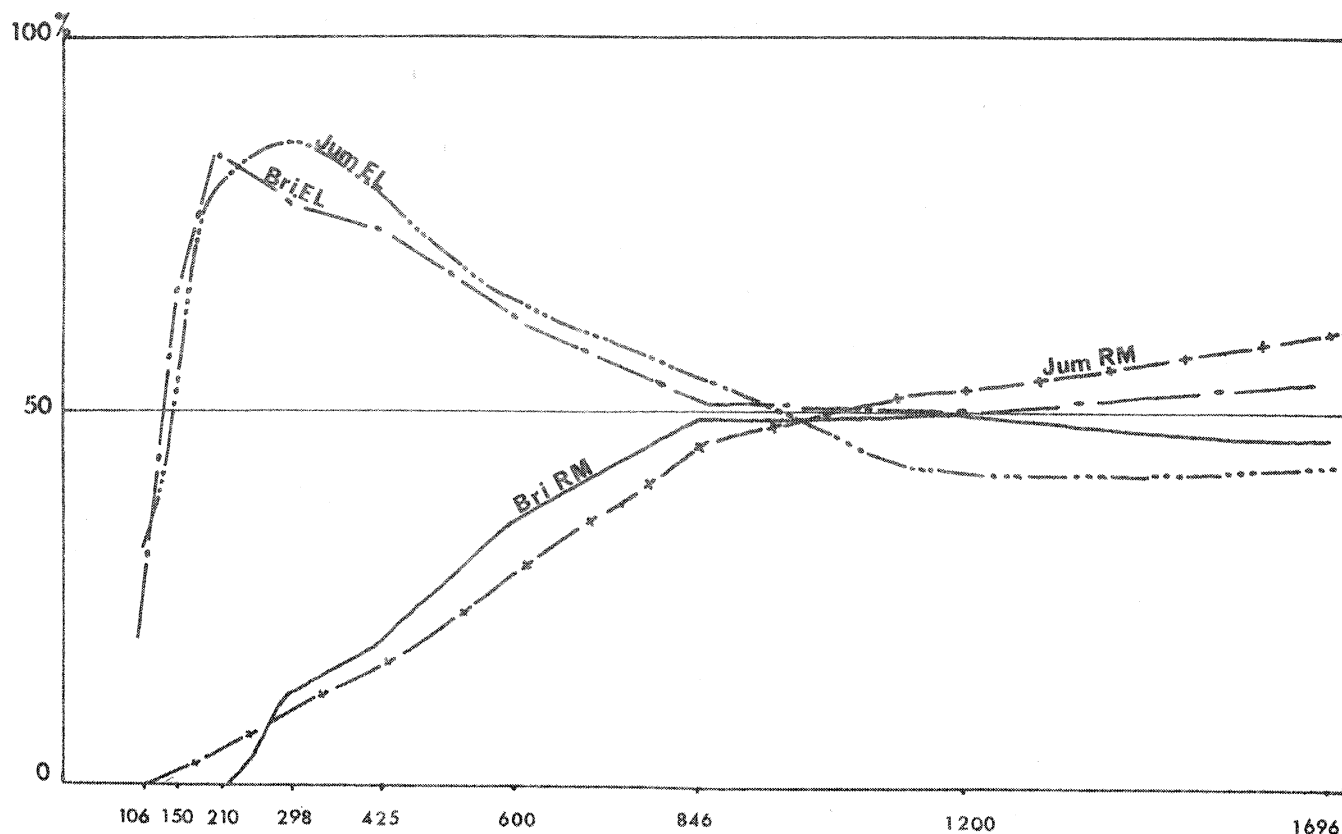


Fig. 8. - Variation du pourcentage des émousés luisants (EL) et des ronds mats (RM) dans le niveau sableux superficiel aux environs de Jumelles.

C - ETUDE DES NIVEAUX CALCAIRES.

Les puits forés aux environs de Jumelles, après avoir traversé une épaisseur variable de graviers (1 à 6 m), atteignent des calcaires argileux gris compacts alternant avec des lits marneux noirs, souvent riches en pyrite. Entre les graviers et la formation calcaire s'intercale parfois un mince niveau d'argile grise.

Les échantillons étudiés proviennent des déblais de puits implantés au NE du bourg de Jumelles.

La fraction carbonatée, dosée au calcimètre Bernard, représente en moyenne 55 % du poids de l'échantillon brut, la partie restante étant constituée d'argile (30 %) et d'éléments clastiques (15 %).

Le résidu insoluble à l'acide se compose de sable fin (dont certains grains sont émousés luisants) de silt quartzeux et de fragments d'organismes silicifiés (en particulier d'articles d'Echinodermes). L'assemblage des minéraux lourds comprend une forte proportion de zircon et de minéraux titanés (rutile, anatase, brookite = 68 %) associés à de la tourmaline (12 %). Staurotide, disthène et épidotes forment l'ensemble des minéraux accessoires. L'andalousite est présente mais très rare (< 1 %).

Les minéraux opaques sont surtout des sulfures de fer qui se présentent soit en grains, soit sous la forme de moule interne de Foraminifères ou d'épigénie de fragments d'organismes (spicules).

Pour les niveaux marneux, la courbe d'analyse thermique différentielle de l'échantillon brut, outre un crochet de basse température, pré-

sente une indentation à 560 $\text{\AA}$ qui correspond à la présence de quartz et un grand accident endothermique à 950 $^{\circ}\text{C}$ dû à une forte teneur en carbonate de calcium. Après décarbonatation, l'A. T. D. de la fraction argileuse donne une courbe de montmorillonite (Fig. 7). Le diffractogramme est celui d'une phyllite à 14 $\text{\AA}$ qui passe à 10 $\text{\AA}$ par chauffage à 400 $^{\circ}\text{C}$ et à 17 $\text{\AA}$ par gonflement au glycérol.

La fraction carbonatée est formée, pour sa plus grande part, de débris d'organismes calcaires parmi lesquels dominent les Coccolithes et de petits rhomboèdres de calcite visible en frottis.

L'étude de la microfaune de ce niveau, outre la présence de petites formes de Foraminifères et d'Ostracodes difficilement déterminables, permet de reconnaître de nombreuses formes de Coccolithophoridés dont l'assemblage paraît correspondre à celui décrit par G. DEFLANDRE dans les marnes oxfordiennes de Villers sur Mer (DEFLANDRE 1954) et renferme en particulier un Coccolithe facilement identifiable, le Stéphanolithion bigotti DEFLANDRE 1939. Cette espèce qui semble cantonnée au Jurassique (NOEL 1965) permet, dans la région étudiée, de distinguer, même à partir d'échantillons très petits, les marnocalcaires jurassiques des formations crétacées de même faciès.

Certains niveaux marneux contiennent également de très nombreux sclérites d'Holothurides, en particulier des sclérites rotiformes appartenant à la parafamille des Chiridotitidae RIOULT ainsi que des sclérites en plaques perforées avec tourelle ou étrier simple de la famille des Priscopedatidae FRIZZEL et EXLINE 1955. La grande variabilité des caractères de ces organites, même à l'intérieur d'un paragenre, rend leur détermination difficile ; toutefois, la plupart des formes rencontrées ont pu être rapportées à des paragenres précédemment décrits, mais un inventaire complet des sclérites de ce niveau reste à faire.

Outre ces microorganismes calcaires, les niveaux marneux renferment également des spicules siliceux, des spores et des hystrichosphères.

La découverte récente d'Ammonites dans les niveaux calcaires et en particulier de Globichiceras (= Coryceras) canale Quenstedt (1), a permis de rapporter cette formation à l'Oxfordien supérieur (zone à Epipeltoceras bimammatum).

Les sédiments oxfordiens n'étaient jusqu'à présent connus en Maine-et-Loire que sur une petite étendue, au sommet du promontoire de la rive gauche du Thouet, vis-à-vis Montreuil-Bellay, où seul l'Oxfordien inférieur était représenté (COUFFON 1934). Se basant sur cette localisation très étroite des formations du Jurassique supérieur, COUFFON (1934) considérait que la régression des mers jurassiques qui avait débuté au Bathonien atteignait son maximum à l'Oxfordien, la mer n'occupant alors que la partie du département située au Sud de l'actuelle vallée de la Loire.

La présence, aux environs de Jumelles, de niveaux marnocalcaires appartenant à l'Oxfordien supérieur, permet de repousser beaucoup plus au Nord les limites de la transgression oxfordienne.

=====

(1) - Ces déterminations ont été effectuées par Monsieur CARIOU, laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Poitiers.

En résumé : les marnocalcaires gris que l'on rencontre sous les graviers
----- aux environs de Jumelles comprennent :

- une fraction détritique fine quartzreuse peu développée (15 %) renfermant un assemblage de minéraux lourds composé pour sa plus grande part de formes résistantes (zircon, rutile, tourmaline).
- une fraction argileuse (30 %) caractérisée par la seule présence de montmorillonite.
- une fraction carbonatée (55 %) en majeure partie d'origine biochimique.

L'étude paléontologique de ce niveau permet de le rattacher à l'Oxfordien supérieur.

D - EXTENSION ET RAPPORTS MUTUELS DES FORMATIONS ETUDIEES AUX ENVIRONS DE JUMELLES.

Au NW de Jumelles, dans la vallée de la Filière, les marnes et les calcaires oxfordiens se trouvent directement sous les alluvions du ruisseau ; ils sont visibles au fond des abreuvoirs creusés près du lieu dit Les Rouillardières ; à cet endroit, la cote du toit du Jurassique est de + 35 m environ (N. G. F.).

Au NE du bourg, aux lieux dits Les Bruyères, Les Brionnais et les Petites Haies, des puits ont atteint les marnocalcaires oxfordiens après avoir traversé quatre à cinq mètres de graviers, ce qui donne une cote du toit du Jurassique identique à la précédente.

La surface jurassique semble plonger très légèrement vers l'Ouest ; en effet, le relevé d'anciens sondages (LECOINTRE 1959) donne le toit du Jurassique à + 26 m en un point situé à 2 km à l'Ouest des Rouillardières ($x = 414,00$; $y = 275,25$), le décalage est alors de 9 m par rapport aux observations précédentes. Par contre, ce plongement est beaucoup plus accentué vers le Nord, le contact Turonien/Cénomaniens ayant été rencontré à la cote + 25 m à 2 km au N NW des Rouillardières ($x = 415,05$; $y = 276,95$), ce qui donne pour une épaisseur moyenne de 60 m des dépôts cénomaniens un décalage de l'ordre de 60 m.

Ces observations permettent de mettre en évidence une remontée sensible de la surface jurassique aux environs de Jumelles qui peut s'expliquer :

- soit par un bombement anticlinal à grand rayon de courbure dont le sommet se trouverait aux environs de Jumelles.
- soit par l'existence d'une faille E-W avec soulèvement du compartiment sud.

Les graviers affleurent largement au NW de Jumelles, dans le bois des Hayes où de nombreuses exploitations permettent de suivre aisément ce niveau ; plus à l'Ouest, ils disparaissent sous la couverture des sables superficiels qui se suit jusqu'à la butte témoin de Brion où elle recouvre tous les niveaux crétacés.

A l'Est et au NE du bourg de Jumelles, la formation graveleuse, parfois masquée par des placages sableux importants comme aux environs des Naudières, se suit à l'affleurement jusqu'au pied du coteau crétacé, où la ballastière du Clos du Chien (Fig. 3) exploite des sables et graviers identiques

à ceux qui ont été étudiés à la Butte au Beurre ; cent mètres plus au Nord, les talus de la route entaillent les sables sénoniens sans que le contact entre les deux formations puisse être observé.

La présence d'un galet d'amphibolite (presque exclusivement constituée par de l'actinote) parmi les graviers de quartz exploités dans la ballastière du Clos du Chien montre que l'assemblage des minéraux lourds (qui, pour le niveau de sables et graviers ne comprend qu'un pourcentage extrêmement faible d'amphiboles) n'est pas le reflet intégral des roches qui constituent le bassin d'alimentation en détritique. Cette question sera envisagée à la fin de ce travail

La couverture végétale dense de la forêt de Monnoye ne permet pas de suivre l'extension des graviers à l'Est de Jumelles. Le niveau graveleux ne réapparaît à nouveau qu'aux environs de Mouliherne.

En résumé : cette étude des environs de Jumelles a permis de différencier :

- une couverture sableuse superficielle presque continue ; elle est caractérisée par la présence dans la fraction sableuse d'une forte proportion de grains ronds mats ainsi que par l'existence parmi les minéraux lourds de l'augite, de l'olivine et du grenat.
- un niveau sablo-graveleux presque exclusivement quartzeux. L'usure des grains de quartz de la fraction sableuse de ce niveau ne se marque que par une retouche des grains les plus gros qui sont faiblement émoussés luisants. La tourmaline et les silicates de métamorphisme dont l'andalousite est l'élément cardinal représentent la majeure partie des minéraux lourds, le reste se composant principalement de zircons et de rutiles.
- des marnocalcaires gris à montmorillonite, dont la fraction carbonatée est en majeure partie d'origine biochimique ; ce niveau a pu être daté de l'Oxfordien supérieur .

Cette étude a en outre permis de mettre en évidence un relèvement sensible de la surface jurassique aux environs de Jumelles.

II. LES SABLES ET GRAVIERS AUX ENVIRONS DE MOULIHERNE.

Sur le coteau situé au Sud de Mouliherne, il est possible d'observer le raccordement de la dépression de Jumelles au plateau dans lequel elle est entaillée.

Le Sénonien affleure au niveau du bourg, alors qu'au Sud, à flanc de coteau, au lieu dit les Fresneaux, sont exploitées des argiles noires que la carte géologique rapporte aux Marnes à Ostracées (Cénomaniens supérieurs). Les graviers se rencontrent un peu plus bas, dans les ballastières de la Pelouse (Fig. 9).

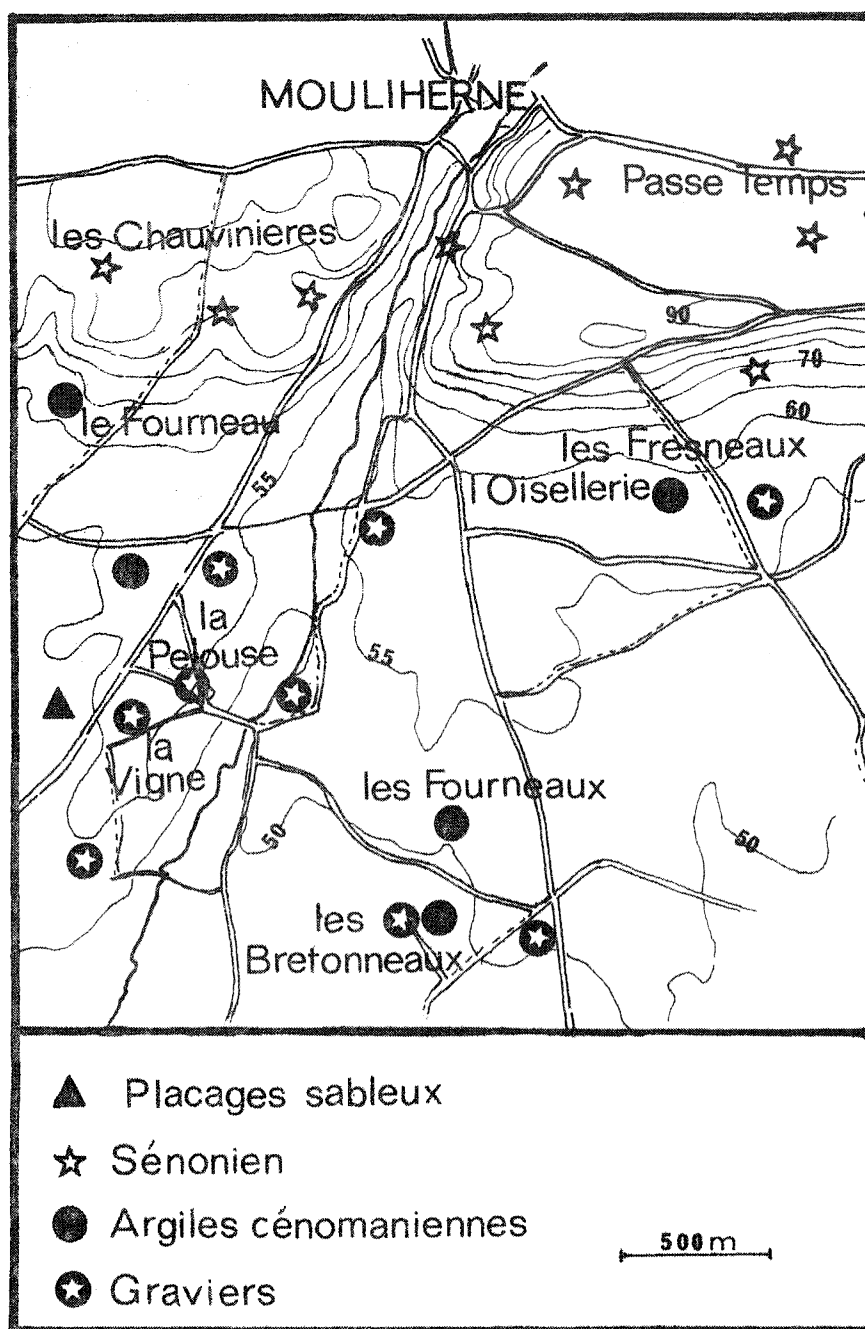


Fig. 9. - Localisation des principaux affleurements au Sud de Mouliherne.

Cette situation topographique des diverses formations affleurant au Sud de Mouliherne a permis d'envisager la succession stratigraphique suivante (DENIZOT 1961) :

- Turonien et Sénonien sur le rebord du plateau.
- " Marnes à Ostracées " à flanc de coteau aux Fresneaux.
- Gravier à la Pelouse.

A - LES SABLES ET GRAVIERS DANS LA BALLASTIERE DE LA PELOUSE.

La carrière est située à environ 2 km au SSW de Mouliherne (Fig. 9) entre les lieux dits La Pelouse et La Vigne (coordonnées $x = 424, 20$; $y = 274, 75$; $z = 55$ m).

a) Lithologie, position des échantillons étudiés.

Les fronts de taille, qui entament les graviers sur 4, 50 m environ, permettent de relever la succession suivante :

- une zone graveleuse gris-jaunâtre superficielle (Pe 4).
- 3 m de sables et graviers rougeâtres (Pe 3) qui affleurent également dans les talus du chemin creux qui monte vers le lieu dit Le Gros Chêne.
- 1 m de roussard (Pe 2), grès grossier à ciment ferrugineux qui présente un litage interne oblique de pendage maximum 30° dans une direction N 200° E.
- des sables et graviers blanchâtres (Pe 1) qui affleurent au fond de la carrière.

Des amorces de stratification oblique se distinguent par place dans les sables et graviers rougeâtres du front de taille ; les lits élémentaires sont alors granoclassés (graviers à la base, sable grossier au sommet). Lorsque ce granoclassement disparaît (soit par érosion au moment du dépôt du feuillet suivant, soit par mélange des différentes fractions clastiques), la stratification oblique ne devient plus visible. Par endroits, des alignements de galets semblent souligner des surfaces d'érosion qui pourraient correspondre à d'anciens chenaux.

Les lits obliques ont un pendage maximum de 55° dans une direction N 270° E. Cette valeur est trop élevée pour correspondre à la seule pente de feuillets frontaux qui excède rarement 36° (POTTER and PETTIJOHN 1963, p. 79) ; les mesures, effectuées par rapport à l'horizontale, doivent être faussées par une inclinaison de la surface de dépôt ou une déformation tectonique (POTTER and PETTIJOHN 1963, p. 77).

b) Nature pétrographique et composition granulométrique.

Le matériel détritique est essentiellement quartzeux. Les graviers, toujours abondants, exception faite du niveau Pe 2, sont de quartz laitueux fibreux ou finement granuleux, d'origine filonienne, et ne renferment pas d'élément de silex comme à la Butte au Beurre.

Dans le niveau Pe 4, à ces graviers de quartz s'ajoutent des Spongiaires sénoniens roulés, des galets de grès ladère, et de rares silex.

La fraction sableuse est très légèrement feldspathique dans sa fraction fine. La teneur en éléments fins (silt quartzeux et argile) est toujours très faible.

Les courbes cumulatives (Fig. 10) reflètent une composition granulométrique semblable à celle des sables et graviers de la Butte au Beurre. Le classement est en général médiocre, exception faite du niveau Pe 2, bien classé autour d'un grain moyen de 550 μ .

La diminution brutale de la valeur du grain moyen dans le niveau superficiel est due à l'incorporation aux graviers sous jacents d'une fraction uniquement sableuse qui provient d'un léger remaniement de la partie supérieure de l'affleurement.

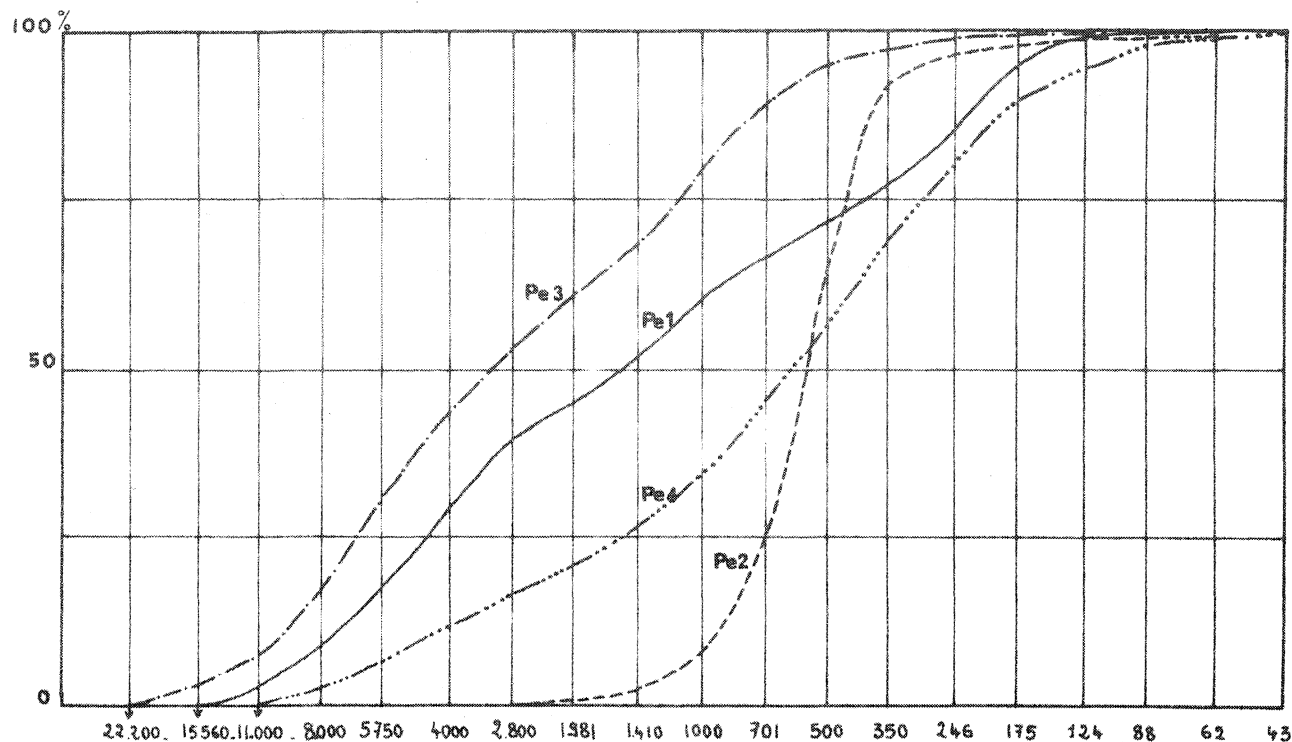


Fig. 10. - LA PELOUSE : courbes granulométriques cumulatives.

c) Morphoscopie des grains de quartz.

Dans les échantillons Pe 1, Pe 2, Pe 3, la fraction sableuse ne contient que des émoissés luisants et des non usés. L'usure, semblable à celle observée dans les sables et graviers de la Butte au Beurre, ne se marque que par une retouche des arêtes des grains qui demeurent anguleux. Les courbes morphoscopiques (Fig. 11) traduisent une diminution rapide du pourcentage des émoissés luisants vers les petites dimensions.

Dans le niveau superficiel (Pe 4) à des grains émoissés luisants semblables à ceux des niveaux inférieurs, viennent s'ajouter des quartz fortement émoissés, parfaitement polis et luisants, ainsi qu'une assez forte proportion de grains ronds mats dont la fréquence maximale se situe autour de 700 μ .

d) Etude des minéraux lourds.

Le cortège des minéraux lourds (Fig. 12) se compose essentiellement de tourmaline et de silicates de métamorphisme dont l'andalousite est l'élément dominant ainsi que d'une proportion moindre de zircon et de minéraux titanés.

La tourmaline est principalement représentée par sa variété brune, très pléochroïque. Les andalousites, très riches en inclusions charbonneuses appartiennent à la variété chiastolithe ; elles sont associées à des

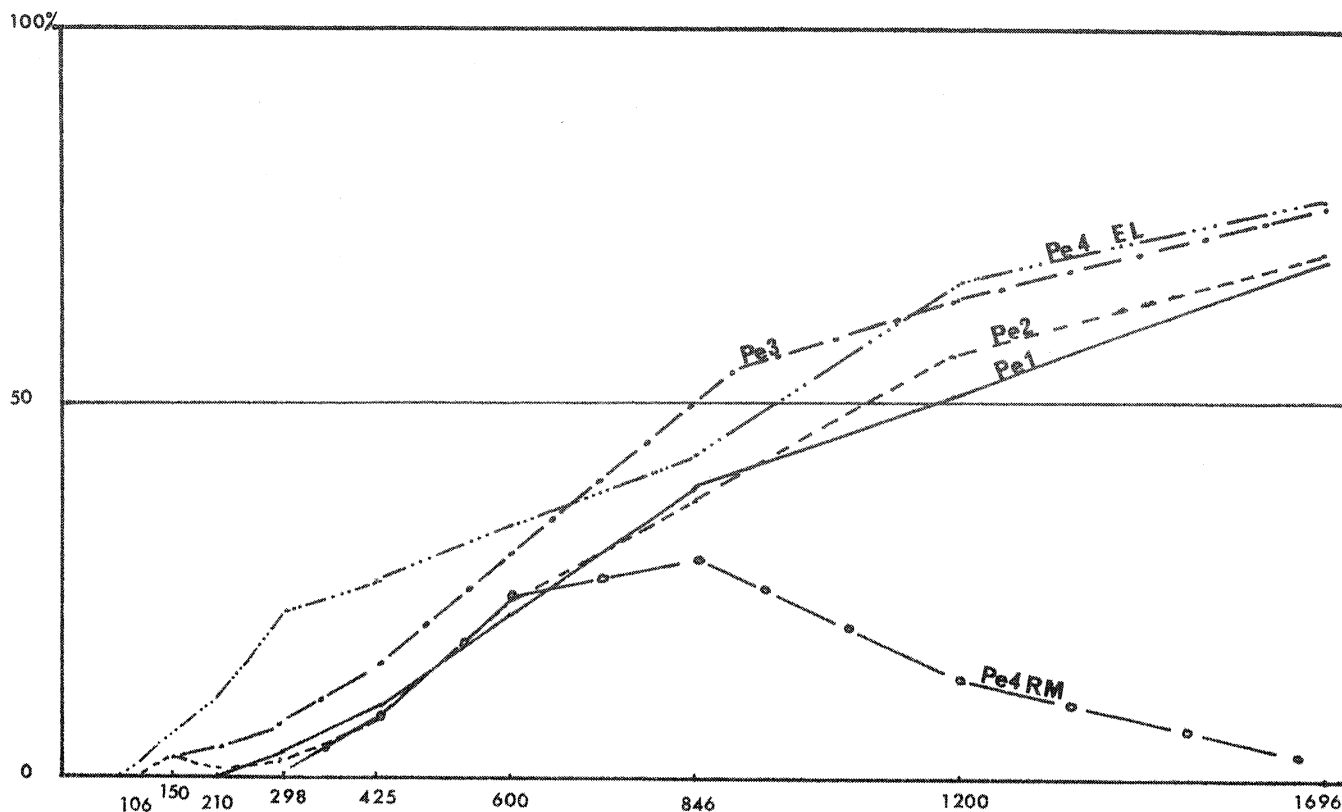


Fig. 11. - LA PELOUSE : variation du pourcentage des grains émousés luisants avec la taille.

staurotides jaune paille et à des disthènes incolores. Les zircons et les minéraux titanés se rencontrent uniquement dans la fraction fine.

Dans le niveau superficiel à l'assemblage précédent viennent s'ajouter l'olivine et l'augite ainsi que des grenats, des épidotes et des hornblendes. L'apparition de ces minéraux provoque une diminution de la teneur en andalousite mais les proportions relatives des autres espèces minérales du cortège varient peu par rapport aux graviers sous-jacents.

e) Conclusion à l'étude de la ballastière de la Pelouse.

Les niveaux Pe 1, Pe 2, Pe 3, de la ballastière de la Pelouse ont des caractéristiques granulométriques, morphoscopiques et minéralogiques identiques à celles des sables et graviers de la Butte au Beurre. Par contre, l'horizon superficiel s'en distingue très nettement ; il comprend des éléments provenant des graviers sous-jacents ainsi que des minéraux lourds, des grains fortement émousés luisants, et des ronds mats rencontrés, dans la région de Jumelles, dans la couverture sableuse superficielle. Il résulte donc du mélange de matériel provenant de ces deux types de formations par remaniement de la partie supérieure des affleurements de graviers.

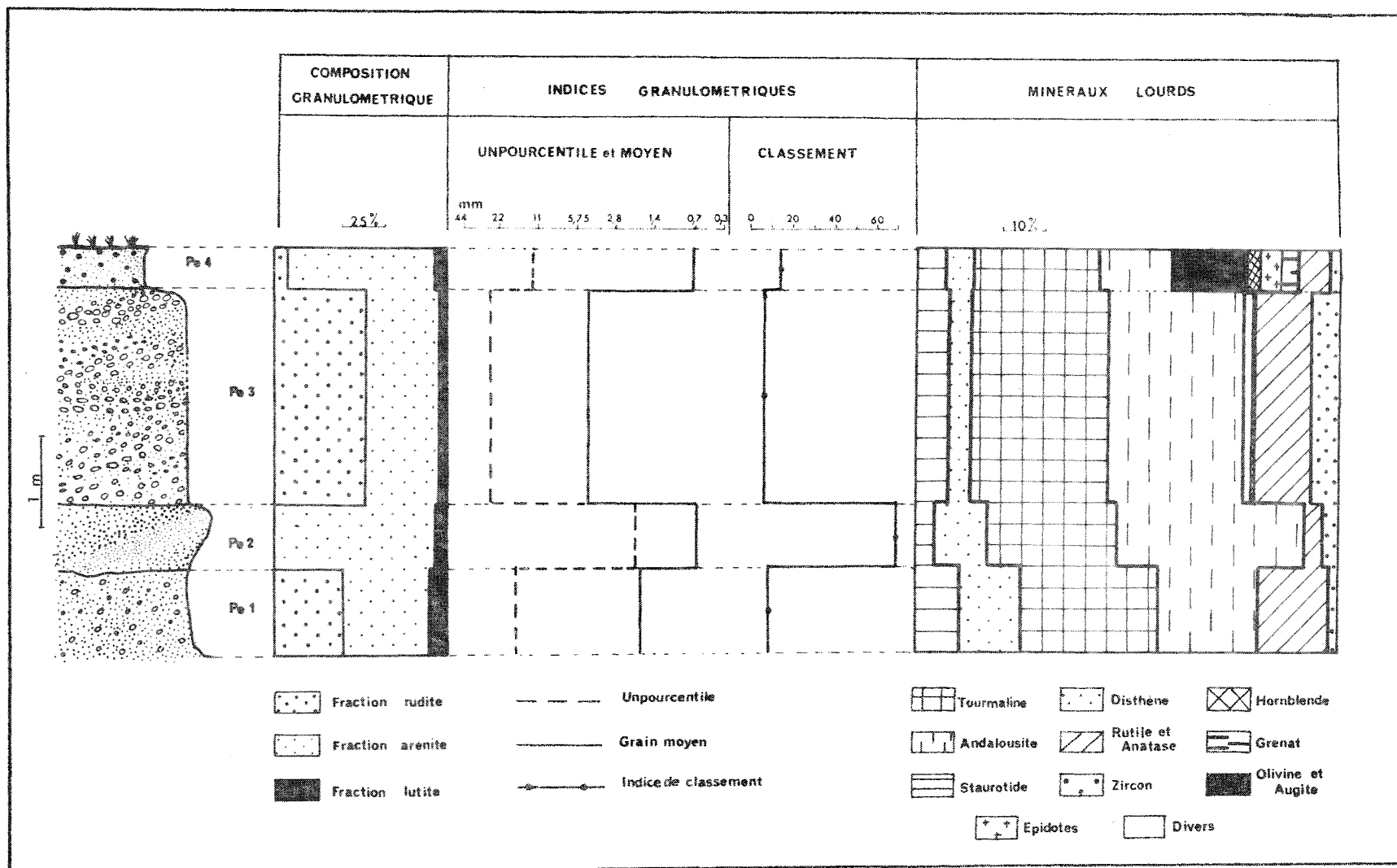


Fig. 12. - LA PELOUSE : caractéristiques granulométriques et minéraux lourds.

B - LES FRESNEAUX : CARRIERE DE LA BRIQUETERIE.

Située au lieu dit Les Fresneaux, à 1,5 km au S. SE de Mouliherne (coordonnées x = 425,75 ; y = 275,40 ; z = 60 m), cette carrière exploite des argiles noires et grises qui alimentent la briqueterie de l'Oisellerie (Fig. 9).

Les parois de l'excavation permettent de distinguer de haut en bas :

- cinquante centimètres à un mètre de sable jaunâtre (S. S) qui contient des galets de grès ladère, des Spongiaires roulés et quelques silex. Ce niveau sableux superficiel remplit également des poches et des fentes en coin creusées dans l'argile sous-jacente et dans ces conditions ne renferme pas de galets.

- un mètre d'argile grise sableuse (FrA 2).

- un mètre à un mètre cinquante de sables et graviers rougeâtres (SG) qui ravinent l'argile grise sableuse sur laquelle ils reposent.

- deux à trois mètres d'argile grise sableuse feuilletée (FrA') qui constituent la partie exploitée proprement dite.

- des argiles noires sapropéliennes (FrA 1) dans lesquelles sont interstratifiés de minces lits sableux blancs (Sf).

1° - Etude de la formation argileuse.

L'argile, noire à la base et riche en matière organique, devient plus claire et plus sableuse vers le sommet. Les sapropels (FrA 1) contiennent de nombreux fragments de lignite et des nodules de sulfure de fer à structure fibroradiée. Au cours de l'exploitation a été mis à jour un tronc fossile de deux mètres de long et de 40 à 50 cm de diamètre, partiellement épigénisé par des sulfures de fer, il semble qu'il s'agisse là d'un bois flotté venu s'échouer dans une vasière, sa fossilisation s'étant ensuite produite en milieu fortement réducteur.

Des échantillons de l'argile grise du front de taille (FrA') et des sapropels de base (FrA 1) ont livré un assemblage de spores qui a permis de confirmer l'âge cénomanien de cette formation argileuse, les formes rencontrées correspondant en outre à une flore tropicale de fougères arborescentes (1).

L'argile grise du front de taille est plus sableuse et plus riche en micas que les sapropels. Les courbes d'analyse thermique différentielle correspondant aux divers niveaux reconnus, présentent les mêmes accidents aux mêmes températures (Fig. 13). Le premier pic endothermique débute à 100°C, un second phénomène s'amorce à 500°C et un crochet exothermique se produit à 900°C. Ces courbes peuvent s'interpréter en s'appuyant également sur les études aux rayons X, comme un mélange de montmorillonite, kaolinite et micas, la kaolinite étant légèrement plus abondante à la base de la coupe.

=====

(1) - Cette analyse pollinique a été réalisée par Melle DURAND, professeur au laboratoire de géologie de l'Université de Rennes.

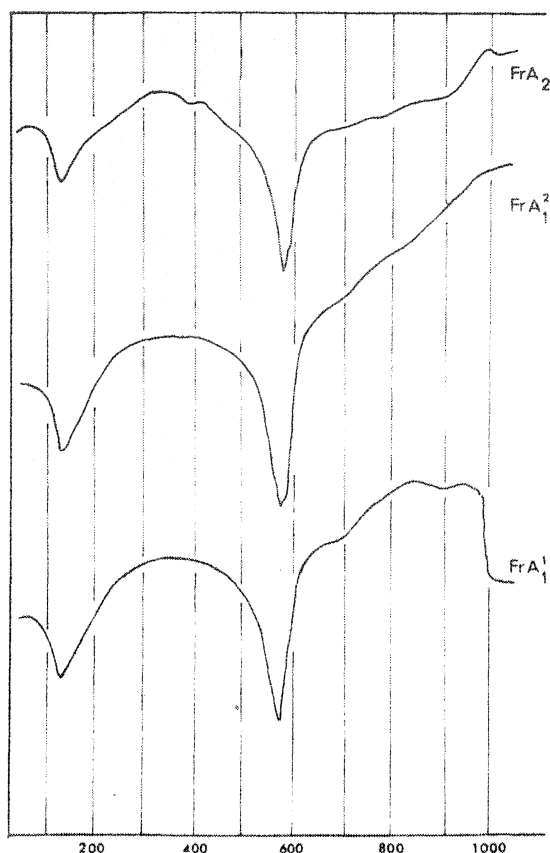


Fig. 13

LES FRESNEAUX
Courbes d'analyse
thermique différentielle

2° - Etude des niveaux sableux.

a) Nature pétrographique et composition granulométrique. (Fig. 14 et 16)

Les sables associés aux sapropels (Sf) ne contiennent que 8 % d'éléments supérieurs à 2 mm, la partie sableuse, exclusivement quartzeuse, est assez bien classée (I. C. = 50) autour d'un grain moyen de 370 μ .

Le niveau sablo-graveleux interstratifié dans l'argile grise du front de taille (SG) se compose par contre d'une forte proportion d'éléments supérieurs à 2 mm, de sable, et d'une fraction fine bien développée. Il est mal classé (I. C. = 15) autour d'un grain moyen de 2000 μ .

Les sables superficiels en dehors de gros éléments remaniés (silex, Spongiaires, grès tertiaires) ne contiennent que peu de graviers de quartz. La fraction sableuse fine est feldspathique et renferme également des grains de glauconie toujours très altérés. La partie sableuse est assez bien classée (I. C. = 43) autour d'un grain moyen de 580 μ .

b) Etude de la morphoscopie des grains de quartz.

Dans les lits sableux et graveleux associés aux argiles, l'usure ne se marque que par une retouche des arêtes des grains les plus gros et le pourcentage des émoussés luisants diminue rapidement vers les petites dimensions (Fig. 15). Par contre la fraction sableuse du niveau superficiel est beaucoup plus usée, elle renferme des grains bien émoussés, polis et luisants qui se rencontrent même dans la partie fine du sédiment, ainsi que des ronds mats abondants au-dessus de 600 μ .

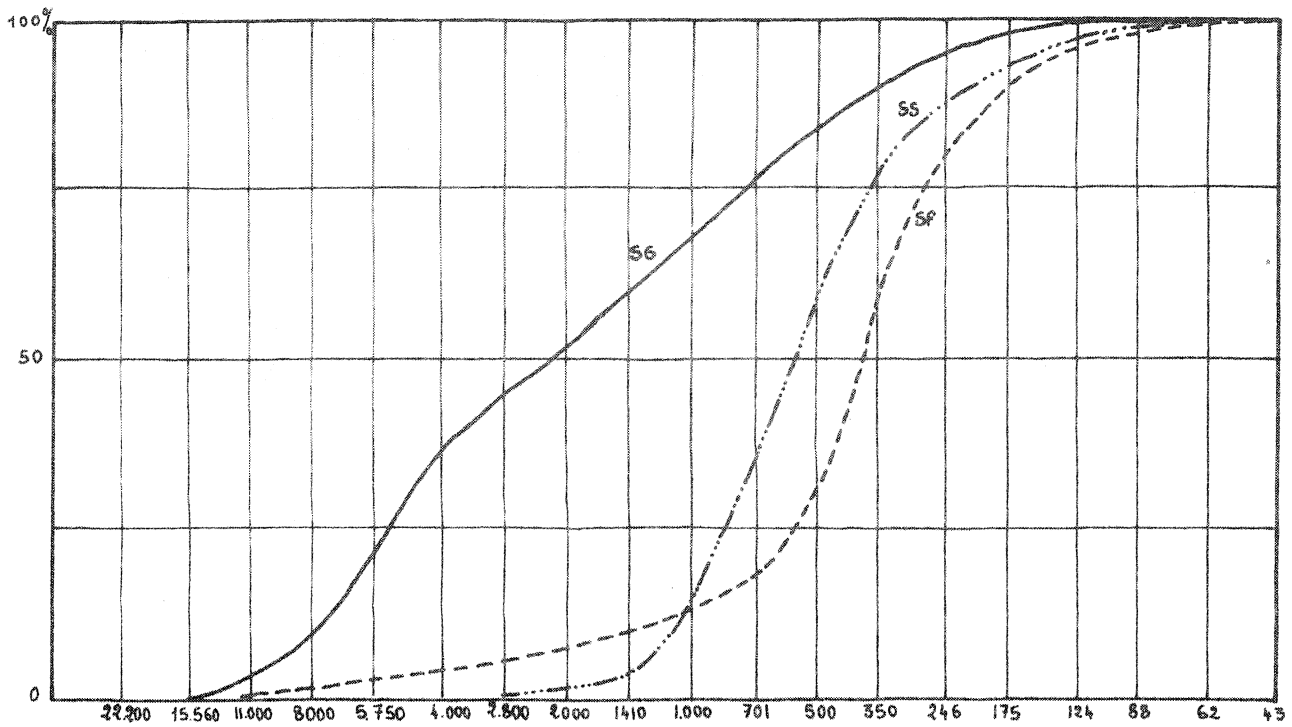


Fig. 14. - LES FRESNEAUX : courbes granulométriques cumulatives.

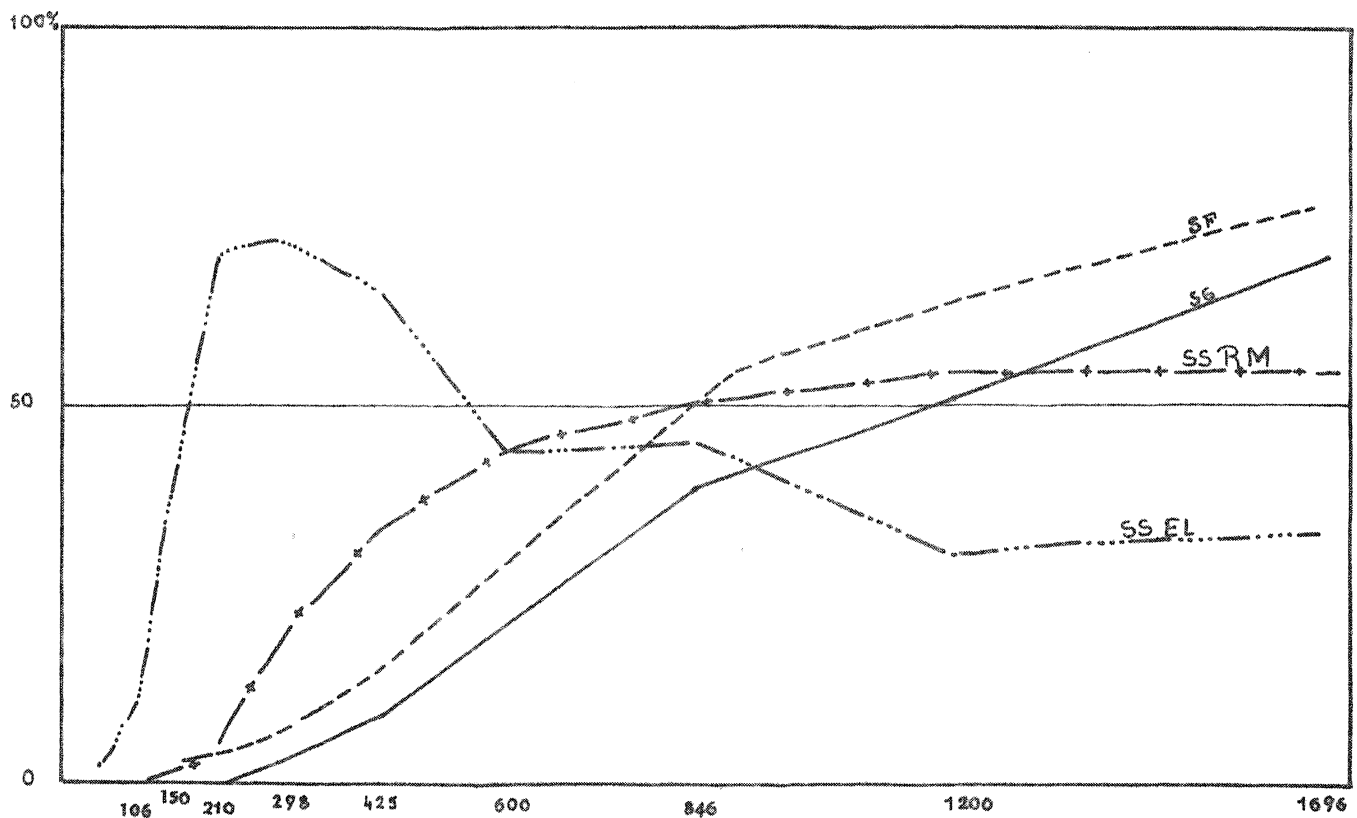


Fig. 15. - LES FRESNEAUX : variation du pourcentage des grains EL et RM avec la taille.

c) Etude des minéraux lourds.

