

ENSG  
08/12/2003 1360 45 3400

[G] 554.438 GAL

Service Commun de la Documentation  
INPL  
Nancy-Brabois

ENVIRONNEMENTS CONTINENTAUX ET MARINS

DU TRIAS ET DU JURASSIQUE

DE L'EST DU BASSIN DE PARIS

## Première Partie

# LA SÉDIMENTATION CONTINENTALE DU BUNTSANDSTEIN ET LES MODALITÉS DE LA TRANSGRESSION MARINE DU MUSCHELKALK

## *CONTINENTAL SEDIMENTATION OF THE BUNTSANDSTEIN AND THE MODE OF TRANSGRESSION OF THE MUSCHELKALK SEA*

par

Jean-Claude GALL \* et Jacques PERRIAUX \*\*

---

### I – SITUATION DE LA RÉGION ÉTUDIÉE

Les Vosges du Nord correspondent à l'épaisse couverture gréseuse qui, au Permien et au Trias inférieur, a recouvert le socle vosgien. Alors que les grès permien restant localisés dans des dépressions de la surface posthercynienne, les grès triasiques s'étendent largement sur les terrains plus anciens. Ils occupent encore de grandes surfaces en Allemagne, en Sarre et dans le Palatinat. Partout, ils supportent de belles forêts de feuillus (hêtres, chênes) et de conifères (pins, sapins, épicéas).

Les formations triasiques sont affectées d'un faible pendage vers l'Ouest où elles constituent les auréoles les plus externes du Bassin de Paris. A l'Est, elles sont brutalement interrompues par un système de failles mettant en contact le socle vosgien et le fossé rhénan. Le Trias affleure alors dans les compartiments effondrés du champ de fractures de Saverne, zone d'avant-monts située entre la plaine et les Vosges.

### II – STRATIGRAPHIE DES SÉRIES TRIASIQUES

Le tableau II donne les principales subdivisions stratigraphiques du Trias reconnaissables dans le Nord-Est de la France.

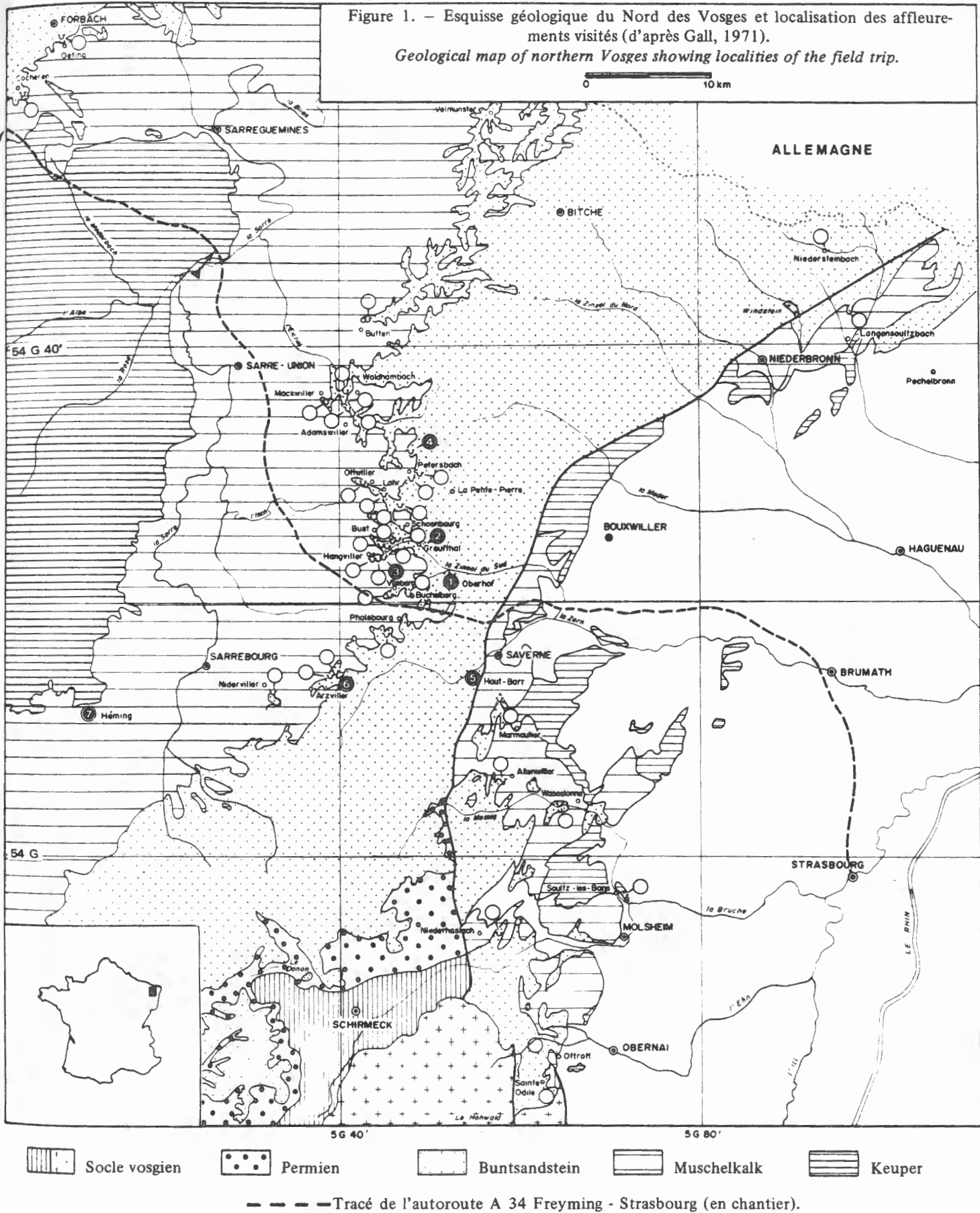
La puissance des grès du Buntsandstein est maximale dans la région étudiée. Elle se réduit considérablement vers le Sud-Ouest.

---

\* Université Louis Pasteur - Institut de Géologie - 1, rue de Blessig - 67084 STRASBOURG CEDEX.

\*\* Université de Grenoble.

Figure 1. – Esquisse géologique du Nord des Vosges et localisation des affleurements visités (d'après Gall, 1971).  
Geological map of northern Vosges showing localities of the field trip.



| JURASSIQUE                          |                  | Rhétien                                                                                     |                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TRIAS SUPÉRIEUR<br>ou KEUPER        | SUPÉRIEUR        |                                                                                             | Marnes irisées supérieures (35 - 40 m)<br>Argiles de Chanville (20 m)                                                                                |
|                                     | MOYEN            |                                                                                             | Dolomie de E. de Beaumont (0 - 10 m)<br>Marnes bariolées (1 - 5 m)<br>Grès à Roseaux (15 - 55 m)                                                     |
|                                     | INFÉRIEUR        |                                                                                             | Marnes irisées inférieures (150 m)                                                                                                                   |
| TRIAS MOYEN<br>ou MUSCHELKALK       | LETTEN-<br>KOHLE | Dolomie limite (2 - 5 m)<br>Marnes bariolées et Dolomie (15 m)<br>Dolomie inférieure ( 5 m) |                                                                                                                                                      |
|                                     | SUPÉRIEUR        |                                                                                             | Calcaire à Térébratules ( 6 m)<br>Couches à Cératites (45 - 50 m)<br>Calcaire à entroques (6 à 8 m)                                                  |
|                                     | MOYEN            |                                                                                             | Calcaires blancs (5 - 15 m)<br>Couches grises (60 - 80 m)<br>Couches rouges (25 - 30 m)                                                              |
|                                     | INFÉRIEUR        |                                                                                             | Dolomie à Myophoria orbicularis (4 - 5 m)<br>Wellenkalk et Wellen mergel (15 m)<br>Marnes sableuses à Myacites (30 m)<br>Grès coquillier (20 - 30 m) |
| TRIAS INFÉRIEUR<br>ou BUNTSANDSTEIN | SUPÉRIEUR        |                                                                                             | Grès à Voltzia { Grès argileux (6 m)<br>~~~~~transgression<br>Grès à meules (12 m)<br>Couches intermédiaires (60 m max.)                             |
|                                     | MOYEN            |                                                                                             | Conglomérat principal (25 m max.)<br>Grès vosgien (300 - 400 m)                                                                                      |
|                                     | INFÉRIEUR        |                                                                                             | Grès d'Annweiler (50 - 60 m)                                                                                                                         |

Tableau 1. – Subdivisions stratigraphiques du Trias du Nord de l'Alsace et de la Lorraine  
(d'après J. Perriaux, 1961 et J. Ricour, 1962)  
*Stratigraphy of the Triassic in northern Alsace and Lorraine*

III – PALÉOGÉOGRAPHIES DU TRIAS INFÉRIEUR

La grande accumulation de grès rouges du Buntsandstein provient du démantèlement de reliefs hercyniens (continent «gaulois») situés à l'emplacement actuel du Bassin de Paris.

Au Buntsandstein inférieur et moyen, les sédiments détritiques ont été acheminés d'Ouest en Est par un réseau de cours d'eau vers la vaste plaine d'épandage des Vosges. Dans des chenaux divagants, lors des crues, se déposaient des corps de grès lenticulaires à litage oblique. A l'abri de ces apports grossiers, les argiles se décantaient dans des flaques

d'eau éphémères où vivait une rare faune aquatique. Les sédiments déposés sur cette grande plaine alluviale étaient soumis à l'action du vent comme le montrent des galets à façonnement éolien.

A l'époque du Grès à *Voltzia* (Grès à meules), la progression de la transgression du Muschelkalk transforme l'ensemble des Vosges en une vaste aire deltaïque. Entre les chenaux actifs subsistaient des bras morts, des lagunes et des étangs saumâtres peuplés par une riche faune aquatique (Méduses, Annélides, Lingules, Lamellibranches, Limules, Crustacés, larves d'Insectes, Poissons). Sur les berges poussaient des Équisétales, des Fougères et diverses Gymnospermes (*Voltzia*) et s'épanouissait une faune continentale (Araignées, Scorpions, Myriapodes, Insectes, Reptiles, ...).

Vers la fin de l'épisode du Grès à meules (Grès à *Voltzia* inférieur), les apports continentaux se ralentissent, favorisant le développement de grands marécages. Puis avec le Grès argileux (Grès à *Voltzia* supérieur), la mer venant du Nord-Est de l'Allemagne s'installe définitivement sur la plaine de piémont du Buntsandstein. Alors naissent de vastes plages marines où la sédimentation carbonatée prend de plus en plus d'importance.

|                        | Grain moyen<br>( $Q_2$ , en mm) | Classement<br>( <i>Sorting</i> ) | Asymétrie<br>( <i>Skewness</i> ) |
|------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Grès coquillier        | 0,10                            | 1,36                             | 0,99                             |
| Grès argileux          | 0,10                            | 1,54 - 1,86                      | 0,76 - 0,83                      |
| Grès à meules          | 0,10                            | 1,48 - 1,93                      | 0,60 - 0,92                      |
| Couches intermédiaires | 0,15 - 0,24                     | 1,17 - 1,54                      | 0,68 - 1,10                      |
| Conglomérat principal  | 1,60                            | 1,69 - 5,00                      | 0,76 - 4,60                      |
| Grès vosgien           | 0,22                            | 1,20 - 1,73                      | 0,60 - 1,44                      |
| Grès d'Annweiler       | 0,16                            | 1,21 - 1,35                      | 0,90 - 1,07                      |

Tableau 2. — Granulométrie des différents niveaux du Buntsandstein des Vosges  
(d'après J. Perriaux, 1961, et J.-C. Gall, 1971).

*Measurements of grain-size parameters from different units of the Buntsandstein of the Vosges.*

|                 | Quartz | Microcline | Muscovite | Biotite | Ciment | Carbonates | Fraction indosée |
|-----------------|--------|------------|-----------|---------|--------|------------|------------------|
| Grès coquillier | 32 %   | 12 %       | -         | -       | -      | 50 %       | 6 %              |
| Grès argileux   | 51 %   | 26 %       | 1 %       | 1 %     | 6 %    | -          | 15 %             |
| Grès à meules   | 52 %   | 28 %       | 1,50 %    | 0,50 %  | 4 %    | -          | 14 %             |

Tableau 3. — Composition minéralogique des bancs gréseux du Grès à *Voltzia*  
et du Grès coquillier des Vosges du Nord (d'après Gall, 1971).

*Mineralogical composition of the sandstones of the Grès à Voltzia  
and the Grès coquillier from the northern Vosges*

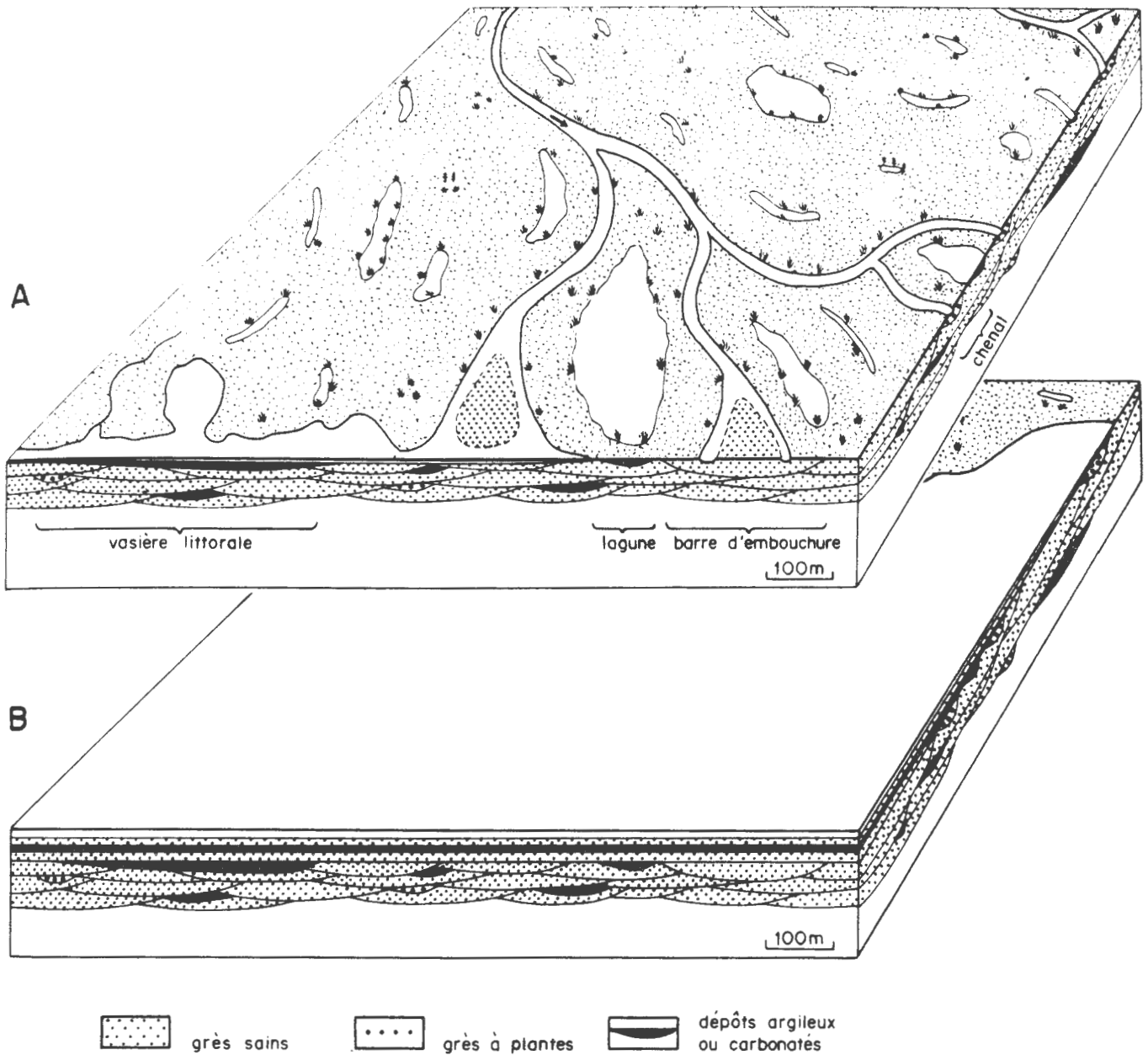


Figure 2. — Blocs-diagrammes illustrant la sédimentation et l'évolution paléogéographique du Nord des Vosges à l'époque du Grès à *Voltzia*.

A — L'environnement deltaïque du Grès à *Voltzia* inférieur (Grès à meules).

B — La transgression marine du Grès à *Voltzia* supérieur (Grès argileux).

(d'après Gall, 1971)

*Sedimentation and palaeogeography of the northern Vosges in Grès à Voltzia times.*

*A — The deltaic environment of the Grès à meules.*

*B — The marine transgression of the Grès argileux.*

## IV – DESCRIPTION DES AFFLEUREMENTS

### PREMIÈRE JOURNÉE : LE PASSAGE D'UN PAYSAGE CONTINENTAL À UN ENVIRONNEMENT MARIN.

De Strasbourg, bâti sur les alluvions du Rhin, l'itinéraire emprunte la route N 4 en direction de l'Ouest. En cours de trajet, on remarquera les riches cultures (blé, maïs, betterave, tabac, ...) favorisées par le placage de loess quaternaire de la plaine rhénane. A partir de la ville de Marlenheim, la route s'engage dans le champ de fractures de Saverne formé par des compartiments de terrains triasiques et jurassiques. C'est le domaine des collines sous-vosgiennes qui supportent le vignoble alsacien.

En montant le col de Saverne, on pénètre dans le massif vosgien proprement dit, protégé par son épaisse couverture de grès rouges.

#### ARRET n° 1

Après avoir quitté la route N 4, on descend par la route D 122 vers la *vallée de la Zinsel*. A 400 m avant le pont qui enjambe cette rivière, le Grès vosgien supérieur affleure au bord de la route. Celle-ci recoupe presque perpendiculairement l'axe d'une lentille de grès rose, large d'une soixantaine de mètres, formant le remplissage d'un chenal fluvial. Sa surface inférieure est convexe et érode le grès argileux sous-jacent. Au sein du grès apparaît un litage oblique et, sur son bord gauche, une linéation de délit qui indique la direction des écoulements.

#### ARRET n° 2

On remonte la vallée de la Zinsel jusqu'au village du *Graufthal*. A l'entrée de cette localité, en face du cimetière, affleure le Grès vosgien supérieur. Il s'agit d'un grès argileux à litage horizontal présentant plusieurs niveaux décolorés. Localement, des lentilles de grès rose ravinant le dépôt. Un mince lit d'argile brune montre les sections de fentes de dessiccation (fig. 3). Au sein du sédiment s'observent également des terriers verticaux d'organismes fouisseurs dont le remplissage clair se distingue aisément de la roche rouge.

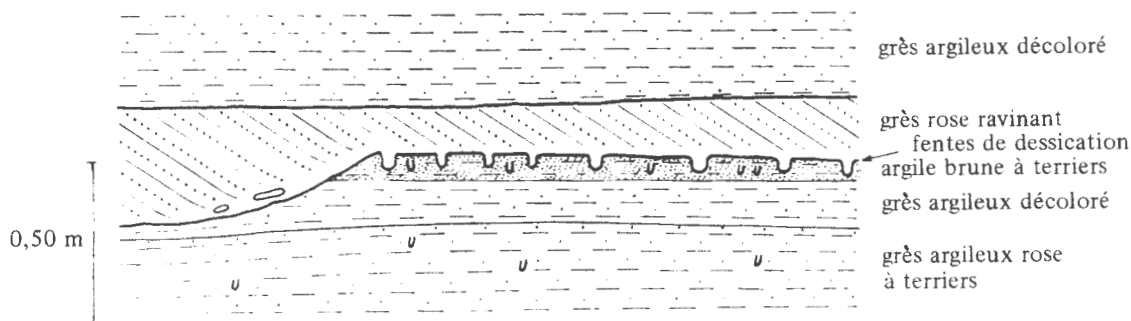


Figure 3. — Dépôt de flaque d'eau temporaire dans le Grès vosgien. Graufthal.

*Ephemeral pond deposits from the Grès vosgien. Stop 2.*

## ARRET n° 9

Reprendre la route N 4 vers Nancy jusqu'à Blamont, puis la D 20 jusqu'à Badonviller, et enfin la D 8 jusqu'à Pexonne.

On désigne en Lorraine sous le nom d'*Argiles de Pexonne* les niveaux équivalents de l'Anhydritgruppe des auteurs allemands. L'affleurement visité dans cette localité-type est la Carrière de la tuilerie qui exploite les « Couches rouges ».

On y observe, comme dans la région de Rambervillers (Meyer, 1973), des argilites de teintes variées, vertes, grises ou rouge lie-de-vin, en alternances d'ordre métrique. L'observation détaillée montre de fines lamines millimétriques ou centimétriques, constituées d'argilites associées à des niveaux silteux et/ou dolomitiques. A la base de ces derniers, des pseudomorphoses de cubes d'halite existent fréquemment, et traduisent la sursaturation du milieu de dépôt.

Par les routes D 8c et N 392, on rejoint à Ogéviller la N 4. Au cours du trajet vers Nancy, on observe les paysages du Keuper inférieur et moyen (jusqu'à la vallée de la Meurthe), puis on recoupe, en remontant la rive gauche par la route N 4bis, la série keupérienne couronnée par le Rhétien sableux couvert de bosquets (côte de l'Infralias). Sur la droite, vers le Nord-Est, vue sur le site de Dombasle - Varangéville et les industries du sel (soudières et bassin de décantation).

On circule ensuite sur le plateau du Vermois (revers de la côte de l'Infralias) et l'on aborde ensuite la dépression liasique accidentée par le faible relief des grès médioliasiques. Vers l'Ouest, la côte de Moselle (Bajocien inférieur) barre tout l'horizon.

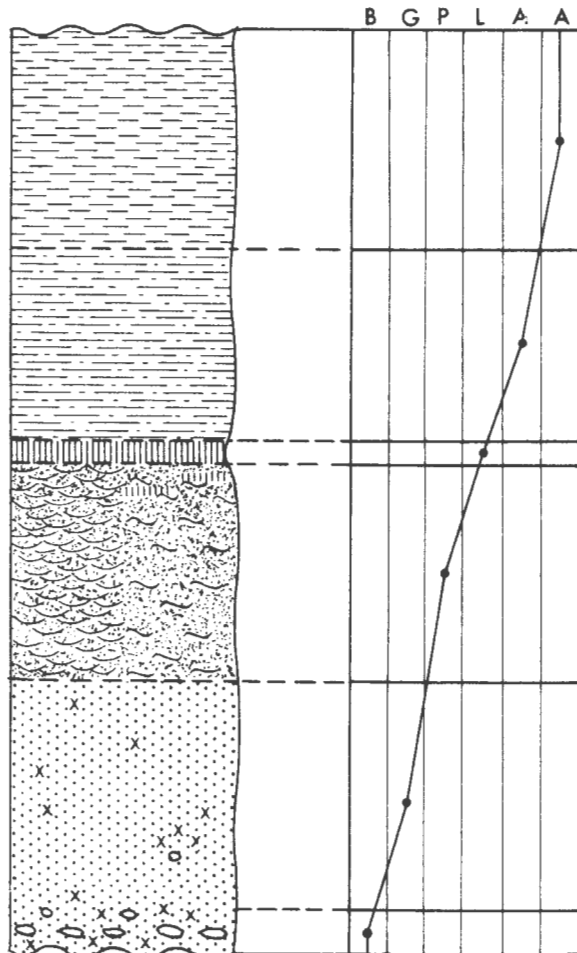
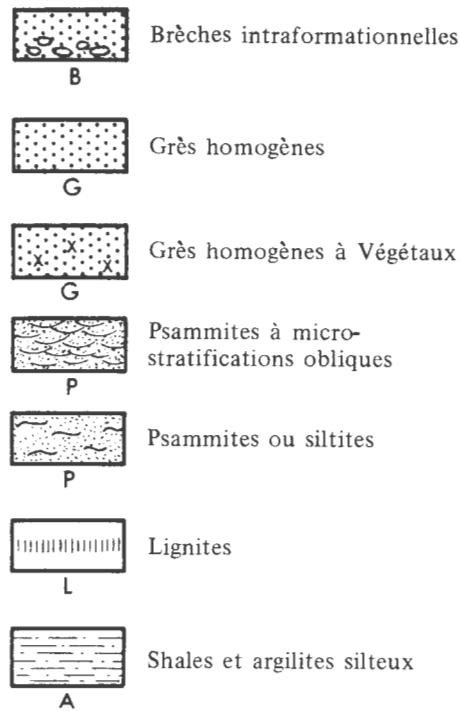
### TROISIEME JOURNÉE : LA SÉRIE TRIASIQUE DE LA MOSELLE.

L'itinéraire suivi va d'abord de Nancy à Metz par l'autoroute A 31, parallèle à la vallée de la Moselle. On prend ensuite l'autoroute Metz - Sarrebrück jusqu'aux Etangs, village à partir duquel on descend la vallée de la Nied par la N 54. Peu avant Boulay, une route sur la gauche permet de gagner Guinkirchen par Hinckange.

## ARRET n° 10

Un affleurement situé à la sortie nord de Hinckange (feuille Uckange au 1/50 000 : 900,60 - 174,00) et la carrière du Bois de Langbusch à l'Est de Guinkirchen (898,55 - 174,95) permettent d'étudier le « Grès à Roseaux » du Keuper moyen.

Cette formation d'épaisseur variable (en moyenne 15 à 20 m dans l'Est de la France) est remarquable par sa très grande extension géographique, puisqu'elle a été décrite depuis l'Allemagne jusqu'en Suisse et en Provence. Elle se présente sous deux faciès différents : l'un à prédominance gréseuse (*flutfazies* des auteurs allemands), l'autre essentiellement argileux (*lateral fazies*).



Le faciès gréseux forme, à l'échelle régionale, une ou deux bandes larges de 10 à 15 km qui traversent la Lorraine en direction Nord-Sud depuis la région de Boulay jusqu'à Vittel (Palain, 1966). Il passe latéralement au faciès argileux, difficile à séparer sur le terrain des marnes irisées encaissantes, par suite du manque d'affleurements.

Schématiquement, ces bandes peuvent être considérées comme des zones chenalisées où des courants fluviaux venant du Nord ont divagué et déposé des corps sableux allongés et anastomosés.

C. Palain (1966) a décrit la séquence idéale, complète, du faciès gréseux. Elle comporte, de haut en bas (fig. 18) :

- une *argilite* ;
- un *shale* pratiquement toujours interstratifié avec des niveaux silteux en micro-séquences nettes ;
- des *lignites* (qui ont donné lieu autrefois à des exploitations, notamment en Moselle) ;
- une *siltite* ;
- un *sable* ou *grès psammitique* à stratification plane ou ondulée (rides de courant) ;
- un *sable* ou *grès homogène*, de granulométrie fine, sans structures sédimentaires, avec débris végétaux centimétriques ;
- une *brèche intraformationnelle* avec intra-clastes argileux et grands fragments de Végétaux (*Equisetum*).

A la base et au sommet se trouvent des *diastèmes* plats ou ondulés, ravinants ou non.

← Figure 18. — La séquence-type du faciès gréseux du Grès à Roseaux (d'après Palain, 1966).

*Ideal sequence for the Sandstone facies of the «Grès à Roseaux».*

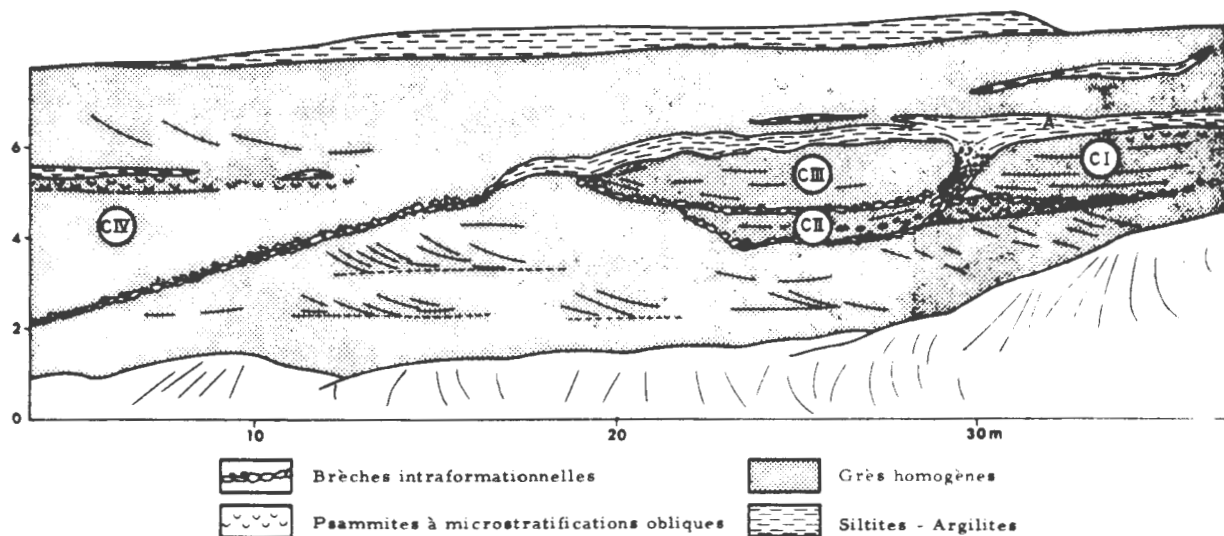


Figure 19. – Chenaux fluviaux dans le faciès gréseux du Grès à Roseaux (carrières de Langbusch, Guinkirchen) (d'après Palain, 1966).