L'assemblage des minéraux lourds des niveaux détritiques grossiers interstratifiés dans la formation argileuse est identique à celui des sables et graviers de La Pelouse et de la Butte au Beurre (Fig. 16). L'apparition dans le niveau sableux superficiel de pyroxènes monocliniques, d'olivine et de grenat le distingue nettement des précédents ; elle s'accompagne d'une variation des teneurs relatives des minéraux du groupe des silicates de métamorphisme dont la staurotide devient l'élément dominant.

3° - Conclusion à l'étude de la carrière de la briqueterie.

La fraction phylliteuse des argiles cénomaniennes exploitées dans la carrière de la briqueterie, se compose de montmorillonite dominante associée à de la kaolinite et à une petite quantité de micas. Ces argiles, souvent sapropéliennes, sont riches en pyrite et en débris végétaux mais sont totalement dépourvues de glauconie et de carbonates.

Les lits sableux et graveleux interstratifiés dans la formation argileuse ont des caractéristiques, granulométriques, morphoscopiques et minéralogiques identiques à celles des sables et graviers de La Pelouse. Ils correspondent à des venues détritiques grossières temporaires dans un milieu calme dont la sédimentation était entretenue par un apport régulier d'éléments fins.

L'origine terrigène du dépôt est nettement marquée mais la présence d'"hystrichosphères" dans certains échantillons indique une influence marine temporaire.

L'existence dans le niveau sableux superficiel d'éléments remaniés des assises secondaires et tertiaires, de grains ronds mats, et parmi les minéraux lourds de pyroxènes, d'olivine et de grenats permet de le paralléliser avec l'horizon supérieur de l'affleurement de La Pelouse qui possède les mêmes caractères.

C - EXTENSION DES AFFLEUREMENTS ETUDIES AUX ENVIRONS DE MOULIHERNE.

Dans la topographie de la région de Mouliherne, les argiles noires cénomaniennes paraissent bien se superposer aux graviers (graviers à La Pelouse à la cote + 50 m ; argiles aux Fresneaux et au Fourneau à + 58 m). En outre, d'après les renseignements obtenus près du propriétaire de la carrière de la briqueterie, un sondage implanté près des Fresneaux a rencontré sous 6 à 7 m d'argile un niveau graveleux qui, d'après sa position topographique, correspond à l'affleurement de La Pelouse.

Mais il existe également des horizons graveleux interstratifiés dans la formation argileuse qui peuvent, par endroits, former des lentilles très importantes. Par exemple, le niveau de sable et de graviers étudié aux Fresneaux se retrouve dans une ancienne ballastière à l'Est des Bretonneaux avec une épaisseur de près de trois mètres, et paraît également correspondre à la formation graveleuse exploitée dans les carrières de Linière-Bouton où sa puissance est supérieure à six mètres.

Le Sénonien affleure à la partie supérieure du coteau ; il est représenté par des sables blonds qui renferment de très nombreux Spongiaires, ainsi que des rognons de spongolithe. Les grains de quartz de la fraction sableuse sont fortement émoussés luisants et l'assemblage des minéraux lourds est carac-

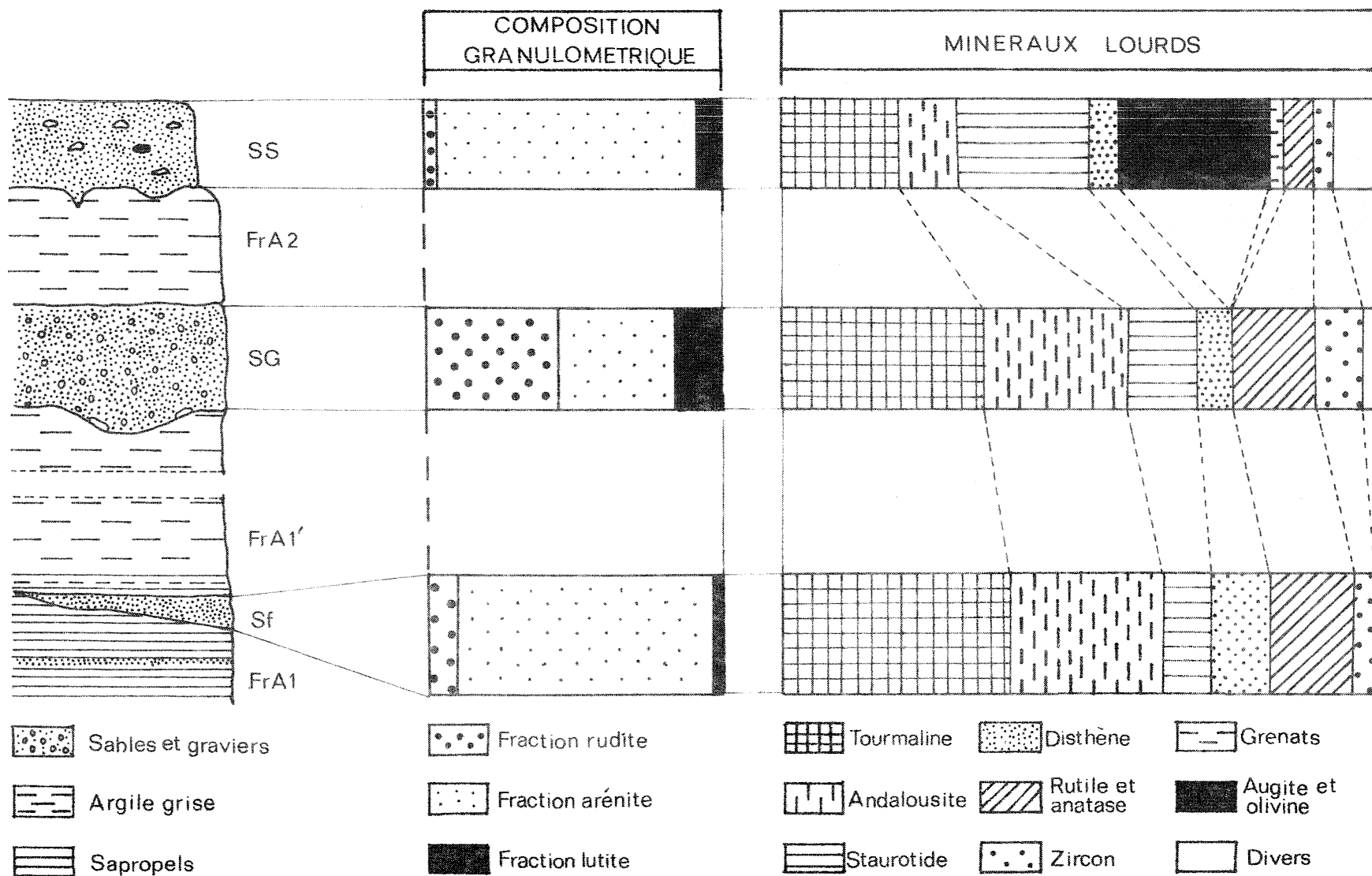


Fig. 16. - LES FRESNEAUX : composition granulométrique et minéraux lourds des niveaux sableux et graveleux.

térisé par la prédominance de la staurotide sur toutes les autres espèces minérales du cortège.

Ce matériel sableux sénonien se trouve mélangé aux graviers dans les alluvions de la Riverolle qui remanient des Spongiaires caractéristiques de ce niveau, mais comprennent également une fraction sableuse fine, à grains fortement émoussés et luisants, qui ne peut provenir des "sables et graviers".

Dans la région de Mouliherne, les argiles noires cénomaniennes paraissent être directement en contact avec le Sénonien, car des puits forés au NW des Fresneaux, dans la limite d'extension du Turonien figuré sur la carte géologique, n'ont rencontré que des sables sénoniens. Cette disparition du Turonien ne peut s'expliquer que par l'existence d'une faille E-W provoquant le contact anormal des assises cénomaniennes et sénoniennes.

D - CONCLUSION A L'ETUDE DE LA REGION DE MOULIHERNE.

Les "sables et graviers" de la région de Mouliherne ont une composition pétrographique, des caractéristiques granulométriques, morphoscopiques et minéralogiques identiques à celles du niveau graveleux étudié dans la région de Jumelles.

La partie supérieure des affleurements est légèrement remaniée. Elle renferme alors des éléments provenant des assises secondaires et tertiaires, des grains ronds mats et l'assemblage augite-olivine ainsi que des grenats.

Les graviers sont associés à des argiles sapropéliennes cénomaniennes que la carte géologique rapporte aux "Marnes à Ostracées" bien que leur faciès soit très différent de celui des assises de ce niveau.

La disparition du Turonien et le contact anormal des argiles noires cénomaniennes et des sables sénoniens sont dus à l'existence d'une faille E-W qui paraît correspondre à la limite nord de la dépression de Jumelles.

III. LES SABLES ET GRAVIERS AUX ENVIRONS DE LINIERE-BOUTON.

Aux environs de Linière-Bouton, le Turonien et le Sénonien affleurent dans le coteau au Nord et au Nord-Est du bourg alors que les graviers sont visibles un peu en contrebas dans les ballastières du Bois-Simon (Fig. 17).

A - ETUDE DES SABLES ET GRAVIERS DANS LES BALLASTIERES DU BOIS-SIMON.

a) Lithologie, position des échantillons étudiés.

L'exploitation entaille les graviers sur 4,50 m environ et permet de distinguer de haut en bas :

- une zone superficielle (Pn 8) qui contient des éléments remaniés des assises secondaires et tertiaires.

- un niveau médian, épais de 3 m environ, qui se compose de lentilles sableuses et graveleuses (échantillons Pn 3 à Pn 7) et argileuses (échan-

fillon Pn in).

- à la base du front de taille, des sables et graviers blanchâtres (Pn 2) sans stratification bien développée.

- des argiles sapropéliennes (Pn 1) qui ont été atteintes par un puits creusé dans la partie nord de l'exploitation. Cette formation argileuse, à première vue identique à celle qui est exploitée aux Fresneaux en Mouliherne semble constituer un niveau continu, les puits implantés aux environs de la ballastière l'ayant tous rencontré sous une épaisseur variable de gravier.

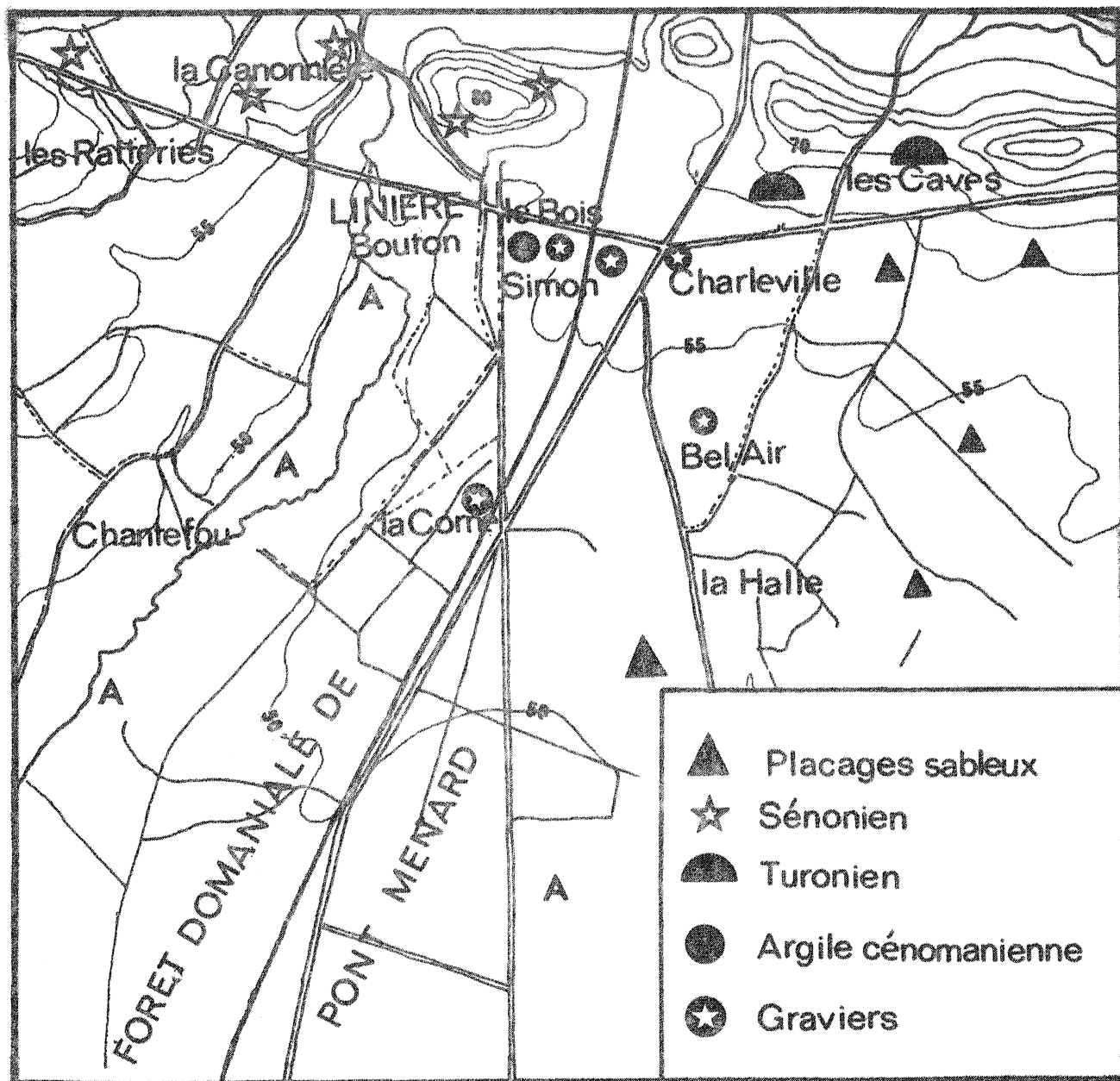
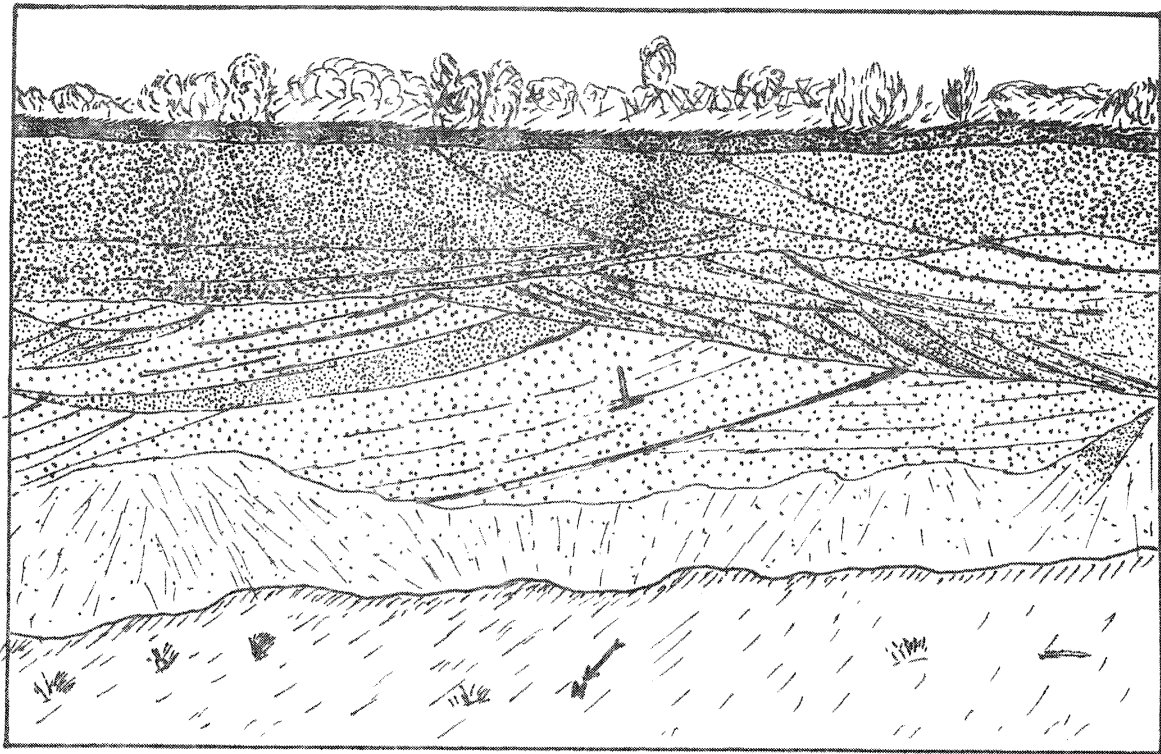
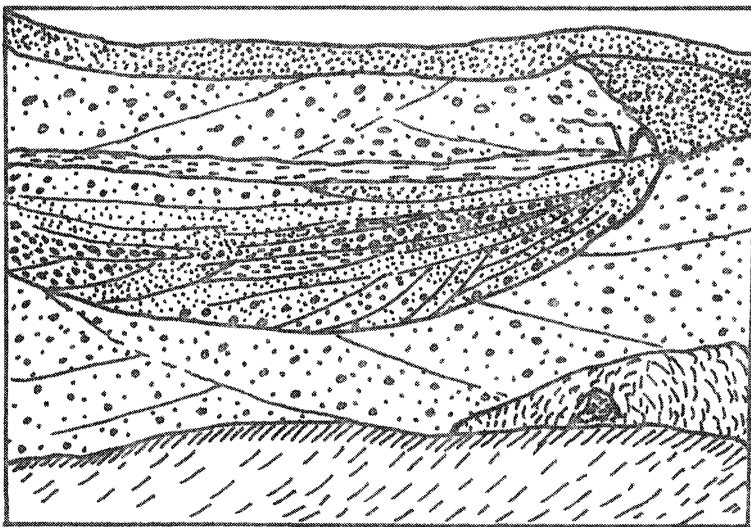


Fig. 17

Localisation des principaux affleurements aux environs de Linière-Bouton.



- Le Bois Simon - Schéma du front de taille sud.



- Le Bois Simon -
Front de taille sud
schéma du chenal.

Les lentilles sableuses et graveleuses de la partie médiane, bien visibles sur les fronts de taille orientés E-W (Pl. 1), passent sur les plans de coupe perpendiculaires à des lits plus continus mais se terminant en biseau qui présentent une stratification interne oblique de pendage maximum 30° dans une direction $N 30^\circ E$. Ces lentilles sont très souvent limitées à leur face inférieure par des surfaces d'érosion qui ravinent les couches sous-jacentes ; de même que les lits détritiques plus fins qui existent à la partie supérieure de ces lentilles sont érodés par l'unité suivante et ne subsistent que sous forme de témoins isolés parmi les graviers (c'est le cas par exemple des petits niveaux argileux). En outre, un grand chenal (Pl. 1) entaille tout ce niveau atteignant même les sables et graviers blanchâtres de la base. Cette succession de niveaux détritiques discontinus limités par des "wash-out" peut être homologuée mais à une échelle beaucoup plus petite, aux séries cyclothématiques fluviales décrites par BERSIER dans la molasse de Lausanne (BERSIER 1958).

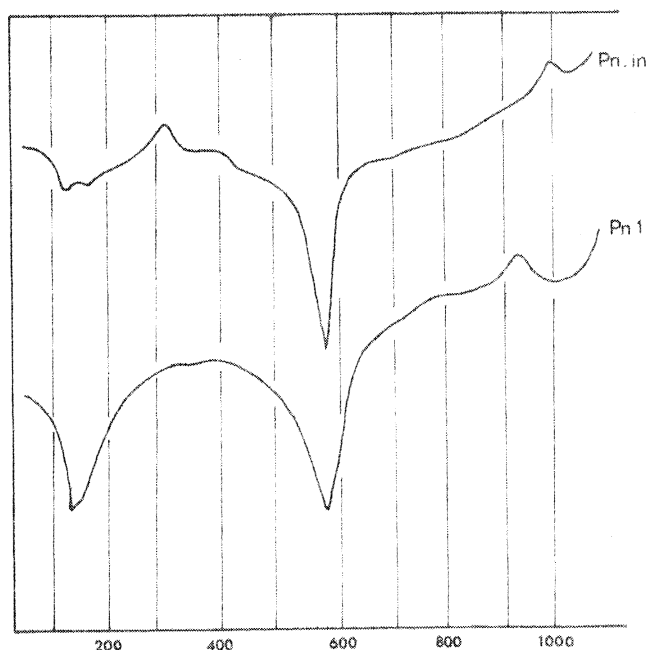


Fig. 18

LE BOIS SIMON

Courbes d'analyse
thermique différentielle

b) Nature pétrographique et composition granulométrique.

La fraction détritique grossière essentiellement constituée de graviers de quartz ne comprend plus de silex comme à la Butte au Beurre, mais renferme quelques galets de grès quartzite blanc.

La partie sableuse est légèrement feldspathique dans sa fraction fine ; elle contient parfois de petits morceaux de lignite ainsi que de rares fragments de phtanite. La fraction phylliteuse des niveaux argilosableux (Pn in) de la partie médiane du front de taille se compose de kaolinite dominante associée à du mica et de la montmorillonite (Fig. 18), alors que les sapropels de base (Pn 1) renferment des proportions à peu près équivalentes de kaolinite et d'une argile micacée partiellement ouverte.

La composition granulométrique du niveau inférieur (Pn 2) est semblable à celle des sables et graviers de la Butte au Beurre ou de La Pelouse ; ce niveau Pn 2 est mal classé et la fraction grossière est importante. Par contre,

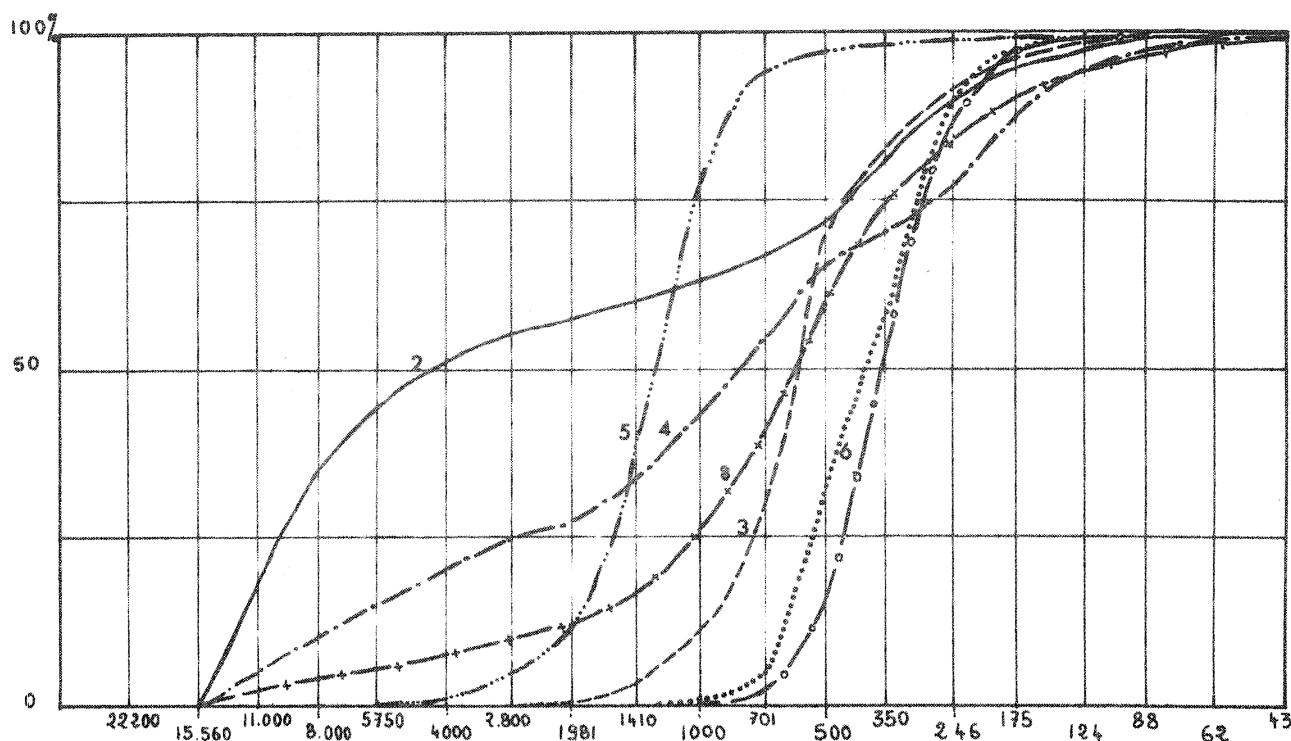


Fig. 19. - LE BOIS SIMON : courbes granulométriques cumulatives.

les courbes cumulatives des échantillons prélevés dans la partie médiane de la coupe sont généralement unimodales ; elles reflètent également une diminution du pourcentage des graviers et une augmentation de l'indice de classement par rapport aux graviers sous-jacents. Cette variation de granulométrie par rapport aux affleurements précédents paraît liée au développement de la stratification entrecroisée lenticulaire à ce niveau. En effet, TRASK note que la plupart des dépôts grossiers mis en place par les eaux courantes sont mal stratifiés et mal classés, exception faite des chenaux où les courants sont relativement uniformes. (TRASK 1950, p. 25)

c) Morphoscopie des grains de quartz.

Les courbes morphoscopiques (Fig. 20) traduisent le même type de variation que dans les sables et graviers de La Pelouse ou des Fresneaux. L'usure ne se marque que par une retouche des arêtes des grains et la fréquence des émoussés luisants décroît rapidement vers les petites dimensions.

Dans le niveau superficiel, à une majorité d'émoussés luisants identiques à ceux des graviers sous-jacents s'ajoutent des grains ronds mats et des E. L. fortement usés, polis et luisants dont l'existence se marque bien sur la partie de courbe correspondant à la fraction sableuse fine.

d) Etude des minéraux lourds. (Fig. 21).

La tourmaline est le composant principal du cortège des minéraux lourds, elle est associée à des silicates de métamorphisme ainsi qu'à une proportion moindre de zircon et de minéraux titanés.

Les teneurs relatives en disthène et en andalousite sont variables suivant les niveaux, mais pour l'ensemble de la coupe, la proportion d'anda-

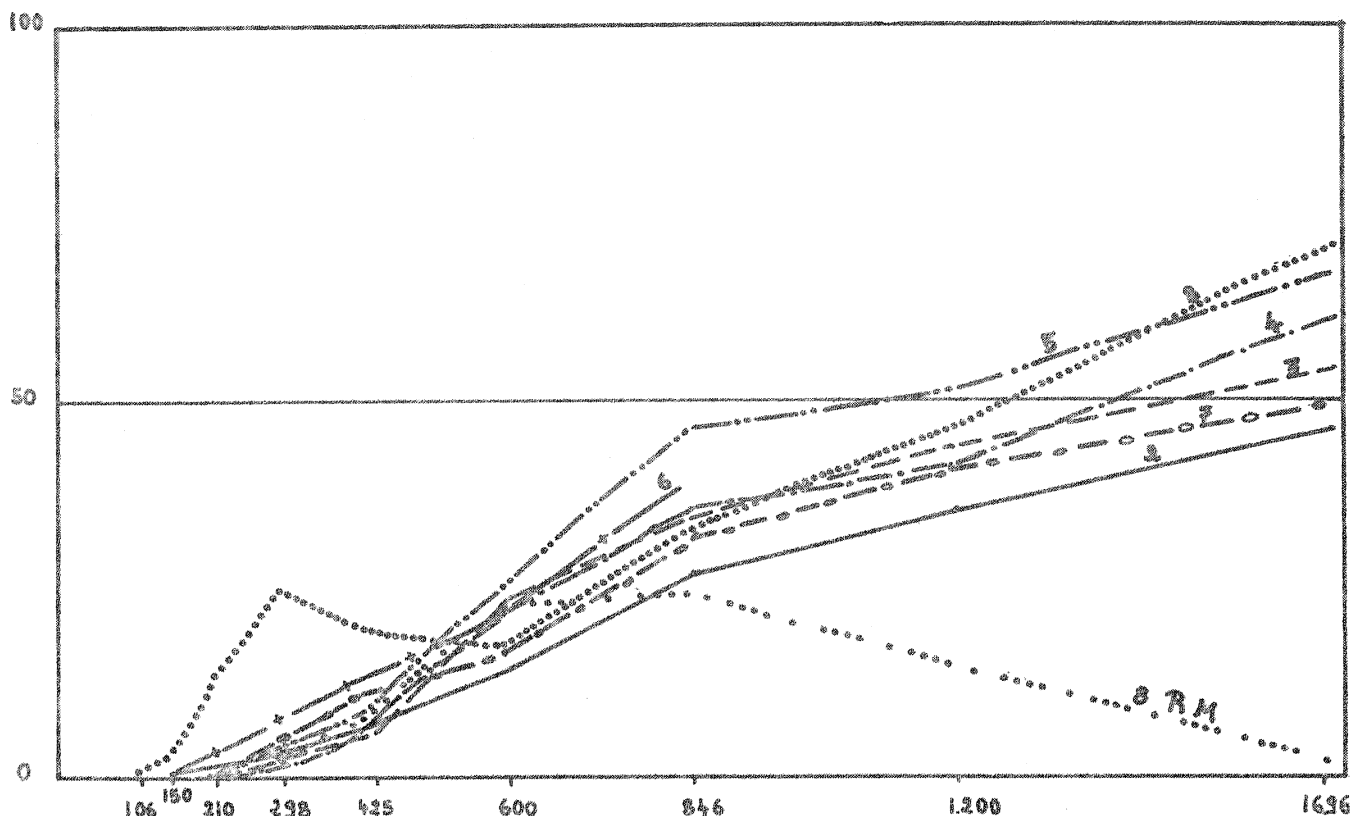


Fig. 20. - LE BOIS SIMON : variation du pourcentage de grains émousés luisants et ronds mats avec la taille.

lousite est légèrement inférieure à celle des affleurements précédents (en particulier celle des échantillons de La Pelouse).

Dans la zone superficielle à l'assemblage rencontré dans les graviers sous-jacents, s'ajoutent l'olivine et l'augite ainsi que quelques grenats. L'apparition de ces minéraux est liée (comme dans les sables superficiels déjà étudiés) à celle de grains ronds mats dans la fraction sableuse.

e) Conclusion à l'étude de la ballastière du Bois-Simon.

Mises à part certaines variations dans la granulométrie (diminution du pourcentage des éléments grossiers et augmentation du classement) et l'assemblage des minéraux lourds (diminution du pourcentage relatif en andalousite) les sables et graviers du Bois-Simon possèdent des caractères très proches des niveaux graveleux des environs de Jumelles et de Mouliherne. Ils reposent sur une formation argileuse sapropélieenne à kaolinite et argile mica-cée partiellement ouverte, comparable, tant par son aspect à l'œil nu que par les débris organiques qu'elle renferme (fragment de lignite et spores), à celle qui est exploitée aux Fresneaux en Mouliherne.

La partie superficielle de l'affleurement se différencie des graviers sous-jacents par l'apparition parmi les minéraux lourds de l'olivine, de l'augite et du grenat, par l'existence dans la fraction sableuse de ronds mats et de grains fortement émousés luisants ainsi que par l'apparition à ce niveau d'éléments remaniés des assises secondaires et tertiaires.

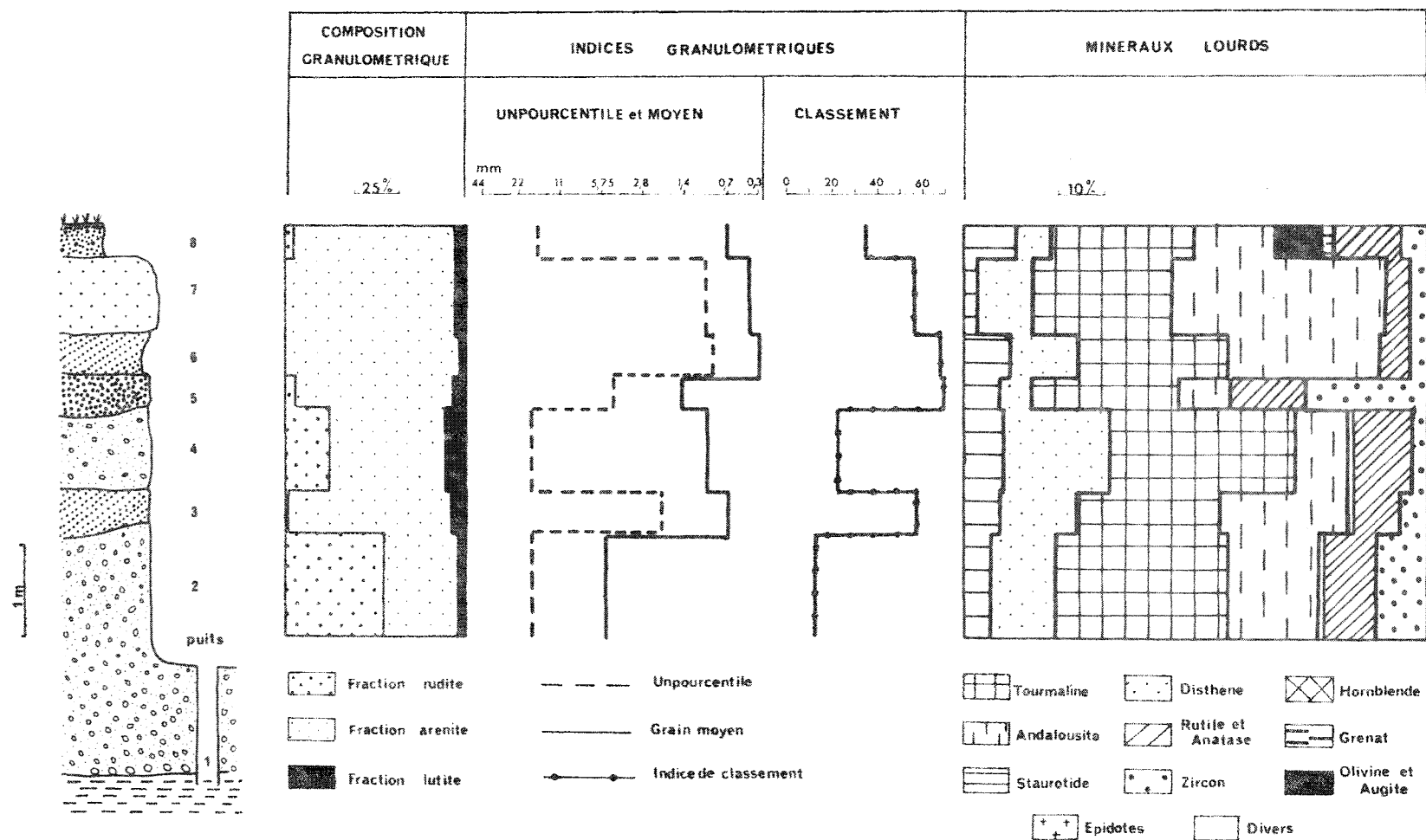


Fig.21. - LE BOIS SIMON : caractéristiques granulométriques et minéraux lourds.

B - EXTENSION ET RAPPORTS MUTUELS DES DIFFERENTES FORMATIONS ETUDIEES AUX ENVIRONS DE LINIERE-BOUTON.

A l'Ouest de Linière-Bouton, les graviers disparaissent sous les alluvions du Lathan pour ne réapparaître ensuite que dans la région de Mouliherne. A l'Est et au Sud, on peut les suivre à l'affleurement dans la forêt de Pont-Ménard et dans l'enclave de la Pellerine où deux petites excavations situées aux lieux dits La Corne et Bel Air (Fig. 17) permettent les mêmes observations qu'au Bois-Simon. Un peu plus à l'Est, les graviers sont masqués par une épaisse couche sableuse superficielle. L'étude d'échantillons de ce niveau prélevés dans la sablière de la Frenellerie ($x = 432$; $y = 275,75$; $z \pm 64$ m) permet de constater que cet horizon sableux est bien classé (I.C = 47) autour d'un grain moyen de 535μ . La fraction sableuse renferme un fort pourcentage de grains ronds mats, associés à des émoussés luisants que l'on rencontre même dans les petites dimensions. L'assemblage des minéraux lourds se compose d'une forte proportion d'olivine et d'augite (45 %), de silicates de métamorphisme (22 %) dont la staurotide est l'élément dominant, de tourmaline (18 %) et de minéraux ubiquistes (zircon et minéraux titanés).

Tous ces caractères sont identiques à ceux des sables superficiels des environs de Jumelles. L'origine du matériel détritique et le type de mise en place de cette couverture sableuse superficielle (qui se poursuit d'ailleurs avec les mêmes caractères dans la partie sud-est de la dépression de Jumelles) seront discutés page 77.

Le tuffeau turonien qui renferme de très nombreux silex branchus, constitue un petit escarpement à l'Est de Linière-Bouton au lieu dit Les Caves mais disparaît au niveau du bourg où affleurent les sables sénoniens (en particulier au niveau de la Canonnière). Cette disparition du Turonien au SW de Linière-Bouton ainsi que la remontée des argiles noires cénomaniennes qui se trouvent sous les graviers dans la ballastière du Bois-Simon sont de nouveaux arguments en faveur de l'existence d'une faille E-W qui constitue la limite nord de la dépression de Jumelles ; cette faille se poursuit d'ailleurs vers l'Est et provoque une remontée des Marnes à Ostracées au milieu du Sénonien visible le long de la route de Breil à Parçay-les-Pins (renseignement du Professeur DENIZOT).

IV. LES SABLES ET GRAVIERS AUX ENVIRONS DE LA CROIX FOUREAU.

A. - LES SABLES ET GRAVIERS DANS LES BALLASTIERES DE LA CROIX FOUREAU.

Les graviers sont activement exploités au lieu dit la Croix Foureau (Fig. 22), les excavations se situent en bordure de la départementale n°79 Longué-Mouliherne en face de la borne du kilomètre 17 (coordonnées $x = 420$; $y = 272$; $z = 37$).

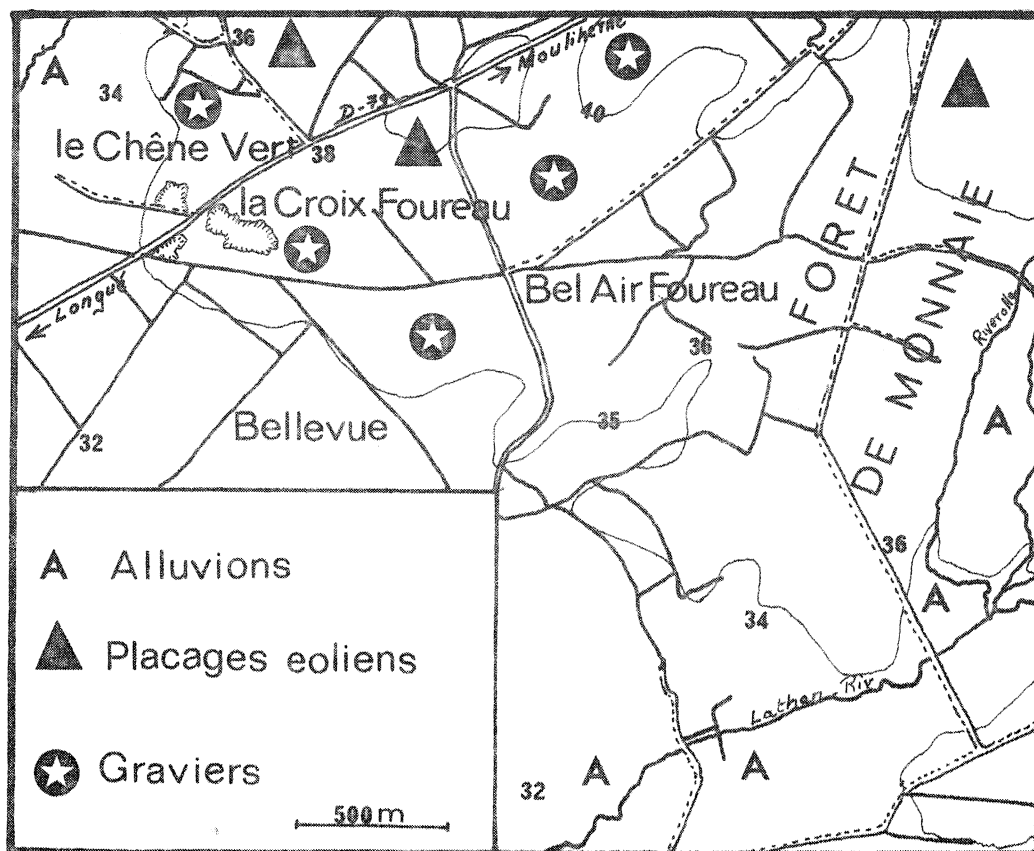


Fig. 22. - Localisation des principaux affleurements aux environs de la Croix-Foureau.

a) Lithologie, position des échantillons étudiés.

La ballastière, autrefois exploitée de façon artisanale, possédait des fronts de taille nets qui permettaient de relever la succession suivante de haut en bas :

- un niveau superficiel hétérogène (Cf 6) qui renferme de nombreux éléments remaniés ; il ravine les graviers sous-jacents et remplit des poches qui peuvent atteindre 1 m de profondeur ; la limite entre ces deux niveaux est souvent imprécise et rend malaisée la distinction entre les dépôts en place et la partie superficielle remaniée.

- 1,20 m de sables et graviers blanchâtres (Cf 5)

- 1,50 m de sables et graviers rougeâtres (Cf 4) à stratification oblique de grande amplitude.

- 0,80 m de sables et graviers blanchâtres à stratification entrecroisée peu développée.

- 0,80 m de sables rougeâtres avec petits graviers (Cf 2). Ce niveau présente un litage interne oblique bien développé de pendage maximum 30° dans une direction N 130° E ; les lits obliques, épais de quelques centimètres, sont généralement granoclassés.

- des sables et graviers argileux jaunâtres (Cf 1) qui affleurent au fond de l'excavation.

Les surfaces de stratifications obliques sont très souvent soulignées par des accumulations de fragments ligniteux.

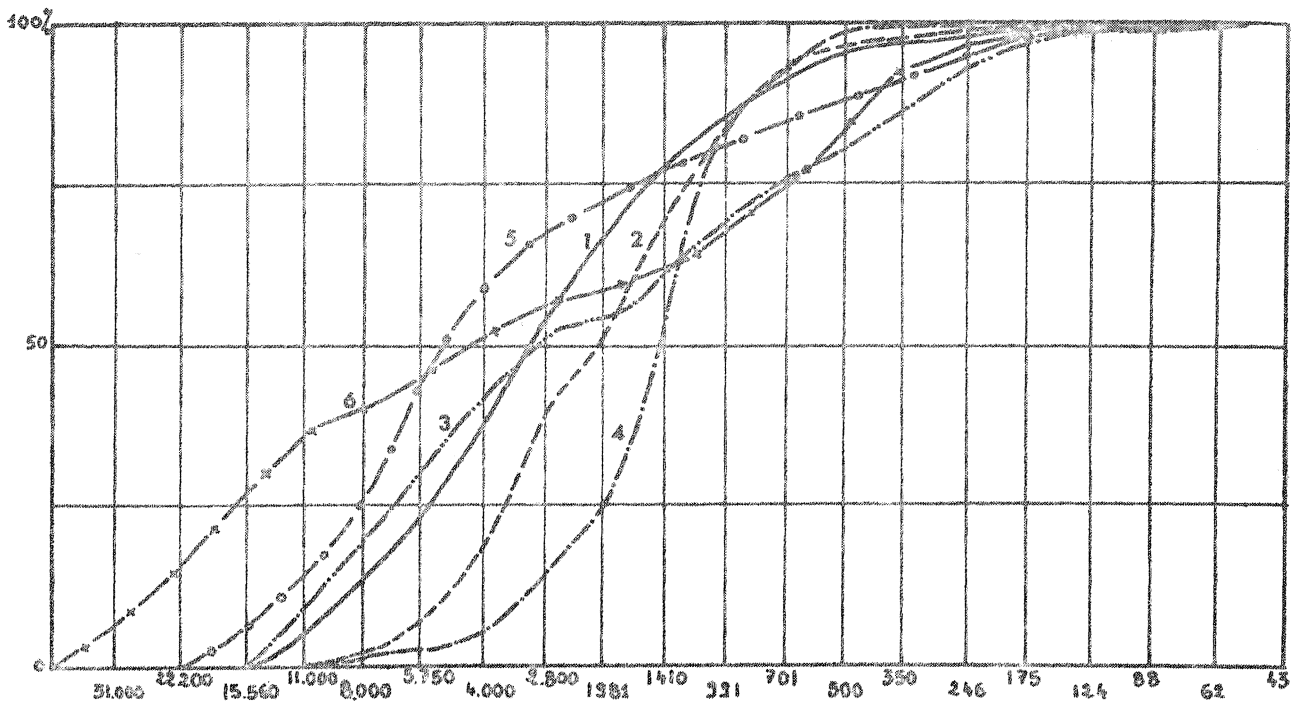


Fig. 23. - LA CROIX FOUREAU : courbes granulométriques cumulatives.

b) Nature pétrographique et composition granulométrique.

Les sables et graviers sont encore presque exclusivement composés par du quartz mais les silex sont moins rares que dans les affleurements précédents ; ils sont très souvent altérés et diffèrent en cela de ceux, beaucoup plus abondants, que l'on rencontre dans la zone superficielle associés à des graviers de quartz, des galets de grès lustrés (grès à ciment d'opale et de calcédoine, grès quartzeux) ainsi qu'à des Spongiaires roulés.