*Fluvial channels in the Sandstone facies of the «Grès à Roseaux» (Langbusch quarry, at Guinkirchen).*

Les coupes visitées ont été décrites par A. Desprairies *et al.* (1966) et par C. Palain (1966) auquel on empruntera la description de la carrière de Guinkirchen.

L'affleurement situé sur la route au Nord d'Hinkange montre des grès fins formant des unités à stratification oblique recoupées à peu près parallèlement au courant qui s'écoulait vers le SSW. Les séquences se limitent aux termes sableux.

Un faciès assez semblable constitue la partie basse de la carrière de Langbusch (sur 4 mètres d'épaisseur maximale), mais il est fortement érodé par une succession de 4 chenaux fluviaux (Fig. 19). «Chacun d'eux ravine les niveaux plus anciens et l'on constate que, au cours de la sédimentation, l'axe d'érosion maximale des courants s'est déplacé du SE vers le NW. l'écoulement restant très constant, en direction du Sud.».

«L'érosion se marque par une surface de discordance de ravinement plus ou moins nette et surtout par une brèche intraformationnelle à blocs et galets très anguleux dont la longueur peut atteindre plus d'un mètre. Ce niveau se place généralement à quelques centimètres au-dessus de la cicatrice d'érosion. Les éléments remaniés sont formés par une roche relativement indurée, constituée par une alternance millimétrique de laminae silteuses et argileuses et qui appartient au terme supérieur des séquences. On observe d'ailleurs parfaitement les rapports spatiaux entre la brèche et la couche qui l'a alimentée (fig. 19) : en particulier, la brèche n'apparaît qu'au-dessous du niveau où cette dernière a été recoupée lors du creusement du chenal. Ce mode de formation est donc tout-à-fait comparable à celui décrit pour les brèches cyclopéennes.».

«Chaque chenal est comblé par une (chenaux C I, II et III) ou plusieurs (chenal C IV) séquences plus ou moins tronquées et d'échelle métrique.».

«Dans le chenal supérieur (C IV), on remarque que le dernier terme des séquences successives, représenté par les alternances microséquençielles siltite-shale, forme des lits discontinus. Ce fait peut être interprété comme le résultat d'un ravinement de faible amplitude, bien que la cicatrice d'érosion ou diastème ne soit pas nettement visible.».

On rejoint Boulay puis, par la D 25, l'autoroute de Sarrebrück que l'on emprunte jusqu'à Freyming-Merlebach. Au croisement de la route de Betting-lès-Saint-Avold (D 80) et de la ligne de chemin de fer de Metz, on accèdera à un premier tronçon du chantier autoroutier Freyming-Strasbourg. Cet arrêt est localisé sur la figure 1, dans le coin NW, par la flèche extérieure au cadre.

#### ARRÊT n° 11

Entre les ponts sur la voie ferrée et sur la route N410 (Saint-Avold - Sarreguemines), les travaux du chantier autoroutier ont récemment mis à jour une coupe à peu près continue de plus de 3 kilomètres de longueur, allant des Couches intermédiaires du Buntsandstein jusqu'au Keuper inférieur. Une faille affecte la série au niveau du sommet du Muschelkalk moyen et du Calcaire à Entroques.

La série observée est très voisine de celle qui a été relevée dans le sondage de Valmont, localité située à une dizaine de kilomètres vers l'Ouest (Ricour, 1962). De haut en bas, on y a les niveaux suivants, pour lesquels sont donnés des caractères généraux d'ordre lithologique ou paléontologique :

#### LETTENKOHLE.

– *Dolomie limite* (3 m). Dolomie microcristalline en bancs de 10 à 20 cm, jaune pâle à l'affleurement. Certains bancs sont lumachelliques (*Myophoria goldfussi*, *Gervilleia*, *Mytilus*), avec une faune à caractère Muschelkalk.

– *Marnes bariolées* (17,80 m). Marnes grises, vertes, rouges et noires avec fines intercalations de calcaire dolomitique parfois lumachellique. Au sommet, 3 m de grès fins pyriteux (150 microns) à glauconie, feldspaths et débris charbonneux.

– *Dolomie inférieure* (4,80 m). Bancs dolomitiques compacts gris ou noirâtres, avec minces intercalations marneuses. Les débris osseux sont fréquents (bone-beds). Empreintes de Lamellibranches.

#### MUSCHELKALK SUPÉRIEUR.

– *Calcaire à Térébratules* (4,40 m). Calcaires à grain fin et dolomies marneuses avec intercalations marneuses moins abondantes que dans le Calcaire à Cératites. Teinte crème dominante. Nombreux fossiles avec *Myophoria goldfussi* et *Coenothyris vulgaris*.

– *Calcaire à Cératites* (46 m). Calcaires gris-bleu et bancs marneux gris foncé ou noirs, d'épaisseur variable (quelques centimètres à plus d'un mètre). La faune est abondante : *Ceratites nodosus*, *Coenothyris vulgaris*, Lamellibranches, débris osseux.

– *Calcaire à Entroques* (8,50 m). Niveau beaucoup moins marneux que le précédent avec calcaires riches en articles d'*Encrinus liliiformis* et souvent à stratifications entrecroisées, et calcaires sublithographiques pauvres en fossiles, plutôt représentés à la base.

## MUSCHELKALK MOYEN.

– *Calcaires blancs* (3,60 m). Petits bancs de calcaires crayeux blancs, passant vers la base à des dolomies en plaquettes. Myophories. Souvent, alignements de nodules silicifiés.

– *Couches grises* (52,90 m). Argilites grises ou verdâtres, souvent micacées, avec fines intercalations de pélites dolomitiques et masses d'anhydrite gypsifiée en surface. Les minéraux évaporitiques sont plus abondants vers la base. Rappelons la présence de sel gemme exploité à Sarralbe, à une vingtaine de kilomètres au Sud Est de l'affleurement de l'autoroute.

– *Couches rouges* (24,80 m). Argilites bariolées rouges et vertes, avec plaquettes de pélites dolomitiques à pseudomorphoses de cubes de sel gemme. Filonnets secondaires de gypse fibreux.

## MUSCHELKALK INFÉRIEUR.

– *Dolomie à Myophoria orbicularis* (4 m). Dolomie gris-beige, souvent calcareuse, parfois glauconieuse, en bancs d'un à plusieurs décimètres. Fossiles abondants.

– *Marnes à Myacites* (environ 13-14 m). Marnes micacées gris-bleu, à niveaux dolomitiques, s'enrichissant vers la base en sables. Moulages de Lamellibranches et de Brachiopodes, quelques entroques.

– *Grès coquillier* (environ 27 m). Le faciès est très proche du faciès sableux des Marnes à *Myacites* et la limite de ces deux formations est, de ce fait, souvent assez arbitraire. Grès micacé gris, rose ou ocre en bancs pouvant atteindre 1 m, plus ou moins argileux ou dolomitiques, associés à des argilites. Faune abondante avec *Myophoria*, *Lingula*, *Hærnesia* ; débris végétaux.

## BUNTSANDSTEIN.

– *Grès à Voltzia* (21,20 m). Grès argileux très micacé, lité, rouge foncé mais souvent décoloré, à grain moyen (800 microns), en bancs épais, avec intercalations argileuses vertes ou rouges, surtout dans la partie supérieure. Fossiles animaux et végétaux continentaux et marins (cf. 1ère Partie).

– *Couches intermédiaires* (52,70 m). Grès feldspathiques micacés rouges, grès dolomitiques, conglomérats et argilites. Ciment souvent dolomitique. Pas de fossiles.

La coupe de l'autoroute permet l'examen de tous ces niveaux, dont certains ont déjà été vus séparément. On y retrouve le passage d'un environnement continental (Couches intermédiaires) à un milieu où s'expriment de plus en plus fortement des influences marines (Grès à *Voltzia* et Grès coquillier). Durant tout le Muschelkalk, les dépôts traduisent une alternance de conditions franchement marines, encore que la faune demeure relativement peu diversifiée (Muschelkalk inférieur et surtout supérieur) avec des tendances sursalées plus ou moins affirmées à l'Anhydritgruppe et à la Lettenkohle (dolomie, gypse-anhydrite et halite). L'abondance des bone-beds à certains niveaux, en particulier dans la zone de passage à la Lettenkohle, pourrait être le reflet des variations de la salinité du milieu. Cette dernière formation, dont les niveaux inférieurs et moyens affleurent dans les talus de l'autoroute, annonce, tout en gardant des caractères, en particulier faunistiques, du Muschelkalk, le faciès Marnes irisées du Keuper inférieur qui est visible dans les fondations du pont sur la route N410.

## ARRET n° 12

Par Henriville - Cappel (route D 29) – Puttelange-aux-Lacs - Sarralbe (N 56, Pays des Etangs) – Willerwald (N 61), on rejoint, au Nord de ce dernier village, une seconde section du chantier

de l'autoroute A 34 (Freyding - Strasbourg) que l'on suivra sur 2,5 kilomètres environ en direction ESE, jusqu'à son point le plus haut, dans le Bois de Gemswiller (fig. 1, flèche dans le coin NW).

Toute cette section de l'autoroute se situe dans le Keuper inférieur du cœur du synclinal de Sarreguemines. Ce sont essentiellement des «marnes irisées», versicolores qui, au lieu visité, présentent des ondulations avec des amplitudes de plusieurs mètres, résultant vraisemblablement de la dissolution massive, dans la zone superficielle et peut-être en profondeur, des niveaux salins ou sulfatés.

Un banc clair, continu, de 30 centimètres environ de puissance, est interstratifié dans les «marnes irisées». Il est formé par un sable calcaire pseudoolithique bien classé, consolidé à la base et vers le sommet par de la calcite, des sulfates et du quartz authigène. Il est riche en débris osseux et en empreintes de Lamellibranches dans la partie supérieure.

Cet horizon particulier, inclus dans une série azoïque et à tendance évaporitique, montre la possibilité de retours momentanés à un environnement de salure plus normale.

Le retour vers Nancy se fera d'abord en direction du Sud par Herbitzheim - Keskastel (route D 338) – Sarre-Union (N 61) – Fénétrange (D 8), puis en direction de l'WSW (synclinal de Sarreguemines) par la route D 38 qui rejoint la vallée de la Seille.

#### **ARRET n° 13**

La localité de Marsal (fig. 9), en plein cœur du Saulnois, est construite, avec ses fortifications à la Vauban, sur les alluvions marécageuses de la Seille. Elle fut le siège, avec les localités voisines de Dieuze, Moyenvic, Vic-sur-Seille et Burthécourt, d'une industrie salicole par concentration des eaux de sources salées, et ceci depuis la période protohistorique (âge du bronze final, vers 1 200 B.C.). La méthode utilisée était celle dite du «briquetage» qui a fonctionné pendant plus de dix siècles. Les débris des moules et bâtonnets en argile cuite que demandait cette industrie ont été accumulés pour faire des «îles» au sein des marécages, et c'est sur l'une d'elles que Marsal s'est édifiée. Le cubage de ces débris se chiffre en millions de mètres cubes.

La visite de la Maison du Sel, musée inauguré en 1973, et de fouilles dans le briquetage de Marsal permettra de faire le point sur l'état actuel des recherches archéologiques entreprises par le Service des Antiquités Historiques de Lorraine.

On rejoint Nancy en prenant à partir de Moyenvic la route N 74.

**QUATRIÈME JOURNÉE : LA TRANSGRESSION LIASIQUE ET LA SÉDIMENTATION CARBONATÉE  
DU DOGGER DANS LA RÉGION DE NANCY.**

A l'échelle de la Lorraine, le Lias correspond à une transgression marine (Rhétien, Hettan-  
gien, Sinémurien, Carixien) suivie d'une régression (Toarcien, Aalénien). Le Dogger enregistre  
un nouvel épisode transgressif qui se poursuit au Malm inférieur. Les affleurements visités pré-  
sentent, pour le Lias, les faciès littoraux transgressifs (arrêt 14) et les faciès marins francs à  
Ammonites (arrêt 15). Le Dogger est illustré par des formations récifales (arrêt 16).

**ARRÊT n° 14**

La carrière de Coyviller se situe à une quinzaine de kilomètres au Sud-Est de Nancy, à  
égale distance entre les vallées de la Meurthe et de la Moselle (feuille Bayon au 1/50 000,  
891,50 - 106,34).

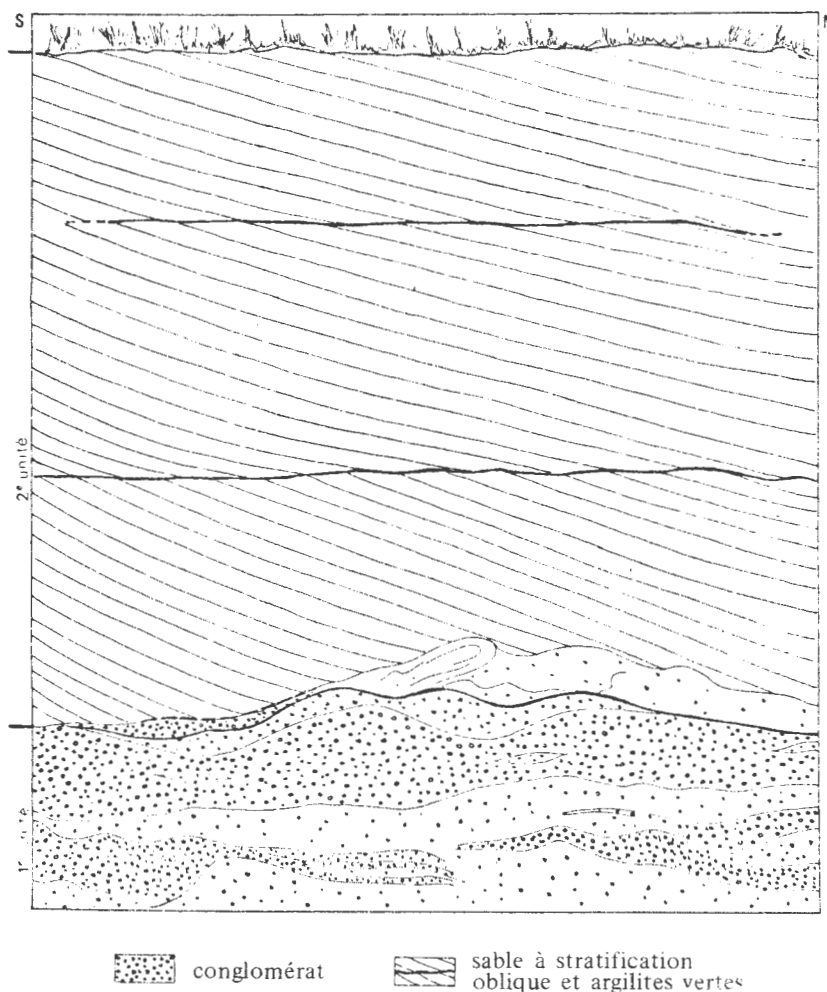


Figure 20. — Lithofaciès et structures sédimentaires du Rhétien inférieur  
de Coyviller (d'après R. Al Khatib).