La fraction sableuse emballant les graviers est quartzeuse, légèrement feldspathique dans sa partie fine. Le sable du niveau Cf 6 renferme également des fragments de silex et de rares grains glauconieux.

Les courbes cumulatives (Fig. 23) traduisent une composition granulométrique semblable à celle des sédiments étudiés dans la partie nord de la dépression de Jumelles avec toutefois une augmentation de la taille et du pourcentage des graviers. Le classement est généralement médiocre (exception faite du niveau Cf 4) et se marque dans la partie grossière du sédiment.

Le remaniement de la partie supérieure de l'affleurement provoque l'apparition de galets (augmentation de la valeur du unpourcentile) et un accroissement de la proportion d'éléments fins ; la courbe correspondante (Cf 6) présente plusieurs inflexions marquées en divers points de son tracé qui mettent en évidence le mélange de ces différentes fractions granulométriques.

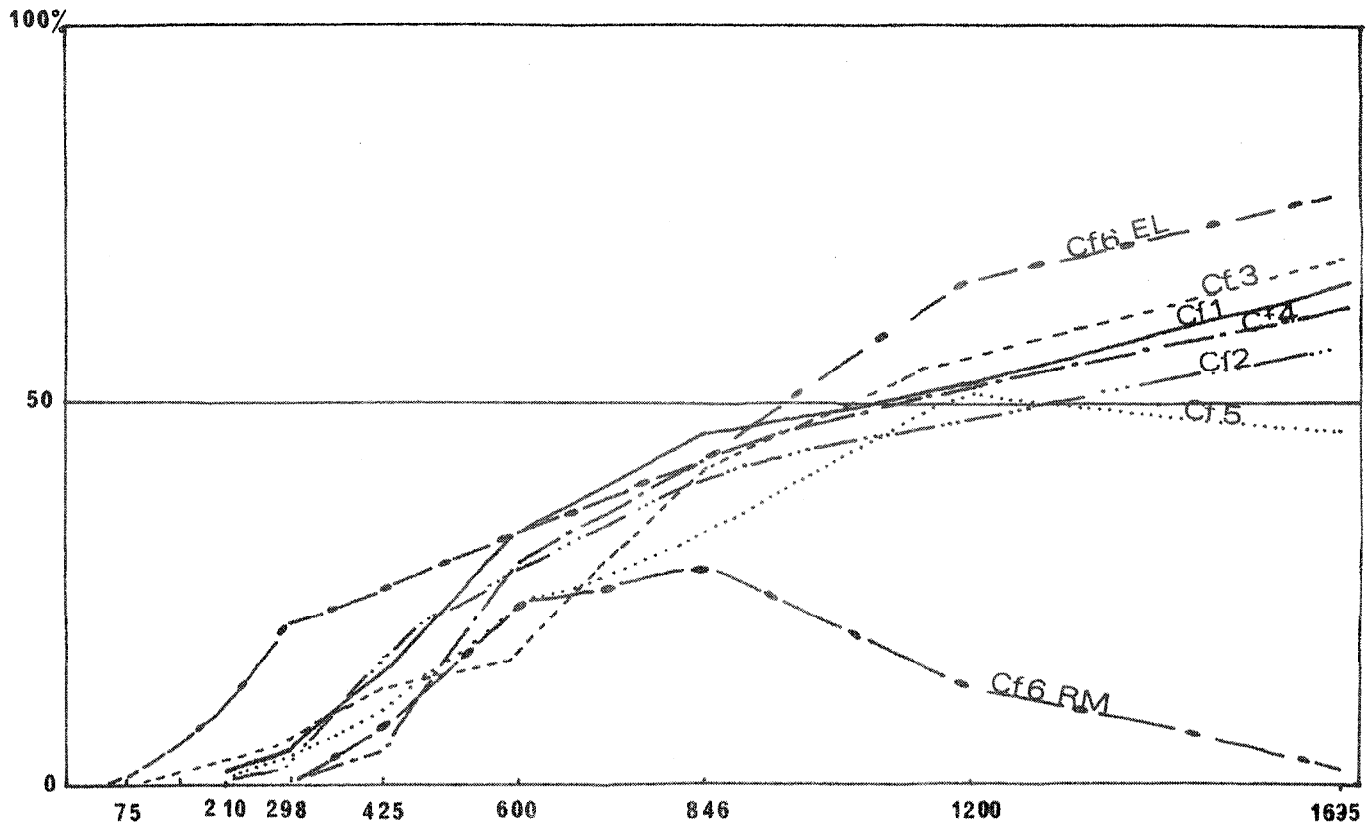


Fig. 24. - LA CROIX FOUREAU : variation du pourcentage des émousés luisants et des ronds mats avec la taille des grains.

c) Morphoscopie des grains de quartz.

Les grains de quartz de la fraction sableuse associée aux graviers (Cf 1 à Cf 5) possèdent des arêtes émousées et luisantes mais cette usure, généralement faible, n'intéresse que les grains les plus gros ; le pourcentage des E. L. (Fig. 24) diminue rapidement vers les petites dimensions.

Dans le niveau superficiel (Cf 6) à ces grains faiblement usés s'ajoutent des quartz bien émousés polis et luisants que l'on rencontre encore dans la fraction sableuse fine ainsi qu'une proportion notable de grains ronds mats dont la fréquence maximale se situe entre 600 et 846 μ.

d) Etude des minéraux lourds.

La figure 25 montre les variations de la composition de l'assemblage des minéraux lourds suivant les niveaux étudiés.

Pour les "sables et graviers" (échantillons Cf 1 à Cf 5), la tourmaline et les silicates de métamorphisme dont l'andalousite est le constituant majeur, représentent la plus grande partie des minéraux transparents ; le reste étant constitué par du zircon et des minéraux titanés (rutilé et anatase).

Les variations, dans les différents niveaux, des pourcentages relatifs des constituants du cortège lourd, sont principalement dues à des teneurs plus ou moins élevées en minéraux dits "ubiquistes" (zircon, rutilé, anatase), les proportions relatives des autres minéraux du cortège variant peu.

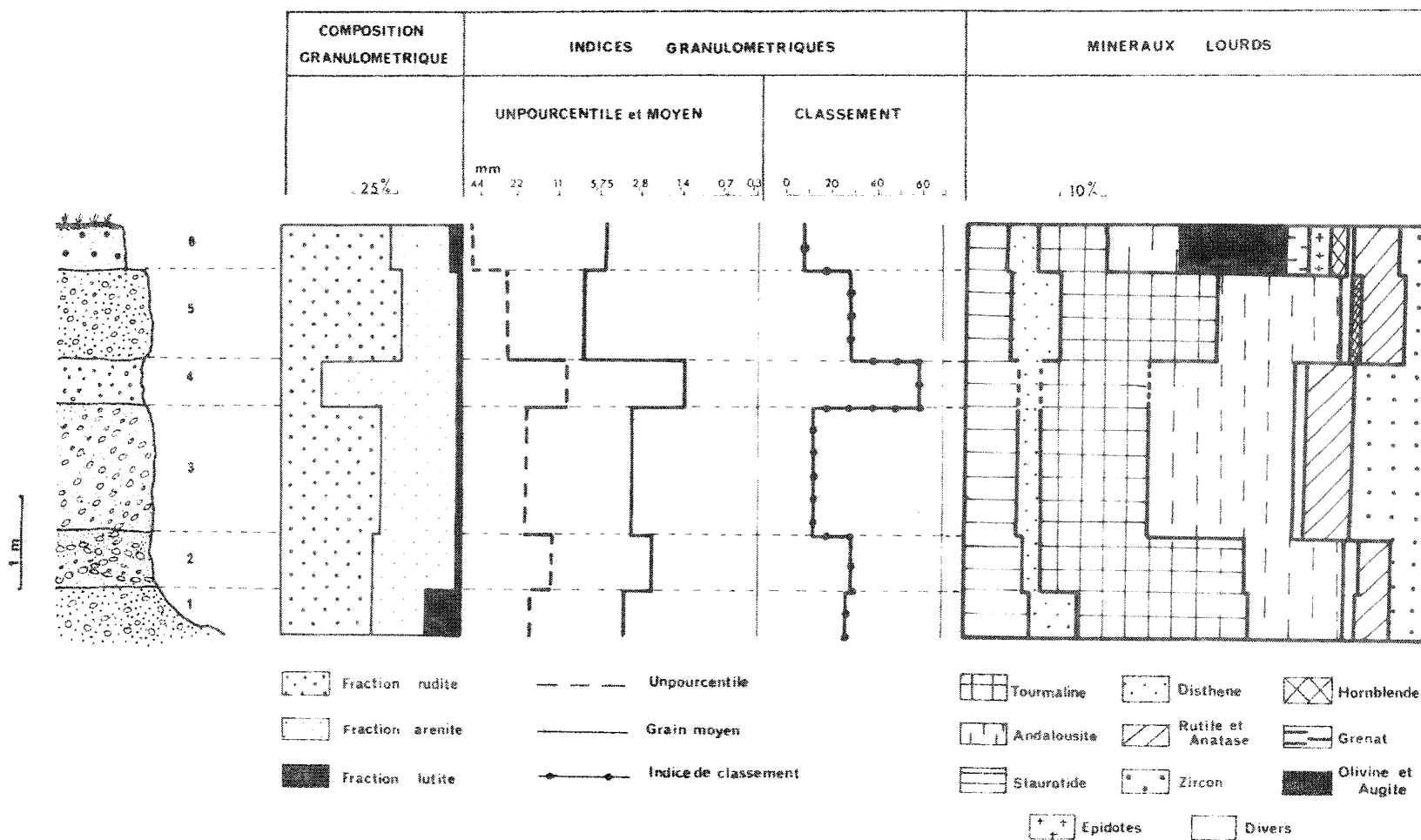


Fig. 25. - LA CROIX FOUREAU : caractéristiques granulométriques et minéraux lourds.

L'apparition dans le niveau superficiel d'une proportion notable d'olivine et d'augite ainsi que du grenat, de l'épidote et de la hornblende le différencie très nettement des sables et graviers sous-jacents. Cette apparition de minéraux nouveaux influe principalement sur les pourcentages relatifs de tourmaline et d'andalousite dont l'importance diminue alors que celui de staurotide ne varie pas. Le matériel détritique, incorporé aux graviers à la suite du remaniement de la partie supérieure de l'affleurement, comprenait donc, outre une forte proportion de pyroxènes monocliniques, de péridots et de grenats, des silicates de métamorphisme dont la staurotide était le constituant principal.

e) Conclusion à l'étude de la ballastière de La Croix Foureau.

L'étude des différents niveaux reconnus dans la ballastière de la Croix Foureau permet de distinguer :

1° - Un niveau graveleux dont la granulométrie, la morphoscopie des grains de quartz de la fraction sableuse et l'assemblage des minéraux lourds sont identiques à ceux des sables et graviers de la partie nord de la dépression de Jumelles.

2° - Un niveau superficiel qui ravine et remanie les graviers sous-jacents en leur incorporant des éléments provenant des assises secondaires et tertiaires. Ce remaniement se marque également dans la partie sableuse par l'apparition de grains ronds mats et de quartz fortement émoussés luisants ainsi que par la présence dans le cortège des minéraux lourds de l'olivine, de l'augite et du grenat.

B - EXTENSION ET RAPPORT MUTUELS DES FORMATIONS ETUDIEES AUX ENVIRONS DE LA CROIX FOUREAU.

Aux environs de la Croix Foureau, il n'a pas été possible de mettre en évidence des relations entre les graviers et des formations de position stratigraphique connue. L'étude de la ballastière a surtout été effectuée pour vérifier la constance des caractères sédimentologiques de la formation graveleuse entre les affleurements des flancs nord et sud de la dépression de Jumelles. Il est en effet impossible, par les seules observations de terrain, de raccorder les différents points d'affleurement des graviers en raison de l'existence d'une couverture végétale dense et de formations superficielles étendues (placages sableux ou alluvions).

Les graviers se retrouvent un peu plus au Sud, sur la rive gauche du Lathan, près de Longué et de Saint-Philbert-du-Peuple.

V. LES SABLES ET GRAVIERS DANS LA PARTIE SUD OUEST DE LA DEPRESSION DE JUMELLES.

Dans la région comprise entre Longué et Saint-Philbert-du-Peuple, les graviers sont visibles :

- près de Longué, dans d'anciennes exploitations situées au lieu dit Perversier.

- à l'Est du bourg de Saint-Philbert-du-Peuple, dans des ballastières actuellement envahies par l'eau, où seule la partie supérieure de l'affleurement peut encore être observée.

Il est à remarquer qu'aux environs de Saint-Philbert-du-Peuple, la cote d'affleurement des graviers est identique à celle des Marnes à Ostracées qui constituent la majeure partie du coteau qui limite au Sud la dépression de Jumelles.

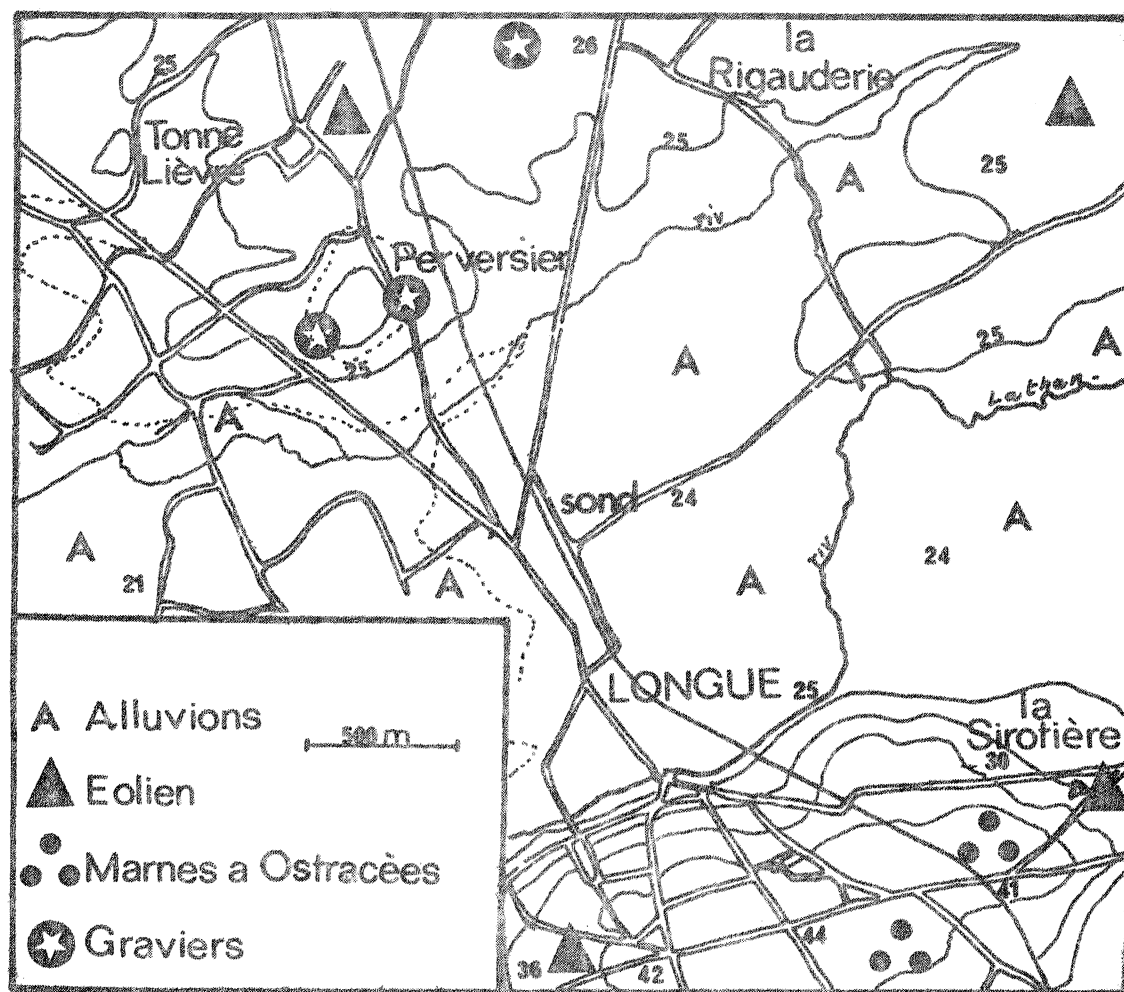


Fig. 26. - Localisation des principaux affleurements aux environs de Longue.

A - LES SABLES ET GRAVIERS AUX ENVIRONS DE LONGUE ; ETUDE DE L'AFFLEUREMENT DE PERVERSIER.

D'anciennes ballastières étagées sur les flancs de la butte de Perversier (Fig. 26) permettent d'observer les graviers sur une épaisseur de 6 à 7 m environ. Une étude de cet affleurement ayant déjà été publiée (J. LOUAIL 1966), je n'en donnerai ici que les caractères essentiels.

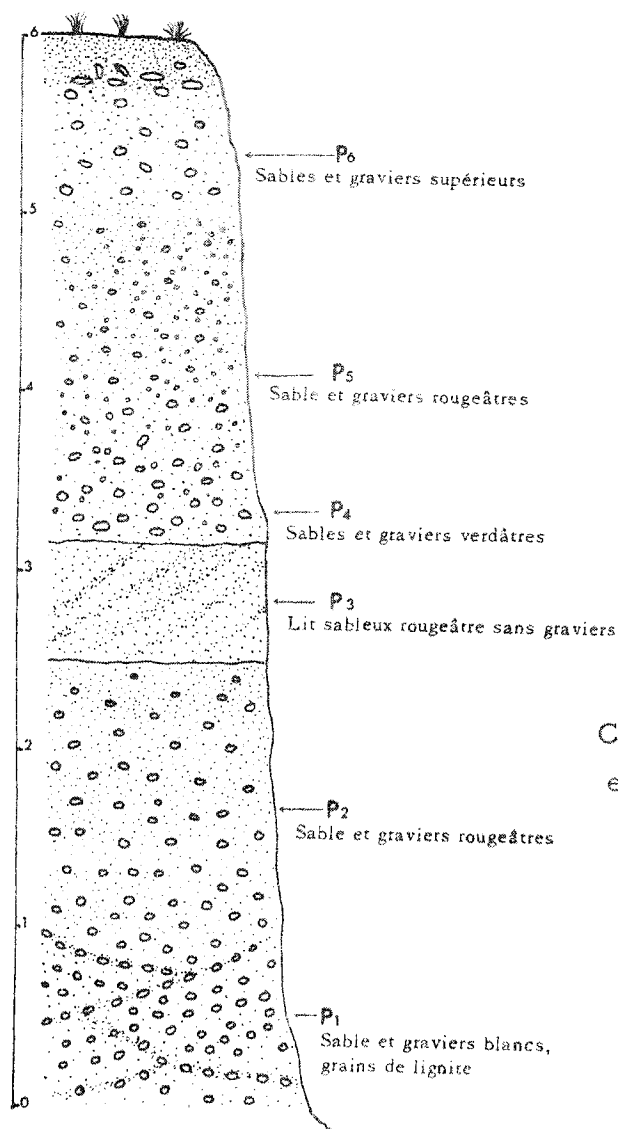


Fig. 27

PERVERSIER

Coupe schématique de l'affleurement
et position des échantillons étudiés

- Le schéma de l'affleurement (Fig. 27) a été établi en tenant compte des observations effectuées sur les fronts de taille de plusieurs exploitations étagées à différents niveaux.

- L'axe des lentilles sableuses et graveleuses du niveau P1 est orienté N 30° E.

- Les graviers représentent en règle générale plus de 50 % de la fraction détritique (sauf pour P1 et P3), ils sont, en majorité, constitués par du quartz laiteux mais comprennent également quelques silex.

La partie sableuse, essentiellement quartzeuse, renferme en outre de rares fragments de phanite et des débris de lignite. L'un des échantillons (P4) a également livré un article silicifié de tige d'encrine, usé, manifestement remanié.

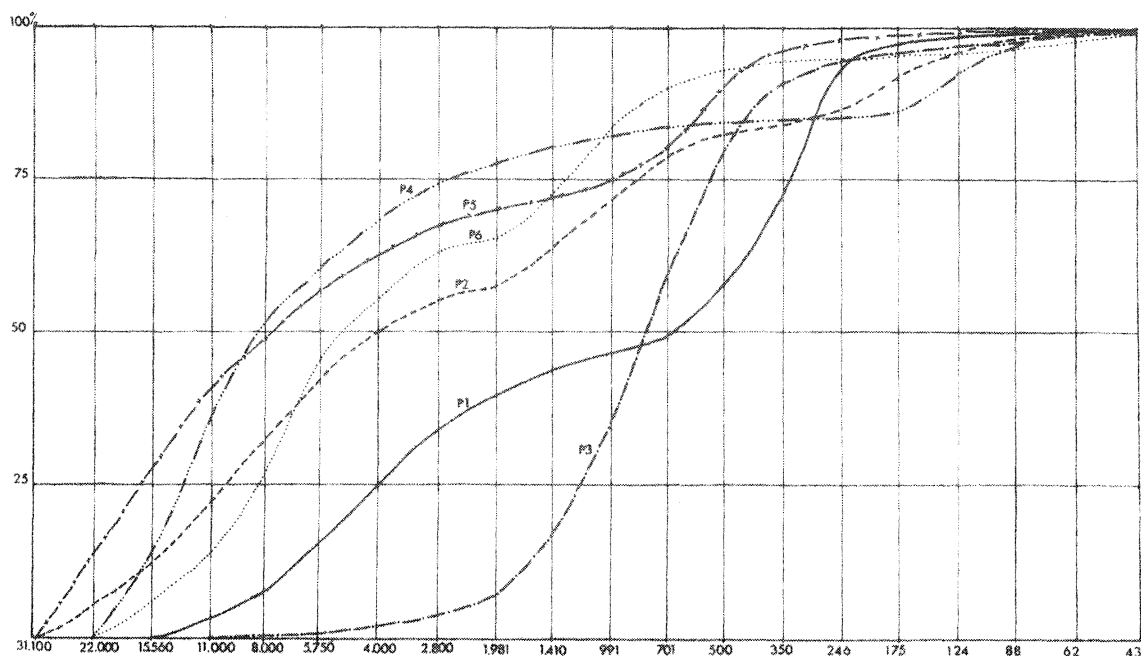


FIG. 28 PERVERSIER : Courbes granulométriques cumulatives.

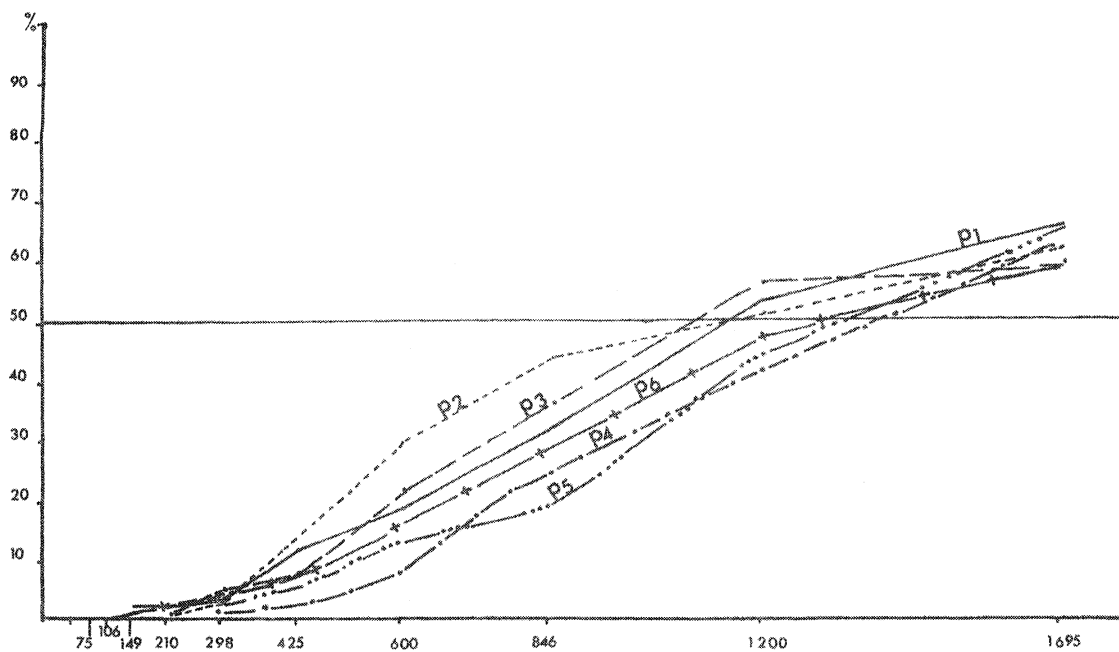


FIG. 29 PERVERSIER : Variation du pourcentage de grains émoussés luisants en fonction de la taille.

- Les courbes granulométriques cumulatives (Fig. 28) montrent l'importance de la fraction détritique supérieure à 2 mm ; le classement est médiocre, exception faite du niveau P3 ; les valeurs du unpourcentile et du grain moyen sont généralement plus élevées que celles des sables et graviers de la partie nord de la dépression de Jumelles.

- L'usure des grains de quartz de la fraction sableuse ne se marque que par une retouche des arêtes des grains, et le pourcentage des émoussés luisants décroît rapidement vers les petites dimensions (Fig. 29).

- Les silicates de métamorphisme, dont l'andalousite est l'élément cardinal, forment avec la tourmaline la majeure partie du cortège des minéraux lourds ; les minéraux ubiquistes (zircon et minéraux titanés) ne représentant jamais plus de 20 % des transparents (Fig. 30).

- Dans le niveau supérieur (P6) apparaît également une faible proportion d'olivine et d'augite et quelques grenats qui provoquent une diminution de la teneur en andalousite et en tourmaline accompagnée d'une augmentation du pourcentage relatif de staurotide. Cette variation confirme les observations faites dans le niveau superficiel de la ballastière de la Croix Foureau.

La composition pétrographique, la granulométrie, la morphoscopie des grains de quartz et le cortège des minéraux lourds des sables et graviers de Perversier sont identiques à ceux des niveaux graveleux précédemment étudiés à la Croix Foureau ou dans la partie nord de la dépression de Jumelles, avec toutefois, augmentation de la taille (valeurs plus élevées du unpourcentile) et du pourcentage des éléments détritiques grossiers.

La présence d'olivine, d'augite et de grenat dans le niveau P6 est l'indice d'un léger remaniement de la partie supérieure de l'affleurement de graviers.

B - EXTENSION DES GRAVIERS DANS LA PARTIE SW DE LA DEPRESSION DE JUMELLES.

La butte de Perversier, située en bordure du val de Loire, est le dernier témoin isolé de la plaine de Jumelles où affleurent les graviers ; plus au SW, le lit majeur du fleuve est colmaté par des alluvions modernes.

Au SE de Perversier, entre Longué et Saint-Philbert-du-Peuple, le coteau crétacé est constitué en majeure partie par les Marnes à Ostracées du Cénomaniens supérieur, le plus souvent masquées par des amas sableux qui, au sud de Longué, ont une morphologie dunaire (DENIZOT légende de la feuille d'Angers ; DION 1934). Un échantillon de cette couverture éolienne a été prélevé dans la sablière de la Sirotière près de Longué (Fig. 26) ; c'est un sable jaunâtre dont les grains, même à l'œil nu, apparaissent nettement ronds. La fraction sableuse représente 95 % du poids de l'échantillon brut ; elle est assez bien classée (I.C. = 47) autour d'un grain moyen de 360 μ . L'étude morphoscopique révèle l'éolisation très marquée (70 % de ronds mats à 710 μ) d'un sable primitivement composé de grains fortement émoussés luisants.

L'assemblage des minéraux lourds comprend une forte proportion d'olivine et d'augite (62 %) associée à des silicates de métamorphisme (14 %) dont la staurotide est l'élément dominant, de la tourmaline, du grenat et des minéraux ubiquistes.

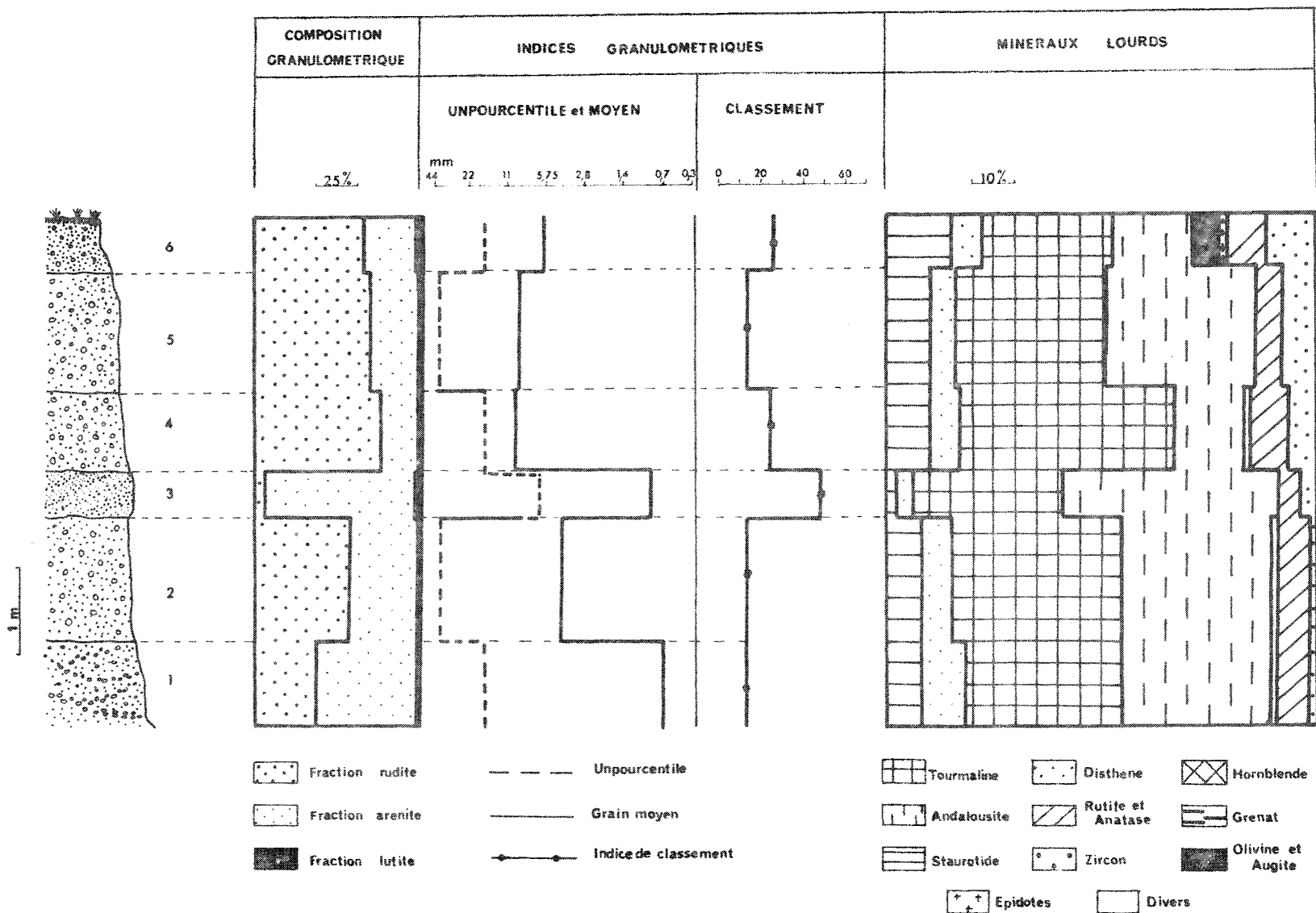


Fig. 30. - PERVERSIER : caractéristiques granulométriques et minéraux lourds.

Ces résultats sont identiques à ceux qui ont été obtenus lors de l'étude de la couverture sableuse superficielle des environs de Jumelles ou de Linière-Bouton.

Aux environs de Longué, cette couverture éolienne masque les graviers qui ne redeviennent visibles que dans les ballastières de Saint-Philbert-du-Peuple ; plus à l'Est, les graviers disparaissent brusquement alors qu'apparaissent à l'affleurement les sables glauconieux du Cénomanién moyen et les Marnes à Ostracées (carte H. T.).

C - ETUDE DES SONDAGES DE LONGUE ; STRUCTURE DU FLANC SUD DE LA DEPRESSION DE JUMELLES.

Trois sondages (S 1, S 2, S 3, Fig. 31) ont été effectués en vue de la recherche d'eau pour la ville de Longué. Implantés au sommet de la butte où affleurent les Marnes à Ostracées, ils ont été arrêtés dans les calcaires jurassiques après avoir traversé toute la série cénomaniénne.

Les trois sondages ont rencontré à une cote voisine de -15 m des calcaires argileux gris identiques, aussi bien par leur aspect à l'œil nu que par leurs caractères pétrographiques, aux marno-calcaires oxfordiens reconnus aux environs de Jumelles (p. 14). Ils renferment en outre le même assemblage de coccolithes, en particulier le Stéphanolithien bigotti Deflandre, que les marnocalcaires de Jumelles. Cette similitude permet de rapporter ce niveau à l'Oxfordien.

Un mince niveau argileux gris, dont la fraction phylliteuse se compose de montmorillonite dominante associée à de la kaolinite et à des micas, s'intercale entre le Jurassique et les premiers dépôts crétacés. L'existence de ce niveau argileux, déjà signalée dans la région de Jumelles, doit être soulignée bien que son interprétation et son rattachement à l'une ou l'autre des formations ne puissent être précisés dans l'état actuel de ce travail.

La série crétacée débute avec des sables et des graviers qui, dans les sondages S 1 et S 2, ont le même faciès et la même composition pétrographique que les "sables et graviers de Jumelles". Il faut toutefois noter la présence à ce niveau de rognons pyriteux assez volumineux que l'on ne rencontre pas dans les graviers qui affleurent dans la dépression de Jumelles. Cette disparition s'explique aisément par la décomposition rapide des pyrites en milieu oxydant et bien drainé, conditions réalisées dans les affleurements graveleux.

L'épaisseur du niveau graveleux n'est pas constante, il atteint cinq à six mètres dans les sondages S 1 et S 2, mais dans le sondage S 3 (le plus au Sud), il se réduit à un mètre environ de sable grossier (Fig. 30). L'état de conservation des échantillons prélevés dans ce niveau n'a pas permis une étude sédimentologique de ces graviers (granulométrie, morphoscopie, minéraux lourds) des pollutions étant intervenues lors du stockage ou du prélèvement des échantillons.

Ces graviers sont surmontés par une formation argileuse ; les argiles, sapropéliennes à la base deviennent plus claires et plus sableuses vers le sommet. Les courbes d'analyse thermique différentielle d'échantillons de ce niveau (Fig. 32 - Lg 47 - Lg 43) présentent les mêmes accidents aux mêmes températures. Un premier phénomène endothermique débute à 100°C, un second crochet s'amorce à 500°C et une réaction exothermique se produit vers 900°C. L'étude aux rayons X permet de reconnaître pour les deux échantillons le même assemblage de minéraux argileux : montmorillonite dominante, kaolinite et

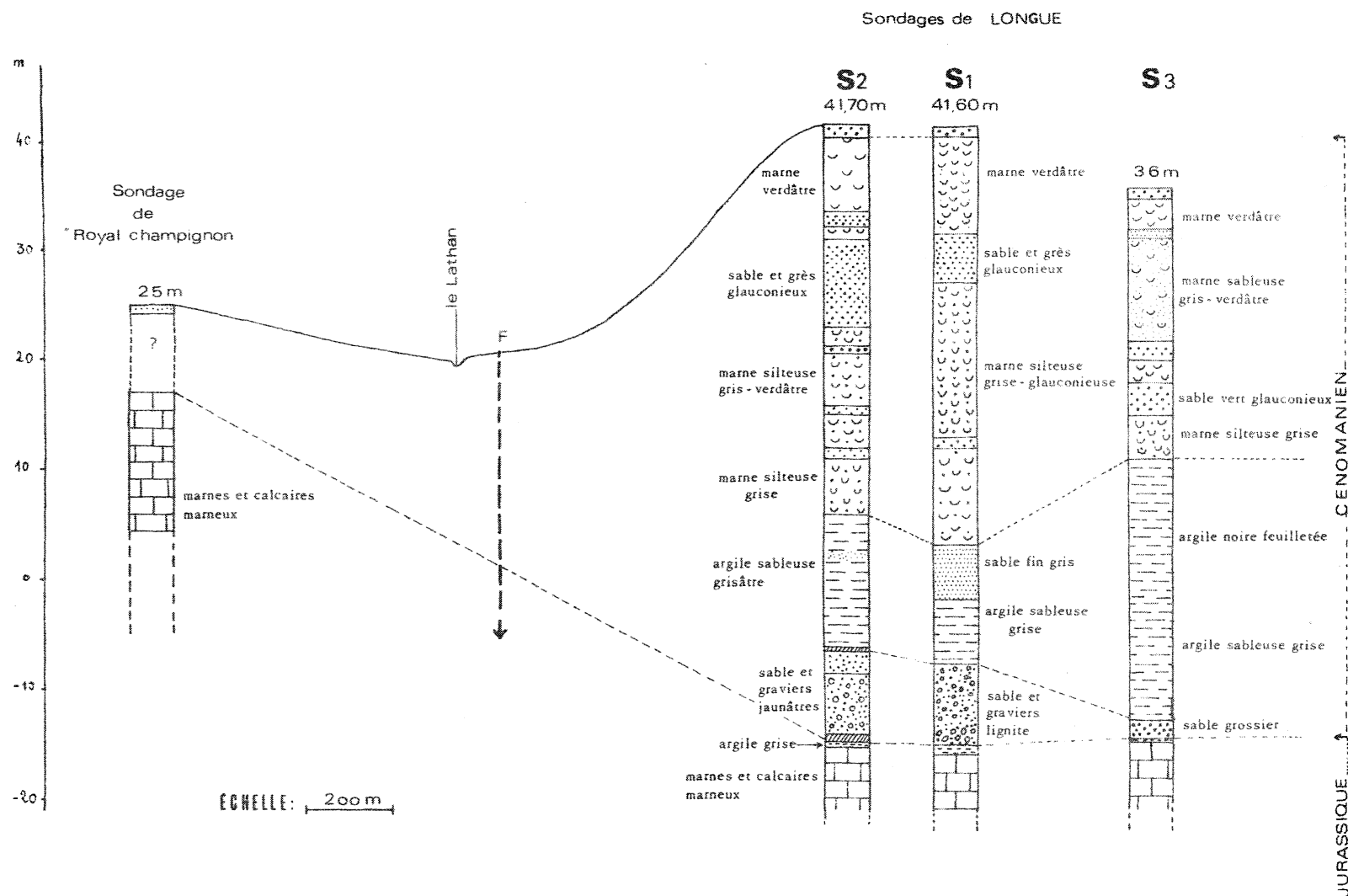


FIG. 31 Coupe des sondages de la région de Longué

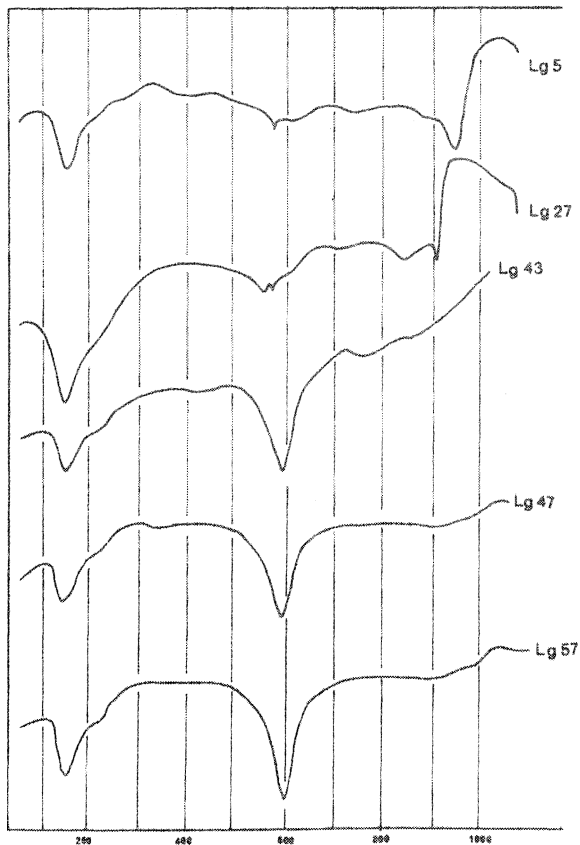


Fig. 32

Sondage de Longué

Courbes d'analyse
thermique différentielle

micas. L'absence à ce niveau de glauconie et de calcaire doit être soulignée. Cette formation argileuse de la base du crétacé peut aisément être parallélisée avec celle qui est exploitée aux Fresneaux en Mouliherne (page 25) et qui présente les mêmes caractères tant du point de vue de la composition minéralogique que du point de vue faciès (présence de pyrite et de matière organique).

Cette formation argileuse passe progressivement, par intercalation de petits niveaux sablo-glauconieux et apparition de calcaire, à une succession de lits sableux glauconieux et de niveaux marneux noirs fossilifères. Les courbes d'analyse thermique différentielle d'échantillons argileux de cette zone (Lg 5 et Lg 27), outre un crochet de basse température et une indentation à 560°C correspondant à l'existence de quartz, présentent un accident endothermique à 950°C suivi d'une réaction exothermique. Après décarbonatation, l'étude aux rayons X de la fraction phylliteuse donne un diagramme de montmorillonite associée à une petite quantité d'illite ; la kaolinite ayant alors disparu de l'assemblage des minéraux argileux.

La proportion de calcaire, présent sous forme figurée (coccolithes, fragments coquilliers), s'accroît vers le sommet pour atteindre 70 % du poids de la roche dans le niveau des Marnes à Ostracées.

En résumé : L'étude des sondages de Longué a permis de mettre en évidence l'existence d'un horizon graveleux semblable aux sables et graviers de Jumelles à la base de série crétacée. Ce niveau de sables et graviers repose sur des calcaires identiques aux marno-calcaires oxfordiens rencontrés sous les graviers aux environs de Jumelles ; il est surmonté par une formation argileuse qui a pu être parallélisée avec celle qui est exploitée aux Fresneaux en Mouliherne. Le passage de ces argiles aux formations sabloglauconieuses et mar-

neuses cénomaniennes qui les surmontent, s'effectue de façon progressive.

Structure du flanc sud de la dépression de Jumelles.

La surface jurassique se relève considérablement au Nord de Longué (Fig. 31) ; un sondage, implanté dans la vallée du Lathan à 1 km au N de Longué (Fig. 26) a rencontré les marnocalcaires oxfordiens à + 17 m, ce qui donne une différence de niveau de + 32 m par rapport aux sondages précédents.

Un relèvement encore plus sensible se marque près de Saint-Philbert-du-Peuple, à l'Est de Longué, où un puits foré en un point coté 40 m par le nivellement général de la France a rencontré le Jurassique sous quatre à cinq mètres de graviers environ, alors que les Marnes à Ostracées (Cénomalien supérieur) affleurent, légèrement plus au Sud, à l'intérieur de la ligne des 40 m. Cette structure du toit du Jurassique aux environs de Longué ne peut s'expliquer que par la présence d'une faille responsable du soulèvement d'un compartiment nord. La limite d'extension du gravier dans la partie méridionale de la dépression de Jumelles paraît donc être d'origine tectonique.

Des soulèvements semblables de la table calcaire jurassique provoqués par des failles NW-SE, ont été mis en évidence au Sud de Longué dans la vallée de la Loire (F. OTTMANN - Y. ALIX - JC et O. LIMASSET - 1968).

VI. CONCLUSION A L'ETUDE DE LA PARTIE OCCIDENTALE DE LA DEPRESSION DE JUMELLES.

A - CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES DES SABLES ET GRAVIERS DE JUMELLES.

a) Caractères lithologiques.

Le mode de stratification des sables et graviers de Jumelles est variable suivant les affleurements ; ils peuvent ainsi correspondre :

- à des dépôts grossiers, mal stratifiés, généralement localisés à la base de la formation.
- à des formations sablo-graveleuses à stratification oblique bien développée, en séries parallèles. Les feuillets à l'intérieur des séries sont parallèles ou confluent.
- à des zones "complexes" formées par la juxtaposition de lentilles sableuses, graveleuses ou argileuses, souvent limitées par des surfaces d'érosion soulignées par des alignements de galets ou de débris ligniteux.

Ce type de stratification a été décrit à diverses reprises dans des formations alluviales récentes ou anciennes et une synthèse de ces observations est donnée par STRAKHOV (1957). Il semble particulièrement fréquent dans les dépôts de lit où les courants sont forts et relativement uniformes.

b) Caractères pétrographiques et granulométriques.

L'une des caractéristiques principales des sables et graviers de Jumelles tient de leur nature presque exclusivement quartzeuse.

Aux graviers de quartz laiteux, d'origine filonienne, se mêlent de rares éléments de silex et de grès quartzite blanc. L'un des affleurements a en outre livré un galet d'amphibolite dont la présence semble exceptionnelle mais qui donne de précieuses indications sur l'origine du matériel détritique.

Le sable qui emballe les graviers et forme parfois des lits ou des lentilles uniquement sableux, est également quartzeux, très légèrement feldspathique dans sa fraction fine.

Les lentilles argilo-sableuses qui sont parfois interstratifiées dans la formation graveleuse proviennent d'une séparation des éléments fins au moment du dépôt. Les minéraux phylliteux qu'elles renferment, montmorillonite et kaolinite associés à une proportion moindre de micas, sont d'origine détritique (page 14).

Du point de vue granulométrique, les sédiments étudiés sont fortement hétérométriques, ils renferment une fraction graveleuse qui représente en moyenne 50 % du poids des échantillons bruts.

L'existence dans le dépôt de plusieurs stocks granulométriques est marquée par les inflexions importantes des courbes cumulatives ; cette répartition plurimodale entraîne un mauvais classement du sédiment.

Cette composition granulométrique, correspondant à des dépôts fortement hétérométriques et à une répartition plurimodale marquée, décrite de nombreuses fois en milieu fluvial (TWHENHOFEL 1962 ; STRAKHOV 1957 ; BERTHOIS 1959) est également celle des cailloutis quaternaires des fonds de la Manche et de la mer du Nord dont la mise en place par des fleuves a été démontrée (BERTHOIS 1957, BOILLOT 1964).

Dans son interprétation de la granulométrie des "sédiments grossiers" de la Mer du Nord et de la Mer d'Irlande, BERTHOIS (1957) fait remarquer qu'il est impossible de concevoir des conditions hydrodynamiques permettant le dépôt, par un seul et même courant de sédiments s'étendant sur une gamme dimensionnelle étendue ; il envisage une mise en place en deux temps :

- la fraction grossière du sédiment s'est déposée la première à un moment où il existait un courant suffisamment rapide pour s'opposer au dépôt de la fraction fine.

- à la faveur du courant plus faible qui s'est instauré par la suite, les sédiments plus fins ont plus ou moins complètement enrobé ou même recouvert totalement la fraction grossière préalablement déposée (BERTHOIS 1957, page 513).

Dans le cas des sédiments étudiés ici, il ne semble pas nécessaire de disjoindre aussi nettement les processus de mise en place des éléments fins et grossiers pour expliquer ce type de répartition granulométrique. Nous avons vu, lors des observations lithologiques, que dans les unités à stratification oblique bien développées, chaque feuillet frontal était granoclassé avec graviers à la base et sable au sommet ; cette distribution granulométrique paraît d'ailleurs générale à l'intérieur des séries obliques (STRAKHOV 1957, T 2, p. 352). Dans les niveaux à stratification "massive", il est encore parfois possible de distinguer par place des restes de lits élémentaires, seulement visibles lorsque le granoclassement est conservé. Le mélange des fractions grossières et fines résulte donc de deux actions dynamiques extrêmement proches dans le temps.

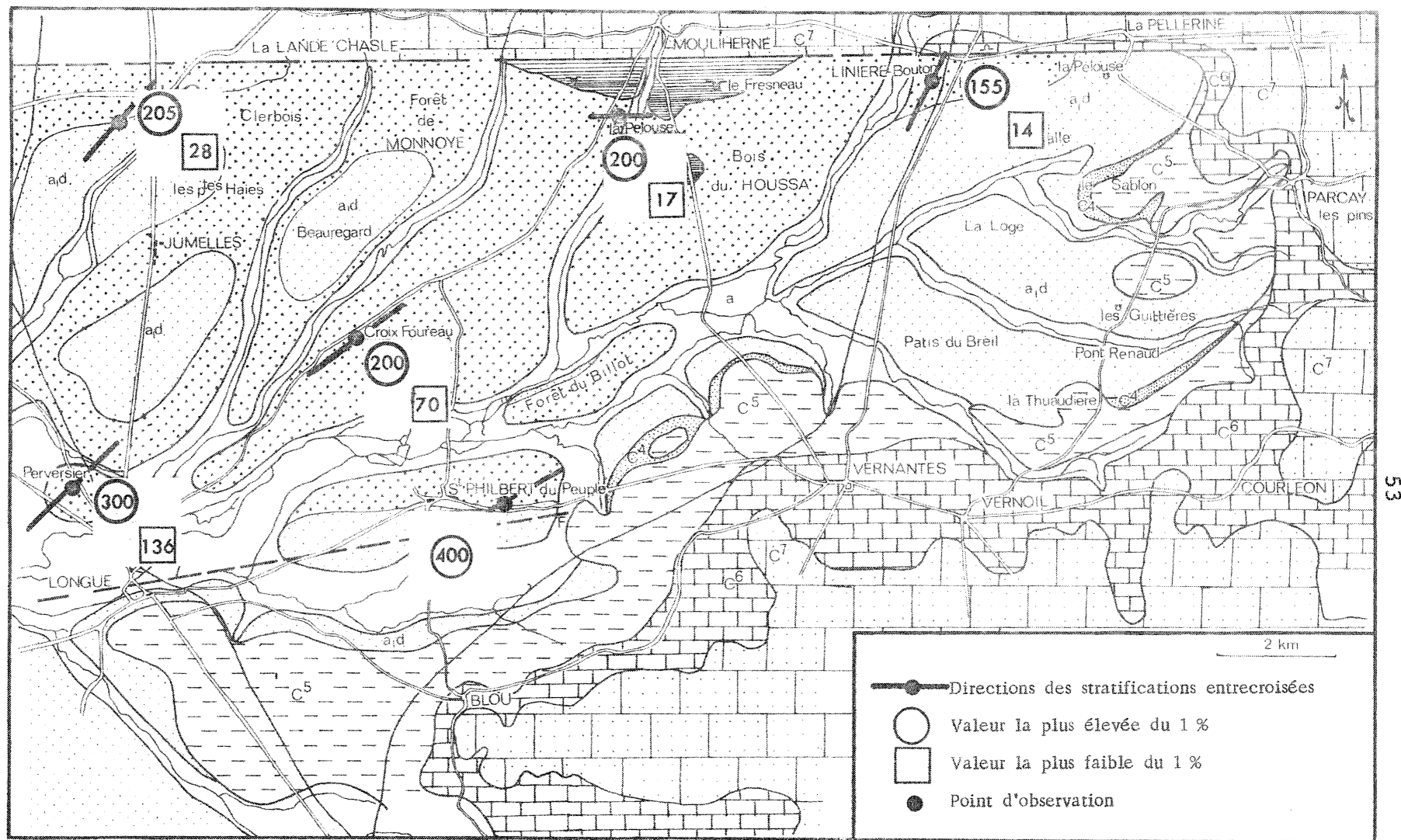


Fig. 33. - Variation latérale de la valeur du unpourcentile dans les "sables et graviers de Jumelles

Le prélèvement des échantillons, même dans les zones apparemment homogènes, va affecter plusieurs unités obliques résultant d'actions hydrodynamiques successives qui se marqueront sur la courbe. Dans ces conditions, les corrélations granulométriques de niveau à niveau deviennent aléatoires.

Les variations latérales de certains indices granulométriques paraissent plus intéressantes. Les valeurs du unpourcentile du niveau le plus grossier et du niveau le plus fin d'un affleurement donné, décroissent de l'WSW à l'ENE et cette direction correspond à l'orientation des stratifications obliques (Fig. 39). Le unpourcentile étant une représentation de la compétence maximale de l'agent de transport (PASSEGA 1957), il y a diminution de la compétence dans une direction WSW-ENE qui doit correspondre à la direction générale de l'apport.

c) Morphoscopie des grains de quartz.

L'étude de la morphoscopie des grains de quartz permet de retrouver le même type d'usure dans tous les échantillons :

- l'usure, peu intense, ne se marque que par une retouche des arêtes des grains qui demeurent sub anguleux.
- le pourcentage de grains émoussés luisants décroît rapidement et régulièrement vers les petites dimensions.
- l'usure demeure uniforme à l'intérieur d'une fraction granulométrique donnée ; on ne rencontre jamais de grains très usés (remaniés d'assises sédimentaires antérieures) près de grains peu ou pas usés.

La morphoscopie des grains de quartz de la fraction sableuse des "sables et graviers de Jumelles" semble donc résulter du transport par l'eau d'un matériel détritique neuf et exclut la possibilité d'un remaniement d'assises mésocrétacées dont les grains sont fortement usés, parfaitement polis et luisants. La faible proportion de grains émoussés luisants dans les petites dimensions est incompatible avec toute action marine prolongée (A. CAILLEUX 1943). Les courbes morphoscopiques traduisent plutôt une usure de type fluviale et contrastent d'ailleurs fortement avec celles des sables marins cénomaniens.

d) Minéraux lourds.

Les pourcentages relatifs des espèces minérales qui composent l'assemblage des minéraux lourds varient légèrement suivant les échantillons mais lorsque l'on calcule la composition moyenne du cortège par affleurement (les pourcentages sont alors établis d'après la somme des minéraux comptés dans les différents niveaux), la similitude des résultats obtenus devient alors frappante (Fig. 34) :

- la teneur en tourmaline, toujours très élevée, est remarquablement constante.
- l'andalousite est l'élément dominant du groupe des silicates de métamorphisme qui comprend en outre des staurotides et des disthènes en proportions à peu près équivalentes.
- l'importance de l'assemblage zircon + minéraux titanés varie suivant les échantillons mais en moyenne reste inférieur à 20 %.

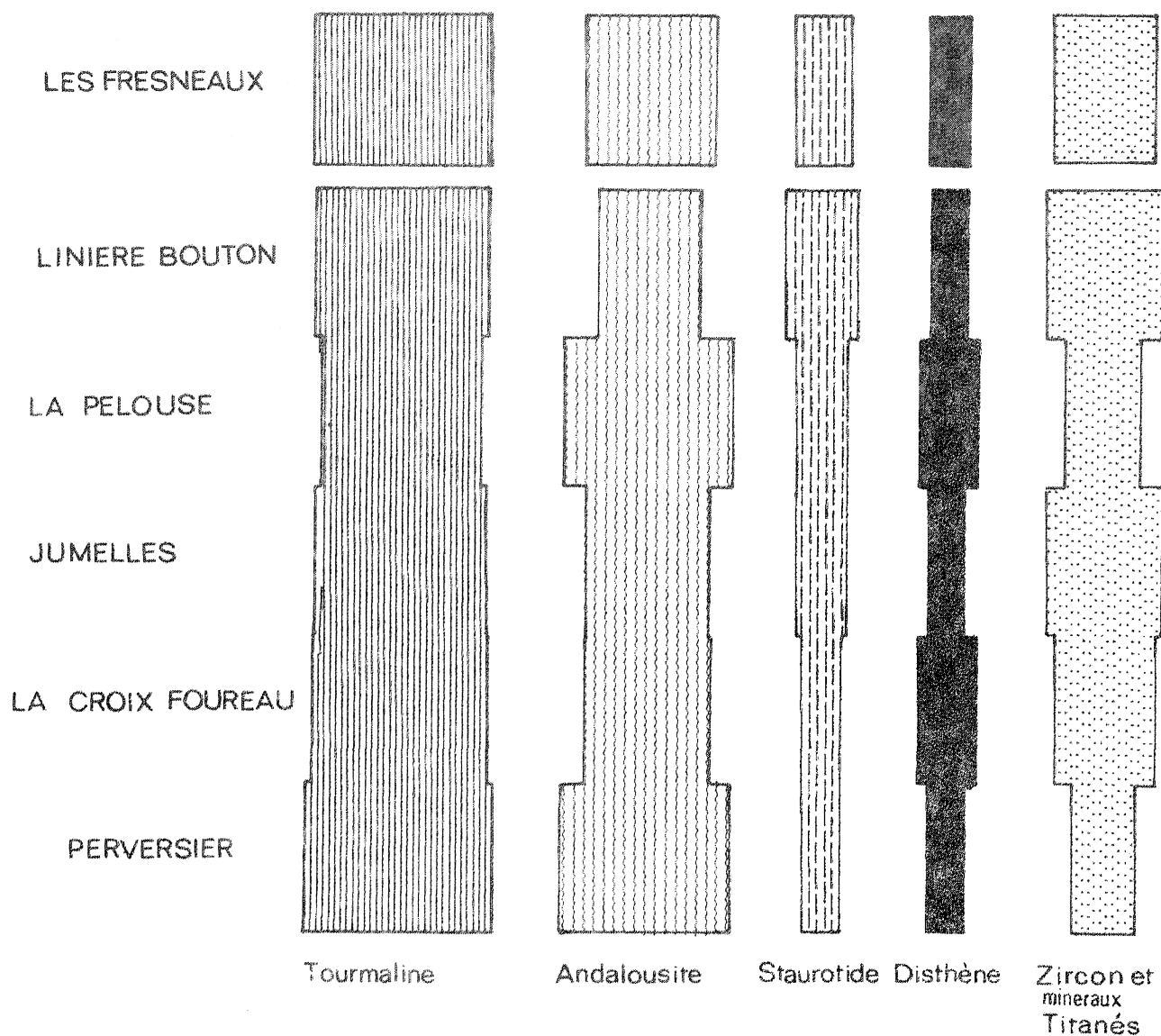


Fig. 34. - Variation de la composition du cortège des minéraux lourds dans les "sables et graviers de Jumelles".

Cette uniformité de la composition de l'assemblage des minéraux lourds dans les sables et graviers de Jumelles est un argument supplémentaire à la réunion des différents affleurements étudiés à l'intérieur d'une même formation, le matériel détritique semblant avoir partout la même origine.

En résumé : L'analyse sédimentologique des sables et graviers de la partie occidentale de la dépression de Jumelles permet de montrer que la nature pétrographique, la granulométrie, la morphoscopie des grains de quartz et les minéraux lourds de ces graviers sont semblables dans les divers affleurements étudiés. Ces affleurements graveleux appartiennent à une même formation, les "sables et graviers de Jumelles".

En outre, les caractéristiques sédimentologiques des "sables et graviers de Jumelles" font penser à une origine fluviatile du dépôt.

B - LA COUVERTURE SABLEUSE SUPERFICIELLE.

Dans la couverture sableuse superficielle, peuvent être distingués deux types de formations :

1) des placages sableux ne contenant que très peu d'éléments grossiers. La fraction sableuse généralement bien classée autour d'un grain moyen de faible dimension, renferme une forte proportion de grains ronds mats ainsi que des quartz bien usés, polis et luisants qui sont encore présents dans la partie sableuse fine. Le cortège des minéraux lourds se compose de tourmaline, de silicates de métamorphisme dont la staurotide est l'élément dominant, de minéraux ubiquistes (zircon, oxydes de titane) mais contient également l'assemblage augite + olivine et des grenats.

2) des horizons sablo-graveleux superficiels qui renferment, outre d'assez nombreux graviers de quartz, des éléments remaniés des assises secondaires et tertiaires de la périphérie de la dépression de Jumelles. L'étude de la morphoscopie des grains de quartz de la fraction sableuse et des minéraux lourds montre également l'existence à ce niveau de grains ronds mats, de l'olivine, de l'augite et du grenat.

En résumé : La couverture superficielle est caractérisée :

- Par la présence d'une quantité notable de grains ronds mats dans la fraction sableuse.
- Par l'existence parmi les minéraux lourds de l'assemblage olivine + augite ainsi que du grenat.

C - STRUCTURE DE LA PARTIE OCCIDENTALE DE LA DEPRES- SION DE JUMELLES.

Les observations de terrain ainsi que l'examen des cotes du toit de diverses formations secondaires rencontrées en forages montrent l'existence d'une faille E.W qui correspond à la limite nord de la dépression de Jumelles.

Cette faille est responsable de la remontée de la surface jurassique dans la région de Jumelles où les graviers reposent directement sur des marno-calcaires qui ont pu être datés de l'Oxfordien. Elle provoque également la disparition du Turonien entre Mouliherne et Linière-Bouton où des argiles noires, que la carte géologique rapporte au niveau des Marnes à Ostracées (Cénomaniens supérieurs) paraissent directement en contact avec le Sénonien.

Autour de Mouliherne et de Linière-Bouton, les sables et graviers de Jumelles sont associés à des argiles noires et grises cénomaniennes. Cette formation argileuse renferme des lentilles sablo-graveleuse présentant tous les caractères des sables et graviers de Jumelles. La succession :

- Argile noire et grise cénomaniennne avec lentilles détritiques grossières.
- Sables et graviers de Jumelles.

Qui paraît possible dans la région de Mouliherne se retrouve également en sondage sur le flanc sud de la dépression de Jumelles aux environs de Longué. Ces forages ont en effet rencontré, à la base de la série cénomaniennne, sur les mar-no-calcaires oxfordiens, un horizon graveleux surmonté par des argiles feuilletées noires et grises; superposition identique à celle existant près de Mouliherne.

L'étude des cotes du toit du Jurassique aux environs de Longué permet de mettre en évidence l'existence d'un système de failles dont la direction est difficile à établir de façon précise (vraisemblablement WSW-ENE). Ces failles sont responsables d'une remontée considérable des assises oxfordiennes ; au Nord de la butte de Longué, dans la dépression de Jumelles, et au Sud dans la vallée de la Loire.

CHAPITRE II

ETUDE DE LA PARTIE ORIENTALE DE LA DEPRESSION
DE JUMELLESIntroduction :

La région comprise entre La Pellerine, Parçay-les-Pins, Vernail et Vernantes est encore nettement déprimée par rapport au plateau crétacé et tertiaire dans lequel elle est entaillée, mais son altitude, comprise entre 50 et 70 m, est bien supérieure à celle de la plaine de Jumelles. Les "sables et graviers de Jumelles" n'y affleurent plus ; le niveau alluvial, rapporté sur la carte géologique aux basses terrasses de la Loire (a₁^b) est une couverture presque continue de sables gris sans gravier.

I. ETUDE DES SABLES VERTS DE LA BASE DE LA BUTTE
DES SABLONS.

L'échantillon étudié a été prélevé dans une excavation temporaire creusée à la base de la butte des Sablons (Fig. 35) dans un niveau de sable vert glauconieux, fossilifère, situé en-dessous du niveau des Marnes à Ostracées, qui correspond donc aux "sables glauconieux" (C 4) du Cénomanién moyen.

La fraction granulométrique supérieure à 2 mm est très réduite (3%), elle se compose de granules de quartz hyalins et de fragments coquilliers très souvent silicifiés.

La phase sableuse, quartzeuse et glauconieuse, légèrement feldspathique, est assez bien classée autour d'un grain moyen de 701 microns. La courbe cumulative et l'histogramme en coordonnées polaires montrent la présence de deux maximums, très marqués pour les dimensions 846 et 149 μ traduisant ainsi la juxtaposition dans le sédiment de deux stocks granulométriques.

Les grains de quartz de la fraction sableuse sont fortement usés, parfaitement polis et luisants ; le pourcentage des EL est élevé et à peu près constant au-dessus de 600 microns, il décroît ensuite vers les petites dimensions mais reste encore notable dans la partie fine du sédiment. A la taille de 600 μ , près de 50 % des grains sont encore usés.

Les silicates de métamorphisme (46 %) représentent avec la tourmaline (30 %) la majeure partie de l'assemblage des minéraux lourds qui comprend, en outre, une assez forte proportion de zircon (18 %).

Il est important de noter que dans le groupe des silicates de métamorphisme, le pourcentage de staurotide est supérieur à celui de l'andalousite.

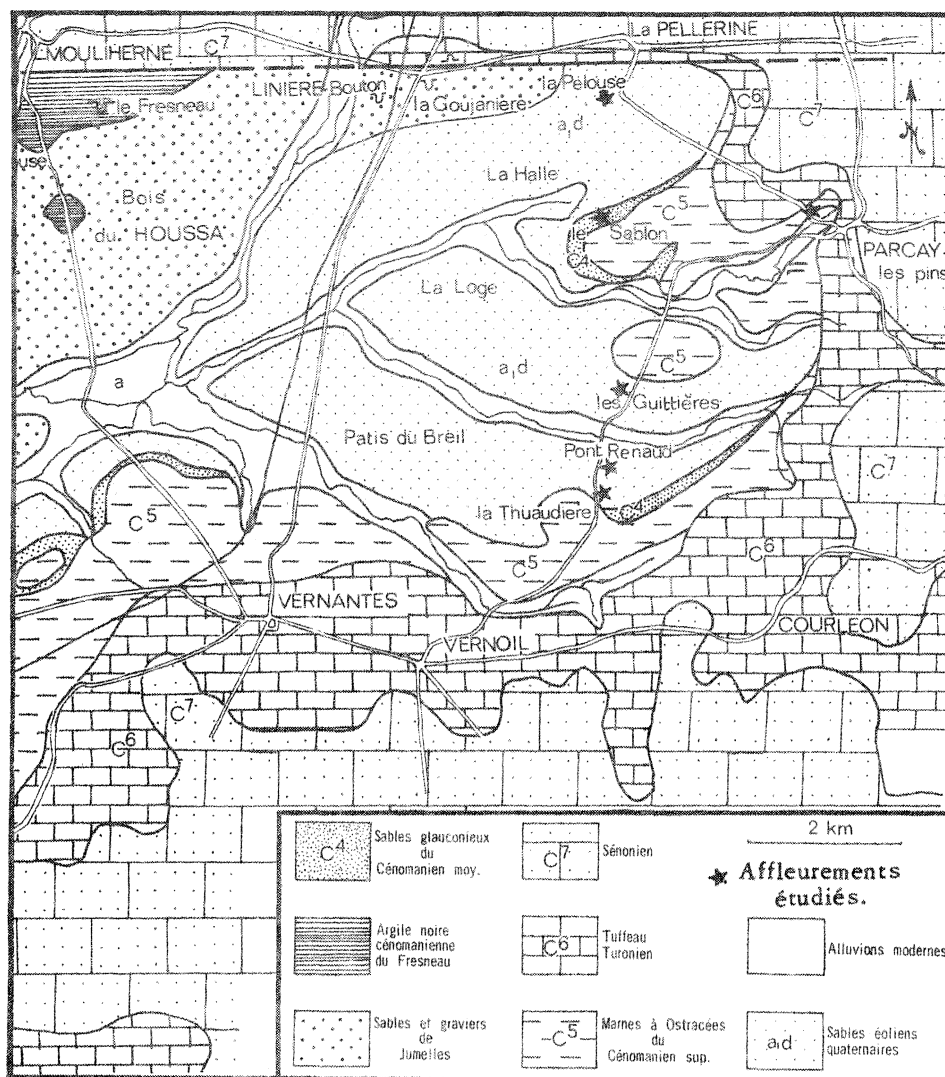


Fig. 35. - Localisation des affleurements étudiés entre Vernouil et Parçay-les-Pins.

II. ETUDE DES SABLES GLAUCONIEUX DU CENOMANIEN MOYEN DANS LE SONDAGE DE PARCAY-LES-PINS.

Un sondage récent, implanté près de Parçay-les-Pins ($x = 435,38$; $y = 273,29$; $z = 73$ m) dans la zone d'affleurement des Marnes à Ostracées, a traversé toute la série des sables glauconieux du Cénomaniien moyen et a été arrêté à -54,50 m. dans des argiles grises sapropéliennes identiques à celles qui affleurent aux Fresneaux en Mouliherne.

Dans tous les échantillons étudiés (Fig. 36) à une partie sableuse toujours prépondérante s'ajoute une proportion variable d'éléments fins (silt et argile) ainsi qu'une fraction carbonatée dont l'importance croît vers le sommet pour

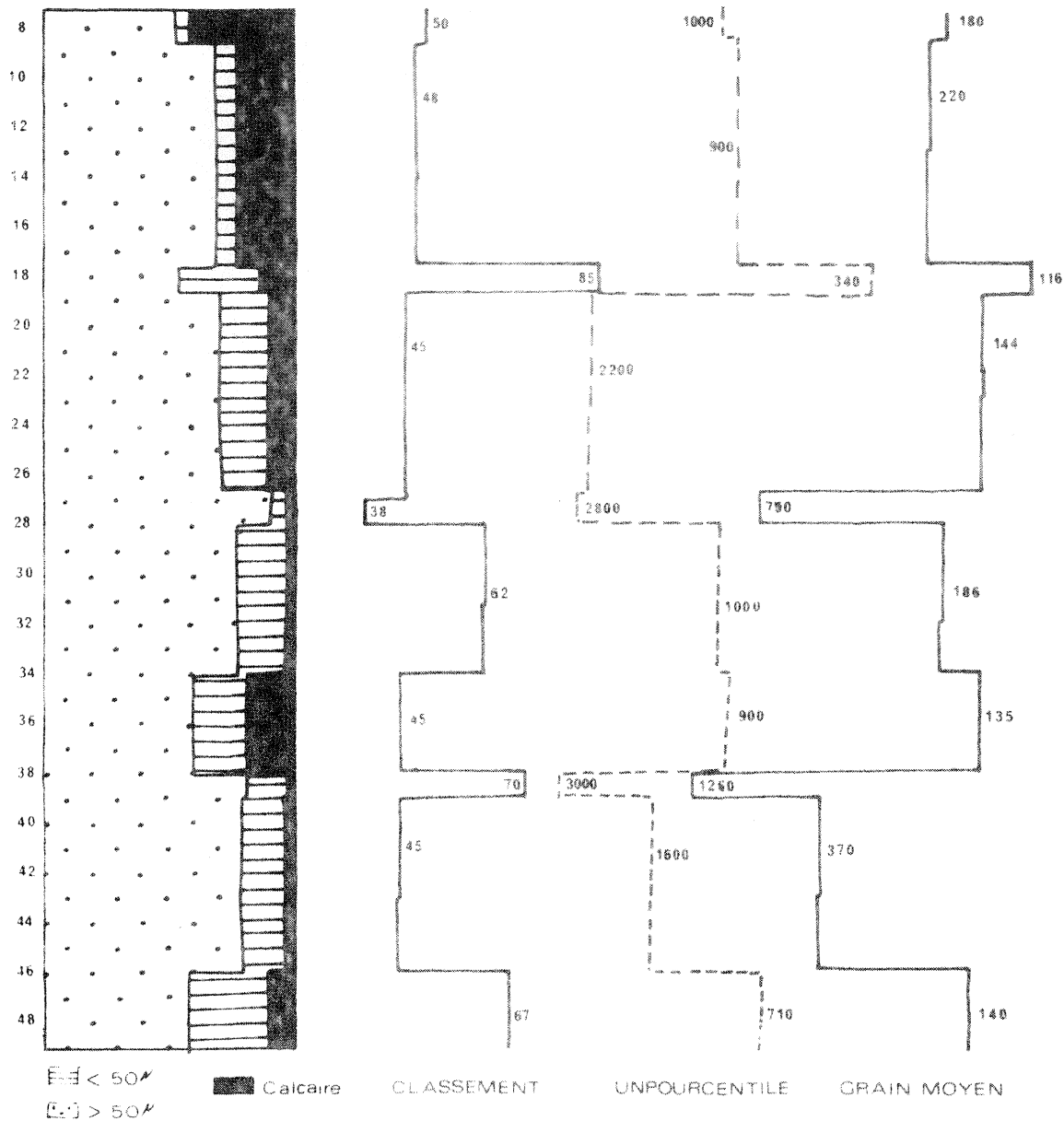


Fig. 36. - Composition granulométrique et indices caractéristiques des "sables glauconieux" du sondage de Parçay-les-Pins.

dévenir le constituant majeur des Marnes à Ostracées dans lesquelles elle représente 60 à 70 % du sédiment.

Les valeurs des indices granulométriques caractéristiques sont assez fluctuantes ; le classement, en général assez bon (I.C. 45), se marque principalement dans la fraction sableuse fine, exception faite de quelques récurrences plus grossières très bien classées.

Les grains de quartz de la fraction sableuse sont fortement usés, polis et luisants et le pourcentage des émoussés luisants demeure notable dans les petites dimensions.

La tourmaline et des silicates de métamorphisme (staurotide, andalousite et disthène) forment la plus grande part du cortège des minéraux lourds qui comprend en outre une proportion variable de zircon et de minéraux titanés.

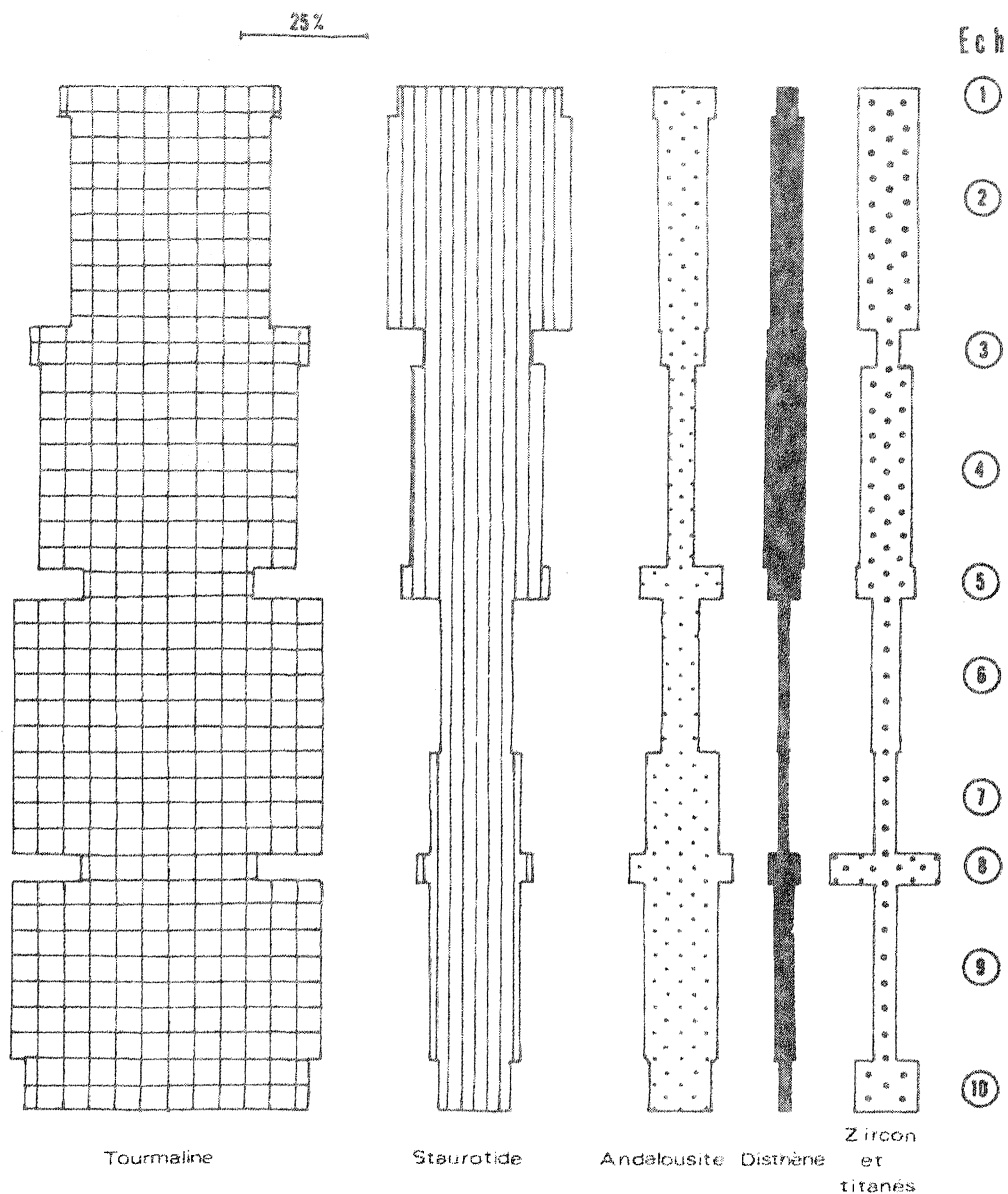


Fig. 37. - PARCAY-LES-PINS : minéraux lourds des "sables glauconieux".

Dans le groupe des silicates de métamorphisme, le pourcentage de disthène, toujours faible, est très fluctuant. Par contre, une évolution se marque dans les proportions respectives de staurotide et d'andalousite ; en quantités sensiblement égales à la base, le pourcentage de staurotide croît progressivement vers le sommet où il devient nettement supérieur à celui d'andalousite (Fig. 37). Cet accroissement de la teneur relative en staurotide se fait aux dépens de la tourmaline qui devient moins abondante dans les niveaux supérieurs.

L'existence de micas noirs et de micas blancs dans les niveaux sableux fins doit être soulignée ; en effet, si la présence de micas noirs dans les niveaux sableux du Cénomanién moyen a déjà été signalée (LECOINTRE 1914), ils présentent ici toutes les étapes de "glauconitisation" décrite par CALLIHER (1935) dans les sédiments récents de la côte californienne et par CAROZZI (1951) dans les sédiments crétacés des Chaines Subalpines et du Jura. Il est alors possible de retrouver toutes les étapes conduisant du mica intact au grain glauconieux à texture cryptocristalline. En outre, les lits sablo-glauconieux plus grossiers renferment tous les types morphologiques de "pellets" récemment décrits (TRIPLEHORN 1966 et 1967 ; KONTA 1967).

En résumé : Le niveau des "sables glauconieux du Cénomanién moyen" (C 4) est constitué par une succession de lits sablo-glauconieux plus ou moins riches en argile et en calcaire. La proportion de carbonate de calcium croît de la base vers le sommet de la série pour devenir le constituant essentiel des Marnes à Ostracées qui surmontent la série sableuse.

- les grains de quartz de la fraction sableuse sont fortement émoussés luisants.

- l'assemblage des minéraux lourds se compose d'une forte proportion de tourmaline, de silicates de métamorphisme dont la staurotide est l'élément dominant, de zircon et de minéraux titanés.

III. ETUDE DES AFFLEUREMENTS SABLEUX LE LONG DE LA ROUTE DE Vernoil à Parçay-Les-Pins.

A - L'affleurement de la Saulaie.

Les prélèvements ont été effectués au lieu dit la Saulaie, au pied de la butte de la Thuaudière (Fig. 35), l'un en surface (S 2), l'autre à -130 cm par forage à la tarière (S 1).

Le sable gris jaunâtre en surface, se charge d'argile en profondeur et devient alors verdâtre (36 % de silt et d'argile pour S 1) ; mise à part cette différence dans la teneur en éléments fins, les caractéristiques granulométriques des deux échantillons sont très voisines. Les courbes cumulatives (S 1 et S 2, Fig. 38) reflètent la juxtaposition de deux stocks granulométriques avec prépondérance de la fraction sableuse fine. Le sédiment est bien classé autour d'un grain moyen de petite dimension.

L'étude de la morphoscopie des grains de quartz de la fraction sableuse permet de reconnaître :

- des grains bien usés parfaitement polis et luisants dont le pourcentage demeure élevé dans la fraction sableuse fine.
- des grains ronds mats, abondants au-dessus de 500 μ ; la courbe correspondante (Fig. 39) présente un maximum bien marqué pour la dimension moyenne de 846 μ .

On trouve tous les intermédiaires entre émoussés luisants et ronds mats ; en particulier, certains grains possèdent des arêtes dépolies alors que leurs faces sont encore luisantes. L'action éolienne responsable du façonnement des ronds mats a donc modifié l'aspect de grains primitivement émoussés luisants.

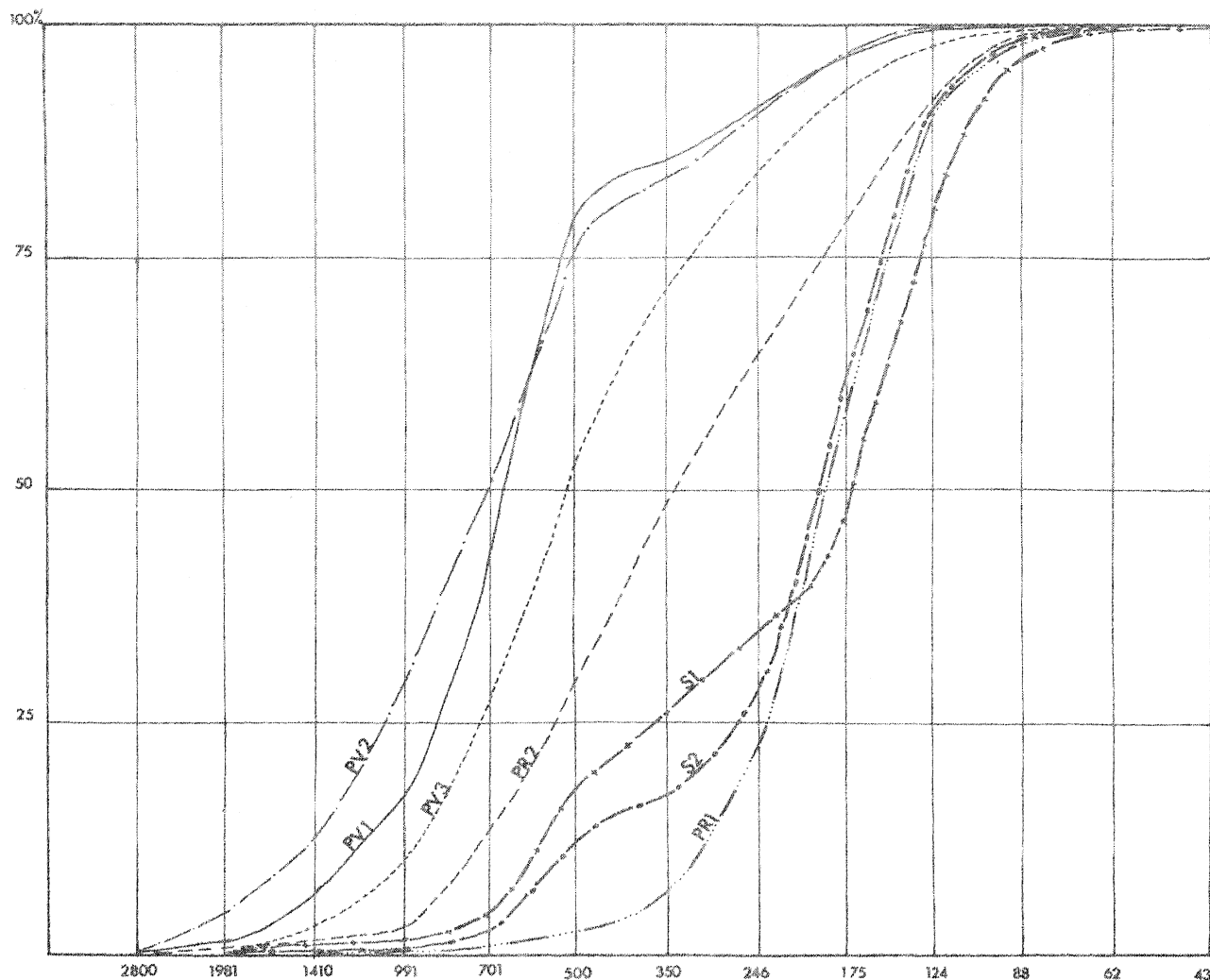


Fig. 38. - Courbes granulométriques cumulatives des échantillons prélevés entre Parçay-les-Pins et Vernuil.

Dans le cortège des minéraux lourds, à une forte proportion de tourmaline et de silicates de métamorphisme dont la staurotide est le constituant principal s'ajoute l'assemblage augite, olivine, grenats, déjà signalé dans les sables superficiels de la partie occidentale de la dépression de Jumelles.

B - LES SABLES DE PONT-RENAUD.

Les échantillons étudiés ont été prélevés au lieu dit Pont-Renaud, hameau situé à 1 km au Nord de la Saulaie, l'un dans le talus de la route (Pr 2), l'autre à -150 cm par forage à la tarière (Pr 1).

Comme à la Saulaie, le sable gris jaunâtre en surface devient vert et légèrement plus argileux en profondeur mais cette variation s'accom-

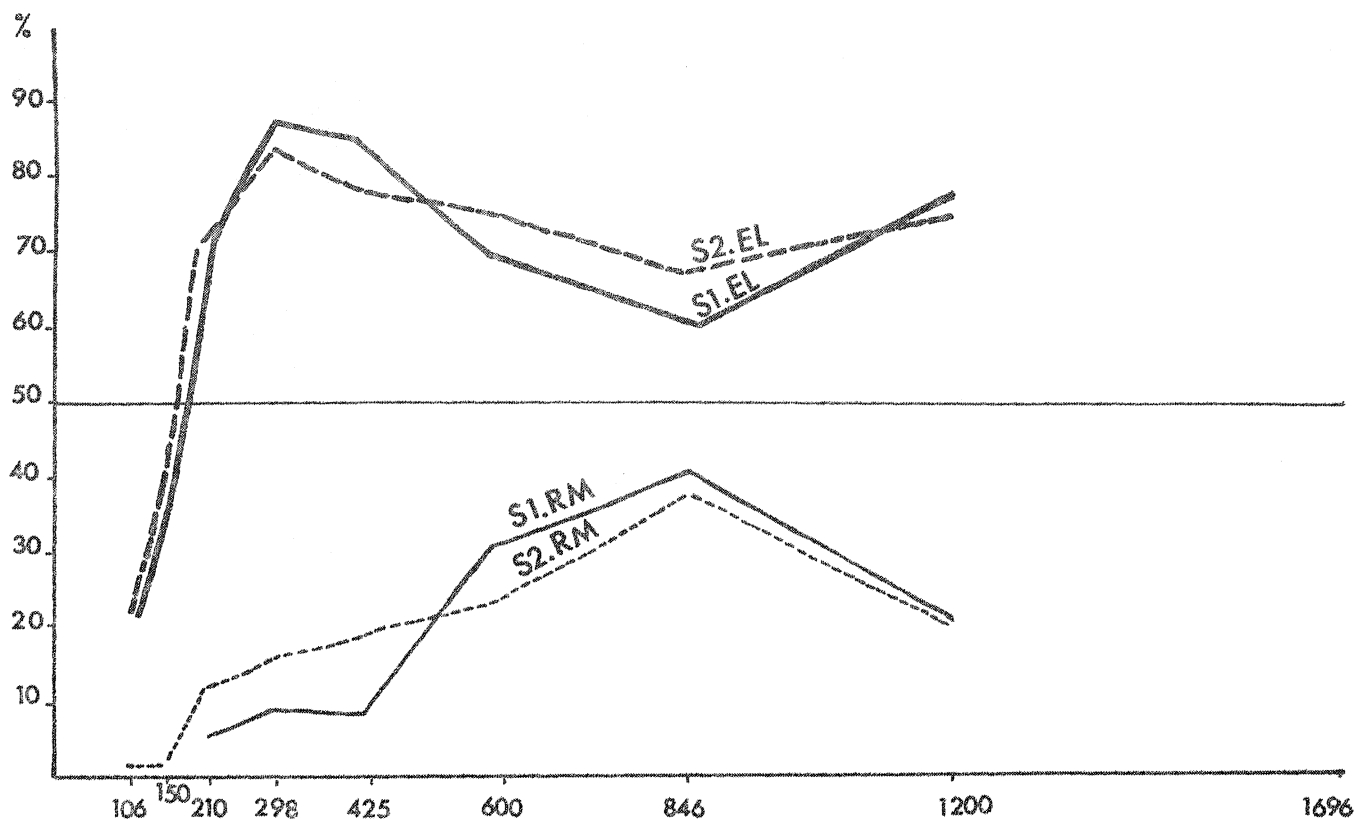


Fig. 39. - LA SAULAIE : variation du pourcentage des émoussés luisants (EL) et des ronds mats (RM) avec la taille des grains.

pagne ici d'une différenciation très nette des caractéristiques morphoscopiques et minéralogiques des deux échantillons.

En effet, le type d'usure des grains de quartz (Fig. 40) et la composition du cortège des minéraux lourds du niveau supérieur (Pr 2, Fig. 41) sont identiques à ceux des sables de la Saulaie et permettent aisément de paralléliser ces deux affleurements. Par contre, l'horizon sableux vert dans lequel a été prélevé l'échantillon Pr 2 ne contient plus qu'une très faible proportion de grains ronds mats (qui semblent d'ailleurs provenir d'une pollution au moment des prélèvements) et le cortège des minéraux lourds se compose de tourmaline dominante, de silicates de métamorphisme dont la staurotide est l'élément cardinal ainsi que d'une faible proportion de zircon et de minéraux titanés (rutile et anatase). Ses caractères sont donc semblables à ceux des sables glauconieux du C 4 étudiés dans le sondage de Parçay-les-Pins ou aux Sablons. Cette analogie permet de le rapporter au Cénomaniens moyen, ce qui concorde avec sa position topographique au-dessous du niveau des Marnes à Ostracées du Cénomaniens supérieur qui affleurent au sommet de la butte de la Thuaudière.

C - LES AFFLEUREMENTS DU BOIS DES GUITTIERES.