*Lithofacies and sedimentary structures of the lower Rhaetian of Coyviller.*

Elle permet d'observer les faciès de la partie inférieure du Rhétien (fig. 20). La coupe montre à la base, une unité conglomératique surmontée d'un ensemble sableux à stratifications obliques divisé par des passées d'argilites vertes. Les travaux en cours (R. Al Khatib) montrent que les lithofaciès et les biofaciès plaident en faveur d'un milieu marin littoral.

#### ARRET n° 15

De Coyviller on rejoint vers l'Ouest, à Flavigny, la vallée de la Moselle qui coule sur le Keuper supérieur. La montée sur la rive gauche (N 413) recoupe le Rhétien sableux et l'Infra-lias. Prendre sur le plateau la route D 50 A, puis la D 50 jusqu'à Xeuilley.

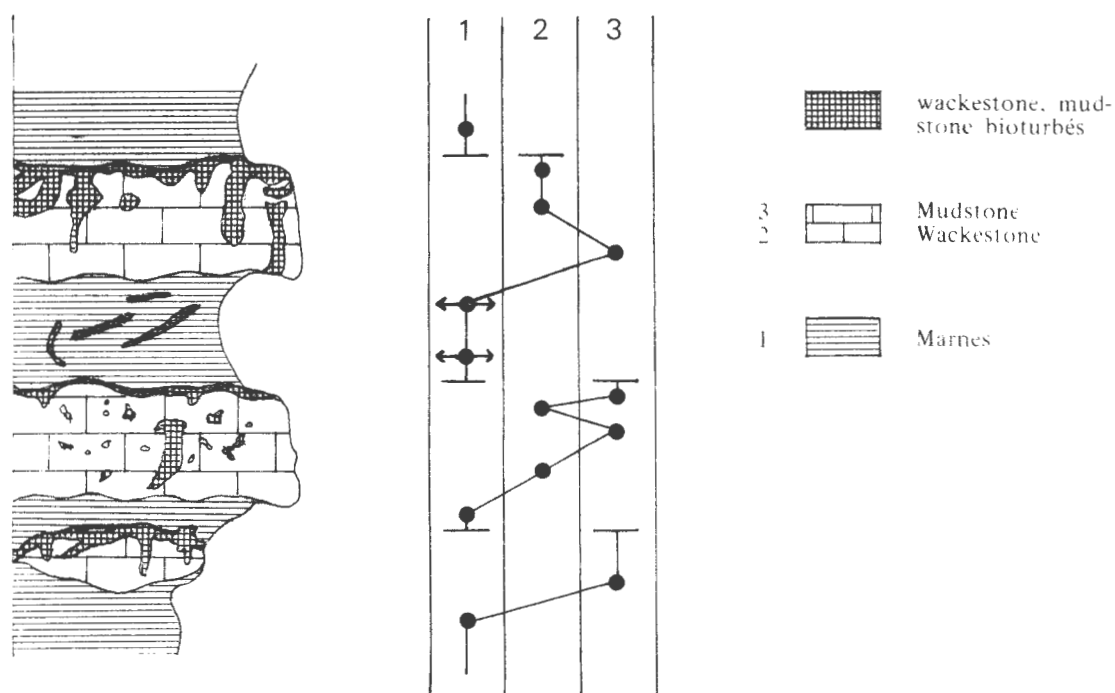
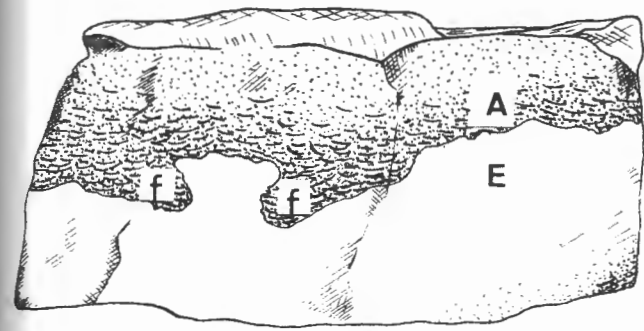


Figure 21. — Séquences-types du Calcaire à Gryphées (d'après R. Al Khatib).

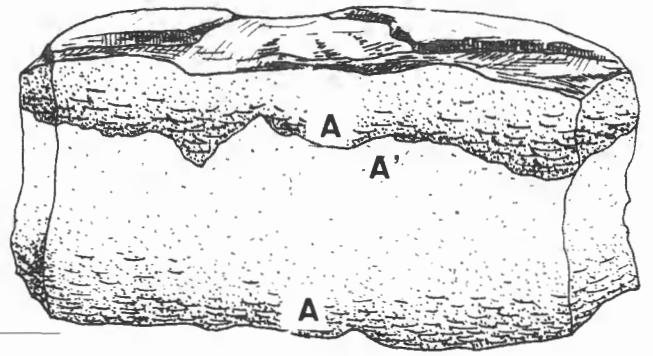
*Ideal sequences of the «Calcaire à Gryphées» (Xeuilley).*

La carrière de la Cimenterie de Xeuilley (feuille Vézelize au 1/50 000, 878,35 - 101,80) permet d'observer le Calcaire à Gryphées de Lorraine (Hettangien, Sinémurien inférieur). La coupe montre une interstratification de marnes et de calcaires suivant un type séquentiel illustré figure 21 (R. Al Khatib). Entre deux diastèmes caractérisés par une importante bioturbation se répartissent de haut en bas :

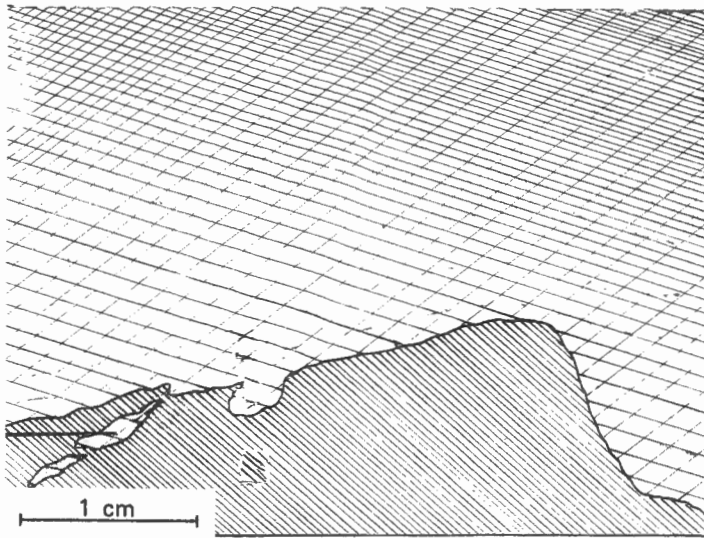
- 3 — Calcaire microsparithique du type mudstone
- 2 — Calcaire microsparithique du type wackestone
- 1 — Marne



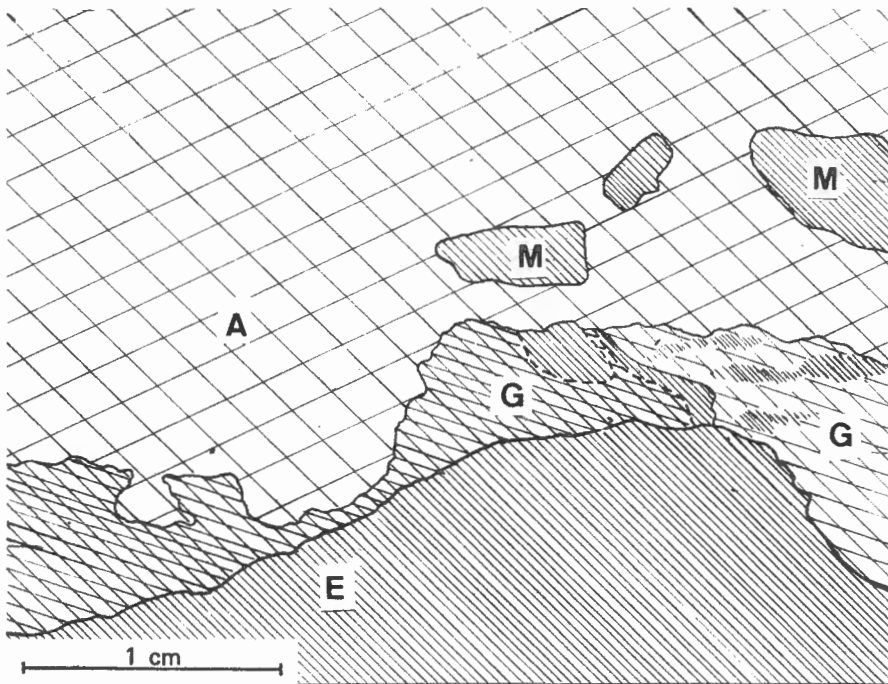
A



B



C



D

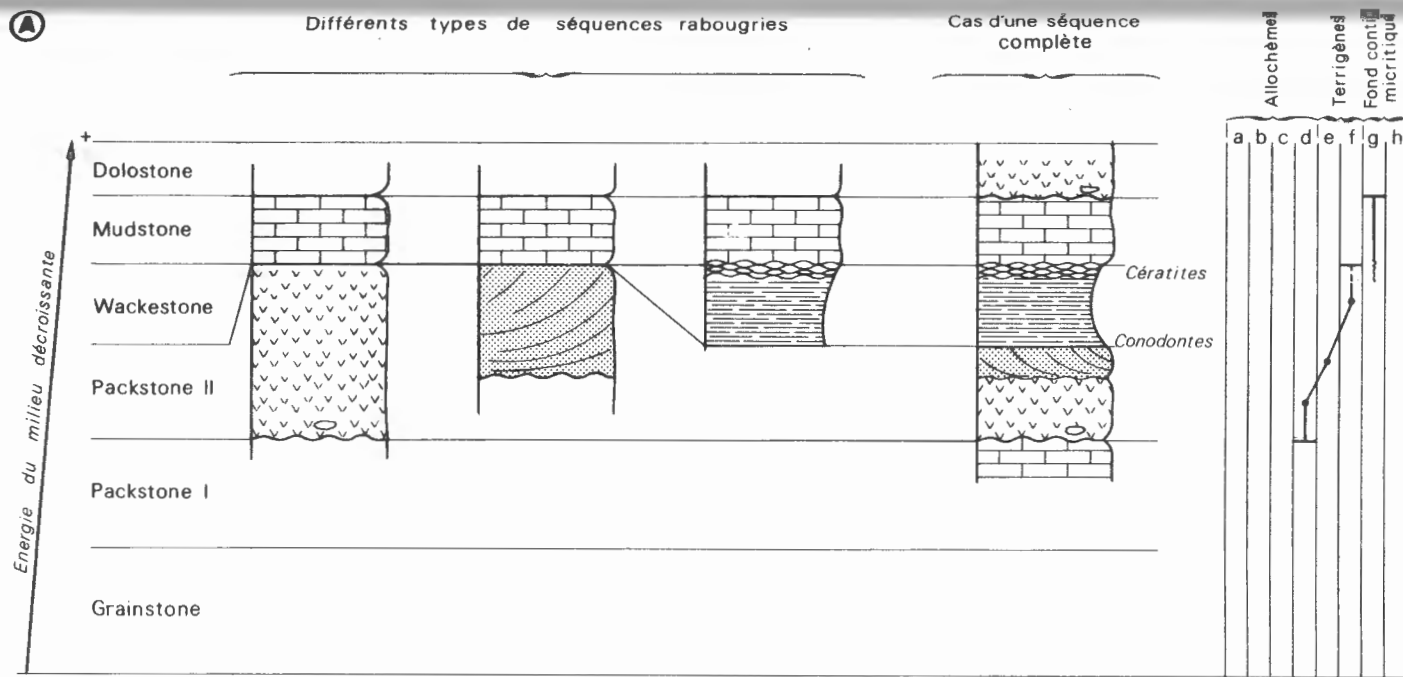
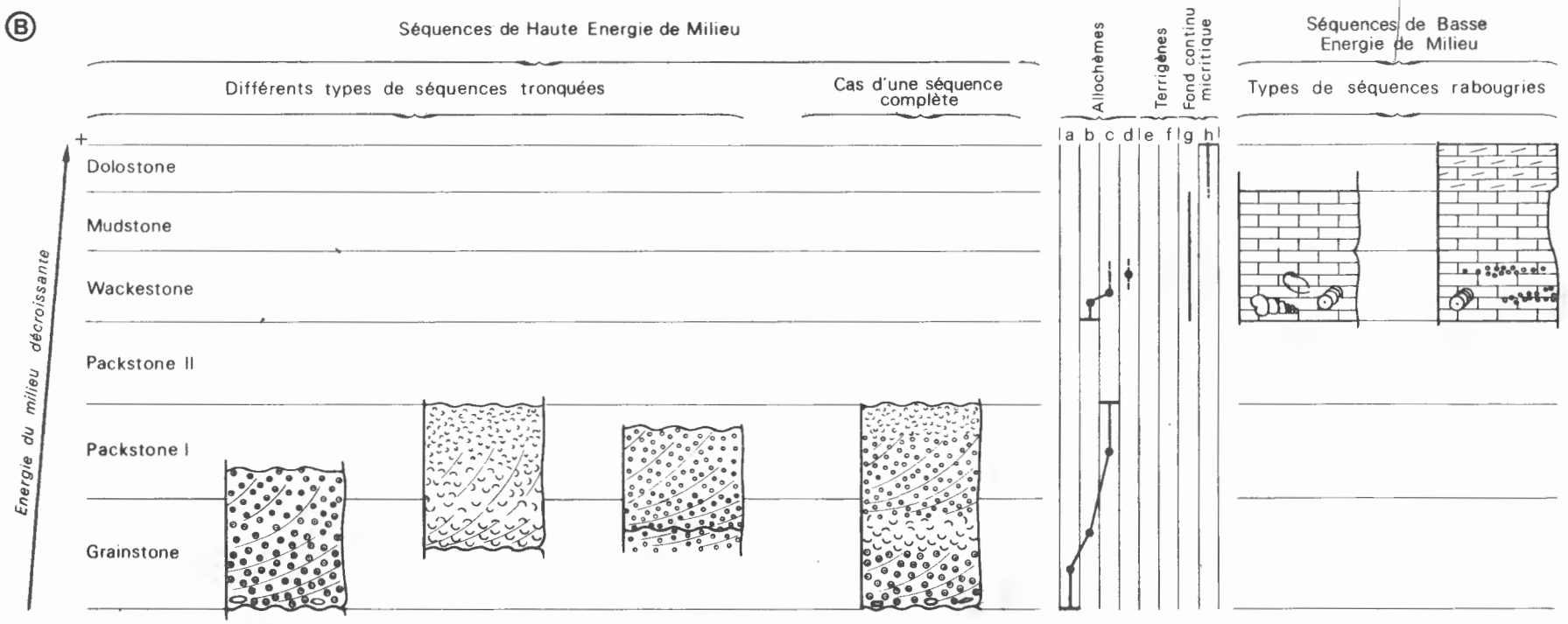


Figure 15. — Les matériaux, les lithofaciès et les séquences du Muschelkalk supérieur.

A — Calcaire à Cératites.  
B — Calcaire à Entroques.

*Elements, lithofacies and sequences of the upper Muschelkalk.*



Le packstone gréseux est souvent séparé du packstone à fines entroques par une surface ondulée présentant quelquefois des figures de base du type flow-cast. Il s'agit d'un faux diastème résultant du hiatus granulométrique qui sépare la population des entroques (600 - 200 microns) de la population des quartz (100 - 30 microns).

## 2 – ANALYSE SÉQUENTIELLE DU CALCAIRE A ENTROQUES

La figure 11 présente le Calcaire à Entroques au niveau de la coupe de la carrière de Lorquin et au niveau du front de taille inférieur de la carrière d'Héming.

### a – LES MATÉRIAUX MIS EN ŒUVRE

#### – ALLOCHEMES.

On classera sous cette rubrique les matériaux suivants :

- *Bioclastes* : entroques cylindriques d'*Encrinus liliiformis* généralement désarticulées, quelquefois en connexion anatomique sur plusieurs centimètres ; calices rares. Coquilles de *Coenotyris vulgaris* entières ou désarticulées ; valves de Lamellibranches.

- *Oolithes* et *pelotes* : les oolithes typiques possèdent un noyau micritique entouré d'une enveloppe calcitique claire délimitée par un cortex calcitique plus sombre. D'autres oolithes, plus rares, du type protoolithes, présentent un important noyau micritique et une couronne calcitique claire réduite. Les pelotes sont carbonatées et ne présentent pas de structure interne.

- *Intraclastes* représentés par des galets de micrite et de calcarénite oolithique dont le degré de lapidification varie entre celui du galet mou et du galet induré.

#### – MATÉRIAUX TERRIGENES.

Les minéraux argileux ne sont pratiquement représentés qu'au niveau de joints argileux. Les débris de quartz sont rares.

#### – MICRITES ET DOLOMICRITES.

La matrice fine est présente dans tous les lithofaciès : sous la forme d'intraclastes dans les grainstones, associée à la spathite dans les packstones, prépondérante dans les mudstones. Comme dans le cas du Calcaire à Cératites, la dolomitisation, lorsqu'elle existe, apparaît dans la matrice et gagne progressivement les allochèmes.

### b – LES FACIES ENGENDRÉS (fig. 16 et 17)

#### – LES GRAINSTONES.

Les grainstones regroupent des *calcarénites à entroques*, des *calcarénites oolithiques* et des *calcarénites coquillières*. Les deux premières présentent souvent une stratification oblique et de nombreux intraclastes.

#### – LES PACKSTONES.

Les packstones du Calcaire à Entroques sont essentiellement représentés par des *calcarénites*

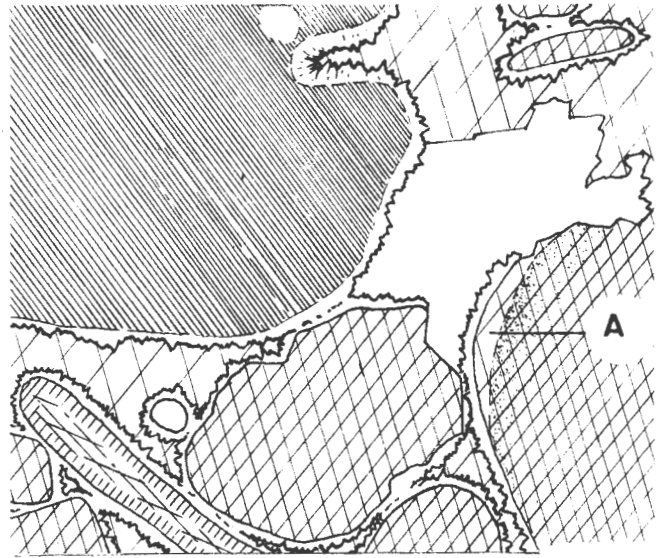
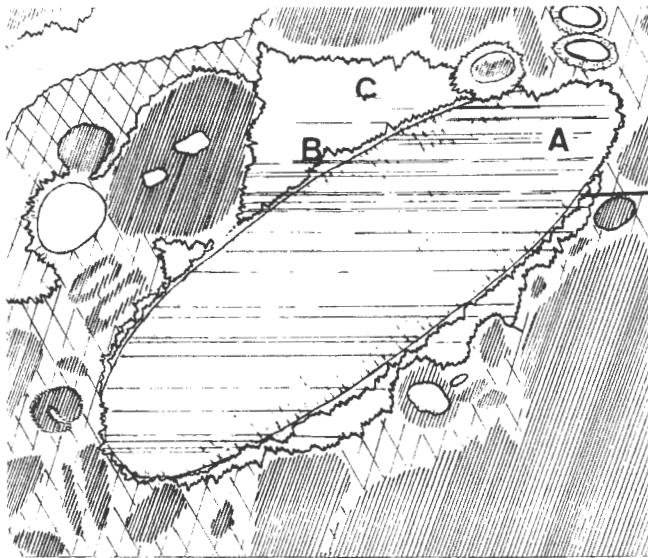
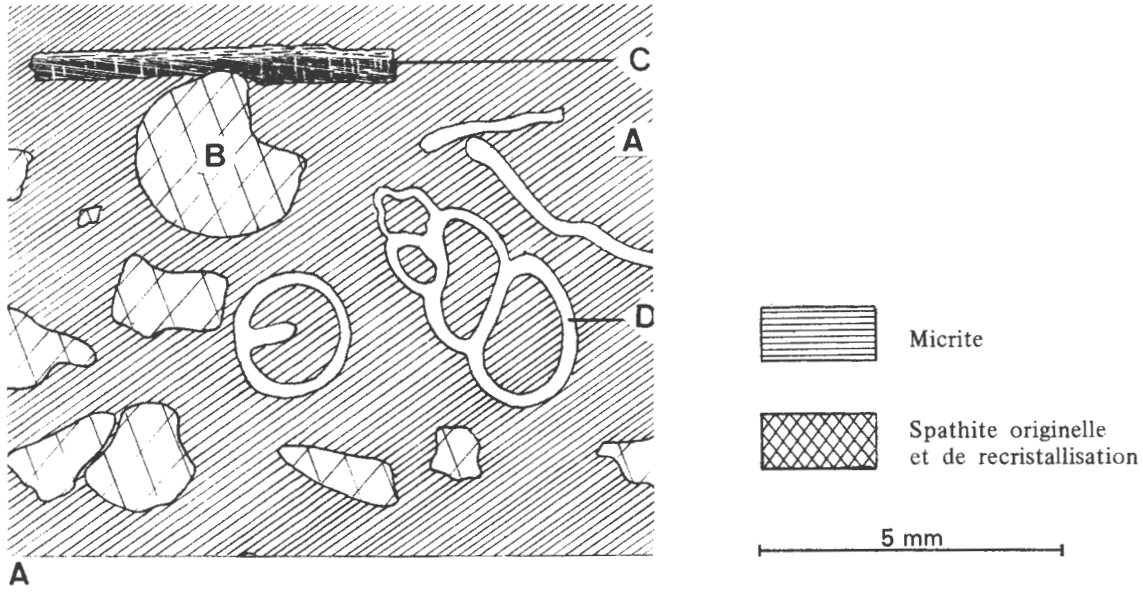


Fig. 16. — Les bioclastes et les lithofaciès à bioclastes du Calcaire à Entroques.

*Bioclasts and bioclastic limestones («Calcaire à Entroques»).*

A — Wackestone à bioclastes.

(A) Matrice micritique.

(C) Fragment de Brachiopode.

(B) Entroque.

(D) Gastéropode contenant une micrite identique à la matrice.

B — Grainstone à bioclastes, pelotes et intraclastes.

L'entroque (A) présente un ciment d'encroûtement (B) et un ciment de spathite syntaxique (C). Les intraclastes micritiques montrent des contours flous, en voie de recrystallisation.

C — Grainstone à bioclastes et intraclastes.

L'intraclaste micritique a un contour net souligné par un ciment d'encroûtement. En (A), le ciment de spathite syntaxique maintient la couronne écartée de l'entroque.

*coquillères*, quelquefois par des *calcarénites à entroques* ou *oolithiques*. Les pores incomplètement remplis de matrice contiennent une spathite plus ou moins abondante. Cette texture permet de désigner ce lithofaciès sous le qualificatif de packstone I.

L'énergie de milieu enregistrée par ce faciès est relativement plus faible que celle que traduisent les grainstones précédents.

#### – LES WACKESTONES.

Les débris flottants sont réunis par une matrice micritique. Les fragments de tiges d'*Encrinus* comportant plusieurs entroques en connexion anatomique sont fréquents ; ces faciès sont susceptibles de livrer des calices d'*Encrinus liliiformis*.

L'énergie de milieu enregistrée par ces lithofaciès est faible ; ils reflètent les conditions autochtones et calmes de la sédimentation.

#### – LES MUDSTONES.

Essentiellement micritiques, ces lithofaciès contiennent quelques rares débris de quartz fin. La dolomitisation s'y développe fréquemment.

L'énergie de milieu enregistrée est très faible.

#### – LES DOLOSTONES.

Les dolostones regroupent des *calcaires dolomitiques* et des *dolomies calcaires* en fonction de l'importance de la dolomitisation. Ces lithofaciès sont bien représentés à la base du Calcaire à Entroques, au niveau du passage entre les dolomies et argilites grises du Muschelkalk moyen et les premiers niveaux calcaires du Muschelkalk supérieur. Dans la région d'Héming, un dépôt de dolostones de 80 cm à 1 m d'épaisseur apparaît à la partie supérieure du Calcaire à Entroques.

### c – LA DISTRIBUTION DES LITHOFACIES AU SEIN DE LA FORMATION LA SÉQUENCE FONDAMENTALE DU CALCAIRE A ENTROQUES

La figure 15 présente différents cas de séquences possibles en fonction de la nature du matériel détritique déposé et de la texture des lithofaciès. Deux ensembles de séquences peuvent être distingués :

- *Les séquences tronquées de haute énergie de milieu* : elles associent le plus souvent des grainstones et des packstones I. La micrite n'apparaît que sous la forme d'intraclastes. Lorsque l'érosion de base est plus réduite ou lorsque la sédimentation est plus complète, des packstones II et des wackestones terminent les séquences.

- *Les séquences rabougries de basse énergie de milieu* : elles associent des wackestones, des mudstones et des dolostones. La micrite y est largement représentée.

Ces séquences enregistrent les conditions locales de sédimentation.

Les séquences du Calcaire à Entroques et la séquence fondamentale proposée sur la figure 15 sont formées d'une succession de lithofaciès qui enregistrent une décroissance de l'énergie du milieu en fonction du temps : ces séquences sont positives.

Figure 17. — Les oolithes et les lithofaciès oolithiques du Calcaire à Entroques.

*Oölites and oölitic limestones (« Calcaire à Entroques »).*

A — Wackestone à protooolithes.

Les protooolithes présentent un important noyau micritique et une couronne de fibres radiaires, de calcite limpide. La dolomitisation secondaire des protooolithes à partir du noyau est fréquente.

B — Grainstone oolithique.

Aux oolithes (Oo) et aux pelotes (P) sont associés des entroques (A), des intraclastes oolithiques lithifiés (I) et des intraclastes micritiques mous (M).

C — Grainstone oolithique.

Les oolithes, associées à des entroques (A), sont jointives. La cimentation comporte une phase préliminaire d'encroûtement suivie d'un développement de grands cristaux de spathite qui obturent les pores.

Certaines oolithes présentent des figures de contact et peuvent acquérir des contours polygonaux. La couronne de fibres de calcite du ciment d'encroûtement tapisse les parois des pores résiduels : la déformation des oolithes est donc très précoce et reflète les propriétés mécaniques des oolithes.

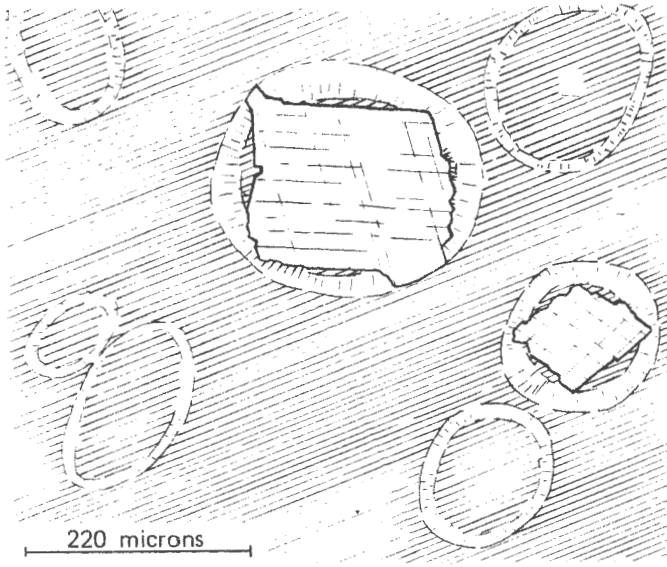
D — Oolithes déformées par ouverture et étirement.

Des sections d'oolithes sont réunies par des ponts (A). Cette disposition est antérieure à la cimentation la plus précoce qui engendre une couronne de fibres de calcite.