Les échantillons étudiés proviennent d'une sablière située dans le bois des Guittières (Fig. 35) ; elle entaille des sables gris jaunâtres devenant

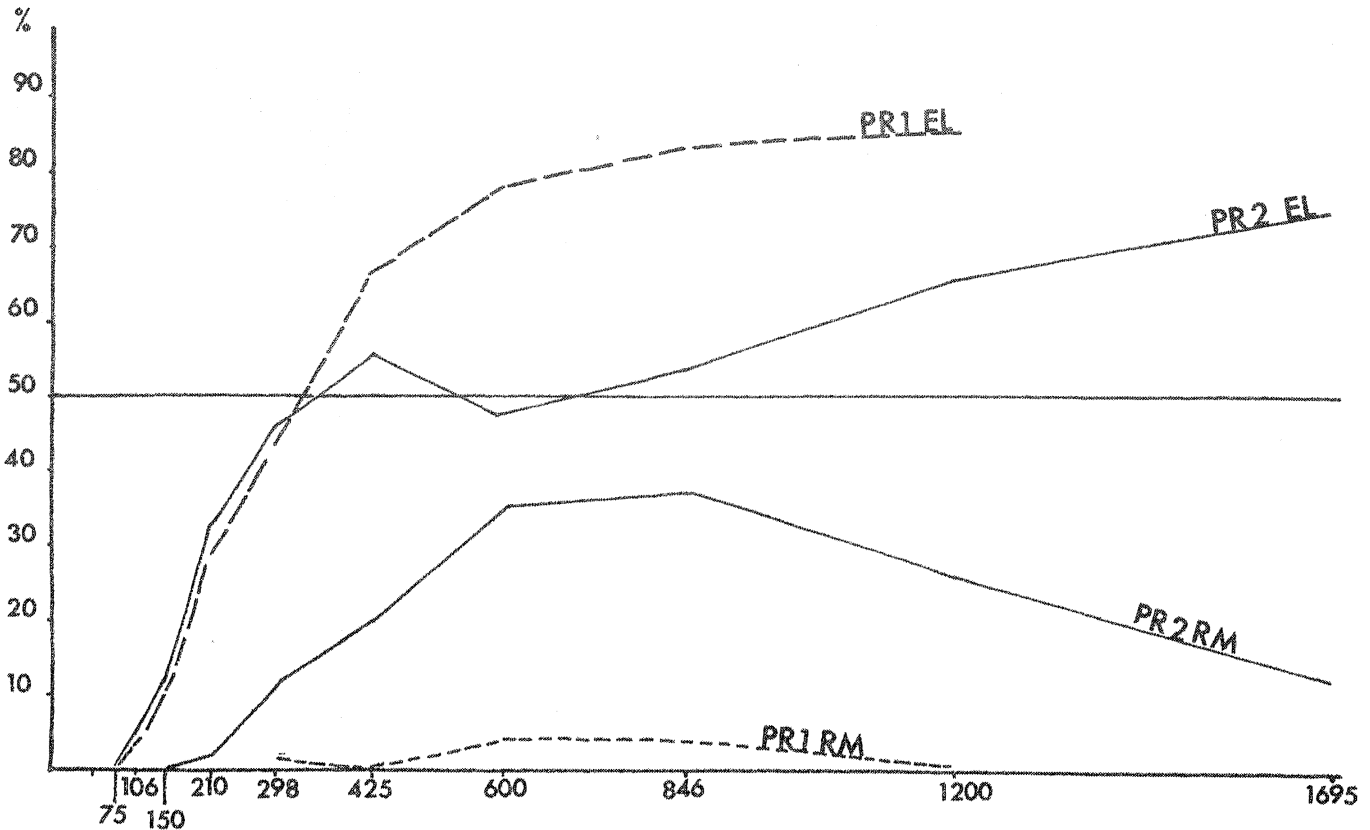


Fig. 40. - PONT-RENAUD : variation du pourcentage des émoussés luisants (EL) et des ronds mats (RM) avec la taille des grains.

verdâtres à la base. La partie superficielle contient des galets de grès lustrés à patine éolienne, souvent alignés en cordons.

Les prélèvements ont été effectués :

- PV 3, dans les cinquante centimètres superficiels.
- PV 2, au fond de l'excavation.
- PV 1, à trois mètres de la surface du sol par forage à la

tarière.

Les échantillons des niveaux inférieurs (PV 1 et PV 2) ne diffèrent que par l'aspect des grains glauconieux qu'ils contiennent en abondance ; vert-foncé et luisants en profondeur, ils deviennent vert-pâle à la partie supérieure, vraisemblablement à la suite d'une légère altération. Les caractéristiques granulométriques (Fig. 41) permettent de noter une légère augmentation de la valeur du grain moyen par rapport à l'horizon vert (Pr 1) de Pont-Renaud, l'indice de classement restant du même ordre ; par contre, le type d'usure des grains de quartz (Fig. 42) et l'assemblage des minéraux lourds (Fig. 41) sont identiques pour PV 1, PV 2 et Pr 1.

Dans la zone supérieure, apparaît une proportion notable de grains ronds mats, et dans le cortège des minéraux lourds, l'assemblage augite, olivine, grenat qui vient s'ajouter aux espèces minérales déjà rencontrées dans les niveaux sous-jacents.

Niveaux étudiés		S1	S2	PR1	PR 2	PV 1	PV 2	PV3
% des minéraux lourds en poids		0,220	0,330	0,340	0,385	0,344	0,629	0,320
% des minéraux opaques ou altérés		57,48	39,40	49,20	48,00	51,90	50,05	31,20
Nombre de minéraux pour 100 transparents	Zircon	5,36	0,59	4,00	6,15	5,84	2,25	4,37
	Rutile	8,05	3,55	4,00	3,85	2,19	2,25	1,09
	Anatase	0,89	0,59	0,80		0,72	0,75	
	Brookite							0,54
	Sphène	0,89	1,18		1,54	0,73		0,54
	Tourmaline	28,61	25,61	49,61	22,31	43,10	41,40	20,79
	Grenat	2,69	2,36		3,85			4,37
	Staurotide	17,87	14,80	24,80	14,60	31,40	25,56	12,01
	Andalousite	7,15	14,20	11,21	9,22	11,71	18,76	9,85
	Sillimanite	0,89	2,92		1,55	1,46	1,51	1,09
	Disthène	4,37	4,15	4,80	3,85	2,92	6,77	2,71
	Chlorite	0,89	3,55	0,80			0,76	2,15
	Hornblende	0,89	3,52		0,77			0,55
	Hypersthène	0,90	1,17		0,77			1,65
	Pyroxènes monocliniques	12,51	13,60		17,71			31,15
	Olivine	8,05	7,10		11,52			7,10
Fraction supérieure à 1981		0,20	0,15	0,05	0,50	1,41	4,01	0,89
Fraction comprise entre 1981 & 43		63,39	91,09	67,60	90,60	85,79	91,92	96,00
Fraction inférieure à 43		36,11	8,76	22,35	8,90	12,80	4,07	3,11
Valeur du grain moyen en microns		170	192	189	335	670	700	520
Indice de classement		46	60	66	36	63	48	45
Valeur du 1 % en microns		1000	900	700	1.600	2.100	2.500	1.700

Fig. 41. - Minéraux lourds et indices granulométriques des échantillons prélevés entre Parçay-les-Pins et Vernail.

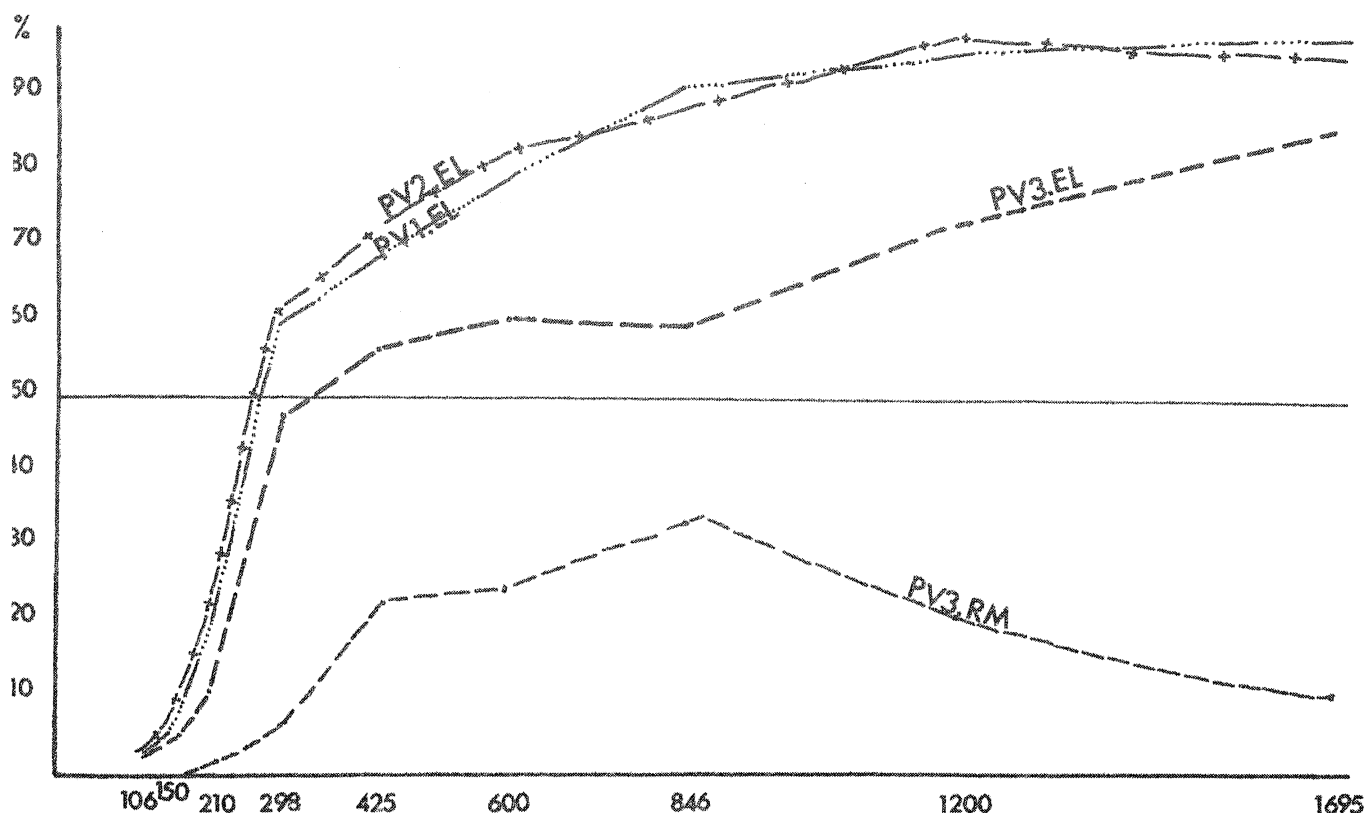


Fig. 42. - LES GUITTIERES : variation du pourcentage des émoussés luisants (EL) et des ronds mats (RM) avec la taille des grains.

D - CONCLUSION A L'ETUDE DES AFFLEUREMENTS ENTRE Vernoil et Parçay-Les-Pins.

Cette étude a permis de reconnaître deux niveaux ayant des caractères distinctifs extrêmement nets :

1) En profondeur des sables argileux verts, glauconieux.

Les grains de glauconie, vert-foncé dans les échantillons prélevés les plus profondément sont légèrement altérés vers la partie supérieure des affleurements et deviennent vert-clair.

- les grains de quartz sont remarquables par leur limpidité et leur usure avancée ; les grains comptés E. L. sont parfaitement polis et luisants et leur proportion reste forte dans la fraction sableuse fine. Les courbes figurant la variation du pourcentage des émoussés luisants en fonction de la taille des grains sont caractéristiques d'une usure acquise en milieu marin ; cette influence marine se marque également par l'existence dans le sédiment de moules internes glauconieux de foraminifère.

- l'assemblage des minéraux lourds se compose d'une forte proportion de tourmaline associée à des silicates de métamorphisme dont la staurotide est l'élément cardinal et d'un pourcentage, variable suivant les échantillons, de zircon et de minéraux titanés.

- leur position topographique, au-dessous du niveau des Marnes à Ostracées ainsi que la similitude de leurs caractéristiques granulométriques,

morphoscopiques et minéralogiques avec les sables glauconieux du C 4 permettent de les rapporter au Cénomanien moyen.

2) Une couverture sableuse gris jaunâtre, d'épaisseur variable, dont le matériel détritique a subi une forte éolisation mise en évidence par le façonnement de grains ronds mats à partir de quartz émoussés luisants semblables à ceux des niveaux sous-jacents. Elle est également caractérisée par l'apparition dans le cortège des minéraux lourds de l'augite, de l'olivine et du grenat.

IV. EXTENSION ET RELATIONS MUTUELLES DES FORMATIONS ETUDIEES DANS LA PARTIE ORIENTALE DE LA DEPRESSION DE JUMELLES.

La zone sableuse superficielle forme une couverture presque continue dans toute la partie orientale de la dépression de Jumelles et masque les assises cénomaniennes dont il devient difficile de fixer l'extension.

Si la présence des Marnes à Ostracées est assez facile à déceler sur le terrain, les labours ramenant en surface de nombreux fossiles caractéristiques de ce niveau ; la reconnaissance des sables du Cénomanien moyen nécessite le plus souvent une étude au laboratoire (morphoscopie et minéraux lourds). Une série de forages à la tarière m'a permis de délimiter de façon approximative l'extension du C 4. Les sables glauconieux du Cénomanien moyen paraissent se cantonner au Sud d'une ligne La Pellerine, Saint-Philbert-du-Peuple au-delà de laquelle affleurent les Sables et graviers de Jumelles. Cette limite peut, là encore, correspondre à une faille ; en effet, les cotes du toit des argiles grises de la base du Cénomanien dans le sondage de Parçay-les-Pins (+ 15,50) et à la carrière des Fresneaux (+ 60m) donnent une différence minimale de niveau d'environ 45 m. Elle peut être due :

- soit à un plongement vers l'Est des assises crétacées.

- soit à un relèvement par faille de la partie ouest de la dépression de Jumelles.

Dans le coteau limitant la dépression de Jumelles au SE et à l'E, la succession crétacée est normale : sables glauconieux du Cénomanien moyen, Marnes à Ostracées, Tuffeau turonien, sables sénoniens.

V. CONCLUSION A L'ETUDE DE LA PARTIE ORIENTALE DE LA DEPRESSION DE JUMELLES.

Les "sables et graviers de Jumelles" n'affleurent plus dans la partie orientale de la dépression qui est occupée en majeure partie par les sables glauconieux du Cénomanien moyen, le plus souvent recouverts par une couverture sableuse superficielle.

- Les formations glauconieuses du Cénomanien moyen ne contiennent que très peu d'éléments supérieurs à 2 mm. Les grains de quartz de la fraction sableuse, généralement bien classée, sont fortement émoussés luisants et le

pourcentage de grains usés reste élevé dans les petites dimensions. Les courbes morphoscopiques correspondantes sont caractéristiques d'une usure marine. La tourmaline et les silicates de métamorphisme forment la majeure partie des minéraux lourds mais, contrairement à ce que l'on pouvait observer dans les sables et graviers de Jumelles, le pourcentage de staurotide est supérieur à celui de l'andalousite et cette disparité tend à s'accroître vers le sommet de la série.

- La couverture sableuse superficielle possède des caractères analogues à ceux des placages sableux étudiés dans la partie occidentale de la dépression de Jumelles et ceci permet de rapporter ces différents affleurements à un même niveau. Elle renferme une forte proportion de grains ronds mats qui proviennent d'une éolisation prolongée de grains primitivement émoussés luisants. A l'assemblage de minéraux lourds, habituellement rencontrés dans les sables cénomaniens de la région s'ajoutent des pyroxènes monocliniques (augite), des péridots (olivine), et des grenats qui indiquent qu'une partie au moins du matériel détritique de ce niveau ne peut provenir du remaniement des sables cénomaniens.

- Dans le coteau sud-est, la succession des assises crétacées est normale ; par contre, les sables glauconieux du Cénomaniens moyen disparaissent brusquement au NE d'une ligne approximative La Pellerine - Saint-Philbert-du-Peuple et sont remplacés à l'affleurement par les "sables et graviers de Jumelles". Il n'est pas possible pour l'instant de déterminer si ce contact est normal ou dû à une faille.

CHAPITRE III

CARACTERISTIQUES PETROGRAPHIQUES ET
SEDIMENTOLOGIQUES DES ALLUVIONS DE LA LOIRE

Les échantillons étudiés proviennent du niveau des basses terrasses de la Loire (basse terrasse de Vivy) et des alluvions modernes du fleuve (prélèvement effectué dans le lit mineur actuel aux Rosiers sur Loire).

I. BASSE TERRASSE DE VIVY ; BALLASTIERE DU GUE
D'ARCY.

Sur la rive droite de la Loire, à partir de Longué, une bande alluviale large de deux à trois kilomètres se suit jusqu'au-delà d'Ingrandes avec sa surface de terrasse conservée (DENIZOT 1921). A proximité même de Longué, les alluvions sont masquées par des sables éoliens mais des exploitations les entaillent un peu plus au Sud, autour de Vivy. Ce niveau alluvial appartient au système des basses terrasses quaternaires de la Loire (12 m au-dessus du récent).

Les échantillons étudiés ont été prélevés dans les ballastières du Gué d'Arcy, sur le front de taille de la "grande ballastière" située à l'Ouest de la route en amont du pont sur l'Authion.

L'échantillon Ga 1 correspond à un lit sableux rougeâtre sans galets, situé à la base du front de taille, Ga 2 au niveau graveleux le surmontant. Je n'ai pas multiplié les prélèvements dans les différents niveaux car il a été constaté (BERTHOIS 1959) que pour une zone donnée du fleuve toutes les courbes granulométriques cumulatives s'inscrivent dans une aire délimitée par celle du sédiment le plus grossier et celle du sable le plus fin ; les courbes intermédiaires sont toutes dues à des mélanges en proportions variables de ces deux extrêmes.

a) Nature pétrographique et composition granulométrique.

Les galets et les graviers, abondants à certains niveaux (Ga 2) sont de nature pétrographique variée.

Les galets de silex sont les plus nombreux ; ces éléments de silex blond ou brun sont, en général, peu usés. Les galets de quartz sont par contre bien arrondis ainsi d'ailleurs que ceux de granite ou de microgranite, moins fréquents que les précédents. On ne rencontre que peu de galets calcaires, ainsi que de rares fragments de grès tertiaires.

Le sable qui emballé les galets et forme parfois des lits ou des lentilles uniquement sableuses, se compose en majeure partie de grains de quartz mais comprend également des fragments de silex, des éléments composites provenant de roches éruptives ainsi que des feldspaths en grains bien usés mais peu altérés.

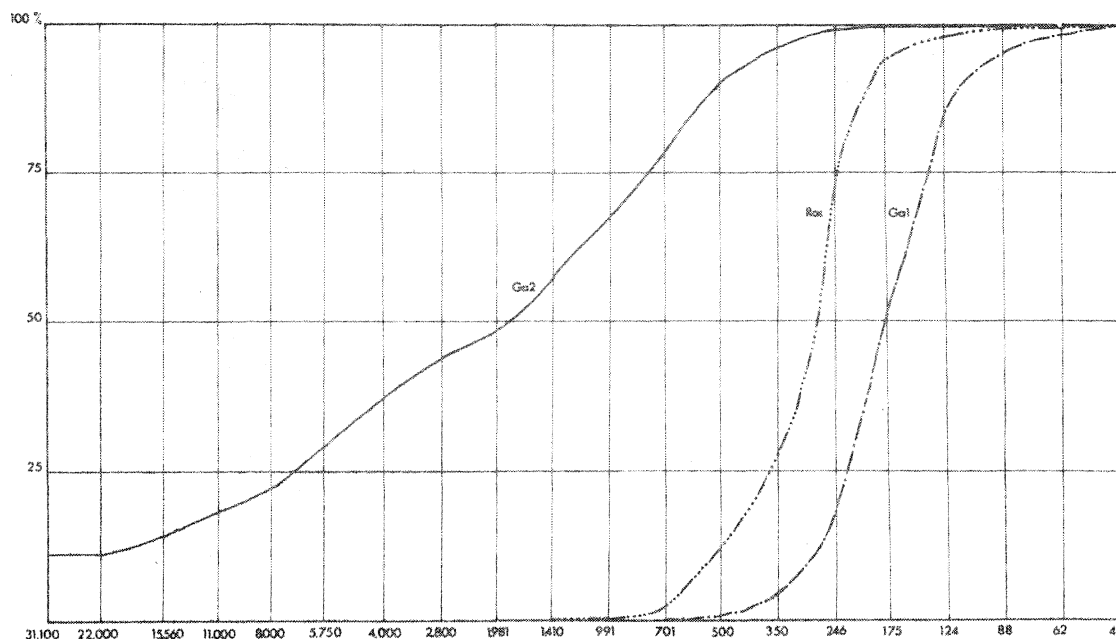


FIG.43. LE GUE D'ARCY - LES ROSIERS sur LOIRE : Courbes granulométriques cumulatives.

Les courbes et les indices granulométriques (Fig. 43 et 45) traduisent la juxtaposition dans le dépôt à la fois de gros éléments et d'une fraction fine d'importance variable. Le mélange ou la séparation, suivant les endroits, de ces deux stocks granulométriques provoque un mauvais (Ga 2) ou un bon classement (Ga 1) autour d'un grain moyen de valeur variable.

Il est à noter que ce type de répartition granulométrique, observé ici dans un dépôt d'origine fluviale, est très voisin de celui qui a été rencontré dans les "sables et graviers de Jumelles".

b) Etude de la morphoscopie des grains de quartz de la fraction sableuse.

Les courbes morphoscopiques (Fig. 44) montrent que le pourcentage des émoussés luisants, élevé jusqu'à la dimension 210 μ décroît ensuite rapidement lorsque la taille des grains diminue.

Dans une même fraction granulométrique se rencontrent des grains bien usés et des grains à peine émoussés. Cette irrégularité de l'usure montre qu'elle ne correspond pas uniquement à l'empreinte du dernier agent de sédimentation mais qu'un certain nombre de grains déjà usés ont été repris à des formations sédimentaires antérieures et en particulier aux assises marines secondaires et tertiaires. Il s'y ajoute un apport détritique neuf venant des formations cristallines et cristallophylliennes du Massif Central, dont les grains, peu usés au cours du transport par le fleuve, contrastent avec les précédents.

c) Etude des minéraux lourds.

L'assemblage des minéraux lourds (Fig. 45) apparaît formé de trois associations minérales principales :

- des minéraux ubiquistes (tourmaline, zircon, rutil, anatase...)

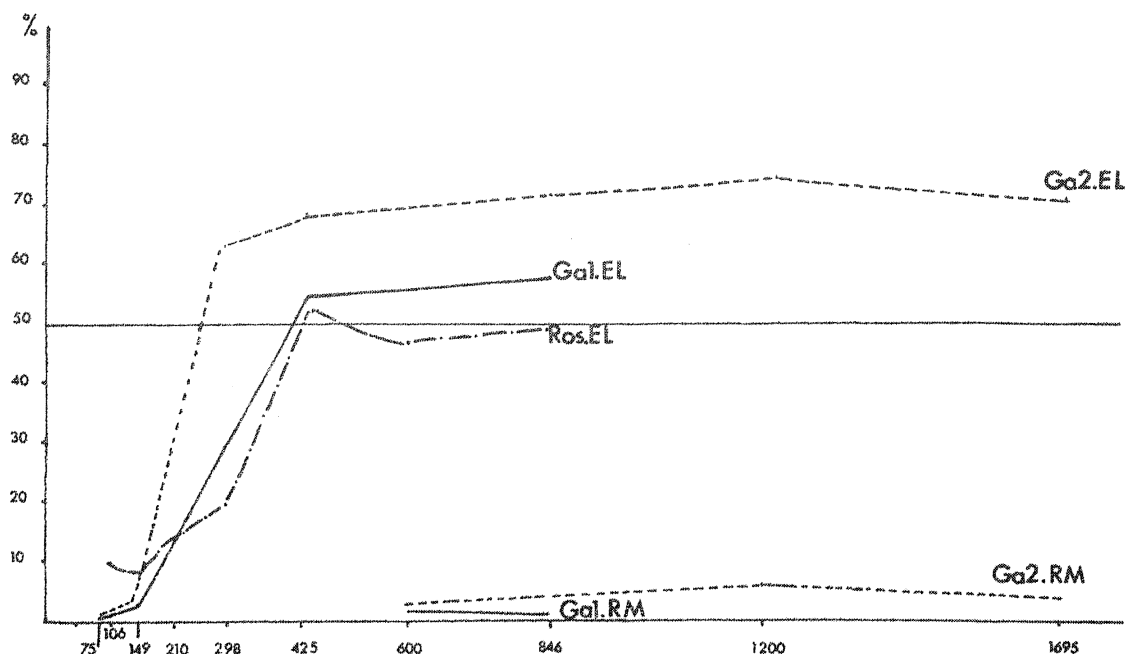


FIG. 44 Variation du pourcentage de grains E. L. et R. M. en fonction de la taille dans les alluvions de la Loire.

qui représentent en moyenne 15 à 20 % des minéraux transparents.

- des silicates de métamorphisme (Crenat, andalousite, sillimanite, staurotide, disthène...).

- des "minéraux des basaltes" groupant l'olivine et des pyroxènes monocliniques dont l'augite est le constituant majeur.

L'olivine et l'augite sont caractéristiques d'un apport détritique provenant du Massif Central. Ces minéraux issus des formations éruptives sont amenées à la Loire par l'intermédiaire de l'Allier ; en effet, l'étude d'un échantillon provenant des alluvions de l'Allier, prélevé légèrement en amont du confluent avec la Loire, a permis de constater que l'olivine et l'augite représentaient 80 % du cortège des minéraux lourds.

Les pourcentages relatifs des minéraux constituant le groupe des silicates de métamorphisme sont variables suivant les échantillons. Certains minéraux sont usés, parfois arrondis, et paraissent provenir du remaniement de formations marines secondaires et tertiaires. D'autres, qui présentent encore des formes pseudocristallines, semblent être issus des séries cristallophylliennes du Massif Central. C'est le cas, en particulier, des grenats que l'on ne rencontre qu'à l'état de traces dans les formations secondaires de la région.

Il faut également noter la présence dans le résidu lourd de minéraux facilement altérables comme la hornblende verte.

En résumé : Les alluvions des basses terrasses de la Loire autour de Vivy se composent :

- 1/ de matériel détritique venant du remaniement des formations sédimentaires traversées par le fleuve. Ce remaniement se marque par la pré-

Niveaux étudiés		Ga 1	Ga 2	Ros
% de minéraux lourds en poids		0,181	0,804	2,90
% de minéraux opaques et altérés		44,90	43,80	35,70
Nombre de grains pour 100 grains transparents	Zircon	5	4,82	1,87
	Rutile	2,50	4,14	4,67
	Brookite	1,25		
	Sphène	1,25	2,07	
	Tourmaline	3,75	8,28	10,30
	Grenat	3,75	18,49	11,20
	Staurotide	5	6,96	4,67
	Andalousite	5	3,44	
	Sillimanite et Fibrolite	10		0,93
	Disthène	2,50	0,69	
	Epidote	1,25	1,38	
	Chinozoisite	1,25		
	Chloritoïde	11,25	4,83	4,67
	Hornblende verte	3,75	0,69	0,93
	Hornblende brune	15	2,76	4,05
	Hypersthène	2,50	2,29	2,80
	Pyroxènes monocliniques	16,25	29	41,05
	Olivine	5	8,28	12,05
	Monazite	3,75		
Fraction supérieure à 1981 μ		0	47,70	0
Fraction comprise entre 1981 & 43 μ		82	50,40	96,56
Fraction inférieure à 43 μ		18	1,90	3,44
Grain moyen en microns		180	1700	320
Indice de classement		69	15	70
Valeur du 1 %		31 000	500	800

Fig.45 : Minéraux lourds et caractéristiques granulométriques des alluvions de la Loire.

sence de galets de silex, de grès tertiaire et de calcaire ainsi que par l'existence dans la fraction sableuse de quartz fortement émoussés luisants et de rares grains glauconieux altérés.

2/ d'un stock détritique "neuf" venant du Massif Central, comprenant des galets de roches cristallines et cristallophylliennes. Il est caractérisé par l'existence dans la fraction sableuse de minéraux issus des formations éruptives (minéraux des basaltes).

II. LES ALLUVIONS MODERNES DE LA LOIRE.

L'échantillon étudié a été prélevé dans le lit actuel du fleuve entre les Rosiers et Gennes. C'est un sable fin jaunâtre, légèrement calcaire, composé presque exclusivement de grains de quartz laiteux et hyalins et de quelques feldspaths ; la fraction sableuse grossière contient également des orbicules de calcédoine ainsi que de rares grains noirs de basalte.

Le sédiment est bien classé (I.C. = 70) autour d'un grain moyen de 320 μ . Sa composition granulométrique est très voisine de celle du niveau Ga 1 du Gué d'Arcy (Fig. 43).

L'étude de la morphoscopie des grains de quartz (Fig. 44) montre la prédominance des émoussés luisants mais les grains remaniés, fortement usés, rencontrés dans les alluvions des basses terrasses sont ici beaucoup plus rares. L'usure de la majorité des grains semble donc avoir été acquise au cours du transport par le fleuve.

La proportion d'augite et d'olivine, qui représentent ici plus de 50 % des minéraux transparents, est beaucoup plus forte que dans les alluvions de la basse terrasse.

Les indices du remaniement de formations secondaires et tertiaires sont moins apparents dans les alluvions modernes de la Loire que dans le niveau des basses terrasses ; il semble que, jusqu'à Angers, le matériel détritique actuellement transporté par la Loire, provient, pour sa plus grande part, du Massif Central. Cette constatation rejoint d'ailleurs une hypothèse exprimée par BUREAU (1897).

III. CONCLUSION ; CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES DES ALLUVIONS DE LA LOIRE.

Entre Saumur et Angers, l'un des traits les plus caractéristiques des alluvions de la Loire paraît être la présence dans ce dépôt d'éléments provenant des formations éruptives du Massif Central.

L'existence de grains basaltiques est un critère suffisant pour caractériser cet apport (BUREAU 1897, DENIZOT 1921), mais dans les alluvions uniquement sableuses, la détermination pétrographique précise de grains très souvent altérés et dont la taille est de l'ordre du millimètre est difficile si bien que la confusion devient possible avec d'autres éléments noirs (amphibolites, phtanite...) nullement caractéristiques des apports ligériens.

La présence parmi les minéraux lourds d'une proportion importante d'olivine et d'augite, dont l'origine ne peut être trouvée en dehors des formations éruptives du Massif Central, semble être un caractère constant qui permet de différencier les alluvions de la Loire des dépôts de même faciès mais possédant une origine différente. Les minéraux lourds étant particulièrement

abondants dans la fraction sableuse fine, toute reprise des alluvions de la Loire, même à la suite de remaniements de faible intensité ne déplaçant que la partie la plus fine du sédiment, sera décelable par la présence d'olivine et d'augite parmi les minéraux lourds.

CHAPITRE IV

INTERPRETATIONS

CONCLUSION A L'ETUDE DE LA DEPRESSION DE JUMELLES

I. POSITION STRATIGRAPHIQUE DES "SABLES ET GRAVIERS DE JUMELLES".

L'étude sédimentologique des sables et graviers de Jumelles a permis de dégager un certain nombre de traits constants qui sont caractéristiques de cette formation. Ces critères permettent de comparer les "sables et graviers de Jumelles" à des assises de position stratigraphique connue et ainsi d'envisager le problème de leur âge :

- Ils ne possèdent aucun des caractères ligériens, et en particulier, ne renferment pas l'assemblage augite + olivine caractéristique des alluvions quaternaires de la Loire. Leur attribution au système des basses terrasses de la Loire ne peut être conservée.

- Ils ne renferment jamais d'éléments remaniés crétacés ou tertiaires. L'hypothèse d'un "alluvionnement latéral" à partir des assises de la périphérie doit donc également être écartée. Même dans le cas d'un remaniement très faible, toute reprise de matériel mésocrétacé aurait été décelée lors de l'étude morphoscopique. En effet, l'usure des grains de quartz, caractère acquis et irréversible, est beaucoup plus marquée dans les sédiments marins du Cénomaniens moyen, du Turonien et du Sénonien que dans les sables et graviers de Jumelles dont les grains sont tout juste émoussés. En outre, l'assemblage des minéraux lourds de la formation graveleuse ne peut être hérité des assises secondaires car si elles contiennent les mêmes minéraux lourds, leurs proportions relatives à l'intérieur du cortège sont très différentes (en particulier le rapport $\frac{\text{staurotide}}{\text{andalousite}}$).

Ces mêmes caractères qui écartent la possibilité d'envisager un âge quaternaire pour les sables et graviers de Jumelles conduisent à penser à une mise en place antérieure à celle des assises mésocrétacées de la périphérie de la dépression :

- Dans la région de Jumelles, les graviers reposent directement sur l'Oxfordien et les seuls éléments secondaires qu'ils remanient sont des silex jurassiques.

- Entre Linière et Linière-Bouton, les graviers sont recouverts par des argiles sapropéliennes que la carte géologique rapporte au Cénomaniens supérieur. Cette formation argileuse renferme des lentilles de graviers (carrière des Fresneaux) en tous points semblables aux sables et graviers de

Jumelles ; ces horizons graveleux interstratifiés dans les argiles peuvent, par endroits, prendre un très grand développement.

- Les sondages de la région de Longué ont rencontré à la base de la série crétacée un niveau graveleux d'épaisseur variable qui, à cet endroit, repose directement sur les marno-calcaires oxfordiens. Il est surmonté par des argiles noires grises semblables, par leur aspect à l'œil nu et par la nature de la fraction argileuse qu'elles renferment aux argiles exploitées aux Fresneaux en Mouliherne. La formation argileuse des Fresneaux que la carte géologique rapporte au niveau des Marnes à Ostracées (Cénomanién supérieur) représente en fait, avec les graviers qui lui sont associés, les horizons de base de la série cénomaniénne. Un certain nombre de leurs caractères les oppose d'ailleurs aux dépôts du Cénomanién supérieur : elles ne renferment pas de calcaire, pas de macrofossile, pas de glauconie, etc...

- La position topographique des "sables et graviers de Jumelles" s'explique par une remontée considérable de la surface jurassique dans la dépression de Jumelles.

- Les contacts anormaux des sables et graviers de Jumelles avec diverses assises crétacées (particulièrement visibles sur le flanc nord de la dépression) sont dus à des failles.

Tous ces faits permettent d'attribuer aux sables et graviers de Jumelles un âge Cénomanién, mais un certain nombre de leurs caractères les différencient nettement des "sables glauconieux" du Cénomanién moyen :

- ils sont totalement dépourvus de calcaire et de glauconie.

- leur composition granulométrique et le type d'usure des grains de quartz, très différents de ceux du Cénomanién moyen qui présentent des caractères marins très accusés, sont, comme la lithologie, en faveur d'une mise en place de type fluvial.

- l'assemblage des minéraux lourds des sables et graviers de Jumelles et des sables glauconieux du Cénomanién est formé des mêmes espèces minérales, mais les proportions relatives des constituants du cortège sont très différentes dans les deux cas. Dans les sables et graviers, le pourcentage de staurotide est nettement inférieur à celui d'andalousite alors que dans les "sables glauconieux", la staurotide devient l'élément majeur du groupe des silicates de métamorphisme. Cette inversion du rapport staurotide/andalousite est un caractère constant observé dans tous les affleurements étudiés.

Cette opposition des caractéristiques sédimentologiques de ces deux niveaux cénomaniéniens pose le problème de l'origine et du mode de dépôt des sables et graviers de Jumelles ainsi que celui de leur place dans la série cénomaniénne.

II. ORIGINE ET MISE EN PLACE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES.

Les formations superficielles possèdent des caractères constants dans toute la dépression :

- La fraction sableuse renferme toujours une forte proportion de grains ronds mats.

- Le cortège des minéraux lourds comprend toujours l'assemblage augite + olivine en proportion variable.

Les grains ronds mats proviennent de l'éolisation plus ou moins poussée d'un matériel détritique initialement émoussé luisant ; en effet, il est possible de retrouver tous les intermédiaires entre ces deux catégories de grains pour lesquels le dépoli éolien est venu modifier des surfaces préalablement luisantes. Cette action éolienne intense se marque également par le modelé particulier de galets de grès ladère, à surface vermiculée ou à facette (drykanter) que l'on rencontre en surface dans toute la dépression. Il est généralement admis que, dans nos régions, les actions éoliennes prolongées sont liées aux conditions périglaciaires ; ces phénomènes sont habituellement rapportés aux temps wurmiens ; nous n'avons ici aucune indication permettant une datation plus précise.

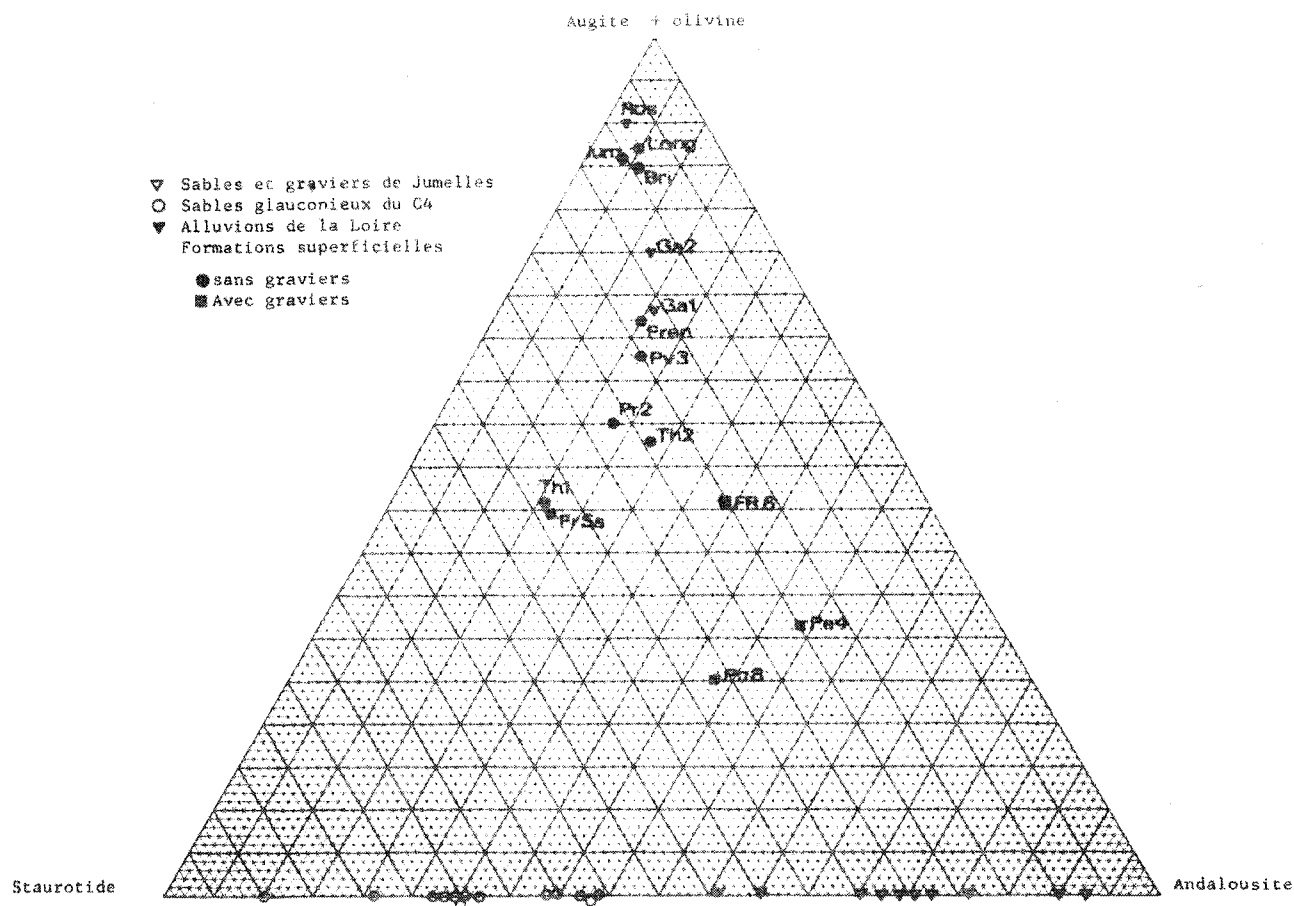


Fig. 46. - Variation des teneurs en augite + olivine - staurotide et andalousite dans les différentes formations étudiées.

L'existence dans le cortège des minéraux lourds de l'assemblage augite + olivine caractéristique des apports détritiques venant du Massif Central, indique qu'il s'agit d'un remaniement (au moins partiel) des alluvions de la Loire. Un diagramme (Fig. 46) établi sur les proportions relatives de staurotide, d'andalousite, et d'augite + olivine dans différents échantillons montre que :

les points représentatifs des alluvions modernes de la Loire sont proches du pôle augite + olivine, ceux qui correspondent aux sables glauconieux du C 4,

voisins du pôle staurotide, enfin ceux qui représentent les sables et graviers de Jumelles se groupent près du pôle andalousite.

Les points correspondant aux échantillons provenant des formations superficielles occupent des positions intermédiaires entre ces trois extrêmes et déterminent alors des plages permettant de différencier certains affleurements. Il apparaît ainsi que la couverture sableuse superficielle de la partie occidentale de la dépression (Jum - Long - Bri) se compose presque exclusivement de matériel provenant des alluvions de la Loire alors que dans la partie orientale, elle contient également une proportion variable de matériel sableux crétacé.

Le remaniement de la partie superficielle des affleurements de graviers se traduit par un apport d'éléments provenant des alluvions de la Loire mais également des formations crétacées.

Le vent, qui est le dernier agent ayant modifié l'aspect des grains de quartz, est-il également responsable du dépôt ?

Dans le cas de placages sableux très différenciés comme dans la région de Jumelles ou de monticules à morphologie dunaire, près de Longué, l'origine éolienne du dépôt ne paraît pas douteuse. Par contre, dans la partie occidentale de la dépression, le niveau sableux superficiel forme une couverture continue ; il est possible que les dépôts éoliens aient été étalés par les ruisseaux qui drainent la dépression. Cette possibilité d'un remaniement par l'eau, analogue à celui qui a pu être mis en évidence à la partie supérieure des affleurements de graviers, est ici très difficile à déceler car les formations superficielles d'origine éolienne ont une composition granulométrique voisine de celle des sables cénomaniens sur lesquels elles reposent. Cette analogie ne permet pas de distinguer à l'affleurement la limite entre les deux formations.

III. STRUCTURE DE LA DEPRESSION DE JUMELLES.

La position topographique des sables et graviers dans la dépression de Jumelles est due à une brusque remontée de la surface jurassique. Cette structure avait permis à LECOINTRE (1959) de reconnaître l'existence d'un dôme anticlinal dont il plaçait le sommet au Houssa (au Sud de Linière-Bouton) ; la dépression de Jumelles correspondrait alors à l'inversion de relief d'une terminaison périanticlinale (DENIZOT 1939).

La structure de la dépression de Jumelles est en fait compliquée par l'existence de failles :

- Le flanc nord de la dépression correspond à une faille sensiblement EW responsable de la remontée des calcaires oxfordiens au Sud et de nombreux contacts anormaux entre diverses assises crétacées.

- Une remontée semblable de la table jurassique a pu être mise en évidence dans la partie SW de la dépression aux abords de Longué. Cette structure ne peut s'expliquer que par l'existence d'une faille ou d'un système de failles dont il est difficile, pour l'instant, de préciser la direction (SSW - NNE ?).

Dans la partie orientale de la dépression, la limite d'extension des graviers paraît d'origine tectonique.

La remontée de la surface jurassique dans la dépression de Jumelles

ne se produit pas de façon progressive mais par un décalage brutal sur les flancs nord et sud.

La dépression de Jumelles correspond donc à l'inversion de relief d'un compartiment soulevé faillé sur ses flancs nords et sud. Le déblaiement des assises crétacées, certainement contemporain de l'établissement de la vallée de la Loire, semble avoir été réalisé par les cours d'eau qui drainent la dépression ; il a été facilité par le peu de cohésion des assises argilo-sableuses cénomaniennes.

DEUXIEME PARTIE

LA SERIE CENOMANIENNE DE LA RIVE GAUCHE
DE LA LOIRE ENTRE SAINT-MAUR ET LE THOUREIL

Introduction

Sur la rive gauche de la Loire, entre Saint-Maur et Le Thoureil (Fig. 47) un système de faille ramène le Bajocien à l'affleurement et permet d'observer le contact de la série crétacée avec le Jurassique.

La série crétacée débute par des sables et des graviers reconnus cénomaniens (COUFFON 1936 ; DENIZOT 1961) qui paraissent identiques à ceux qui affleurent de l'autre côté de la Loire dans la plaine de Jumelles.

Cet horizon graveleux est surmonté par les sables glauconieux et par les niveaux argileux fossilifères du Cénomaniens moyen qui, à leur partie supérieure, passent progressivement aux Marnes à Ostracées du Cénomaniens supérieur.

Aucun dépôt crétacé antérieur au Cénomaniens n'est connu en Maine-et-Loire (Légende de la feuille d'Angers, Carte géologique de la France 1957). Les assises cénomaniennes y ont été considérées comme directement en contact avec le Jurassique ou le Paléozoïque. On peut, toutefois, s'interroger sur la signification des niveaux à silex (parfois localisés dans des poches creusées dans le calcaire bajocien) et des formations argilosableuses grises d'épaisseur variable, qui entre Saint-Maur et Le Thoureil s'intercalent entre le Jurassique et les graviers cénomaniens. Représentent-ils uniquement un niveau de remaniement des assises jurassiques par la base du Cénomaniens ou sont-ils les témoins d'événements géologiques qui se seraient produits pendant la période d'émersion qui, dans la région, caractérise la base du Crétacé ?

Trois coupes récentes dites de Saint-Maur (LOUAIL 1967) de Plantagenet (ESTEOULE, ESTEOULE-CHOIX et LOUAIL 1968) et du Thoureil

(ESTEIOULE, ESTEIOULE-CHOUX et LOUAIL 1968) ont permis d'observer à l'affleurement la superposition des divers faciès du Cénomanién déjà reconnus dans la dépression de Jumelles. En outre, l'étude de différents niveaux dans la zone de contact avec le Jurassique fournit des arguments susceptibles d'apporter une réponse à la question précédente.