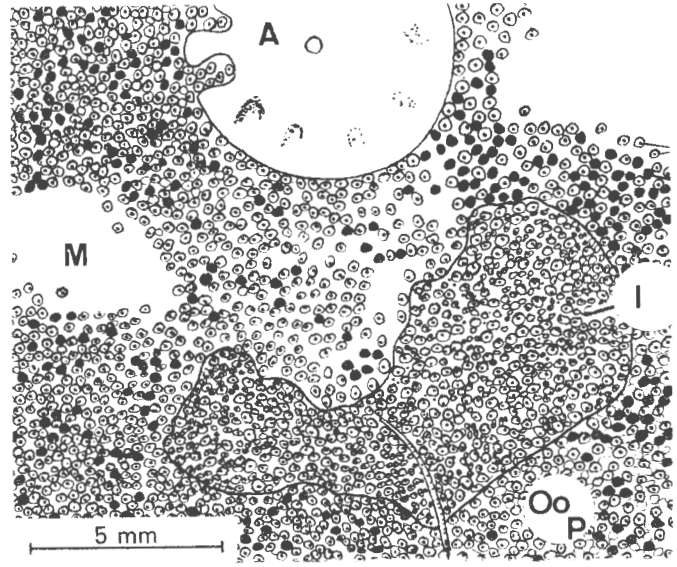
E — Intraclastes oolithiques.

Ces intraclastes composés d'une ou plusieurs oolithes réunies par une matrice micritique sont abondants à la base des dépôts oolithiques.

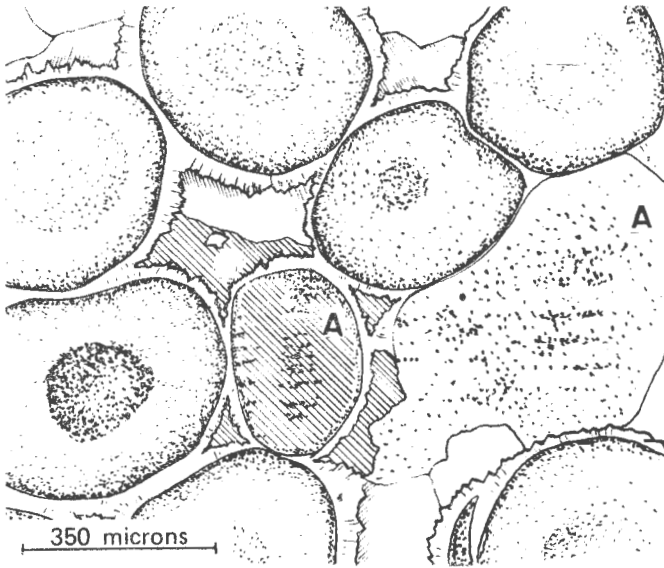
F — Interprétation du mécanisme de la déformation par ouverture et étirement : cas d'une translation.



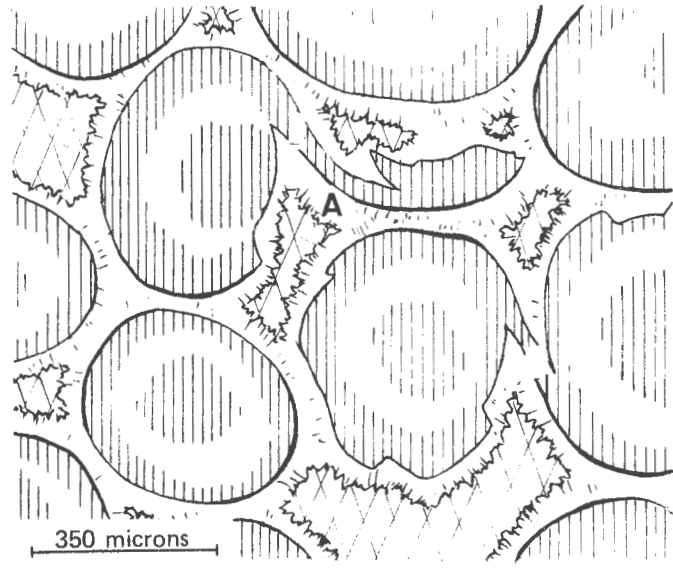
A



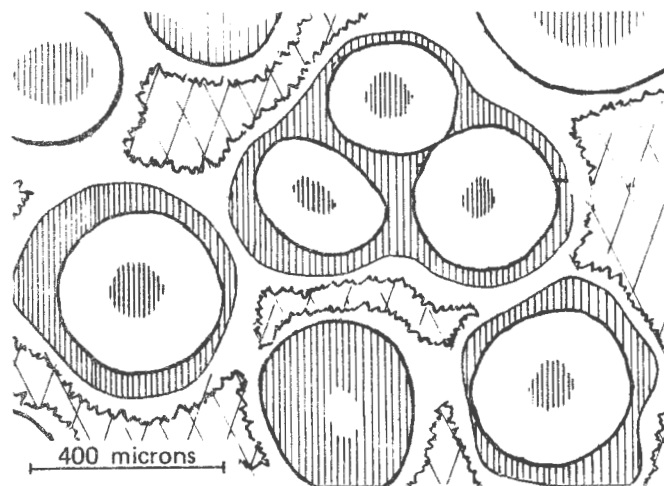
B



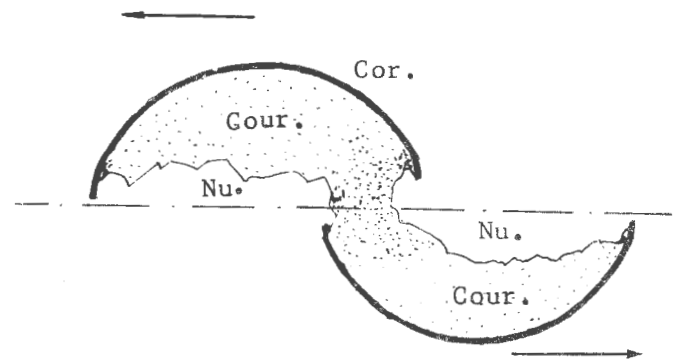
C



D



E



F

### 3 – CONTRIBUTION DE L'ANALYSE SÉQUENTIELLE A LA CONNAISSANCE DU MUSCHELKALK SUPÉRIEUR

#### a – CONTRIBUTION A L'ÉCHELLE DE LA SÉQUENCE

1 – *La dolomitisation secondaire* gagne les séquences des termes fins vers les lithofaciès grossiers.

2 – *Le mécanisme de la déformation des oolithes* par ouverture et étirement décrit par L. Cayeux en 1934 peut être interprété à cette échelle.

Les *faits observables* sont les suivants :

– Toutes les oolithes sont ouvertes et étirées sur 5 millimètres à la partie supérieure de la couche de calcarénite oolithique, immédiatement sous le diastème sur lequel repose un grainstone à entroques. Le grainstone contient des entroques de grandes tailles et de nombreux intraclastes. La granulométrie, la texture et la stratification oblique indiquent une sédimentation rapide sous une haute énergie de milieu.

– Les oolithes sont déformables (fig. 17-C) et le tassement leur confère des contours polyédriques.

– La déformation des oolithes est antérieure à l'apparition d'un ciment diagénétique d'encroûtement : elle est pratiquement synsédimentaire.

– Les propriétés mécaniques des oolithes résultent de leur structure. Elles comportent :

- un noyau micritique mou qui se disperse dans les pores lors de l'ouverture des oolithes ;
- une couronne relativement lithifiée ;
- un cortex bien lithifié qui conserve dans sa concavité des vestiges de la couronne.

Les oolithes possèdent, lors de leur dépôt, les propriétés mécaniques d'œufs mollets.

*Interprétation.* – L'ouverture des oolithes est consécutive à une surcharge et à des déplacements synsédimentaires des oolithes les unes par rapport aux autres au sein du sédiment. La figure 17-F illustre le cas d'un cisaillement par translation.

L'examen de sections polies dans les trois plans de l'espace conduit à penser que des ouvertures incomplètes d'oolithes suivies d'une rotation des deux parties les unes par rapport aux autres sont très fréquentes et produisent les figures particulières observées en lame mince.

3 – *Les Conodontes* sont fréquents à la base des lits d'argilites. En considérant les Conodontes comme des bioclastes, ils occupent, au sein de la séquence, la position que leur confèrent leur taille réduite et leur densité.

Réciproquement une recherche de Conodontes, précédée d'une analyse séquentielle, permet de sélectionner dans une série sédimentaire les lithofaciès favorables. Lorsque ces derniers sont des argilites, comme dans le cas du Calcaire à Cératites, la technique lente et coûteuse du traitement à l'acide monochloracétique est avantageusement remplacée par un lavage à l'eau sur un tamis fin suivi d'une séparation densimétrique au bromoforme.

4 – *Les Cératites*, quant à elles, se déposent à tous les niveaux de la séquence, mais c'est après le dépôt des termes grossiers de la base que leur abondance est la plus grande. La dispersion des Cératites par le matériel détritique est comparable à la dilution que réalise ce même matériel sur la phase chimique. C'est ainsi que ces organismes peuvent fréquemment être observés en placage à la face inférieure des niveaux micritiques (fig. 15).

## b – CONTRIBUTION A L'ÉCHELLE DE LA FORMATION

1 – Les séquences se répètent un grand nombre de fois, semblables à elles-mêmes : la sédimentation du Muschelkalk supérieur est *rythmique*. Il en résulte que la série ne doit plus être considérée comme une superposition de faciès lithologiques plus ou moins répartis au hasard, mais comme une succession logique de termes déposés dans un continu. Ceci s'applique tout particulièrement au Calcaire à Cératites, habituellement défini comme une alternance de dalles calcaires et de lits marneux. Cette notion est incorrecte, car l'unité de sédimentation (la séquence) comprend, en fait, de bas en haut, la partie supérieure d'une dalle calcaire, les dépôts marneux et la partie inférieure de la couche calcaire suivante. Chaque dalle correspond à la juxtaposition, de part et d'autre d'un diastème, de deux calcaires pétrographiquement et sédimentologiquement très différents.

2 – La relation entre le Calcaire à Entroques et le Calcaire à Cératites a une signification sédimentologique. La figure 11 permet d'observer une succession de séquences de passage entre le Calcaire à Entroques essentiellement formé de grainstones et de packstones I et le Calcaire à Cératites composé de packstones II, de wackestones et de mudstones. Les séquences de passage associent les packstones I du premier aux wackestones argileux du second : la coupure lithostratigraphique utilisée, commode en cartographie, est arbitraire sous l'aspect sédimentologique.

3 – La micrite est omniprésente dans le Muschelkalk supérieur. Elle s'exprime sous la forme de mudstones au niveau des séquences du Calcaire à Cératites, sous la forme d'une matrice dans les wackestones et les packstones, sous la forme d'intraclastes, vestiges de mudstones érodés, au niveau des séquences du Calcaire à Entroques. Les séquences engendrées dans le bassin peuvent être interprétées comme la résultante du *jeu contradictoire d'une sédimentation micritique* générale continue et d'apports détritiques (allochèmes et terrigènes) épisodiques.

4 – Les séquences du Calcaire à Entroques enregistrent dans leur grande majorité une haute énergie de milieu ; les séquences de basse énergie, moins nombreuses, sont associées aux dolostones. Les séquences du Calcaire à Cératites enregistrent une énergie moyenne à faible et contiennent une faune franchement marine et de nombreuses Cératites. Les séquences de transition entre le Calcaire à Entroques et le Calcaire à Cératites assurent le relais. A l'échelle du Muschelkalk supérieur, la succession des séquences illustrée figure 11 compose une vaste séquence d'ordre supérieur. Cette vaste séquence enregistre une décroissance de l'énergie de milieu de la base vers le sommet : c'est une *mégaséquence positive*. Les indicateurs paléobiologiques et paléochimiques de milieu traduisent des conditions relativement plus littorales à la base et plus franchement marines au sommet : la mégaséquence positive marine, comme il a été démontré dans d'autres environnements (Haguénauer, 1973), enregistre, en un lieu donné, en fonction du temps, une transgression marine - la transgression de la mer germanique.

Cette conclusion, relative à la dynamique sédimentaire de l'ensemble du bassin, découle de l'analyse fine et du décodage du message sédimentaire enregistré en fonction du temps au niveau d'UN forage ou d'UN bon affleurement ; elle est en accord avec celle obtenue à l'échelle du Bassin Parisien par la corrélation dans l'espace de nombreux forages (Ricour, 1962).

## NOMENCLATURE ET FIGURÉS UTILISÉS DANS LE TEXTE ET L'ILLUSTRATION

### LES MATÉRIAUX ET LES LITHOFACIES.



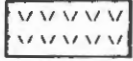
Entroques cylindriques → calcarénites à entroques.



Valves de Brachiopodes et de Lamellibranches → calcarénites coquillières et lumachelles.



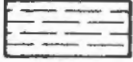
Oolithes et pelotes → calcarénites oolithiques.



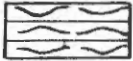
Débris d'entroques → calcarénites à entroques fines.



Débris de quartz → calcarénites gréseuses.



Argiles → argilites et marnes.



Argiles + micrite → mudstone noduleux.



Micrite → mudstone.



Dolomicrite → dolostone.

### CLASSIFICATION TEXTURALE DES LITHOFACIES

(d'après R.J. Dunham)

1 – Grainstone.

2 – Packstone I. Les pores associent un remplissage de micrite et de spathite.

3 – Packstone II. Les pores sont remplis de micrite.

4 – Wackestone.

5 – Mudstone.

6 – Dolostone.