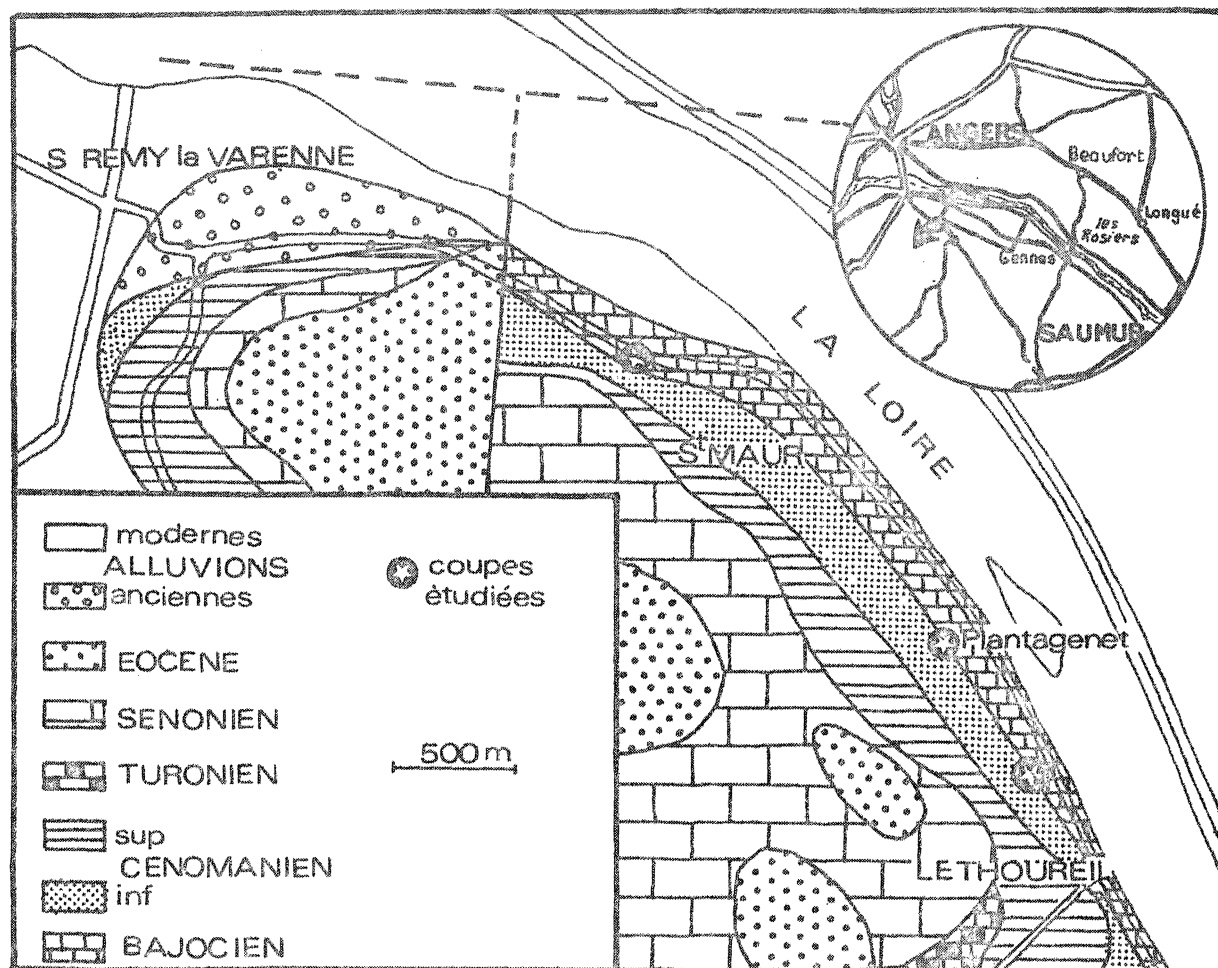


Fig. 47. - Esquisse géologique de la région étudiée sur la rive gauche de la Loire (D'après la feuille d'Angers. Carte géologique de la France au 1/80 000è).

I. LES SABLES ET GRAVIERS CENOMANIENS DANS LA COUPE DE SAINT-MAUR.

La position stratigraphique du niveau graveleux qui affleure dans l'escarpement de Saint-Maur (coord. $x = 401,50$; $y = 269,50$) n'a pu être fixée, en l'absence de toute faune, que par sa situation, entre le Bajocien sur lequel il repose et les Marnes à Ostracées qui le surmontent directement. La carte géologique (feuille d'Angers au 1/80 000è) le rapporte au Cénomanién moyen.

a) Lithologie, nature pétrographique de la formation.

Entre le calcaire bajocien et les graviers cénomaniens s'intercale une formation complexe représentée par deux mètres environ d' "argile à silex" (Fig. 48) dans laquelle, les rognons de silex, très nombreux, sont emballés

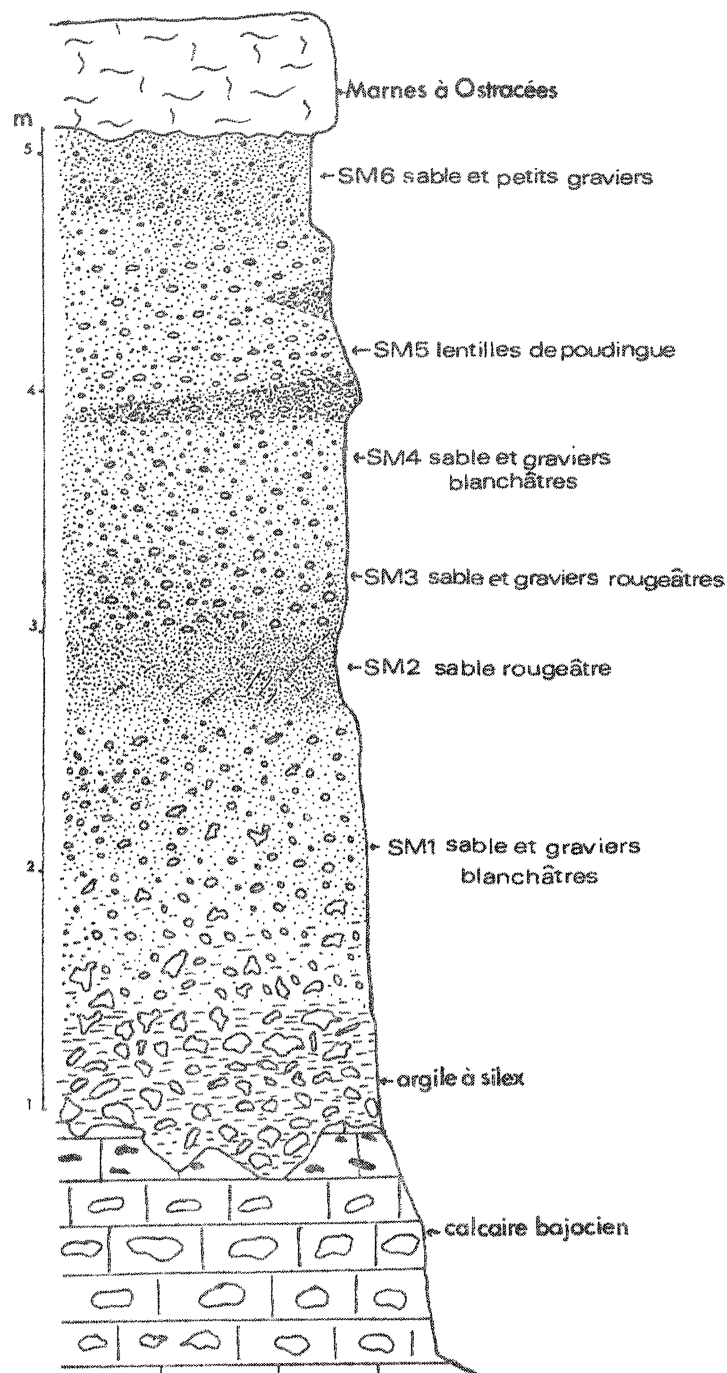


Fig. 48. - SAINT-MAUR : coupe schématique de l'affleurement.

dans une matrice argileuse de teinte variable contenant également des concrétions ou des niveaux plus ou moins continus d'hydroxydes de fer. Les conditions d'affleurement n'ont pas permis ici l'étude détaillée de ce niveau intermédiaire qui se retrouve dans les coupes voisines, beaucoup plus complètes, de Plantagenet et du Thoureil.

Le niveau graveleux (S M 1 - S M 6) qui surmonte cette "argile à

silex" et en remanie une partie à sa base, est essentiellement constitué de galets et de graviers de quartz blanc. Les silex présents à la base sont ensuite beaucoup plus rares dans la masse même du gravier. La fraction sableuse emballant les graviers est également presque exclusivement quartzeuse, très légèrement feldspathique dans sa fraction fine ; mais ne contient pas de fragment de silex.

La figure n°48 donne la succession des niveaux reconnus ainsi que la position des échantillons étudiés. La cimentation de certaines zones, soit par des oxydes de fer (S M 2), soit par de la calcite (S M 5) paraît liée à la circulation de l'eau dans la formation.

b) Granulométrie, morphoscopie, minéraux lourds.

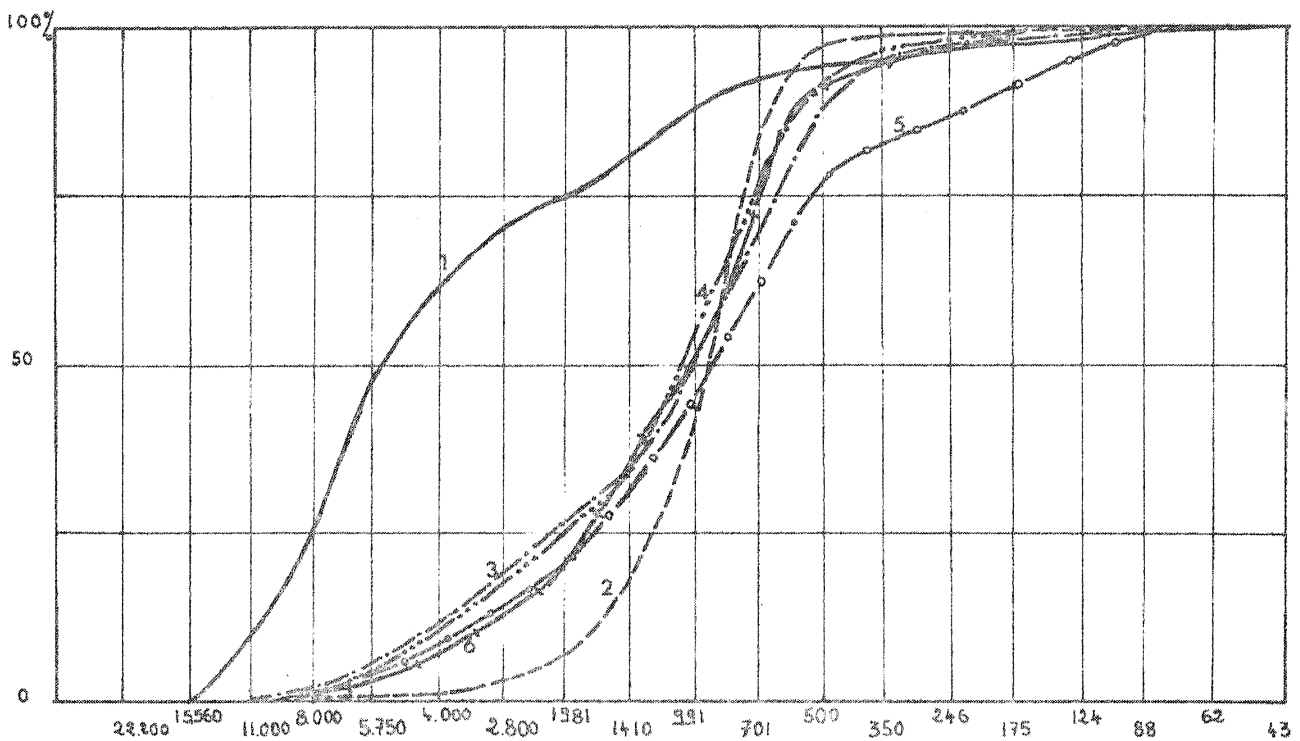


Fig. 49. - SAINT-MAUR : courbes granulométriques cumulatives.

L'étude granulométrique (Fig. 49 et 51) montre l'importance de la fraction grossière (supérieure à 2 mm) qui, à la base de la série, représente près de 70 % du sédiment. Le classement d'ensemble est médiocre, les courbes présentant en général plusieurs inflexions correspondant au mélange de divers stocks granulométriques.

Il faut cependant noter une diminution de la taille et du pourcentage des galets vers le sommet de la série sans amélioration notable du classement.

L'usure des grains de quartz de la fraction sableuse ne se marque que par une retouche des arêtes des grains qui demeurent sub-polygonaux et

le pourcentage des émoussés luisants décroît rapidement et régulièrement vers les petites dimensions. Les courbes morphoscopiques (Fig. 50) se groupent en un faisceau étroit montrant que l'usure est de même type pour tous les échantillons de la série.

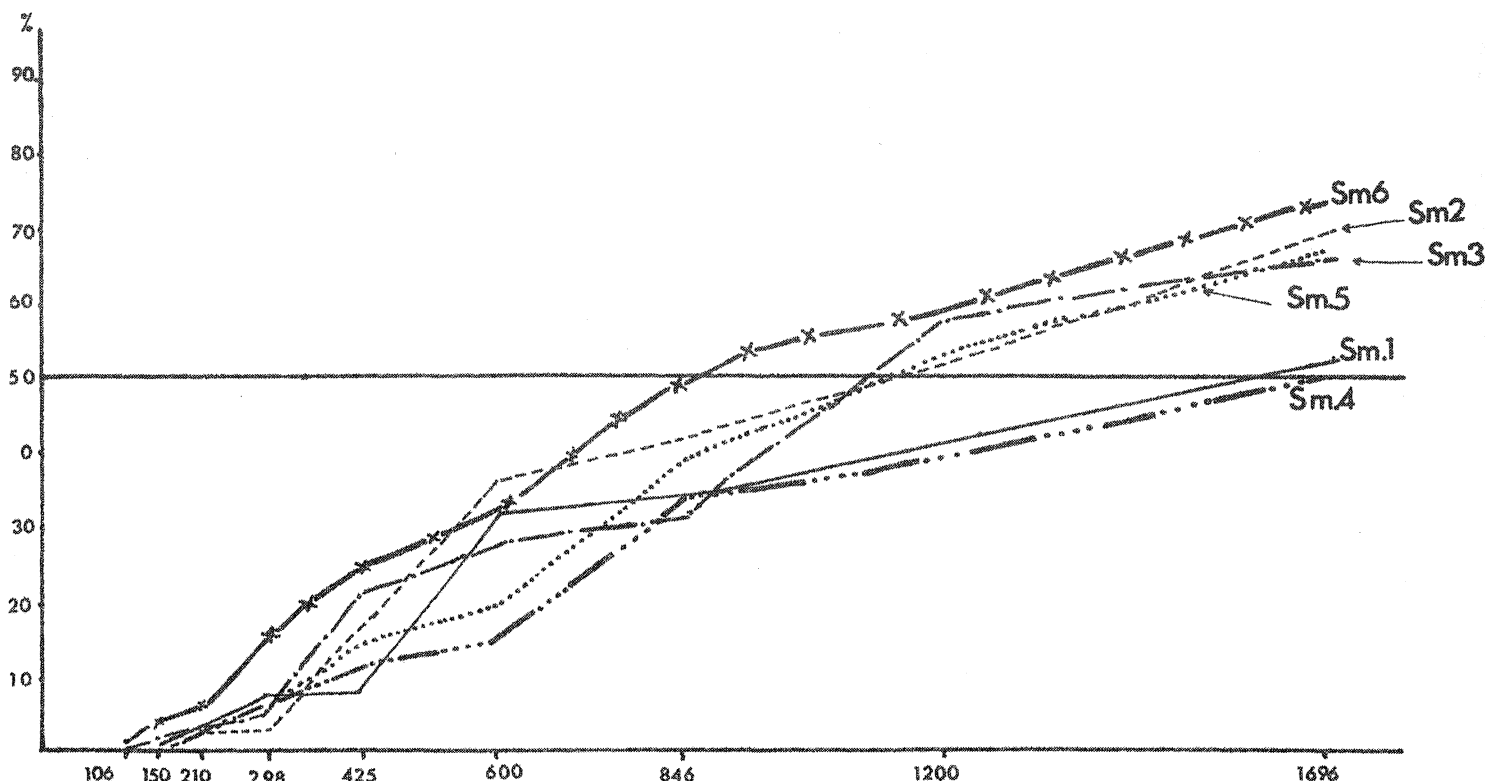


Fig. 50. - SAINT-MAUR : variation du pourcentage des grains émoussés luisants avec la taille.

L'assemblage des minéraux lourds (Fig. 51) se compose en majeure partie de silicates de métamorphisme comprenant un très fort pourcentage d'andalousite, associés à de la tourmaline et à une proportion moindre de minéraux ubiquistes (zircon et titanés).

c) Conclusion à l'étude des sables et graviers cénomaniens de Saint-Maur.

Les caractéristiques des sables et graviers de Saint-Maur sont identiques à celles des sables et graviers de Jumelles :

- même composition pétrographique, le quartz étant le constituant essentiel, associé à la base de la formation à quelques éléments de silex.
- même type de répartition granulométrique, le sédiment, mal classé, comprenant une forte proportion de matériel grossier.
- même type d'usure des grains de quartz de la fraction sableuse, se marquant par une retouche des arêtes de grains les plus gros qui sont émoussés et luisants.
- même assemblage de minéraux lourds, les silicates de méta-

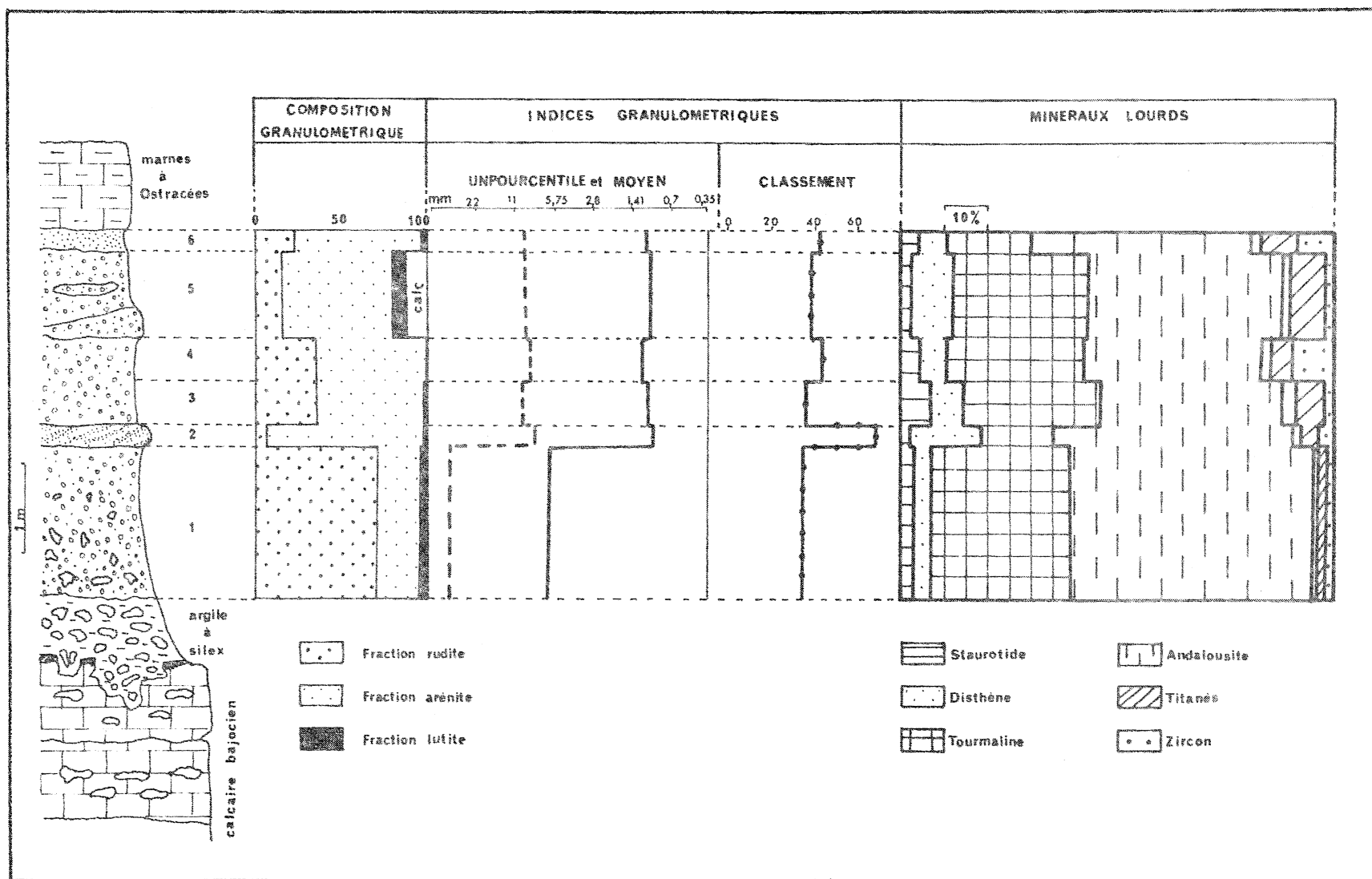


Fig. 51. - SAINT-MAUR : caractéristiques granulométriques et minéraux lourds.

morphisme dont l'andalousite est le constituant essentiel, représentant la majeure partie du cortège.

Cette similitude permet de conclure que les sables et graviers de Saint-Maur et ceux de Jumelles appartiennent à un même niveau cénomanien.

II. LA COUPE DE PLANTAGENET.

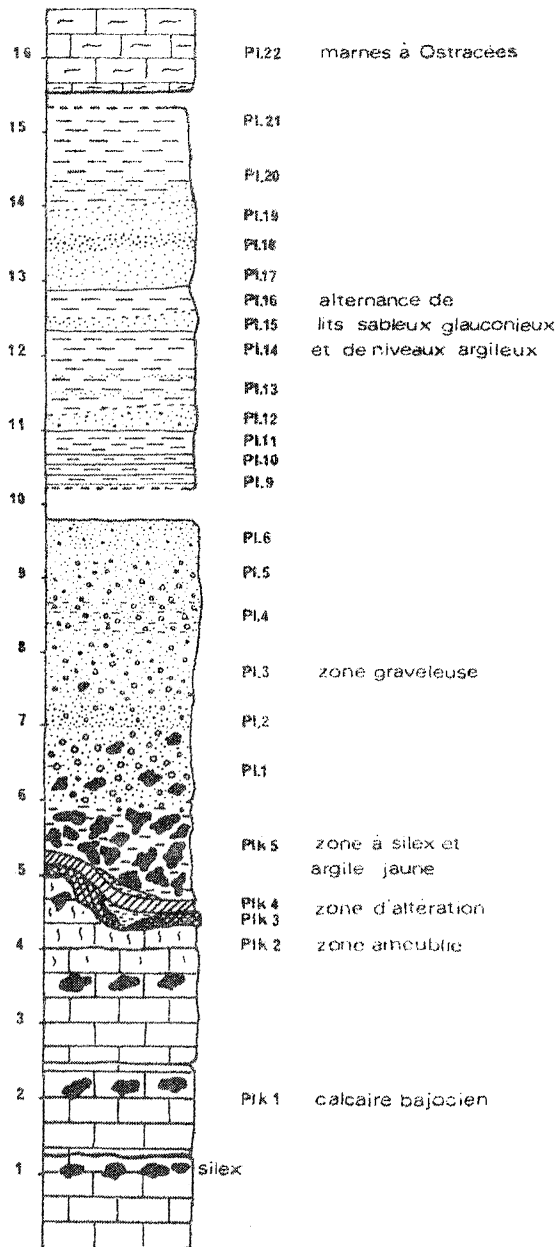


Fig. 52

Coupe schématique de l'affleurement de Plantagenet.

La rampe d'accès au camping de Plantagenet (coord. x = 402,90 ; y = 268,25) entaille le coteau jurassique et crétacé. Le calcaire bajocien qui affleure à la base sous forme de bancs massifs contenant des lits de rognons de silex est surmonté par une "argile à silex" jaunâtre sur laquelle repose la série cénomanienne qui débute par un niveau graveleux passant ensuite à une

succession de lits sablo-glaucconieux et d'argile sableuse. Au sommet de la coupe, affleurent les marnes à Ostracées du Cénomaniens supérieur (Fig. 52).

A - ETUDE DE LA ZONE INTERMEDIAIRE ENTRE JURASSIQUE ET CENOMANIEN.

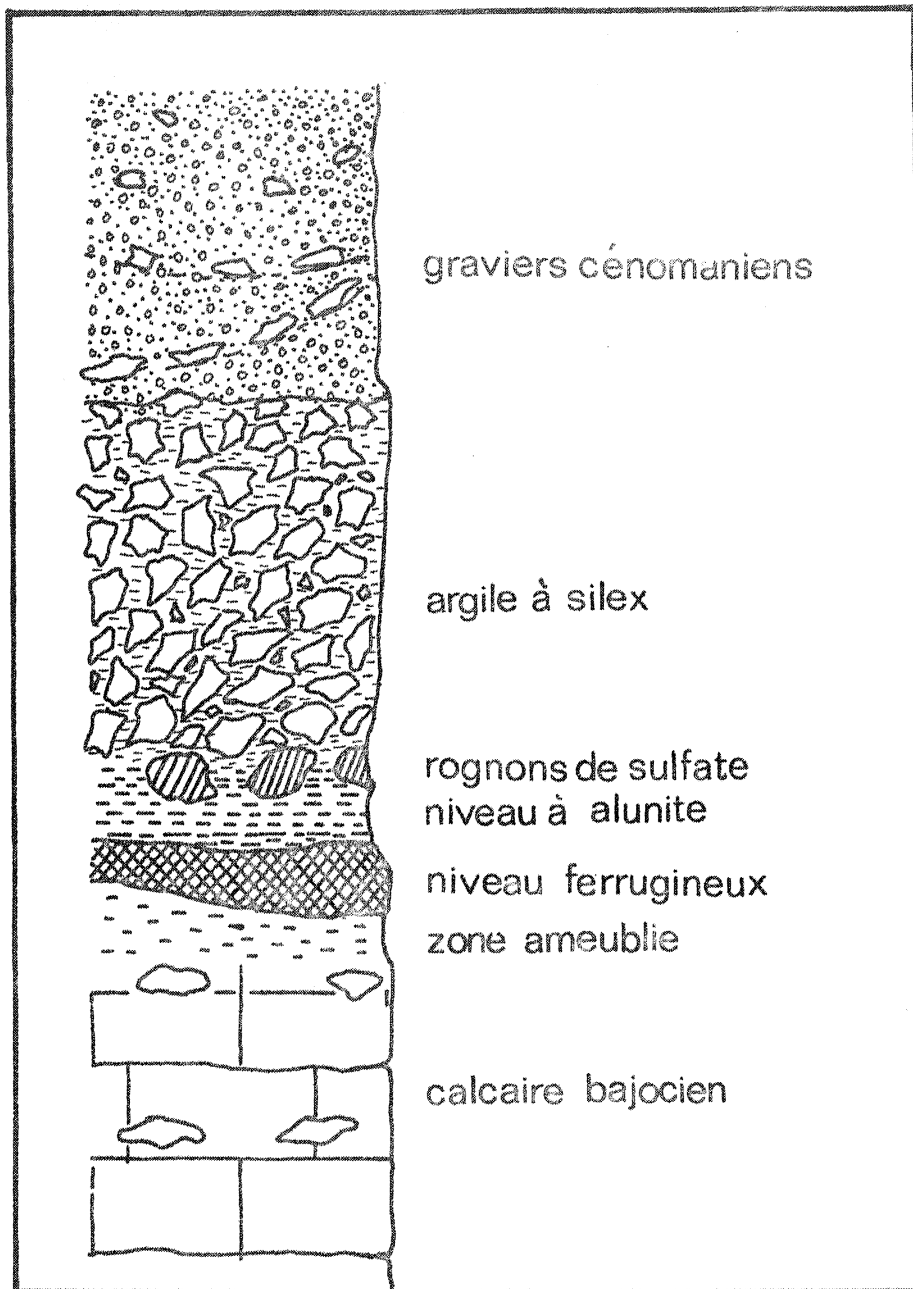


Fig. 53. - PLANTAGENET : coupe schématique de la "zone intermédiaire" entre le Bajocien et le Cénomaniens.

Le calcaire bajocien est une biospatharénite moyenne ne contenant que très peu d'éléments clastiques, mais renfermant de nombreux silex ainsi que des masses brunes poreuses qui ont été rapportées aux Spongiaires (Michelin in Couffon). La fraction argileuse de ce calcaire est composée d'illite et

d'édifices interstratifiés illite-montmorillonite associés à de la kaolinite. Dans la zone supérieure ameublie de ce calcaire, cet assemblage cède la place à un mélange illite-halloysite.

Entre le calcaire bajocien et l'argile jaune à silex, s'intercale une zone complexe représentée par des oxydes de fer qui, peu à peu, laissent la place à des sulfates d'alumine hydratés de type alunite, aluminite, etc... (Fig. 53).

- Les niveaux ferrugineux sont formés d'un mélange de goethite, lépidocrocite et stilpnosidérite. Une zone mixte à oxydes de fer et alunite assure la transition avec la zone à sulfates.

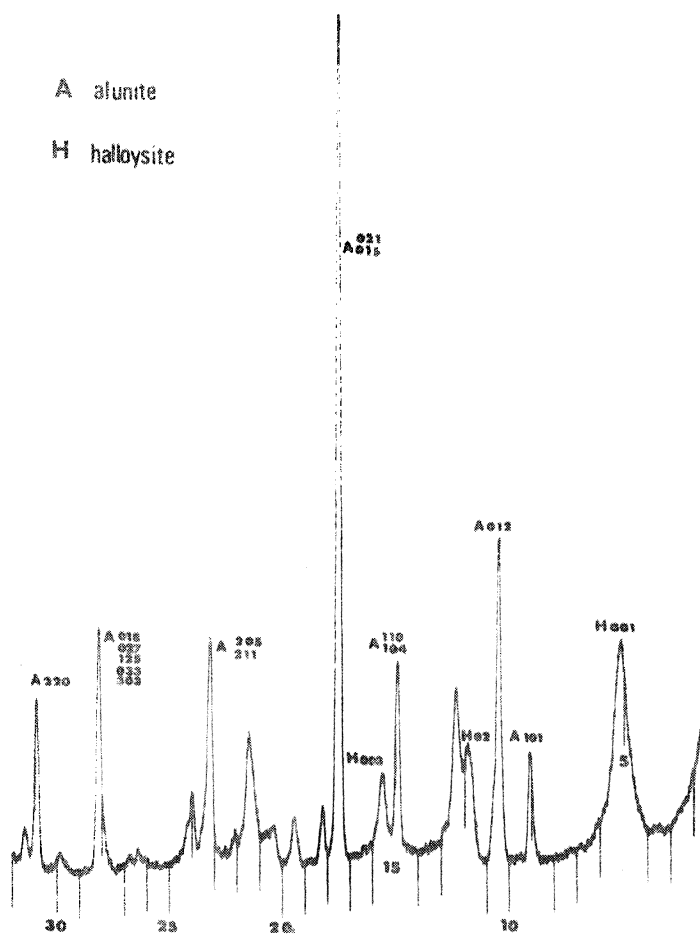
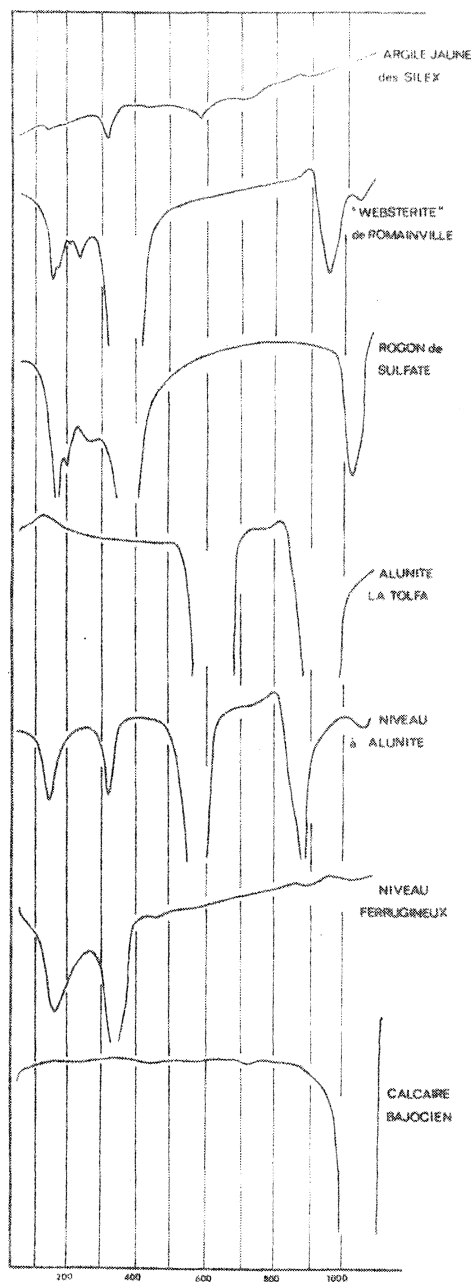


Fig. 54 : Diagramme de poudre du niveau à alunite de Plantagenet. Radiation $K\alpha$ du cobalt graduation en degrés θ .

Fig. 55 : Plantagenet - Courbes d'analyse thermique différentielle.

- A la base de cette zone, les sulfates (Fig. 54 et 55) associés à de l'halloysite (Fig. 56) se présentent sous forme de niveaux continus et l'alunite en est le minéral principal. Plus haut, dans la base de l' "argile à silex", des rognons de grande taille (quelques décimètres de longueur et une dizaine de centimètres de diamètre) à structure fibroradiée sont formés de sulfate d'alumine hydraté de type alunite.

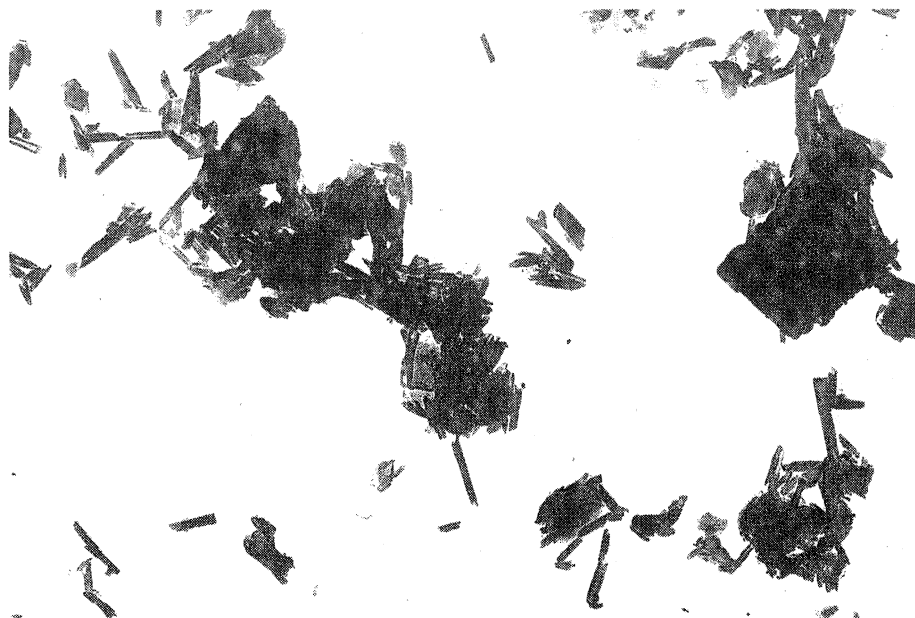


Fig. 56. - Halloysite de Plantagenet (G x 20 700).

Le niveau d' "argile à silex" se compose de très nombreux rognons de silex généralement entiers et non usés, souvent altérés à la périphérie et devenant alors blanchâtres et pulvérulents, emballés dans une matrice argileuse jaunâtre. Cette matrice ne comprend que peu d'éléments clastiques, essentiellement représentés par des fragments de silex, des résidus organiques siliciés provenant du Bajocien et de rares éléments de quartz.

Le cortège des minéraux lourds de cette zone se compose en majeure partie de zircon et de minéraux titanés (Fig. 57) associés à une forte proportion de tourmaline ainsi qu'à des silicates de métamorphisme. Parmi les silicates de métamorphisme, le pourcentage de disthène est supérieur à celui de l'andalousite alors que dans les graviers cénomaniens sus-jacents, la teneur en andalousite est très forte et bien supérieure à celle de disthène.

L'association montmorillonite-illite-kaolinite représente la fraction phylliteuse de la matrice argileuse jaune emballant les silex.

B - LES DEPOTS CENOMANIENS.

a) La formation graveleuse (Fig. 52 ; Pl. 1 à Pl. 6)

Elle ravine l'argile à silex sous-jacente et en remanie des éléments à sa base ; les rognons de silex ainsi repris ne sont pas usés, peu fragmentés et disparaissent rapidement vers le sommet.

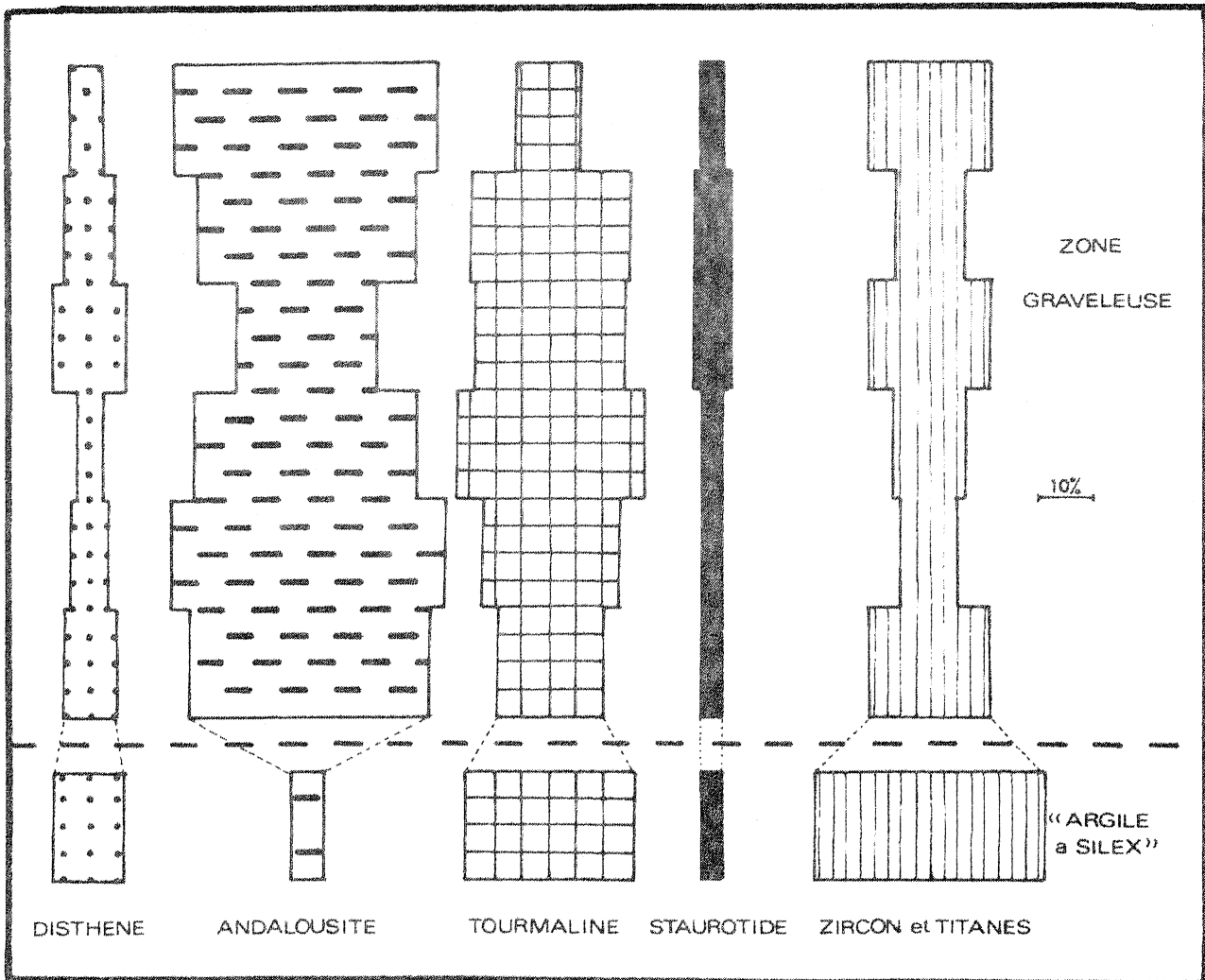


Fig. 57. - PLANTAGENET : minéraux lourds de "l'argile à silex" et de la zone graveleuse.

L'étude sédimentologique de ces sables et graviers met en évidence des caractéristiques identiques à celles des sables et graviers de Saint-Maur et de la plaine de Jumièges :

- ils sont constitués d'un matériel uniquement quartzeux, exception faite d'un niveau renfermant une petite quantité d'argile représentée par le mélange montmorillonite-kaolinite associé à un peu d'illite.

- ils comprennent toujours une forte proportion d'éléments supérieurs à 2 mm ; la taille et le pourcentage des graviers diminuent ici de la base vers le sommet sans que se produise d'amélioration notable de l'indice de classement qui reste toujours faible (Fig. 58).

- l'usure des grains de quartz de la fraction sableuse ne se marque que par une retouche des arêtes des grains qui demeurent sub-anguleux et le pourcentage des émoussés luisants décroît rapidement vers les petites dimensions.

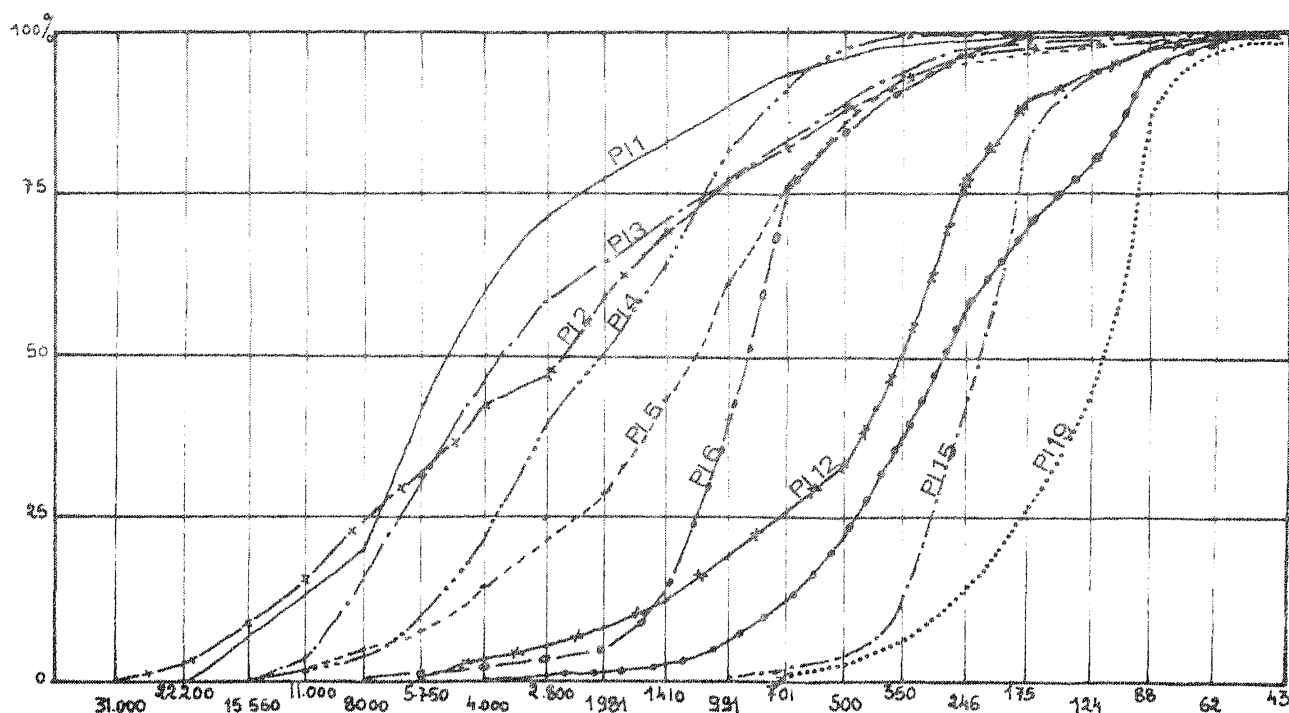


Fig. 58. - PLANTAGENET : courbes granulométriques cumulatives.

- les silicates de métamorphisme dont l'andalousite est l'élément cardinal représentent plus de la moitié de l'assemblage des minéraux lourds, le reste se composant de tourmaline dominante et de minéraux ubiquistes (Fig. 57).

b) La succession de niveaux d'argile sableuse et de lits de sable glauconieux.

Le passage des sables et graviers de base à la série sablo-glauconieuse fossilifère s'effectue par l'intermédiaire d'un lit argileux noirâtre épais de 1,50 m environ contenant des fragments de lignite (échantillons Pl. 9 et Pl. 10). La fraction phylliteuse de ce niveau se compose uniquement de montmorillonite. La glauconie n'apparaît qu'à sa partie supérieure dans de minces passées sableuses renfermant également de nombreux débris coquilliers très fragmentés. Vient ensuite une succession de lits de sables glauconieux fossilifères et de niveaux d'argile sableuse plus ou moins continus. L'étude granulométrique des lits sableux (Fig. 58) montre une réduction considérable de la teneur en éléments grossiers qui ne reste notable que dans le niveau Pl. 12 qui renferme encore quelques graviers de quartz et paraît assurer la transition avec les sables et graviers de la base. Cette réduction de la teneur en éléments grossiers s'accompagne d'une diminution de la valeur du grain moyen et d'une augmentation de l'indice de classement.

L'usure des grains de quartz de la fraction sableuse est également beaucoup plus marquée et le pourcentage des émousés luisants reste notable dans les petites dimensions.

L'assemblage des minéraux lourds est caractérisé par l'importance de la tourmaline (40 à 45 %) tandis que parmi les silicates de métamor-

hisme, le pourcentage de l'andalousite décroît (par rapport à ce qu'il est dans les sables et graviers) au profit de la staurotide, la teneur en disthène variant eu.