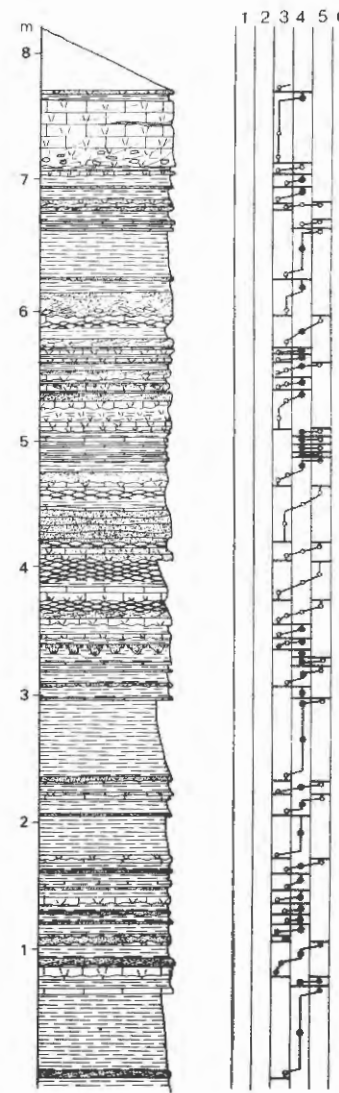
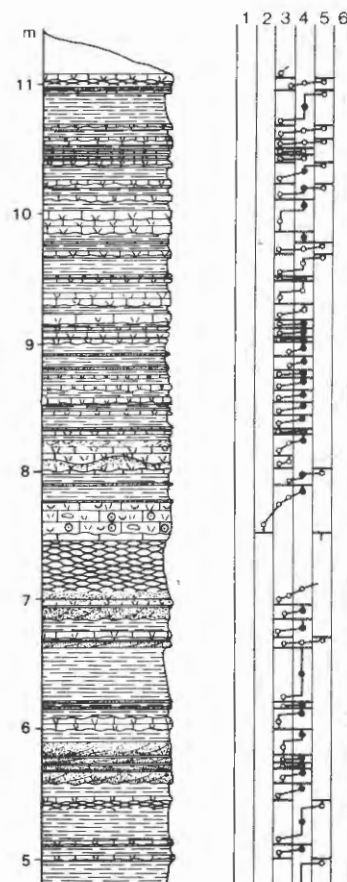
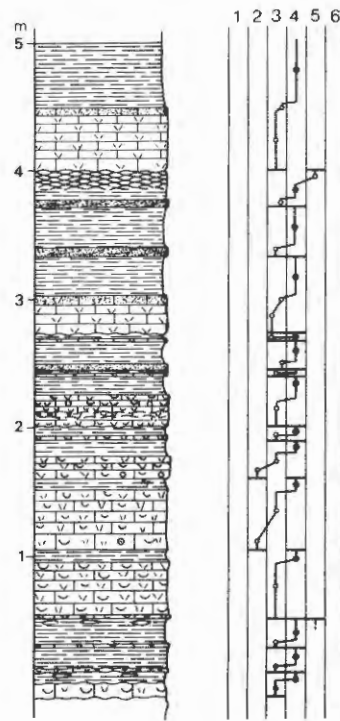
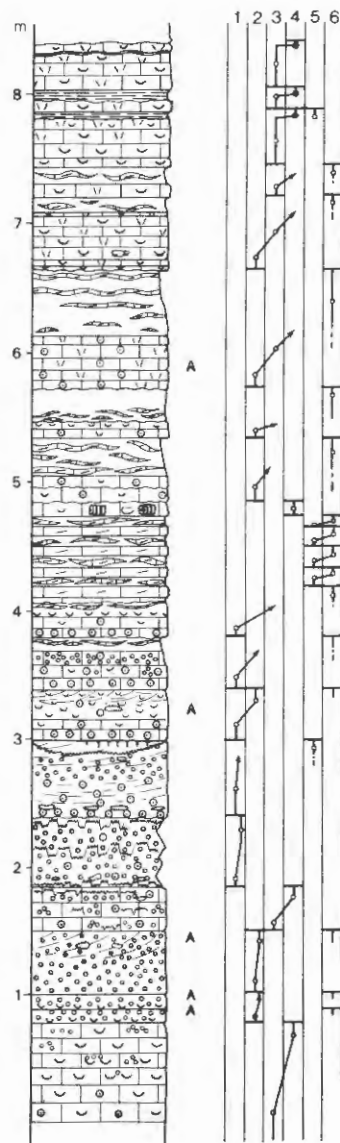
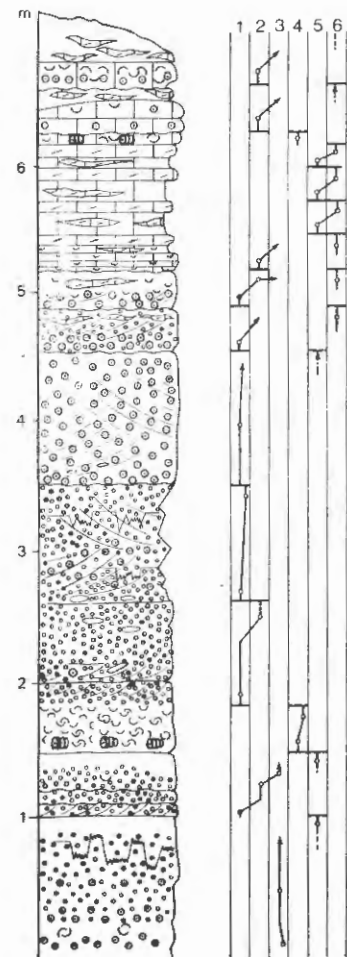
front de taille inférieur

front de taille intermédiaire

front de taille supérieur

Sarrebourg : x 943,75  
y 120,00

Sarrebourg : x 942,05  
y 119,70



- 1 Grainstone
- 2 Packstone I
- 3 Packstone II
- 4 Wackestone
- 5 Mudstone
- 6 Dolostone

Figure 11. — Coupes lithostratigraphiques du Muschelkalk supérieur de Lorquin et d'Héming.

*Lithostratigraphic sections of the upper Muschelkalk at Lorquin and Héming.*

## 1 - ANALYSE SÉQUENTIELLE DU CALCAIRE A CÉRATITES

La figure 11 présente les coupes d'Héming (Cimenteries) et de Lorquin dont les coordonnées Lambert sont respectivement : Sarrebourg 1/50 000, 942,05 - 119,70 et 943,75 - 120,00. Le Calcaire à Cératites est annoncé par les derniers bancs de la coupe de Lorquin ; il occupe les trois quarts supérieurs de la coupe d'Héming.

## a - LES MATÉRIAUX MIS EN ŒUVRE

## - ALLOCHÈMES.

On classera dans cette rubrique les matériaux suivants :

- *Bioclastes* : entroques essentiellement fragmentées mesurant de 600 à 200 microns ; fragments de valves de *Coenothyris vulgaris* et de Bivalves ; Conodontes et débris osseux.
- *Intraclastes* représentés par des galets de micrite dont le degré de lapidification varie entre celui du galet mou et du galet induré.

## - MATÉRIAUX TERRIGÈNES.

Ce sont les débris de quartz dont la fraction granulométrique la plus fréquente se localise entre 100 et 30 microns, des feldspaths potassiques et des plagioclases acides, des micas blancs, des minéraux argileux et des minéraux lourds.

## - MICRITES ET DOLOMICRITES.

La matrice fine est omniprésente dans tous les dépôts du Muschelkalk. Prédominante dans les faciès micritiques, elle subsiste plus ou moins diluée ou sous forme d'intraclastes dans les dépôts détritiques. La dolomitisation, lorsqu'elle existe, est toujours liée à la matrice fine et ce n'est que secondairement qu'elle affecte les débris.

## b - LES FACIES ENGENDRÉS (fig. 12 et 13)

## - LES PACKSTONES.

- *Les calcarénites à entroques.*

Les allochèmes prépondérants sont représentés par des entroques mesurant 200 à 600 microns. Elles sont unies par un ciment de spathite syntaxique. Aux entroques s'associent de fins débris de coquilles et des éclats de quartz mesurant de 80 à 120 microns. La figure 13 présente les variations de texture de ce faciès observables à l'échelle d'un banc de quelques centimètres d'épaisseur. A la base, sur une micrite, la calcarénite contient beaucoup d'intraclastes micritiques. Dans la partie médiane, elle est typique et de nombreux îlots de micrite résiduelle témoignent en faveur de la présence d'une matrice micritique et justifie le classement de ce faciès parmi les packstones. Au sommet, les débris deviennent flottants dans la matrice et des quartz apparaissent.

- *Les calcarénites gréseuses.*

Les éclats de quartz (30 à 100 microns) constituent l'élément détritique prépondérant. Ils sont accompagnés d'entroques et de quelques grains de plagioclases, de tourmaline et de zircon.

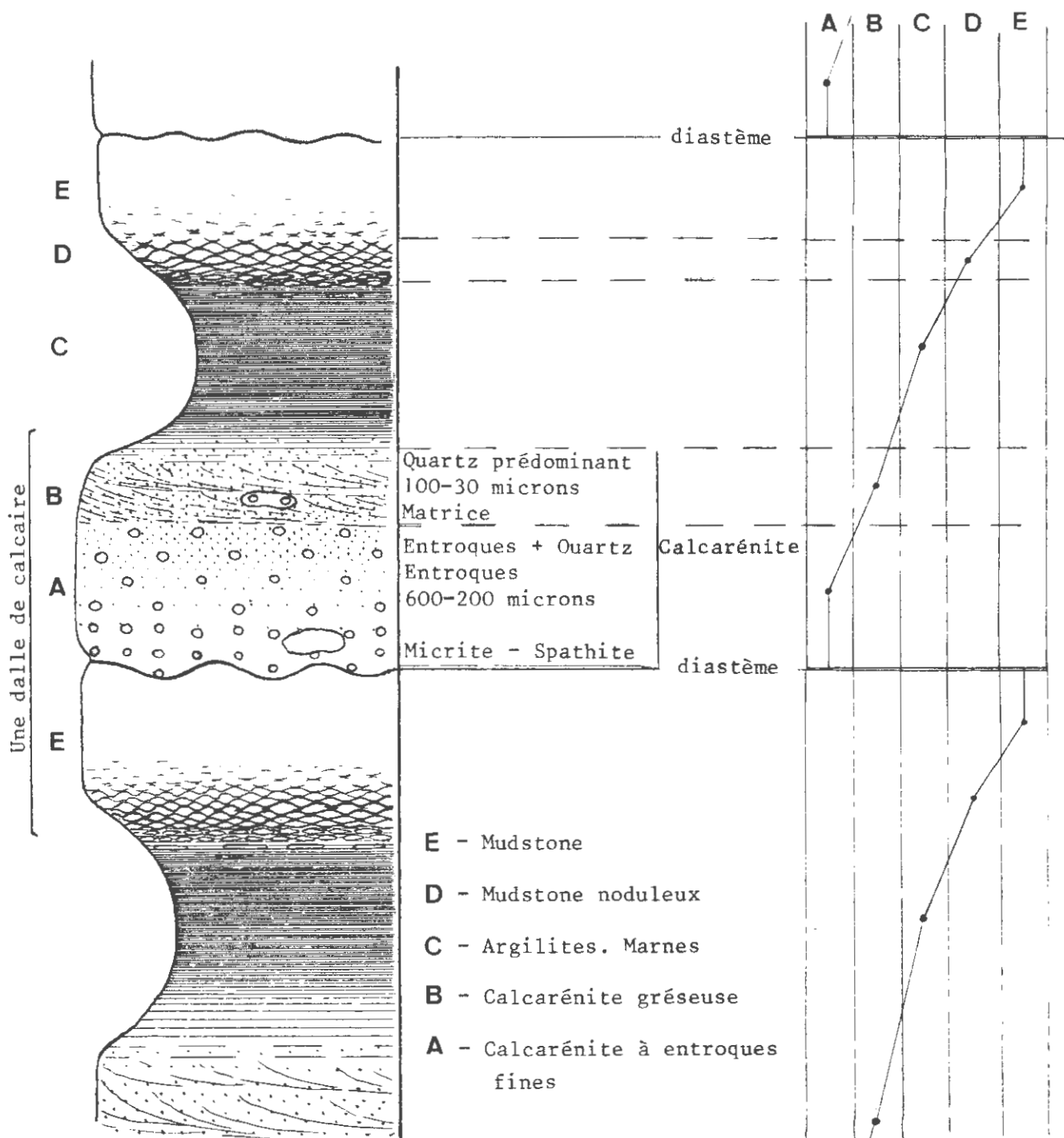


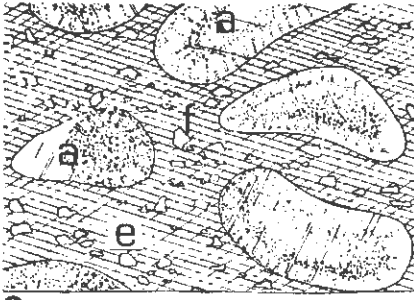
Figure 12. - Les différents lithofaciés du Calcaire à Cératites. Succession des dépôts en fonction du temps.

*The different lithofacies of the Ceratite limestone Formation. Deposits chronological succession.*

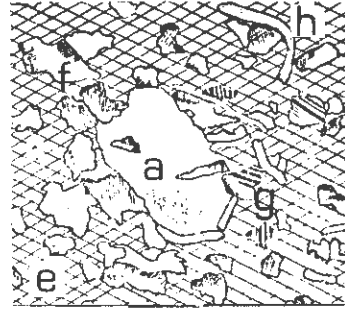
Figure 13. – Les lithofaciès arénitiques du Calcaire à Cératites.

*Arenitic lithofacies of the Ceratite limestone Formation.*

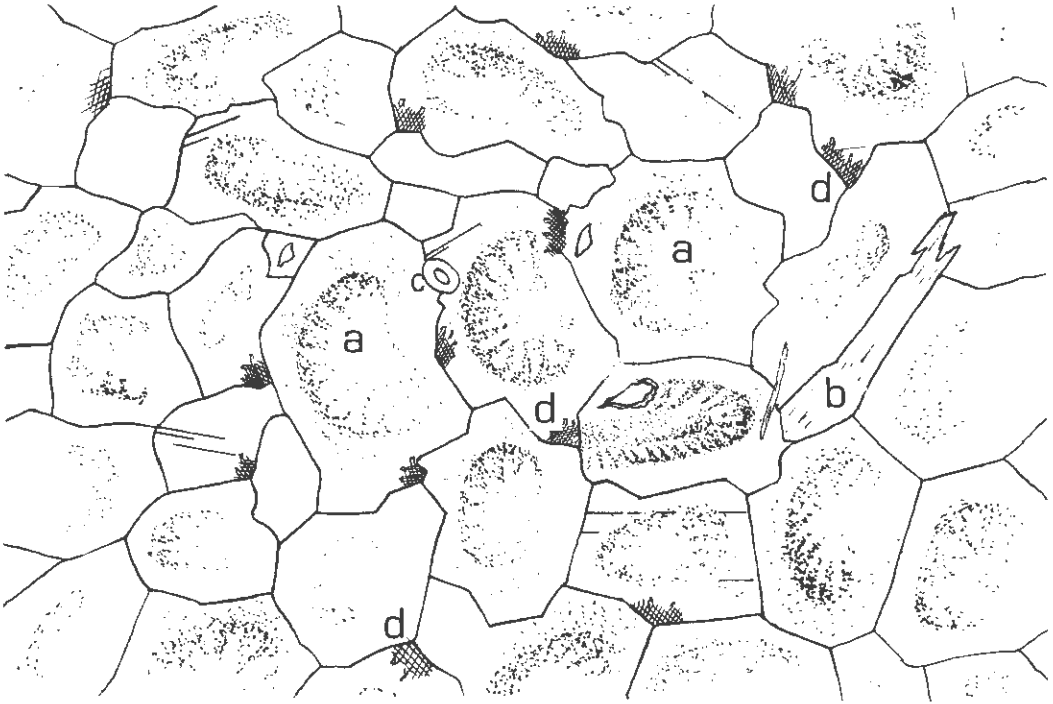
- A – Lithofaciès inférieur d'une dalle de Calcaire à Cératites : packstone II.
- a - Entroques et ciment de spathite syntaxique.
  - b - Débris d'os.
  - c - Intraclastes.
- B – Lithofaciès moyen d'une dalle de Calcaire à Cératites : packstone II.
- a - Entroques et ciment de spathite syntaxique.
  - b - Débris d'os.
  - d - Ilot micritique (résidu de recristallisation).
- C – Lithofaciès supérieur d'une dalle de Calcaire à Cératites : packstone II - wackestone.
- a - Entroques et ciment de spathite syntaxique.
  - e - Micrite.
  - f - Quartz.
- D – Lithofaciès gréseux terminal d'une dalle de Calcaire à Cératites : packstone II - wackestone.
- a - Entroques et ciment de spathite syntaxique.
  - c - Micrite.
  - f - Quartz.
  - g - Feldspaths plagioclases acides.
  - h - Muscovite.