Les micas blancs sont abondants à tous les niveaux tandis que les micas noirs, jamais très nombreux, paraissent localisés dans les niveaux Pl. 12 ; Pl. 15 ; Pl. 17 ; Pl. 19, et présentent les mêmes étapes de "glauconitisation" que celles rencontrées dans les formations analogues du Cénomanién moyen de Parçay-les-Pins (page 62).

La fraction argileuse de ces niveaux sableux se compose d'une partie diffuse et de grains de glauconie. Ceux-ci, en général constitués par un minéral interstratifié illite-montmorillonite, sont parfois accompagnés d'une petite quantité de montmorillonite diffuse à laquelle se trouve parfois associé, - peut-être fortuitement (grains brisés) un interstratifié analogue à celui qui compose les grains de glauconie.

Les niveaux d'argile sableuse qui alternent avec les lits de sable glauconieux sont caractérisés par la seule présence de montmorillonite.

c) Les marnes à Ostracées affleurent au sommet de la coupe sous leur faciès habituel de craie marneuse blanchâtre, très riche en coquilles d'Hufres ; elles contiennent environ 75 % de calcite, des traces de quartz et des minéraux argileux. A la fraction diffuse dans le sédiment, composée uniquement de montmorillonite, viennent s'ajouter des grains de glauconie constitués par un mélange d'illite et de montmorillonite.

C - INTERPRETATIONS.

a) Les formations comprises entre le Jurassique et le Cénomanién.

Les argiles à silex ont été longtemps considérées comme résultant uniquement de la décalcification du matériel sous-jacent. Un récent colloque sur les argiles à silex (1966) organisé par les Géologues du Bassin de Paris, a permis une confrontation des diverses opinions et l'essentiel de la bibliographie se rapportant à ce sujet se trouve dans le Mémoire édité à cette occasion par la Société Géologique de France : actuellement, les opinions sont plus nuancées, les auteurs se basant surtout sur la nature respective des minéraux argileux du substrat et des formations sus-jacentes.

Dans le cas présent, les minéraux argileux ne semblent pas fournir d'arguments décisifs ; par contre, l'existence dans le niveau à silex d'une fraction détritique fine et de minéraux lourds ne pouvant être issus totalement du calcaire bajocien, ni des graviers cénomaniens, indique qu'une partie au moins du matériel fin est allochtone, tandis que les silex peu usés et peu fragmentés n'ont subi tout au plus qu'un transport très court. En outre, la libération des silex du Bajocien et leur mise en place sont antérieures au dépôt des graviers cénomaniens qui tranchent nettement la formation à silex.

Par contre, les niveaux ferrugineux et sulfatés à halloysite résultent d'une évolution ultérieure et se sont développés par néoformation au contact du calcaire bajocien. Sans entrer dans le détail de la minéralogie de cette zone excessivement complexe, il est évident que les agrégats fibroradiés de grande taille ou les rognons de sulfates n'ont pu être remaniés avec la formation à silex dans laquelle ils pénètrent car ils sont beaucoup trop fragiles. Cette zone s'est formée par concrétionnement à partir de solutions venant des dépôts

cénomaniens riches en pyrite, percolant à travers les argiles à silex, et précipitant au contact du calcaire bajocien par suite d'une brusque élévation du Ph.

Les formations comprises entre le calcaire bajocien et les graviers cénomaniens ont donc pris naissance en deux temps :

- dans un premier temps, s'est mise en place "l'argile à silex", la fraction fine seule étant allochtone.

- dans un second temps, bien postérieur, les niveaux ferrugineux et sulfatés à halloysite ont pris naissance au sein des dépôts par néoformation.

b) La série cénomaniennne de Plantagenet.

L'étude de la coupe de Plantagenet permet de mettre en évidence un certain nombre de variations des caractéristiques sédimentologiques de la base au sommet de la série cénomaniennne.

- variation de la granulométrie, liée à une diminution progressive de l'importance du matériel détritique grossier. Elle se marque déjà dans la formation graveleuse de base par une réduction du bas vers le haut de la teneur en graviers, puis se poursuit dans les niveaux sabloglauconieux de la partie médiane pour lesquels la diminution progressive de la taille du grain moyen s'accompagne d'une augmentation de l'indice de classement.

- variation de la morphoscopie des grains de quartz. Les caractères de l'usure varient brusquement au niveau des sables glauconieux dont les grains bien usés, polis et luisants contrastent fortement avec ceux, tout juste émoussés, des sables et graviers de la base. Cette variation est en relation directe avec l'installation à ce niveau d'un régime marin qui se marque également par l'apparition de fossiles et de grains de glauconie, absents des sables et graviers de base dont tous les caractères s'accordent avec l'hypothèse d'une mise en place fluviatile.

- variation dans l'assemblage des minéraux lourds. Dans les graviers, le pourcentage de l'andalousite est très nettement supérieur à celui de la staurotide alors que dans les sables glauconieux, la staurotide devient l'élément cardinal du groupe des silicates de métamorphisme.

- variation de la teneur en argile et en carbonate. La diminution de l'importance des lits sableux s'effectue au profit des niveaux argileux qui deviennent de plus en plus épais vers la partie supérieure, alors qu'augmente la teneur en calcaire ; au sommet de la coupe, les Marnes à Ostracées sont essentiellement composées de carbonate de calcium (en partie sous forme figurée) et de montmorillonite.

Toutes ces variations traduisent une modification des conditions de sédimentation au cours du Cénomanien se marquant dans la succession des dépôts :

- par une évolution allant des détritiques grossiers vers les fins puis vers les argiles et les carbonates (d'origine chimique ou biochimique).

- par l'apparition de dépôts à caractères marins dans la partie médiane de la série.

Ce type d'évolution est caractéristique d'une série positive qui correspond à des conditions transgressives (LOMBARD 1956).

S'il n'est pas question d'aborder dans le cadre de ce travail le problème de l'apparition et de la genèse de la glauconie, il me paraît cependant utile de rappeler les caractères essentiels des grains de glauconie observés ici :

- ils sont constitués par un " édifice interstratifié " illite-montmorillonite.
- ils se cantonnent en général dans les niveaux sableux, et sont intimement associés à une phase montmorillonitique diffuse.
- ils sont de taille et de morphologie diverse, certains d'entre eux (en éventail ou en accordéon) semblent dériver directement de la transformation de paillette de micas noirs.

III. LA COUPE DU THOUREIL.

Cette coupe située à 500 m au NO de l'agglomération du Thoureil (coordonnées x = 403, 25 ; y = 267, 50 ; z = 26 m) a été levée lors des travaux de terrassement pour l'établissement d'un chemin forestier ; elle entaille le Jurassique et la base du Crétacé.

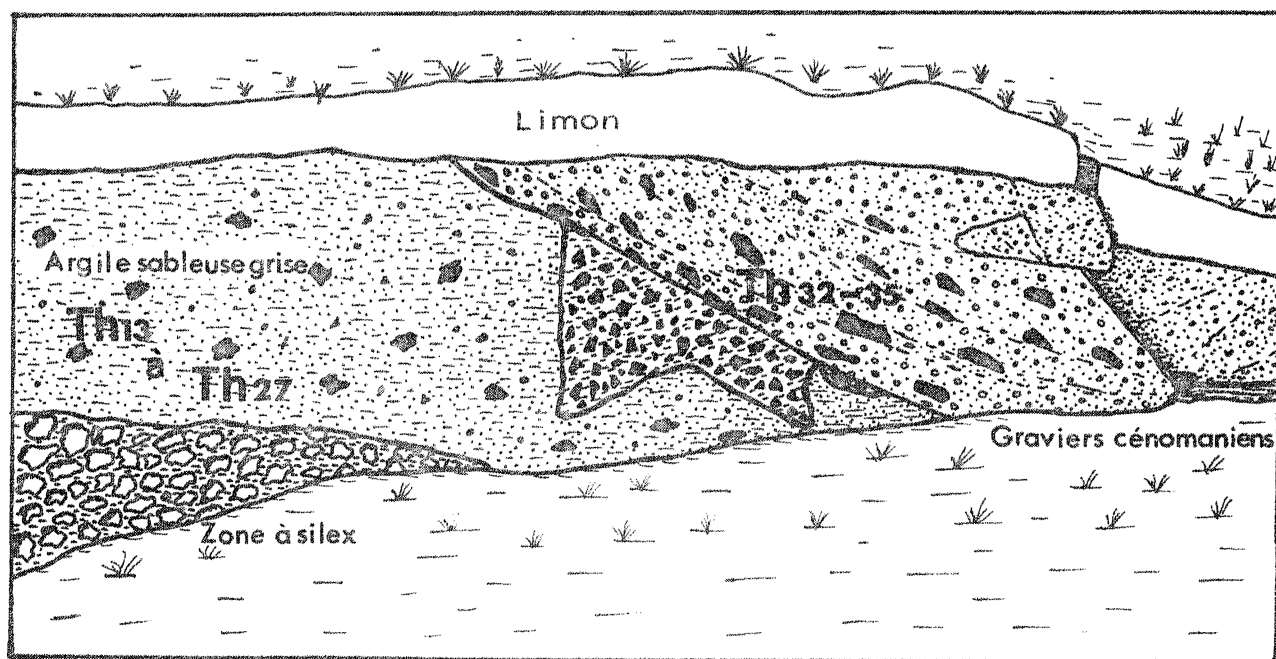


Fig. 59. - Schéma de l'affleurement du Thoureil.

La coupe débute par une formation dont les silex, imbriqués les uns dans les autres ne laissent que peu de place à une matrice argileuse ainsi qu'à des oxydes de fer. La couleur de cette argile, à dominante verte, varie d'un point à un autre et semble, comme l'apparition de concrétions d'oxyde de fer, liée à la circulation de l'eau dans cette formation. Cette zone à silex est surmontée par une argile sableuse grisâtre (Th 13 à Th 27) de 4 à 5 m d'épaisseur

renfermant également des silex ; à l'Ouest, elle est entaillée profondément par une poche remplie de silex fragmentés emballés dans une argile jaunâtre. Les graviers cénomaniens qui terminent la coupe (Th 32 à Th 35) ravinent à la fois la poche et l'argile sableuse grise (Fig. 59).

A - ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE.

a) Granulométrie, morphoscopie et minéraux lourds.

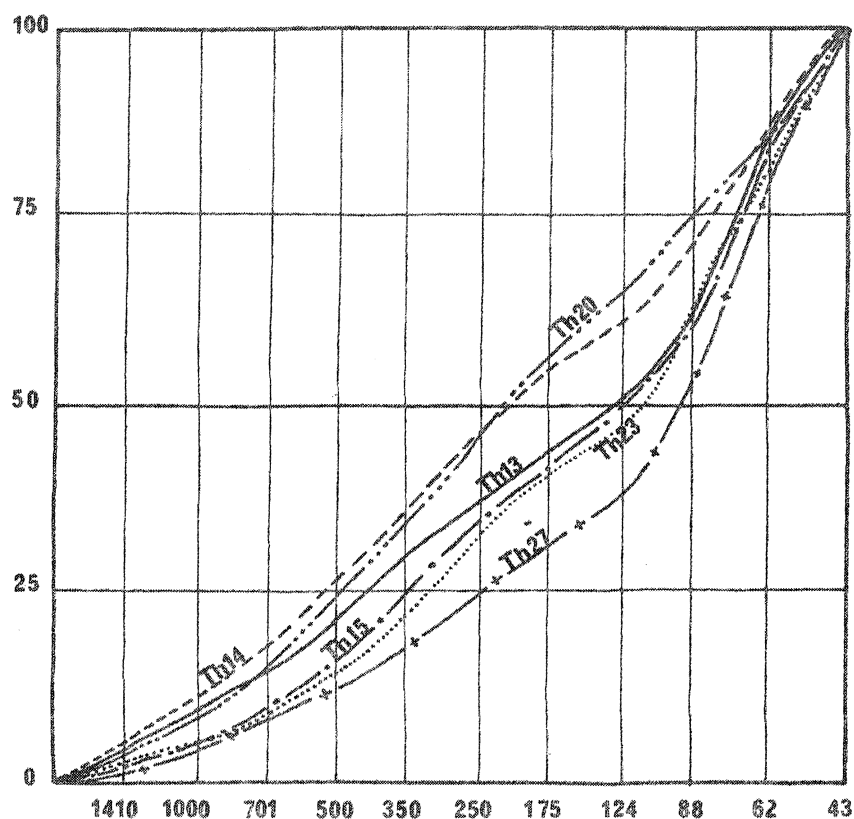


Fig. 60. - LE THOUREIL : courbes granulométriques cumulatives du niveau d'argile grise sableuse.

Dans l'argile grise sableuse, les éléments clastiques et la fraction argileuse sont en proportion sensiblement égale. La fraction clastique est constituée essentiellement par des grains de quartz très peu usés mais corrodés ainsi que par des fragments de silex auxquels s'ajoutent de rares fragments de lignite et des débris de coquille silicifiés, vraisemblablement remaniés du Jurassique sous-jacent.

L'étude granulométrique (Fig. 60) d'échantillons prélevés en divers points de ce niveau montre sa grande homogénéité : les courbes granulométriques se groupent en un faisceau étroit. Le classement médiocre (entre 38 et 14) s'effectue autour d'un grain moyen qui varie entre 225 et 92 microns.

L'assemblage des minéraux lourds se compose de quantités sensiblement égales de minéraux ubiquistes et de silicates de métamorphisme dont le disthène est l'élément dominant (Fig. 61).

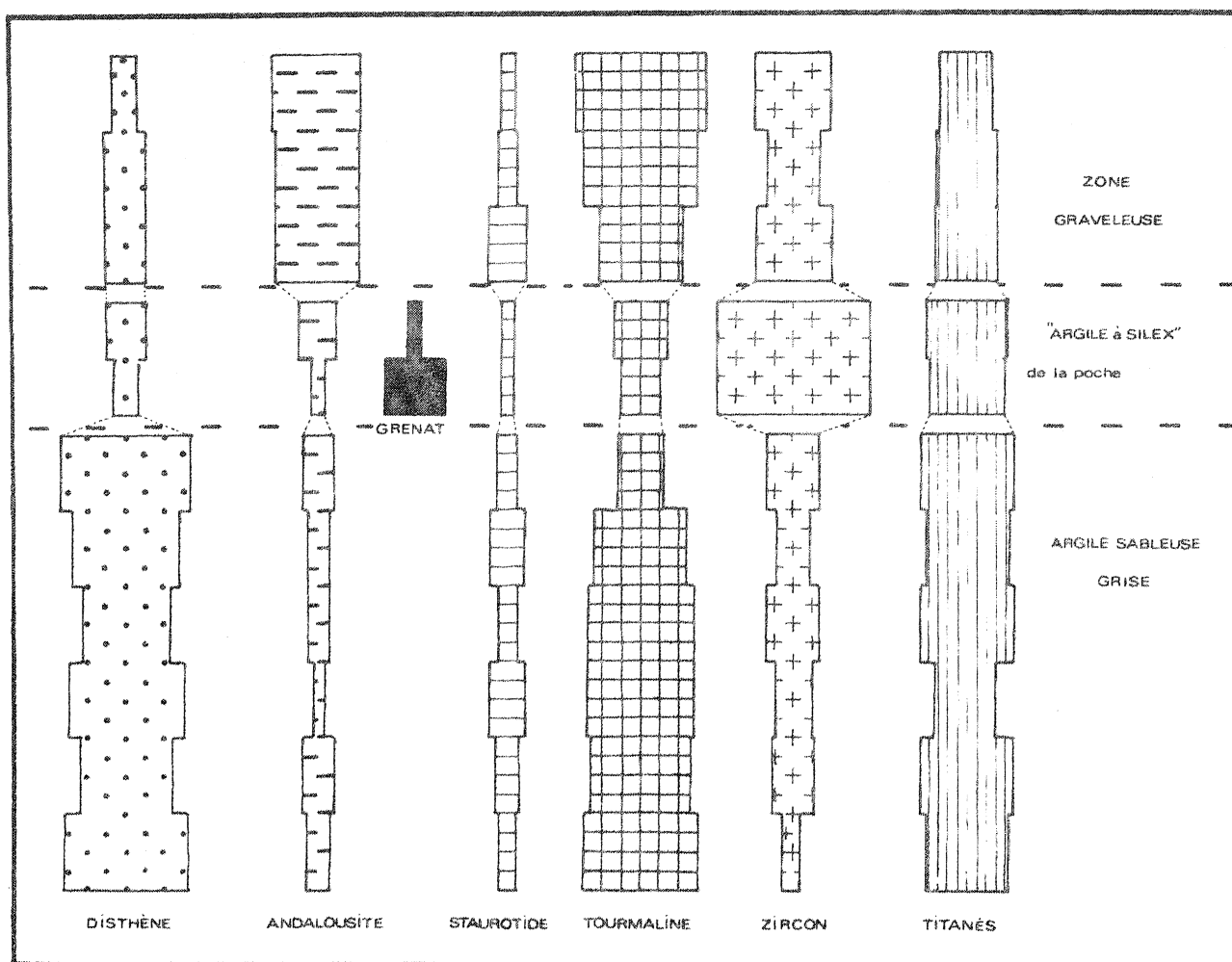


Fig. 61. - LE THOUREIL : variation de la composition de l'assemblage des minéraux lourds suivant les niveaux.

La fraction clastique accompagnant les silex fragmentés qui remplissent la poche n'est pas en quantité suffisante pour permettre une analyse granulométrique mais s'est révélée assez riche en minéraux lourds pour autoriser l'évaluation de pourcentages. Les minéraux ubiquistes qui comprennent une forte proportion de zircon, représentent les trois quarts du cortège, le reste étant constitué de silicates de métamorphisme marqués par l'apparition du grenat ainsi que par la diminution de la teneur en disthène.

On retrouve pour les graviers cénomaniens du Thoureil des caractéristiques semblables à celles qui ont été dégagées de l'étude des affleurements précédents. Le quartz en est le constituant essentiel ; les silex, remaniés à la base, deviennent ensuite beaucoup plus rares. La proportion d'éléments supérieurs à 2 mm varie suivant les échantillons mais reste toujours élevée. Afin de permettre la comparaison avec les échantillons du niveau d'argile sableuse grise de la base de la coupe, la fraction grossière n'a pas été figurée sur les courbes granulométriques cumulatives (Fig. 62) qui ne tiennent compte que de la phase sableuse. Cette fraction sableuse est assez bien classée (I. C. compris entre 41 et 69) autour d'un grain moyen variant entre 230 et 750 microns. Les

variations importantes de la taille du grain moyen, qui s'accompagnent également de variations dans la teneur en éléments grossiers, paraissent liées à l'existence dans ces graviers d'une stratification entrecroisée très développée.

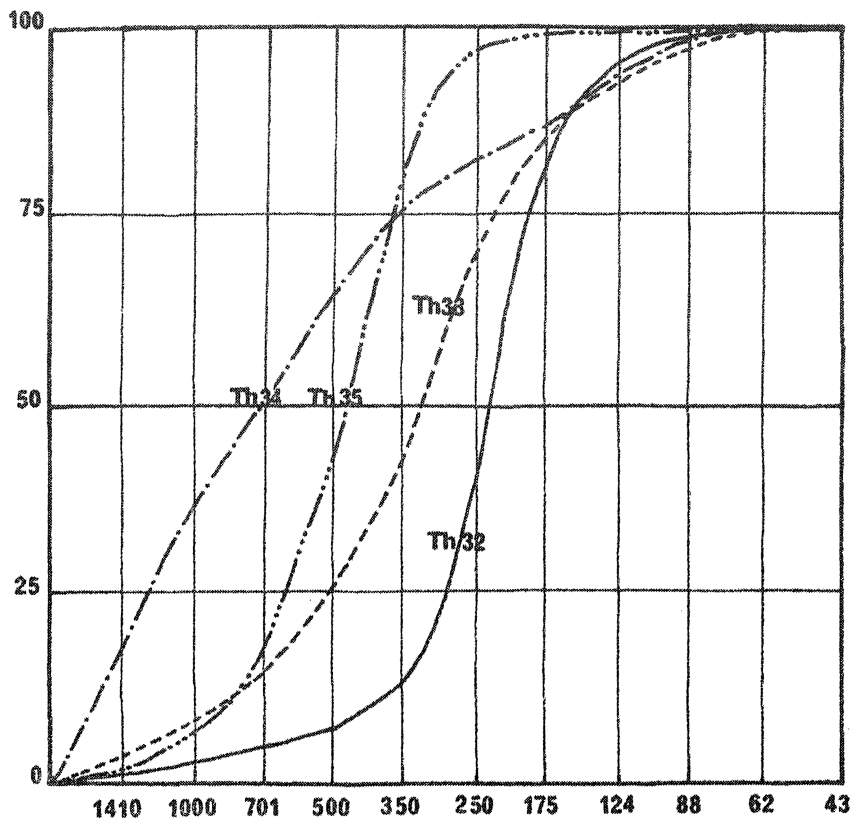


Fig. 62. - LE THOUREIL : courbes granulométriques cumulatives de la fraction sableuse des graviers cénomaniens.

L'usure des grains de quartz de la fraction sableuse ne se marque que par une retouche des arêtes des grains les plus gros et le pourcentage de grains émoussés luisants diminue rapidement vers les petites dimensions.

Dans le cortège des minéraux lourds, les silicates de métamorphisme, dont l'andalousite devient l'élément dominant, sont associés à une forte proportion de tourmaline, à des zircons et des minéraux titanés.

Cette étude montre une opposition nette aussi bien du point de vue granulométrique que du point de vue des minéraux lourds (Fig. 61) entre l'argile grise et les graviers cénomaniens dont les caractères demeurent identiques à ceux des affleurements étudiés précédemment ; la variation des proportions relatives du disthène et de l'andalousite dans les deux niveaux est, à ce point de vue, particulièrement significative.

Il semble utile, en outre, de souligner deux traits importants de la fraction clastique de l'argile sableuse grise :

- un grain moyen relativement faible associé à un classement très médiocre.
- des grains de quartz très peu usés mais nettement corrodés.

b) Les minéraux argileux.

L'argile associée aux silex à la base de la coupe, se présente comme un mélange variable de montmorillonite, d'illite (ou d' "édifices interstratifiés " illite-montmorillonite) et de kaolinite. Leur proportion est variable suivant le lieu du prélèvement et sans que cela semble très rigoureux, la montmorillonite semble avantagée à la base de la coupe (où apparaissent parfois des traces de gypse) tandis que vers le sommet, la kaolinite prend la première place. Les concrétions ferrugineuses qui existent également à ce niveau sont constituées de stilpnosidélite et de goethite.

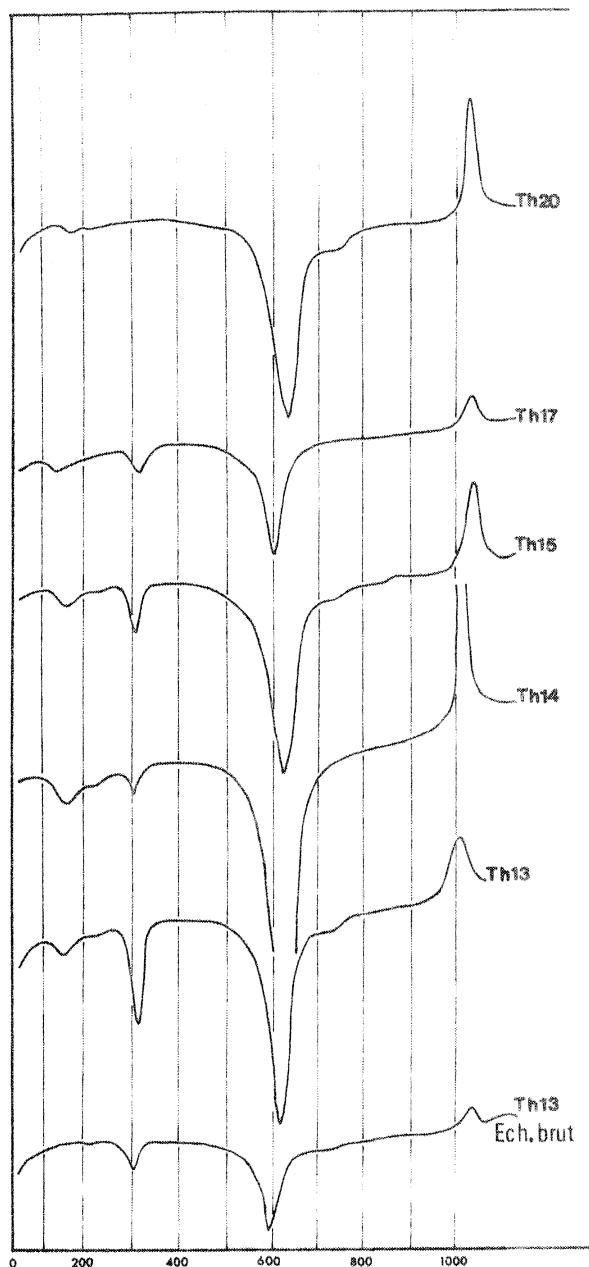


Fig. 63

LE THOUREIL

Courbes d'analyse thermique différentielle des échantillons du niveau d'argile grise sableuse

Beaucoup plus intéressante est l'argile grise qui est essentiellement constituée de kaolinite dominante associée à de faibles quantités de mica parfois ouvert ; à cette kaolinite s'ajoute une proportion parfois notable de gib-

bsite (Fig. 63 et 64).

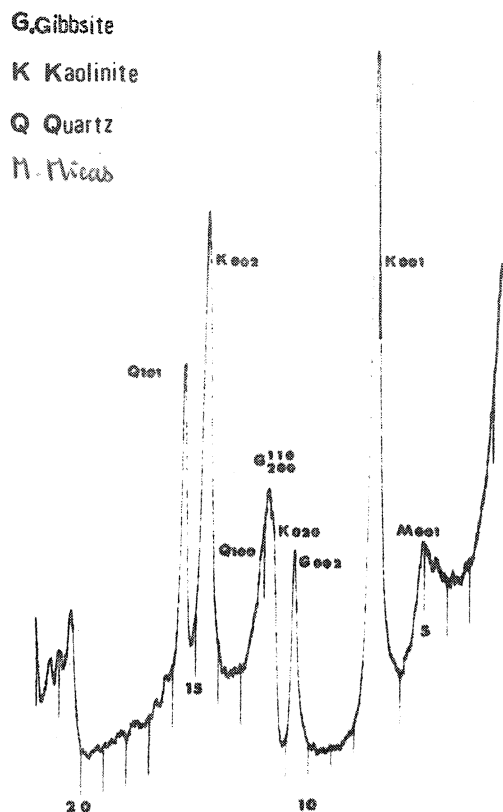


Fig. 64

LE THOUREIL

Diagramme de poudre de la fraction fine de l'échantillon Th13 (argile sableuse) (Radiation $\text{K}\alpha$ du cobalt. graduation en degrés θ).

En microscopie électronique (Fig. 65), la kaolinite se présente sous forme de petites plaquettes hexagonales, tantôt seules, tantôt associées à de grandes lames irrégulières sur lesquelles semblent collés de petits hexagones.

L'argile jaune emballant les silex fragmentés de la poche est également constituée de kaolinite associée à du mica et à une petite quantité d'hydroxyde de fer. Un liseret plus argileux rendu bicolore (vert et brun) par des phénomènes d'oxydo-réduction, tapisse le fond de la poche et la sépare de l'argile grise ; il est constitué de kaolinite nettement dominante sur les micas (côté brun interne) et de micas partiellement ouverts dominants sur la kaolinite (côté vert externe).

Une lentille argileuse interstratifiée dans les graviers est constituée par le mélange en quantités égales de montmorillonite et d'illite.

De tous ces faits, le plus remarquable est l'association de gibbsite et de kaolinite dont la morphologie est celle des kaolinites sédimentaires (ESTEOULE et ESTEOULE-CHOUX 1964).

Ce type de dépôt se retrouve, avec les mêmes caractères, dans une coupe située à 700 m à l'Ouest de l'affleurement du Thoureil.

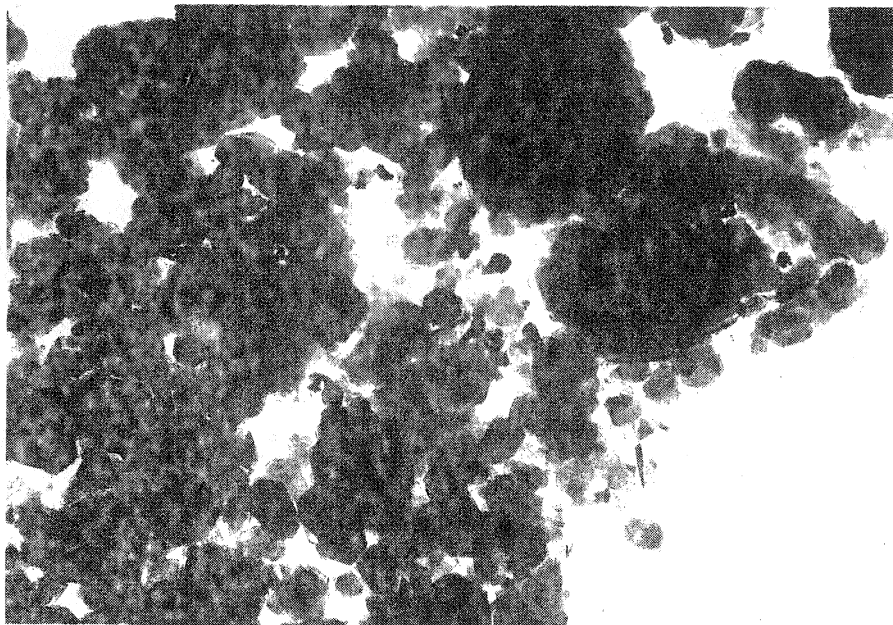


Fig. 65. - Kaolinite du Thourel (G x 20 700).

B - INTERPRETATIONS.

Comme à Plantagenet, les silex de la base, entiers et ne présentant aucune trace d'usure, semblent provenir directement du Bajocien. La nature des minéraux argileux qui constituent la matrice de ce niveau à silex paraît avoir été influencée par des circulations à l'intérieur de cette formation ; leur étude ne fournit pas de données supplémentaires quant à l'histoire de ce niveau.

Il n'en va pas de même avec l'argile sableuse grise qui présente un certain nombre de caractères très significatifs. Leur convergence va nous permettre de montrer clairement que l'on se trouve en présence d'une ancienne latérite remaniée brutalement.

Les deux arguments majeurs nous sont fournis par la fraction fine :

- la présence de kaolinite dominante.
- la présence de gibbsite dans un certain nombre d'échantillons, localisée à la base de la formation.

Il est inutile de commenter plus avant ces deux observations car ces deux minéraux sont reconnus comme caractéristiques des latérites (MILLOT 1964).

Un autre argument apporté par la fraction sableuse vient étayer les deux précédents : la corrosion des grains de quartz témoigne également de l'agressivité des climats (MILLOT 1964).

Le manque de classement et le peu d'évolution du matériel détritique mis en évidence par l'étude de la fraction sableuse se marque également dans les parties fines par l'association de petites lamelles hexagonales de kaolinite à faciès sédimentaire et de grandes lames, qui montre l'absence de tri

durant le transport. La mise en place de ce niveau résulte donc d'un remaniement brutal suivi d'un transport réduit et ceci explique que l'on retrouve la gibbsite localisée à la base de l'argile grise sableuse.

Le matériel phylliteux qui remplit la poche creusée dans l'argile grise sableuse ne fournit pas d'indications climatiques importantes, cependant, la nature du matériel clastique (silex brisés) ainsi que la présence de grenats parmi les minéraux lourds montrent que cette poche est le témoin d'un épisode distinct, postérieur au dépôt de l'argile grise et antérieur à celui des graviers.

IV. CONCLUSIONS.

L'étude de ces trois coupes, très voisines, a permis non seulement d'observer à l'affleurement la superposition des divers faciès du Cénomaniens reconnus dans la dépression de Jumelles, mais encore de mettre en évidence des formations intercalées entre le Jurassique et les premiers dépôts cénomaniens.

A - LES FORMATIONS COMPRISES ENTRE LE CALCAIRE BAJOCIEN ET LES DEPOTS CENOMANIENS.

Les formations comprises entre le calcaire bajocien et les dépôts cénomaniens ne sont pas de simples couches de transition résultant du remaniement du substratum par la base du Cénomaniens, mais des formations ayant une histoire géologique propre.

La coupe du Thoureil nous montre trois épisodes :

- mise en place de l'argile à silex.
- dépôt de l'argile sableuse grise,
- établissement de la poche d'argile jaune.

A ces épisodes, il convient d'ajouter la mise en place tardive par néoformation à partir de solutions, des niveaux à halloysite, hydroxydes de fer et sulfates d'alumine de la coupe de Plantagenet.

Cette étude permet donc de mettre en évidence au moins quatre épisodes successifs responsables de la formation de la zone de transition entre le calcaire bajocien et les graviers cénomaniens.

Cependant, le fait le plus important du point de vue géologique est la mise en évidence d'une rhéxistasie (ERHART 1956) kaolinique et gibbsitique, très rapide, antérieure au dépôt des graviers cénomaniens. L'existence de climats latéritiques régnant au Crétacé a été depuis longtemps admise à cause de la présence des dépôts kaoliniques et ferrugineux du Wealdien du Boulonnais, du pays de Bray, du centre du Bassin de Paris et du Berry (MILLOT 1964) ainsi que de celle des bauxites des Pyrénées orientales et de Provence (LAPPARENT 1930) ; dans cette optique MILLOT et COLL (1960) pouvaient interpréter les néoformations de la craie comme la contrepartie sédimentaire de cette latéritisation. Le niveau d'argile sableuse de la coupe du Thoureil qui témoigne du démantèlement d'une latérite préexistante constitue une preuve directe de l'existence de climats latéritiques à une période au moins antécénomaniens. Le moment précis de la mise en place de ce dépôt kaolinique et gibbsitique est dif-

ficile à établir dans l'état actuel de cette étude, mais il faut toutefois souligner son analogie, tant par le faciès que par la période de dépôt, avec les formations de faciès Weald. (J. ESTEOULE-CHOUX, ESTEOULE, LOUAIL - 1969).

B - LA SERIE CENOMANIENNE.

L'existence, à la base de la série cénomaniennne de la région étudiée, d'un niveau de sables et de graviers présentant les mêmes caractères, pétrographiques, granulométriques, morphoscopiques et minéralogiques que les " sables et graviers de Jumelles " constitue un argument supplémentaire en faveur du rattachement de ces derniers au Cénomanienn.

En outre, l'étude des différents niveaux reconnus dans la coupe de Plantagenet permet de mettre en évidence, de la base au sommet de la série cénomaniennne, une évolution allant des détritiques grossiers vers les fins puis vers les dépôts d'origine biochimique ou chimique. Ce type d'évolution est caractéristique des séquences positives (LOMBARD 1956). De plus, la granulométrie, la morphoscopie des grains de quartz ainsi que l'absence de fossiles et de glauconie dans l'horizon graveleux de la base du Cénomanienn sont en faveur d'une mise en place fluviatile. Ces caractères varient d'ailleurs de façon brutale dans la partie médiane de la série, dès que l'influence marine se fait sentir, tout d'abord avec des faciès très littoraux (sables glauconieux avec débris coquilliers) puis avec les Marnes à Ostracées particulièrement riches en fossiles. Les dépôts cénomaniens se succèdent donc suivant une série positive à caractère transgressif.

TROISIEME PARTIE

INTERPRETATIONS GENERALES

L'étude sédimentologique des "sables et graviers de Jumelles" a permis de montrer que cette formation représente un faciès continental fluviatile, localisé à la base de la série cénomaniennne.

L'existence de dépôts de faciès continental dans le Cénomanien de l'Anjou a déjà été signalée par LECOINTRE (1959) qui établissait ainsi la succession de haut en bas des formations cénomaniennes de la région :

- Marnes à *Ostrea biauriculata*
- Sables du Perche
- Sables du Maine
- Argiles noires subcontinentales lignitifères avec lentilles sableuses (anciens ruisseaux ou estuaires).

Ces formations continentales cénomaniennes ont également été reconnues dans les régions voisines dans le Poitou et en Vendée.

- Près de Chatellerault où MATHIEU (1963) signale entre les calcaires séquanien et les sables glauconieux cénomaniens, un niveau d'argiles noires feuilletées et de sables quartzeux grossiers à stratification entrecroisée qu'il interprète comme mis en place par des cours d'eau descendant de la Gâtine et de la basse Marche.

- Dans le marais de Challans et le Marais de Monts où des argiles noires recoupées de lits sableux ont été reconnues cénomaniennes (DURAND ; TERS ; VERGER 1963), et ont été interprétées comme correspondant à des dépôts de zone basse marécageuse, situées en avant du littoral cénomanien et envahies ensuite par la transgression.

Un tel schéma du mécanisme de la transgression cénomaniennne semble devoir s'appliquer à la région angevine. L'examen des faciès et des caractéristiques sédimentologiques des dépôts de la base du Cénomanien de cette région va nous permettre de retrouver les grands traits du cadre géographique dans lequel s'est effectuée leur mise en place.

I. LE CADRE DU DEPOT ET LE TYPE DE MISE EN PLACE DE LA SERIE CENOMANIENNE.

" La mer, qui semblait avoir abandonné définitivement l'Anjou à la période oxfordienne, regagne pendant la période crétacée le terrain perdu ... " (COUFFON 1936).

a) Les évènements antérieurs au dépôt des graviers cénomaniens.

L'exondation des assises calcaires jurassiques à la suite de la régression marine de la fin de l'Oxfordien a provoqué l'apparition en bordure du continent armoricain d'une vaste plaine sensiblement horizontale, sorte de " plateforme structurale " qui devait être comparable au plateau continental actuel de la Manche occidentale.

L'étude des formations comprises entre le Bajocien et le Cénomaniens de la rive gauche de la Loire, a permis de montrer que, durant cette période d'émersion, la table calcaire jurassique a été profondément altérée. Cette altération est responsable du démantèlement de certaines assises dont ne subsistent que les silex. Ceux-ci, emballés dans une fraction fine allochtone, constituent le niveau " d'argile à silex " que l'on retrouve scellé sous les dépôts crétacés.

On doit également rapporter à cette période la mise en place, à la suite du déblaiement brusque de formations d'altération de type latéritique, du lambeau d'argile sableuse grise kaolinique et gibbsitique conservé au Thoureil.

b) Le dépôt des " sables et graviers de Jumelles "

- le mode de stratification, la granulométrie, la morphoscopie des grains de quartz des "sables et graviers de Jumelles s'accordent avec l'hypothèse d'un transport fluvial.

- les caractéristiques granulométriques de ces sables et graviers - mauvais classement - abondance des éléments détritiques grossiers - ne peuvent s'expliquer que par une mise en place rapide du sédiment provoquée par une perte de charge importante de l'agent de transport.

Ces conditions amènent à envisager l'hypothèse suivante pour expliquer la mise en place des " sables et graviers de Jumelles " :

- les fleuves qui descendaient du continent armoricain vers les mers du Bassin de Paris, qui étaient alors leur niveau de base, s'étendaient largement sur la vaste étendue plate que formaient les assises jurassiques et s'y divisaient en de multiples bras et chenaux divagants dont la compétence individuelle se trouvait alors considérablement atténuée. Les éléments clastiques grossiers, transportés par ces fleuves, se déposaient alors sur cette zone basse située en avant du littoral cénomanien.

Ces conditions de dépôt devaient être semblables à celles qui ont permis la mise en place des cailloutis quaternaires de la Manche et de la Mer du Nord (BERTHOIS 1957) à une période où ces zones se trouvaient émergées. L'analogie des caractères granulométriques de ces cailloutis et de ceux des " sables et graviers de Jumelles " a d'ailleurs été soulignée dans un paragraphe précédent.

Les argiles noires et grises cénomaniennes qui, dans la région de Mouliherne et de Longué, surmontent le niveau graveleux, sont très souvent sapropéliennes et riches en débris végétaux pouvant être de grande taille (tronc ligniteux de la carrière des Fresneaux). Elles semblent s'être déposées, comme les argiles de Challans en Vendée, dans une zone marécageuse située en avant de la mer du Cénomanien inférieur dont les dépôts se rencontrent dans la Sarthe. La présence d'hystrichosphères dans ces argiles peut s'interpréter comme le résultat d'incursions marines temporaires dans ces marais littoraux.

c) La transgression cénomaniennne.

La mer cénomaniennne a ensuite envahit cette zone, transgressant même sur le socle paléozoïque. Les diverses formations, alors mises en place - Sables glauconieux puis Marnes à Ostracées, s'ordonnent suivant une série positive à caractère transgressif.

II. ORIGINE DU MATERIEL DETRITIQUE.

a) Interprétation des minéraux lourds. Les provinces distributrices.

Les minéraux lourds à l'échelle de la formation caractérisent l'"héritage", leur étude permet, dans certains cas, de résoudre des problèmes de corrélations stratigraphiques locales au sein de séries sableuses, et parfois de découvrir la source du matériel détritique.

Dans toute la série cénomaniennne, l'assemblage des minéraux lourds est caractérisé par sa richesse en silicates de métamorphisme qui, avec la tourmaline, forment l'essentiel du cortège. Cependant, une coupure extrêmement nette peut être mise en évidence entre les formations détritiques continentales de la base et la série sablo glauconieuse marine qui les surmonte. Cette coupure est marquée par la variation des pourcentages relatifs en staurotide et en andalousite dans les deux formations.

Sur le diagramme ternaire de la figure n°66, destiné à faire apparaître cette coupure, ont été portées les teneurs relatives en andalousite, disthène et staurotide d'un certain nombre d'échantillons choisis, dans la mesure du possible, dans des coupes où la superposition des deux faciès était observable ou à défaut dans des affleurements voisins.

Les échantillons correspondants aux sables et graviers de la base de la série se groupent près du pôle andalousite alors que les formations sablo-glauconieuses se révèlent beaucoup plus riches en staurotide et constituent une plage bien distincte de la première. Un troisième assemblage se localise près du pôle disthène, et correspond aux prélèvements effectués dans le niveau argilo-sableux à kaolinite et gibbsite intercalé entre le Jurassique et le Cénomanien dans la coupe du Thoureil.

L'application de cette variation de la teneur relative en silicates de métamorphisme à des corrélations stratigraphiques locales est donc possible. Il reste à tenter une explication de ce fait d'observation, et en particulier, à voir s'il peut correspondre à un changement dans l'alimentation en détritiques.

Andalousite, staurotide et disthène appartiennent tous à la catégorie des minéraux de moyenne résistance dans l'échelle de fragilité de PETTIJOHN (1957) ; les variations des pourcentages de ces minéraux ne peuvent donc s'ex-

pliquer par une altération différentielle et doivent provenir de changements dans les provinces d'alimentation en détritiques.

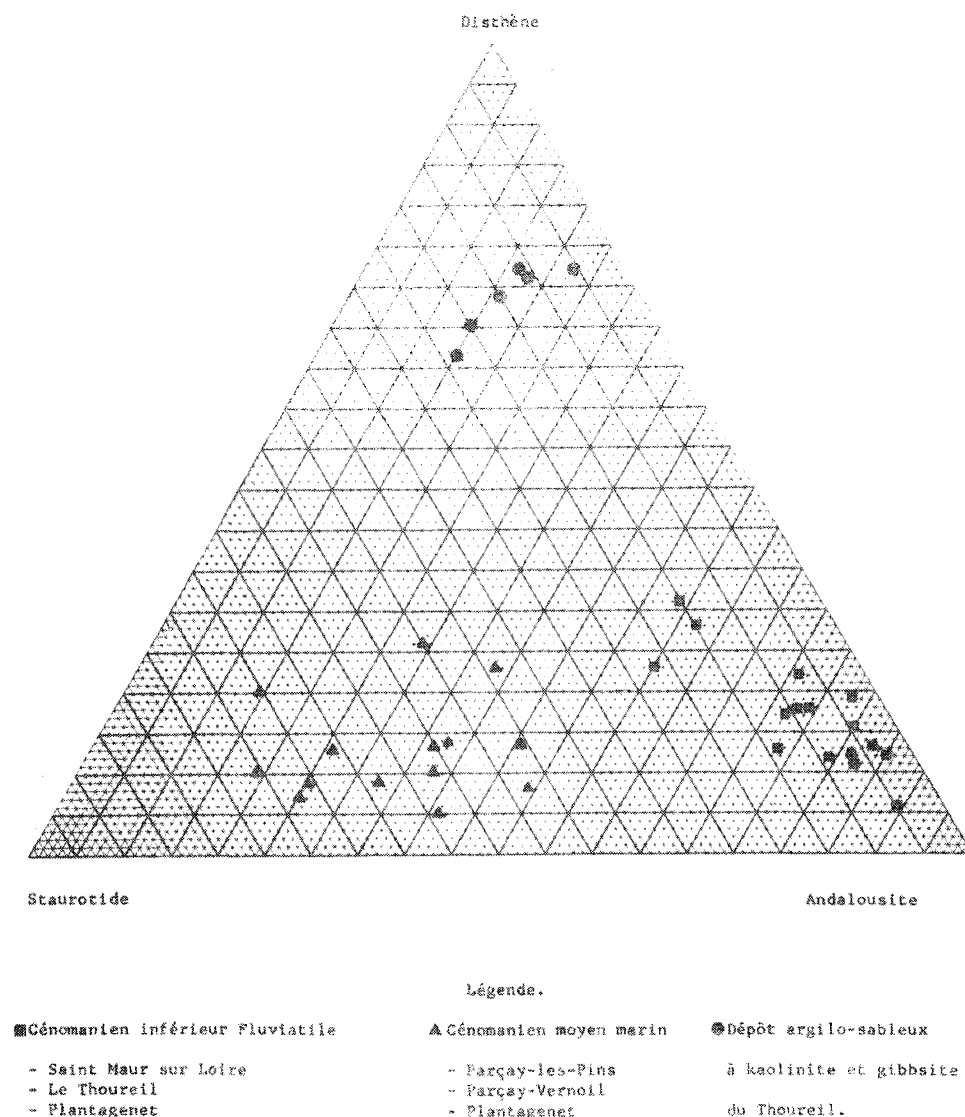


Fig. 66. - Variation de la teneur en andalousite-staurotide et disthène dans les formations étudiées.

1°) Provinces distributrices au Cénomaniens inférieur.

Les proportions relatives des minéraux lourds rencontrés dans ce niveau s'ordonnent de la façon suivante :

Tourmaline $\gg$ andalousite $\gg$ disthène $\gg$ staurotide

Il s'y ajoute une proportion variable de minéraux à très grande résistance (titanés et zircon) (PETTIJOHN 1957) dont la variation de fréquence n'apparaît pas très significative ; les proportions relatives de ces éléments ubiquistes dépendent en effet étroitement des variations du pourcentage des autres

espèces minérales.

Suivant l'hypothèse d'une mise en place fluviale des formations détritiques grossières de ce niveau, l'origine du matériel clastique doit être recherchée dans les assises métamorphiques de la bordure NE de la terminaison méridionale de l'anticlinal de Cornouailles. En effet, le réseau hydrographique qui drainait cette région, canalisé par les plissements hercyniens qui lui imposaient une direction NW-SE suivant les grandes lignes structurales, aboutissait logiquement aux mers du Bassin de Paris en passant par la région angevine. D'autre part, la nature des terrains traversés s'accorde avec la composition de l'assemblage des minéraux lourds. En effet :

- l'abondance de la tourmaline s'explique par la fréquence de ce minéral dans un grand nombre d'assises métamorphiques constituant le bassin d'alimentation supposé ; de plus, certains niveaux (Schistes et grès tourmalifères de Saint-Herblon, grès de la forêt d'Ancenis tourmalisés) (feuille de Nantes au 1/80 000è) sont susceptibles d'avoir fourni du matériel détritique à très forte teneur en tourmaline qui constitue parfois jusqu'à 25 % du volume de la roche.

- les minéraux composant le groupe des silicates de métamorphisme se divisent en deux assemblages ; d'une part, la staurotide et le disthène en tant que minéraux du métamorphisme général ; d'autre part, l'andalousite qui, sous sa forme chiasolite (la plus fréquente ici) paraît caractéristique d'un métamorphisme de contact.

Comme pour la tourmaline, certaines assises du bassin d'alimentation supposé peuvent avoir fourni de très fortes concentrations en andalousite : par exemple, les schistes maclifères de Nozay où les chiasolites atteignent 0,10 m (feuille de Saint-Nazaire au 1/80 000è), ou les schistes métamorphisés au contact du granite de Bécon feutrés de cristaux d'andalousite (feuille de Cholet au 1/80 000è). Le couple disthène-staurotide est marqué par une légère prédominance du disthène, qui dans les formations du Crétacé inférieur du Bassin de Paris, a été considéré comme caractéristique d'une origine armoricaine (VATAN 1938 ; POMEROL 1965).

L'existence d'un galet d'amphibolite dans l'un des affleurements de graviers concorde avec cette origine armoricaine du matériel détritique mais pose également le problème de l'absence de certains minéraux dans le cortège lourds :

- La composition du cortège minéralogique lourd est liée non seulement à la nature de la roche mère, mais également aux mécanismes de libération du matériel détritique. La résistance à l'altération est en effet très variable suivant les espèces minérales. Les amphiboles, et en particulier les amphiboles calciques, paraissent particulièrement fragiles (GOLDICH 1938, p. 52), ce qui explique leur absence alors que des fragments de roche saine peuvent subsister et être remaniés. Il en est de même des péridots et de certains pyroxènes monocliniques, présents dans l'aire d'alimentation supposée (gabbros et pyroxénites) mais que l'on ne retrouve pas en proportion notable dans le cortège des minéraux lourds. L'absence du grenat, constatée à différentes reprises (MOREAU 1965 ; STEINBERG 1967) dans des sables cénomaniens de la région, s'explique plus difficilement, les auteurs (GOLDICH 1938 ; SMITHSON 1941 ; ALLEN 1948 ; REASIDE 1959) ayant des opinions diverses sur le degré de stabilité de ce minéral. MOREAU (1965) note l'absence de grenat dans les formations cénomaniennes de la bordure septentrionale de l'Aquitaine et l'attribue à une altération de ce minéral en climat aride, hypothèse pouvant également être envisagée ici.

2°) Les variations de l'assemblage des minéraux lourds après la transgression du Cénomanién moyen.

L'installation du régime marin au Cénomanién moyen coïncide avec une modification du cortège des minéraux lourds des sédiments alors déposés. La staurotide devient l'élément majeur du groupe des silicates de métamorphisme, les proportions relatives des différents constituants du cortège s'ordonnant ainsi :

Tourmaline >> staurotide > andalousite > disthène

Cette prédominance de la staurotide sur les autres silicates de métamorphisme paraît être un trait constant des formations marines cénomaniennes de Vendée (TERS 1959), des Charentes (MOREAU 1965, 1968) et du Poitou (STEINBERG 1967), et ces mêmes dépôts se révèlent le plus souvent pauvres en andalousite. Par contre, dans le Cénomanién de la Sarthe, l'andalousite est l'élément cardinal du groupe des silicates de métamorphisme (JUIGNET communication, Ass. Séd. Fr. Tours 1967).

Une hypothèse peut donc être envisagée pour expliquer ce brusque enrichissement en staurotide des dépôts cénomaniens de l'Anjou, qui, curieusement, coïncide avec l'établissement du régime marin. La transgression cénomaniénne ouvrant le détroit de la basse Loire (LAPPARENT 1906 ; MATHIEU 1957) a permis la communication du bassin d'Aquitaine avec le Bassin de Paris et du matériel détritique riche en staurotide et pauvre en andalousite (provenant des formations métamorphiques de Vendée - MOREAU 1968) serait alors venu diluer un apport armoricain à andalousite dominante.

b) Les minéraux argileux des sédiments étudiés.

Dans toutes les formations étudiées, les minéraux argileux essentiels sont : la kaolinite, la montmorillonite, l'illite, mais leurs proportions relatives varient suivant les niveaux :

+ dans les marnes et calcaires oxfordiens, la montmorillonite est le constituant majeur de la fraction non carbonatée ; elle est associée à une faible proportion d'éléments clastiques fins.

+ la fraction phylliteuse du niveau argilosableux intercalé entre le Jurassique et les premiers dépôts cénomaniens dans la coupe du Thoureil est caractérisée par la seule présence de kaolinite également associée à une petite quantité de gibbsite.

+ les lentilles argileuses interstratifiées dans les sables et graviers fluviatiles du Cénomanién inférieur renferment l'assemblage kaolinite-montmorillonite ainsi que quelques micas ; les proportions relatives de kaolinite et de montmorillonite souvent voisines, varient suivant les échantillons. Ce même assemblage compose la fraction phylliteuse des argiles noires ou grises associées aux graviers (expl : l'argile noire des Fresneaux).

+ la montmorillonite est le minéral cardinal de la fraction phylliteuse des dépôts du Cénomanién moyen et supérieur. A la base de la série, elle est associée à des formations sablo-glaucnieuses, soit sous forme diffuse dans les sables, soit sous la forme de lits argileux montmorillonitiques. Au sommet, elle est avec le carbonate de calcium le constituant essentiel des Marnes à Ostracées.

L'existence de climats latéritisants au Crétacé inférieur a été depuis longtemps admise à cause des dépôts kaoliniques et ferrugineux du Wealdien du Boulonnais, du pays de Bray, du Bassin de Paris et du Berry (MILLOT 1949) qui correspondraient à l'ablation d'épaisses ^{Armorica} couches d'altération établie durant une phase chaude et humide sur le Massif Armoricain et une partie du Massif Central ; c'est pourquoi, MILLOT (1964, p. 177) a pu qualifier le Wealdien de " sidérolithique du Crétacé inférieur ".

Le dépôt kaolinique et gibbsitique du Thoureil constitue une preuve directe de l'existence d'une altération de type latéritique dans la région armoricaine à une époque au moins anté-cénomaniennne.

D'après MILLOT (1964), ces conditions climatiques se seraient poursuivies pendant tout le Crétacé supérieur, exerçant leur action sur les reliefs émergés. Les solutions provenant de ces altérations intenses gagnaient les bassins sédimentaires alimentant en particulier la sédimentation de type chimique et biochimique de la craie du Bassin de Paris ; la montmorillonite qui accompagne cette craie serait donc alors également néoformée.

Dans son étude des formations continentales du Poitou, STEINBERG (1967) se basant sur la richesse en montmorillonite des sédiments littoraux sablo-glaucconieux du Cénomanienn de cette région, apporte un certain nombre de nuances à l'hypothèse proposée par MILLOT. En effet, d'après la minéralogie de ces formations détritiques qui, pour l'auteur, " reflète certainement mieux les conditions régnantes sur le continent que la minéralogie des argiles associées à la craie "... " il semble difficile d'admettre que toute la Vendée était recouverte de sols très évolués " (STEINBERG 1967, p. 328). En outre, d'après les conclusions du colloque sur la biogéographie du Crétacé-Eocène de la France méridionale (Paris 1965-1966 in STEINBERG 1967), il semble qu'au Crétacé supérieur, le climat chaud et humide n'était pas pour autant de type tropical humide ou équatorial mais comportait une saison sèche bien marquée ; ces considérations amènent alors l'auteur à envisager l'existence sur le Massif Vendéen de profils riches en kaolinite dans les régions bien drainées alors que des sols à montmorillonite pouvaient s'installer dans les zones plus basses moins bien drainées.

La montmorillonite des sédiments cénomaniens du Poitou serait alors directement héritée de l'altération continentale.

Dans la région angevine, j'ai montré que la montmorillonite, présente dans les assises fluviatiles du Cénomanienn inférieur où elle est accompagnée de kaolinite et de micas, était du point de vue de la mise en place en relation directe avec l'apport détritique grossier ; elle est donc, dans ce cas, manifestement héritée. Elle peut alors provenir :

- Soit de " Sols à montmorillonite ", existants sur les régions proches émergées.

- Soit de " l'érosion " des assises oxfordiennes exondées depuis la fin du Jurassique et riches en montmorillonite.

Il semble vain, dans l'état actuel de ce travail, de vouloir préciser plus avant l'origine de cette montmorillonite du Cénomanienn inférieur.

Après la transgression du Cénomanienn moyen, la montmorillonite prend de plus en plus d'importance dans la sédimentation argileuse ; elle se rencontre à l'état diffus dans les niveaux sabloglaucconieux de la partie médiane

de la série, mais constitue également des lits argileux; exclusivement montmorillonitiques de plus en plus épais vers le sommet. A la partie supérieure de la série, elle est, avec une petite quantité de glauconie en grain, l'élément constitutif de la fraction argileuse associée à une forte proportion de carbonate de calcium. Dans ce cas, la seule présence de montmorillonite dans des niveaux exclusivement argileux ainsi que son association avec une sédimentation carbonatée de type biochimique pourraient être des arguments en faveur de la néoformation de ce minéral dans les assises du Cénomanién supérieur.

III. LES GRANDS TRAITES DE L'HISTOIRE GEOLOGIQUE DU CENOMANIEN DE LA REGION ETUDIEE.

En résumé, l'interprétation des résultats fournis par l'étude des formations cénomaniennes de la région de Jumelles permet de retracer les grands traits de leur histoire géologique.

La grande régression marine de la fin du Jurassique a provoqué l'émergence d'assises calcaires bajociennes et oxfordiennes qui, pendant cet épisode continental, ont été soumises à l'altération. Les produits de cette altération se retrouvent maintenant scellés sous les premiers dépôts crétacés et constituent un niveau " d'argile à silex ".

Durant cette période, comprise entre l'Oxfordien et le Cénomanién, s'est également mis en place un niveau kaolinique et gibbsitique (dont on retrouve un témoin au Thoureil) issu de l'érosion brutale d'un profil d'altération de type latéritique. Il constitue une preuve directe de l'existence d'un climat chaud et humide dans cette région à une période au moins antécénomanienne. Ce type de formation est à rapprocher des dépôts de faciès weald.

La région est encore restée émergée au Cénomanién inférieur. Les fleuves descendant de la bordure armoricaine s'y déchargeaient, à la suite d'une perte de compétence due à leur division en de multiples bras sur cette surface plane, d'un matériel détritique grossier abondant. Ce matériel détritique était emprunté aux formations d'altération qui recouvraient le Massif Armoricaïn dont les reliefs étaient vraisemblablement déjà considérablement adoucis. Les particules les plus fines de cet apport terrigène se sédimentaient dans des zones marécageuses donnant des argiles noires ou grises, parfois sapropéliennes et riches en lignites. La fraction phylliteuse de ces argiles se compose de kaolinite, de montmorillonite et de mica, et doit être considérée comme héritée.

Au Cénomanién moyen, la mer transgresse de nouveau, recouvrant localement les assises paléozoïques ; les sédiments correspondant à cet épisode marin sont tout d'abord des dépôts sablo-glauconieux à caractère littoral, puis passent progressivement vers le sommet à une sédimentation de type biochimique ou chimique aboutissant aux Marnes à Ostracées du Cénomanién supérieur. Au cours de cette période, se fait jour un changement dans l'alimentation en détritique ; il se marque par une modification des pourcentages relatifs de la staurotide, de l'andalousite et du disthène dans le cortège des minéraux lourds. Cette variation peut s'interpréter par le mélange d'un apport armoricaïn riche en andalousite et comprenant une proportion de disthène supérieure à celle de staurotide (comme dans les sables et graviers fluviaux du Cénomanién inférieur) et d'un apport riche en staurotide et pauvre en andalou-

site, identique à celui des formations cénomaniennes de Vendée, par suite de l'ouverture du golfe de la basse Loire.

La fraction argileuse des niveaux cénomaniens marins est caractérisée par la prédominance de la montmorillonite qui, vers la partie supérieure de la série, devient avec la glauconie (en grain) le seul composant de la fraction phylliteuse des Marnes à Ostracées.

CONCLUSIONS GENERALES

Cette étude des formations détritiques de la dépression de Jumelles (M. et L.) et des affleurements cénomaniens de la rive gauche de la Loire entre Saint-Maur et le Thoureil a permis :

- non seulement de confirmer l'hypothèse, proposée par DENIZOT, d'un âge cénomanien des "sables et graviers de Jumelles" mais encore de montrer que cette formation correspond à un épandage détritique, d'origine fluviale, provenant des assises paléozoïques de la bordure orientale du Massif Armoricaïn et localisée à la base des dépôts cénomaniens de la région.

- de reconnaître dans la succession des niveaux cénomaniens de la région étudiée une série positive à caractère transgressif. Dans cette série, à l'établissement du régime marin correspond une variation importante de la composition de l'assemblage des minéraux lourds, variation qui semble liée à un changement dans l'origine du matériel détritique.

- de montrer l'existence entre les dernières assises jurassiques et les premiers dépôts cénomaniens de formations mises en place pendant la phase d'émersion qui, dans la région, caractérise la fin du Jurassique et le début du Crétacé. La présence de kaolinite et de gibbsite dans un de ces dépôts apporte une preuve directe que des climats latéritisants ont régné sur l'Ouest de la France à une époque correspondant à celle des bauxitisations du Midi.

En outre, par ces caractères sédimentologiques et minéralogiques aussi bien que par la période probable de sa mise en place, ce dépôt s'apparente à ceux de faciès weald.

Enfin, il constitue un jalon important dans la connaissance de la paléogéographie et des paléoclimats de l'Ouest de la France.

LISTE DES OUVRAGES CONSULTÉS

- ABRARD R. (1950). - Géologie régionale du Bassin de Paris. Payot - Paris 1950, 1 vol. in 8^e, 397 p., 34 Fig.
- ABRARD R. (1950). - Histoire géologique du Bassin de Paris. Mém. Mus. Hist. Nat., Série C., 1950, n°1, 103 p., 15 Fig.
- ALLEN P. (1965). - L'âge du Purbecko-wealdien d'Angleterre. Colloque sur le Crétacé inférieur. Mémoire BRGM, n°34, pp.321-326, 1 Fig., 3 tableaux.
- ALLEN V. T. (1948). - Weathering and heavy minerals. Journ. Sédim. Pétrol. Vol. 18, pp.38-42.
- BERTHOIS L. (1947). - Nouvelle méthode d'étude quantitative des assemblages de minéraux lourds. Bull. Inst. Océanogr. Monaco, n°912, pp.1-36, 14 Fig.
- BERTHOIS L. (1949). - L'érosion marine et la formation des galets. C. R. Ac. Sc., T. 229, pp.841-843.
- BERTHOIS L. (1949). - De la rapidité de l'action marine sur les blocs d'embréchite. C. R. Som. Soc. Géol. France, n°3-4, 1949.
- BERTHOIS L. (1951). - Façonnement et granulométrie des galets du Delec près de Brest. Rev. Géomorph. Dyn. II, pp.259-275.
- BERTHOIS L. (1957). - Recherches sur les sédiments de la Mer du Nord et de l'Irlande. Rev. Trav. Inst. Pêches marit. 21(4), pp.485-554.
- BERTHOIS L. (1959). - Etude de l'influence de la végétation sur l'ensablement du lit de la Loire. Norois, n°21, p.19-33, 7 Fig.
- BERTHOIS L. et AUBERT M. (1954). - Triage différentiel des minéraux dans les sables de plages. Bull. Soc. Lin. Normandie, 9^{ème} série, T. VII, p.52-58.
- BERTHOIS L. et BOUILLE S. (1965). - Sur le fractionnement des sédiments meubles. C. R. A. S., T. 260, p.937, 1 tableau.
- BIETLOT A. (1941). - Méthodes d'analyses granulométriques. Application à quelques sables éocènes belges. Mém. Soc. Géol. de Belgique, T. 64, Fasc. 2, p.81-170.
- BOILLOT G. (1964). - Géologie de la Manche occidentale. Fonds rocheux. Dépôts quaternaires. Sédiments actuels. Ann. Inst. Océano. T. XLIII, Fasc. 1, 220 p.
- BONTE A. (1955). - Sur la formation et l'évolution des poches de dissolution. C. R. Acad. Sciences Paris, T. 240, n°18, p.1788-1790.

- BONTE A. (1955). - Sur quelques aspects de la dissolution des calcaires. C. R. Cong. Soc. Savantes 80, p. 109-116.
- BONTE A. (1955). - Observations à la note de BLONDEAU et POMEROL. C. R. Som. S. G. F., p. 175.
- BONTE A. (1958). - Réflexions sur l'origine des bauxites et sur l'altération superficielle des calcaires. C. R. Cong. Soc. Sav., 83, p. 147-165.
- BONTE A. (1963). - Les remplissages karstiques. Sedimentology, 4, p. 333-340.
- BONTE A. (1965). - Le Wealdien du Boulonnais. Colloque sur le Crétacé inférieur. Mémoire BRGM, n°34, p. 327-331.
- BOURCART J. (1938). - La marge continentale. Essai sur les régressions et les transgressions marines. Bull. Soc. Géol. France (5), T. VIII, p. 393-474.
- BOURCART J. (1947). - La sédimentation dans la Manche. Session extraordinaire de la Société belge de Géologie, 19-26 Sept. Bruxelles, p. 14-43.
- BRAJNIKOV B. (1937). - Recherches sur la formation appelée " Argile à silex " dans le Bassin de Paris. Rev. Géog. Phys. Géol. Dyn. 10, p. 90 et 109-129.
- BRAJNIKOV B. (1944). - Sur l'importance de la granulométrie pour l'étude quantitative des minéraux lourds dans un sédiment. Bull. Soc. Géol. Fr., 5, 14, p. 381-390.
- BROWN G. (1961). (edited by) - The X Ray identification and crystal structures of clay minerals. Mineralogical society (clay minerals group), London 1961.
- BUREAU E. (1897). - Etude sur l'origine et la formation des sables de la Loire. Soc. de la Loire Navigable. IV Congrès. Tours 24 et 25 Octobre 1897.
- BUREAU L. (1897). - Légende de la feuille d'Angers. 1° Edition.
- BURST J. F. (1956). - Mineralogic variability in glauconite like pellets and its application in stratigraphic studies. Geol. Soc. Amer. Bull., 67, p. 1678.
- BURST J. F. (1958). - Mineral heterogeneity in " glauconite " pellets. Amer. Min., 43 p. 481-497.
- BURST J. F. (1958). - " glauconite " pellets : their mineral nature and application to stratigraphic interpretation. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol. 42, p. 310-327.
- CAILLERE S. et HENIN S. (1963). - Mineralogie des argiles. Masson et Cie Editeurs. Paris. 355 p., 47 Fig., 6 Pl.
- CAILLEUX A. (1939). - Actions éoliennes quaternaires en France et notamment dans le Massif armoricain. B. S. G. M. B., nouvelle série, 1938, p. 42-48.

- CAILLEUX A. (1942). - Les actions éoliennes périglaciaires en Europe (Thèse). Mém. Soc. Géol. France, nvelle série, T. XXI, n°46, p. 1-176.
- CAILLEUX A. (1943). - Distinction des sables marins et fluviatiles. B.S.G.F., 5è série, T. 13, Fasc. 4, 5, 6, p. 125-138.
- CAROZZI A. (1951). - Sédimentation rythmique dans la nappe de Morcles-Aravis. Chaines subalpines de Haute-Savoie, France. Proceedings of the 3 international congress of sedimentology. Gromingen - Wageningen. Netherlands, p. 81-89, 2 Fig.
- CAROZZI A. (1960). - Microscopic Sedimentary Petrography. John Wiley and Sons, Inc. New York and London.
- CHAPUT E. (1917). - Recherches sur les terrasses alluviales de la Loire et de ses principaux affluents. Thèse Lyon 1917.
- CHAPUT E. (1923). - Observations complémentaires sur les alluvions et les terrasses de la Loire. Bull. Soc. Géol. Min. Bretagne, T. 4, Fasc. 2, p. 101-112.
- CHENEVOY M. (1958). - Contribution à l'étude des schistes cristallins de la partie Nord-Ouest du Massif Central français. Thèse Paris 1958.
- COGNE J. (1960). - Schistes cristallins et granites en Bretagne méridionale. Thèse Paris 1960.
- COUFFON O. (1910). - Guide du Géologue en Anjou. Bull. Soc. "Naturalistes Parisiens", n°5, 1908, 39 p., 80 Fig.
- COUFFON O. (1923). - Le Lias en Maine-et-Loire. Bull. Soc. Et. Scie d'Angers, LIIIé année, 1922.
- COUFFON O. (1924). - Le Bajocien et le Bathonien en Maine-et-Loire. Bull. Soc. Etude Scient. d'Angers, LIIIé, 1923.
- COUFFON O. (1936). - La Période Crétacée en Anjou. Revue d'Hydrogéologie angevine. 5è année, n°1-4, p. 4-126, 88 Fig.
- DANGEARD L. (1923). - Quelques observations sur le Cénomaniens des Bercons (Sarthe). B.S.G.M. Bretagne, IV, 4, 1923, p. 315.
- DANGEARD L. (1923). - Quelques observations sur la nature géologique et l'origine des surfaces pierreuses de la Manche. Bull. Soc. Géol. et Min. de Bretagne, T. 4, p. 44-46.
- DEFLANDRE G. et RIGAUD M. (1962). - Contribution à la connaissance des sclérites d'Holothurides fossiles. Mém. Muséum National d'Hist. Nat. Paris, N.S., Série C., T. XI, Fasc. 1, p. 1-116, 149 Fig., 5 Pl.
- DENIZOT G. (1914). - Description des alluvions des environs d'Angers. Bull. Soc. Etudes Scient. Angers, XLII, p. 87-111, Fig. 5.
- DENIZOT G. (1919). - Supplément à la description des alluvions des environs d'Angers. Bull. Soc. Etudes Scient. d'Angers, XLVIII, p. 217-223, Fig. 1

- DENIZOT G. (1921). - Observations préliminaires sur les terrains d'alluvions anciennes du bassin de la Loire. C. R. Som. Soc. Géol. France, 7 Mars 1921, p. 58-60.
- DENIZOT G. (1921). - Les alluvions du bassin de la Loire. Bull. Soc. Géol. et Min. de Bretagne. T. II, Fasc. 4, p. 430-478, Fig. 7, Pl. 1.
- DENIZOT G. (1929). - Nouvelles notes sur les alluvions des environs d'Angers et sur la vallée de l'Anjou. Bull. Soc. Et. Sc. d'Angers, LVIII, p. 71-81, Fig. 2.
- DENIZOT G. (1936). - Les vals de la Loire moyenne. Bull. Soc. Archéologique du Vendômois, nouvelle série, II, p. 57-93.
- DENIZOT G. (1946). - Révision des feuilles d'Angers et de Beaugenay. Bull. Serv. Carte Géol. de France, n°221, T. XLVI.
- DENIZOT G. (1953). - Légende de la feuille d'Angers. Carte géologique de la France au 1/80 000^e, n°106.
- DENIZOT G. (1961). - Observations dans le bassin moyen de la Loire. Bull. du Serv. de la Carte Géol. de la France, 1961, n°269, T. LIX, p. 43-47.
- DHOSTE M. (1968). - Sur la présence de migmatites au Nord du granite des Aubiers (Deux-Sèvres). C. R. Acad. Sc. Paris, t. 266, p. 1556-1558.
- DION R. (1934). - Le val de Loire. Etude de géographie régionale. Arrault et Cie. Imprimeurs Editeurs.
- DOLLFUS G. (1900). - Relations entre la structure géologique du Bassin de Paris et son hydrographie. Ann. de Géogr., T. IX, n°46-48, p. 5-51, 1 Pl.
- DOLLFUS G. (1901). - Des derniers mouvements du sol dans les bassins de la Seine et de la Loire. Congrès géol. inter., C. R. de la VIII session en France. Paris 1901, Fasc. 1, p. 544-560.
- DRYDEN L. et DRYDEN C. (1946). - Comparative rates of some common heavy minerals. Journ. Sed. Petrol., vol. 16, p. 91-96.
- DUPLAIX S. (1948). - Détermination microscopique des minéraux des sables. Librairie polytechnique. CH Béranger. Paris, p. 79, 69 Fig.
- DUPLAIX S. (1949). - La couverture sédimentaire de l'Aber de Roscoff; les minéraux lourds. Sédimentation et Quaternaire. Bordeaux 1949. Led. Sam Edit. Bordeaux, p. 42-48.
- DUPLAIX S., DUPUIS J., CAMEZ T., LUCAS J., MILLOT G. (1960). - Sur la nature des minéraux argileux inclus dans les calcaires sénoniens de l'Angoumois. Bull. Serv. Carte Géol. Als. Lor., 13, p. 157-162.
- DURAND S. (1960). - Le Tertiaire de Bretagne. Etude stratigraphique, sédimentologique et tectonique. Mém. Soc. Géol. et Min. de Bretagne, T. XII, p. 1-389, 93 Fig.
- DURAND S., MILON Y. (1959). - Relations des sédimentations crétacées et tertiaires en Bretagne. Colloque sur le Crétacé sup. français (Dijon 1959). C. R. Congrès des Soc. sav., p. 146-162, 4 Fig.

- DURAND S., TERS M. (1958). - L'analyse pollinique d'argiles des environs de Challans (Vendée) révèle l'existence d'une flore cénomaniennne. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 247, p. 684-686.
- DURAND S., TERS M., VERGER F. (1963). - Sur un nouveau gisement d'argile noire cénomaniennne dans le marais de Monts (Vendée) et sa signification paléogéographique. C.R. Acad. Sc., t. 257, p. 1492-1494.
- ERHART H. (1955). - "Biostasie" et "Rhexistasie". Esquisse d'une théorie sur le rôle de la pédogenèse en tant que phénomène géologique. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 241, n°18, p. 1218-1220.
- ESTEOULE J. et ESTEOULE-CHOUX J. (1964). - Etude en microscopie électronique de divers types géologiques de Kaolin. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 259, p. 2469-2472.
- ESTEOULE J., ESTEOULE-CHOUX J., LOUAIL J. (1968). - La sédimentation cénomaniennne et le contact Cénomanienn-Jurassique dans la coupe de Plantagenet (M. et L.). C.R. Som. Séances Soc. Géol. France 1968, Fasc. 2, p. 40, 1 Fig.
- ESTEOULE-CHOUX J. (1967). - Contribution à l'étude des argiles du Massif Armoricaïn. Argiles des altérations et argiles des bassins sédimentaires tertiaires. Thèse - Rennes 1967.
- ESTEOULE-CHOUX J., ESTEOULE J., LOUAIL J. (1969). - Sur la présence d'un dépôt à kaolinite et à gibbsite entre le Bajocien et le Cénomanienn en Maine-et-Loire. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 268, p. 891-893, 1 Fig., série D.
- ESTEOULE-CHOUX J., ESTEOULE J., LOUAIL J. (1968). - Etude géologique et minéralogique des "argiles à silex" surmontant le Bajocien du Thoureil (Maine-et-Loire). Mise en évidence d'évolutions successives. Congrès Soc. Sav. Tours 1968 (sous presse).
- FRANCIS-BOEUF Cl. (1947). - Recherches sur le milieu fluvio-marin et les dépôts d'estuaires. Ann. Inst. Océano. de Monaco, XXIII, 3, p. 150-344.
- GLANGEAUD L. (1941). - Phénomènes hydrodynamiques du ressac, leur rôle dans le transport et le triage des galets. C.R. Acad. Sc., T. 212, p. 146-149, 1941.
- GOLDICH S. (1938). - A study in rock weathering. Journ. of Geology, vol. XLVI, p. 17-58, 18 Fig.
- JODOT P. (1945). - Observation sur la forme des galets marins et fluviaux. C.R. Som. Soc. Géol. France, n°14, p. 206-208.
- KLINGEBIEL A. (1967). - Etude sédimentologique du Paléogène nord-aquitain. Interprétation lithostratigraphique et paléogéographique. Thèse. Bordeaux 1967.
- KONTA J. (1967). - Remarks to some terms in the paper "morphology, internal structure and origin of glauconite pellets". Sedimentology, 8(1967), p. 169-171.

- KULBICKI G. (1953). - Constitution et genèse des sédiments argileux sidérolithiques et lacustres du Nord de l'Aquitaine. Thèse Sciences Toulouse. Sciences Terre., 4, p.5-101, 1956.
- LAMBOY M. (1967). - Répartition de la "Glauconie" sur le plateau continental de la Galice et des Asturies (Espagne). C. R. Acad. Sc. Paris, t. 265, série D, 855.
- LAMBOY M. (1968). - Sur un processus de formation de la glauconie en grains à partir des débris coquilliers. Rôle des organismes perforants. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 266, p. 1937-1940, 4 Fig.
- LAPIERRE (1962). - Etude sédimentologique et lithostratigraphique des formations paléogènes de la bordure NE du bassin d'Aquitaine. Thèse 3è Cycle. Univers. Bordeaux, n°157, 135 pages, 23 Planches.
- LAPPARENT J. de (1930). - Les Bauxites de la France méridionale. Mém. Carte Géol. Fr., 187 pages.
- LECOINTRE G. (1914). - Etude sur le Cénomanién de Ciran (Indre-et-Loire). B. S. F. G., (4), T. 14, p. 104-115, 6 Fig.
- LECOINTRE G. (1959). - Tectonique du Sud-Ouest du Bassin de Paris. B. R. G. M., n°22, p. 7-103.
- LENK-CHEVITCH (1949). - Détermination du sens du courant dans les anciens graviers et conglomérats. Bull. Soc. Belge de Géol., T. LVIII, Fasc. 3, p. 445.
- LOMBARD A. (1956). - Géologie sédimentaire. Les séries marines. Masson et Cie. Editeurs.
- LOUAIL J. (1967). - Etude sédimentologique des "sables et graviers de Jumelles" (Maine-et-Loire) (note préliminaire). Bull. Soc. Géol. et Min. de Bretagne, nouvelle série, p. 35-71, 14 Fig., 1 carte H. T.
- MATHIEU G. (1937). - Recherches géologiques sur les terrains paléozoïques de la région vendéenne. Thèse Lille 1937.
- MATHIEU G. (1963). - Extension réelle du Cénomanién dans le seuil du Poitou. Comptes Rendus du 87è Congrès national des Soc. Sav., p. 657-671, 2 Fig., Poitiers 1962.
- MATHIEU M. (1965). - Le Néocomien dans le Sud du Bassin Parisien. Colloque sur le Crétacé inférieur (Lyon 1963). Mém. B. R. G. M. n°34, p. 587-600, 13 planches.
- MATHIEU R. (1966). - Structures sédimentaires des dépôts de la zone intertidale dans la partie occidentale de la baie du Mont-Saint-Michel. Rev. de Géogr. Phys. et de Géol. Dyn. (2), vol. III, Fasc. 1, p. 113-122, 14 Fig., Paris, 1966.
- MAUREL P. (1962). - Sur la présence de gibbsite dans les arènes du massif du Sidobre (Tarn) et de la Montagne Noire. C. R. Acad. Sc. Paris, T. 266, p. 652-653.
- MILLOT G. (1949). - Relations entre la constitution et la genèse des roches sédimentaires argileuses. Thèse Sc. Nancy et Géol. Appl. Prospec. Minière 2, n°2, 3, 4, p. 1-352.

- MILLOT G. (1957). - Des cycles sédimentaires et de trois modes de sédimentation argileuse. C.R.Acad.Sc.Paris, T.244, n°20 (13 Mai 1957), p.2536-2539.
- MILLOT G. (1964). - Géologie des argiles. Masson et Cie. Editeurs. Paris, 499 pages, 75 Fig.
- MOREAU P. (1965). - Sur quelques observations sédimentologiques concernant le Cénomanién de la région d'Angoulême. C.R.Acad.Sc., T.261, p.3173.
- NOEL D. (1965). - Coccolithes jurassiques. Essai de classification des Coccolithes fossiles. Thèse Paris 1965. Edition du Centre National de la Recherche Scientifique. Paris.
- OTTMANN F., ALIX Y., LIMASSET J.C. et O. (1968). - Sur le "lit ancien" de la Loire dans son cours inférieur. Bull.B.R.G.M., 2è série, Section 1, n°2, p.27-56, 13 Fig., 1968.
- PASSEGA R. (1957). - Texture as characteristic of clastic deposition. Bull. of American Assoc. of Petrol. Geologists, Vol.41, n°9, p.1952-1984, 17 Fig.
- PERRIAUX J. (1961). - Contribution à la Géologie des Vosges gréseuses. Mém. Serv. Carte Géol. Als. Lorr., n°18, 1961.
- PETERSON M.N.A. (1961). - Expandable chloritic clay minerals from upper Mississippian carbonate rock of the Cumberland plateau in Tennessee. Am.Min., 46, p.1245-1269.
- PETTIJOHN F.J. (1957). - Sedimentary rocks. Harper B. Edit. N.Y., 717 pages, 119 Tabl., 173 Fig.
- PETTIJOHN F.J. and POTTER P.E. (1964). - Atlas and glossary of Primary sedimentary structures. Spinger Verlag. Berlin - Göttingen - Heidelberg - New-York.
- POMEROL Ch. (1961). - Existence de deux provinces pétrographiques dans le Bassin de Paris à l'Albien et au Cénomanién. C.R.S. des Séances Soc.Géol. France, Fasc.10.
- POMEROL Ch. (1964). - Origine et conditions de sédimentation des dépôts sableux et argileux du Bassin de Paris. Dév. in Sedimentology. Deltaic and shallow marine deposits. Vol.1, p.322, 1964.
- POMEROL Ch. (1965). - Contribution à l'étude sédimentologique du Crétacé inférieur dans le Bassin de Paris, le Hainault et le Sud de l'Angleterre. Colloque sur le Crétacé inférieur (Lyon 1963). Mémoire B.R.G.M., n°34, p.605-617, 4 Fig., 2 Tableaux.
- POTTER P.E. and PETTIJOHN F.J. (1963). - Paléocurrents and basin analysis. Springer verlag. Berlin - Göttingen.-Heidelberg.
- RAT P. (1963). - Rapport sur les formations non marines du Crétacé inférieur français. Colloque sur le Crétacé inférieur (Lyon 1963), Mém. B.R.G.M., n°34, p.333-343.
- REASIDE J.D.(1959). - Stability of index mineral in soils with particular reference to quartz, zircon and garnet. Journ. Sediment. Petrol., Vol.29, p.493-502.

- RECHINIAC A. (1964). - Etude des principales formations détritiques du Paléogène Aquitain. Actes de la Soc. Lin. de Bordeaux, T. 101, n°2, p. 1-45, 9 Pl., 3 Tabl., 12 Pl. H. Text.
- RIOULT M. (1960). - Les sclérites d'Holothuries fossiles du Lias. Colloque sur le Lias. 85è Congrès Soc. Sav. Chambéry 1960. Mém. B. R. G. M. n°4, p. 121-153, 1 Tabl.
- RITTENHOUSE G. (1943). - The transportation and deposition of heavy minerals. Bull. Géol. Soc. Amer., 54, p. 1725-1780.
- RIVIERE A. (1937). - Contribution à l'étude géologique des sédiments sableux. Ann. de l'Inst. Océano. N. S., T. XVII, p. 213-240.
- RIVIERE A. (1937). - Interprétation rationnelle des spectre de tamisage des sédiments sableux et signification géologique des diagrammes. C. R. Acad. Sciences Paris, t. 204, p. 441.
- RIVIERE A. (1937). - La constitution granulométrique des sédiments sableux et les grandes lignes de leur évolution dans les différents milieux géologiques. C. R. Acad. Sciences Paris, T. 204, p. 703.
- RIVIERE A. (1952). - Sur la représentation graphique et la granulométrie des sédiments meubles. Interprétation des courbes et applications. Bull. Soc. Géol. France, 6è série, T. 2, Fasc. 1-3, p. 145-154.
- SEED D. P. (). - The analysis of the clay content of some glauconitic oceanic sediments. Journ. of Sedim. Petrol., Vol. 38, n°1, p. 229-231, 1 Fig.
- STANLEY D. J. (1963). - Distribution and lateral variability in the Annot sandstones. 6th Inter. Sedim. Congress. Developpments in Sedimentology, Vol. 1, p. 388-398.
- STEINBERG M. (1962). - Découverte d'une faune cénomaniennne dans la carrière de Viennay (Deux Sèvres). C. R. Acad. Sciences Paris, T. 254, n°12, Mars 1962, p. 2193-2194.
- STEINBERG M. (1967). - Contribution à l'étude des formations continentales du Poitou. Thèse Orsay. 1967.
- STRAKHOV N. M. (1957). - Méthodes d'études des roches sédimentaires. Annales du service d'information géologique. B. R. G. M., 2 Vol.
- TERS M. (1959). - Le Crétacé de Vendée occidentale. Etude paléontologique, sédimentologique et paléogéographique. C. R. Congrès Soc. Sav. Colloque sur le Crétacé inférieur, p. 675-699, 2 Tabl., 1 Fig.
- TRICART J. (1951). - Comment déterminer le sens de l'écoulement fluvial d'après une nappe alluviale. Rev. Géomorph. Dyn., T. II, Fasc. 3, p. 128-134.
- TRICART J. (1951). - Etude sur le façonnement des galets marins. Proceedings of the 3è Int. Cong. of Sed., p. 245-255, Gröningen - Wageningen.
- TRICART J. (1957). - Observation sur la genèse des nappes de cailloutis fluviales. Bull. Soc. Géol. France, T. VII, Fasc. 8 et 9, p. 1189-1203.

- TRIPLEHORN D. M. (1966). - Morphology, internal structure and origin of glauconite pellets. *Sedimentology* 6(1966), p. 247-266.
- TRIPLEHORN D. M. (1967). - Morphology, internal structure and origin of glauconite pellets : a reply. *Sedimentology* 8(1967), p. 169-171.
- VAN ANDEL Tj. H. (1959). - Reflections on the interpretation of heavy mineral analysis. *Journ. Sed. Petrol.*, Vol. 29, p. 153-163.
- VAN ANDEL Tj. H. et POOLE D. H. (1960). - Sources of recent sediments in the northern gulf of Mexico. *Journ. of Sediment. Petrol.*, Vol. 30, p. 91-122.
- VATAN A. (1938). - Etude pétrographique des sédiments arénacés du Crétacé inférieur dans le Bassin de Paris méridional. *Bull. Soc. Géol. France*, T. VIII, 5è série, p. 161-170.
- WURSTER P. (1963). - Les problèmes posés par les grès à roseaux du Trias supérieur. *Sciences de la Terre*. T. IX, n°2, p. 197-215.

TABLE DES MATIERES

Avant-Propos Sommaire Introduction générale Méthodes d'étude	pages
PREMIERE PARTIE - ETUDE DE LA DEPRESSION DE JUMELLES.	
Chapitre I : Etude de la partie occidentale de la dépression de Jumelles.	10
I - <u>Les sables et graviers aux environs de Jumelles.</u>	
A - Les sables et graviers dans les ballastières de la Butte au Beurre.	10
B - Etude du niveau sableux superficiel.	15
C - Etude des niveaux calcaires.	16
D - Extension et rapports mutuels des formations étudiées aux environs de Jumelles.	18
II - <u>Les sables et graviers aux environs de Mouliherne.</u>	19
A - Les sables et graviers dans les ballastières de la Pelouse.	21
B - Les Fresneaux - Carrière de la briquetterie.	25
C - Extensions des affleurements étudiés aux environs de Mouliherne.	28
D - Conclusion à l'étude de la région de Mouliherne.	30
III - <u>Les sables et graviers aux environs de Linière-Bouton.</u>	30
A - Etude des sables et graviers dans les ballastières du Bois-Simon.	30
B - Extension et rapports mutuels des différentes formations étudiées aux environs de Linière-Bouton.	37
IV - <u>Les sables et graviers aux environs de La Croix Foureau.</u>	
A - Les sables et graviers dans les ballastières de la Croix Foureau.	37
B - Extension et rapports mutuels des formations étudiées aux environs de la Croix Foureau.	42

	pages
V - <u>Les sables et graviers dans la partie SW de la dépression de Jumelles.</u>	42
A - Les sables et graviers aux environs de Longué, étude de l'affleurement de Perversier.	43
B - Extension des graviers dans la partie SW de la dépression de Jumelles.	46
C - Etude des sondages de Longué, structure du flanc sud de la dépression.	48
VI - <u>Conclusion à l'étude de la partie occidentale de la dépression de Jumelles.</u>	51
A - Caractéristiques essentielles des " Sables et graviers de Jumelles ".	51
B - La couverture sableuse superficielle.	56
C - Structure de la partie occidentale de la dépression de Jumelles.	56
Chapitre II : Etude de la partie orientale de la dépression de Jumelles.	58
I - <u>Etude des sables verts de la base de la butte des Sablons.</u>	58
II - <u>Etude des " Sables glauconieux " du Cénomanién moyen dans le sondage de Parçay les Pins.</u>	59
III - <u>Etude des affleurements sableux le long de la route de Vernoi à Parçay les Pins.</u>	62
A - Affleurement de la Saulaie.	62
B - Les sables de Pont-Renaud.	63
C - Les affleurements du Bois des Guittières.	64
D - Conclusion à l'étude des affleurements entre Vernoi et Parçay les Pins.	67
IV - <u>Extension et relations mutuelles des formations étudiées dans la partie orientale de la dépression de Jumelles.</u>	68
V - <u>Conclusion.</u>	68

	pages
Chapitre III : Caractéristiques pétrographiques et sédimentologiques des alluvions de la Loire.	70
I - <u>Basse terrasse de Vivy-Ballastière du gué d'Arcy.</u>	70
II - <u>Les alluvions modernes de la Loire.</u>	74
III - <u>Conclusions - caractéristiques essentielles des alluvions de la Loire.</u>	74

Chapitre IV : Interprétations conclusion à l'étude de la dépression de Jumelles. 76

I - <u>Position stratigraphique des "Sables et graviers de Jumelles.</u>	76
II - <u>Origine et mise en place des formations superficielles.</u>	77
III - <u>Structure de la dépression de Jumelles.</u>	79

DEUXIEME PARTIE - LA SERIE CENOMANIENNE DE LA RIVE GAUCHE DE LA LOIRE ENTRE SAINT-MAUR ET LE THOU-REIL.

Introduction.	81
I - <u>Les sables et graviers cénomaniens dans la coupe de Saint-Maur.</u>	82
II - <u>La coupe de Plantagenet.</u>	87
A - Etude de la zone intermédiaire entre Jurassique et Cénomaniens.	88
B - Les dépôts cénomaniens.	90
C - Interprétations.	93
III - <u>La coupe du Thoureil.</u>	95
A - Etude sédimentologique.	96
B - Interprétations.	101
IV - <u>Conclusions.</u>	102
A - Le contact Cénomaniens/Jurassique.	102
B - La série cénomaniennne.	103

	pages
TROISIEME PARTIE - INTERPRETATIONS GENERALES.	104
I - <u>Le cadre du dépôt et le type de mise en place de la série cénomaniennne.</u>	105
II - <u>Origine du matériel détritique.</u>	106
a/ Interprétation des minéraux lourds, les provinces distributrices.	106
b/ Les minéraux argileux des sédiments étudiés.	109
III - <u>Les grands traits de l'histoire géologique du cénomannien de la région étudiée.</u>	111
CONCLUSIONS GENERALES	113