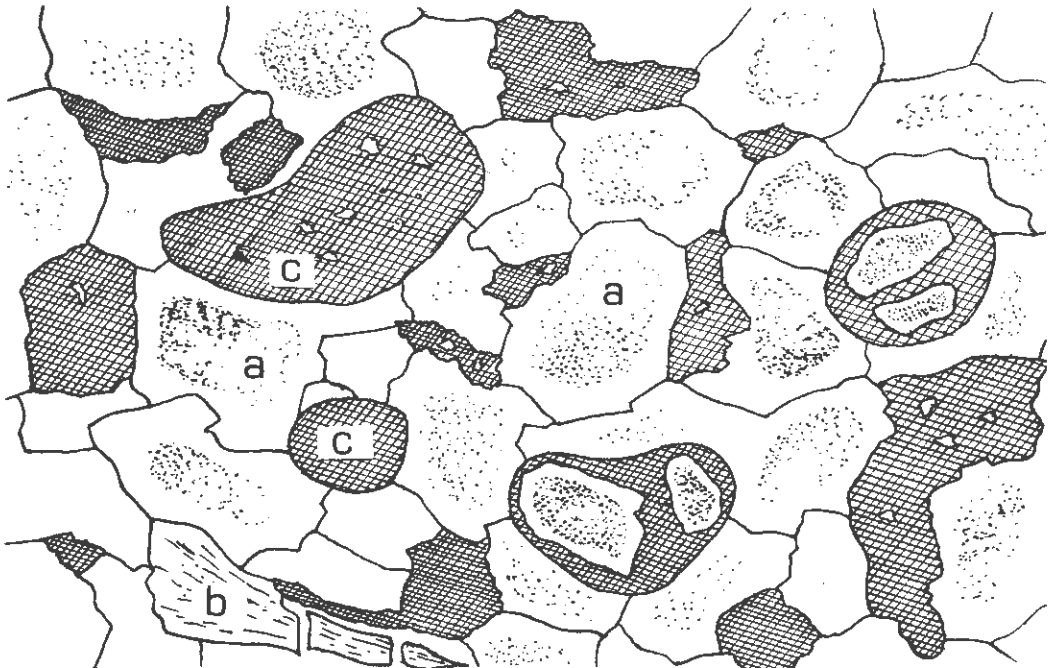
C



D



B



A

Une fine stratification oblique peut apparaître à l'affleurement, les débris jointifs en base de feuillets deviennent flottants au sein d'une matrice micritique au sommet : le faciès est un packstone qui tend vers un wackestone.

L'énergie de milieu enregistrée par ces faciès (que l'on appellera packstones II) est relativement plus faible que celle que traduit le faciès précédent.

#### – LES WACKESTONES.

##### - *Les argilites.*

Les argilites du Muschelkalk sont essentiellement constituées d'illite à laquelle s'associe une montmorillonite et des chlorites. Elles sont toujours carbonatées ; les quartz sont petits et dispersés ; elles contiennent des Conodontes lorsque les quartz sont abondants.

L'énergie de milieu enregistrée par ce faciès est relativement plus faible que celle que traduit la calcarénite gréseuse précédemment décrite.

##### - *Les calcaires noduleux micritiques.*

Les nodules micritiques présentent des formes variées, allant de l'ovoïde à contours nets jusqu'aux pistes et aux terriers subhorizontaux enchevêtrés. Lorsqu'un film argileux sépare les nodules, l'altération météorique et la dislocation de la roche sont aisées.

L'énergie de milieu enregistrée par ce faciès est relativement plus faible que celle que traduit l'argilite précédemment décrite.

#### – LES MUDSTONES.

##### - *Les calcaires micritiques et les dolomicrites.*

L'énergie de milieu enregistrée par ces faciès est la plus faible que le bassin ait enregistrée.

### c – LA DISTRIBUTION DES LITHOFACIÈS AU SEIN DE LA FORMATION : LA SÉQUENCE FONDAMENTALE DU CALCAIRE À CÉRATITES

La figure 15 présente différents cas de séquences possibles en fonction de la nature du matériel détritique déposé et de la texture des lithofaciès. La micrite est présente, lorsque l'érosion antérieure au dépôt de la séquence suivante ne l'a pas éliminée : elle coiffe la séquence. La séquence complète, figurée à droite, associe tous les matériaux possibles et représente la séquence fondamentale du Calcaire à Cératites. En fonction du temps, les matériaux s'organisent par ordre de granulométrie décroissante : les lithofaciès se suivent et leurs textures enregistrent une énergie de milieu décroissante.

La séquence est positive et enregistre par les lithofaciès qui la composent une moyenne à basse énergie de milieu.

Quelques remarques peuvent être faites relativement à cette séquence fondamentale :

– Les diastèmes correspondent le plus souvent à des surfaces d'érosion (fig. 14). Lorsque les séquences sont complètes, ils juxtaposent un mudstone et le packstone de la séquence suivante : les diastèmes se manifestent dans ces conditions au sein des dalles calcaires.

Figure 14. — Les diastèmes du Calcaire à Cératites.

*Diastems in the Ceratite limestone Formation.*

A — Echantillon de dalle de calcaire montrant la juxtaposition suivant un diastème contourné d'une calcarénite à entroques et à fines coquilles (A) et d'un calcaire micritique (E). Les lobes (F) peuvent être interprétés comme des flow-casts.

B — Deux diastèmes sont enregistrés au niveau d'une dalle de calcaire.

Le diastème inférieur correspond au mur de la dalle ; il juxtapose une calcarénite à entroques et à fines coquilles (A) et une argilite.

Le diastème interne sépare une nouvelle calcarénite du type (A) d'une calcarénite (A') issue d'une évolution granulométrique et texturale positive de la calcarénite (A) de base.

C — Micromorphologie d'un diastème.

La section du diastème présente un contour très lobé qui traduit une interpénétration des lithofaciès en présence.

D — Micromorphologie d'un diastème.

Le diastème à section sinueuse juxtapose une calcarénite à entroques (A) et un calcaire micritique (E). La base de (A) est encombrée d'intraclastes mous et très déformés (G). Les intraclastes isolés (M) présentent des contours nets qui traduisent l'acquisition d'un degré de lithification avancé.

## BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE:

- GALL J.-C. (1971). — Faunes et paysages du Grès à *Voltzia* du Nord des Vosges. Essai paléoécologique sur le Buntsandstein supérieur. *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.* 34, 318 p., 39 fig., 36 pl., Strasbourg.
- GALL J.-C. (1972). — Permanence du régime de chenaux et de flaques dans les Vosges du Nord pendant toute la durée du Buntsandstein. *Sci. Géol. Bull.* 25, 4, pp. 307-321, 2 fig., 4 pl., Strasbourg.
- PERRIAUX J. (1961). — Contribution à la géologie des Vosges gréseuses. *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.* 18, 236 p., 27 fig., 10 pl., Strasbourg.
- RICOUR J. (1962). — Contribution à une révision du Trias français. *Mém. Carte géol. dét. France*, 63, 471 p., 122 fig., 24 pl., Paris.

LES ENVIRONNEMENTS CONTINENTAUX, LAGUNAIRES ET MARINS  
DU MUSCHELKALK, DU KEUPER, DU LIAS ET DU DOGGER

*CONTINENTAL, LAGOONAL AND MARINE ENVIRONMENTS  
DURING THE MIDDLE AND UPPER TRIASSIC, LOWER AND MIDDLE JURASSIC TIMES*

par

Bernard HAGUENAUER et Jean HILLY \*

---

I – APERCU GÉOLOGIQUE ET GÉOMORPHOLOGIQUE SUR LA RÉGION VISITÉE

Les affleurements étudiés se situent entre les Vosges gréseuses (Buntsandstein) à l'Est et la plaine de la Woëvre (marnes calloviennes) à l'Ouest (fig. 1 et 9). La succession stratigraphique des terrains est donnée dans le tableau 1 pour le Trias moyen et supérieur, dans le tableau 6 pour le Rhétien, le Lias et le Dogger.

Cette série se caractérise par l'alternance de niveaux essentiellement argileux ou marneux avec des assises à dominante carbonatée (calcaires et dolomies) ou sableuse (grès). Chaque étage affleure selon une bande d'orientation générale Nord-Sud et présentant une légère concavité vers l'Ouest, en rapport avec le faible pendage de toutes les couches dans cette direction.

C'est au cours du Plio-Quaternaire que l'érosion a repris et modelé la surface d'aplanissement oligo-miocène qui s'abaissait lentement du Sud vers le Nord et le NNW : le tracé du réseau hydrographique lorrain, qui s'est conformé à cette paléopente, échappe ainsi à l'influence de la partie centrale du Bassin de Paris.

Le relief actuel présente une succession de côtes, correspondant aux formations les plus résistantes, entre lesquelles s'allongent les plaines installées sur les assises plus tendres. De l'Est vers l'Ouest apparaîtront successivement :

- la petite côte du Muschelkalk due aux calcaires de la partie supérieure de cette formation ;
- celle de l'Infralias, avec les sables et grès rhétiens et les Calcaires à Gryphées de l'Hettangien - Sinémurien ;

---

\* Université de Nancy I, Laboratoire de Sédimentologie, Case Officielle 140 - 54037 NANCY CEDEX.

| <i>DIVISIONS<br/>STRATIGRAPHIQUES</i> | <i>LITHOLOGIE</i>                                                                                          | <i>MORPHOLOGIE</i>      |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>MALM</b>                           |                                                                                                            |                         |
| CALLOVIEN<br>(100 m)                  | Marnes et argilites à Ammonites                                                                            | Dépression de la Woèvre |
| <b>DOGGER</b>                         |                                                                                                            |                         |
| BATHONIEN<br>(100 m)                  | Marnes à Huîtres et Brachiopodes<br>Calcaire oolithique à matrice argileuse<br>Caillasse à <i>Anabacia</i> |                         |
| BAJOCIEN<br>(150 m)                   | Calcaire oolithique blanc et Polypiers de Husson                                                           | Plateau                 |
|                                       | Calcaire à oolithes difformes et matrice argileuse                                                         |                         |
|                                       | Marnes à Homomyes                                                                                          | de                      |
|                                       | Calcaire oolithique de Maxéville (Bâlin)                                                                   | Haye                    |
|                                       | Marnes de Longwy                                                                                           |                         |
|                                       | Calcaires à Polypiers                                                                                      |                         |
|                                       | Calcaire à entroques et oolithes                                                                           | Côte de Moselle         |
|                                       | Calcaires coquilliers                                                                                      |                         |
| <b>LIAS</b>                           |                                                                                                            |                         |
| AALÉNIEN<br>(12 m)                    | Marnes micacées<br>Minerai de fer                                                                          |                         |
| TOARCIEN<br>(70 m)                    | Grès supraliasiques                                                                                        | Dépression              |
|                                       | Argilites de Champigneulle<br>«Schistes» Carton                                                            | de                      |
| PLIENSBACHIEN<br>(80 m)               | Grès médioliasiques                                                                                        |                         |
|                                       | Marnes à Ammonites                                                                                         | Nancy                   |
|                                       | Calcaire à Ammonites                                                                                       |                         |
| SINÉMURIEN<br>(45 m)                  | Calcaire ocreux                                                                                            |                         |
|                                       | Marnes et argilites à Ammonites                                                                            | Plateau du Vermois      |
|                                       | Calcaire à Gryphées                                                                                        |                         |
| HETTANGIEN<br>(3-4 m)                 | Calcaire à Gryphées                                                                                        |                         |
| RHÉTIEN<br>(25 m)                     | Argilites de Levallois                                                                                     | Côte infraliasique      |
|                                       | Grès infraliasiques                                                                                        |                         |

Tableau 6. — Subdivisions stratigraphiques de la série jurassique lorraine (jusqu'au Callovien).  
La lithologie est empruntée aux cartes géologiques au 1/50 000 de Nancy et Toul.

*Stratigraphic subdivisions of the lorrain jurassic series.*

*The lithology is based on the 1/50 000 geological maps of Nancy and Toul.*

— celles dites de Moselle et de Meuse, beaucoup plus nettes et très caractéristiques avec leur tracé festonné par les cours d'eaux conséquents, leurs dédoublements et leurs buttes-témoin ; elles correspondent respectivement aux calcaires du Bajocien et de l'Oxfordien.

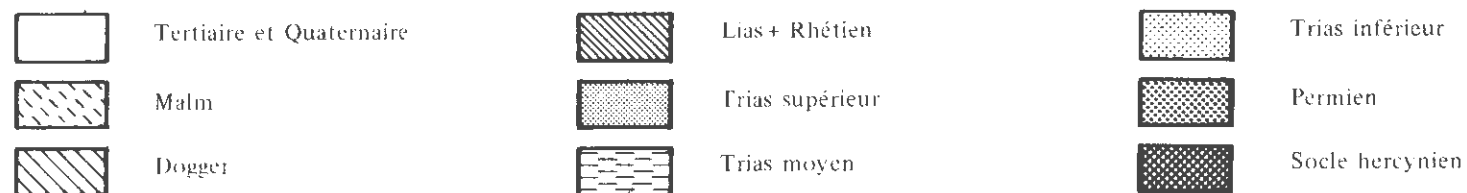
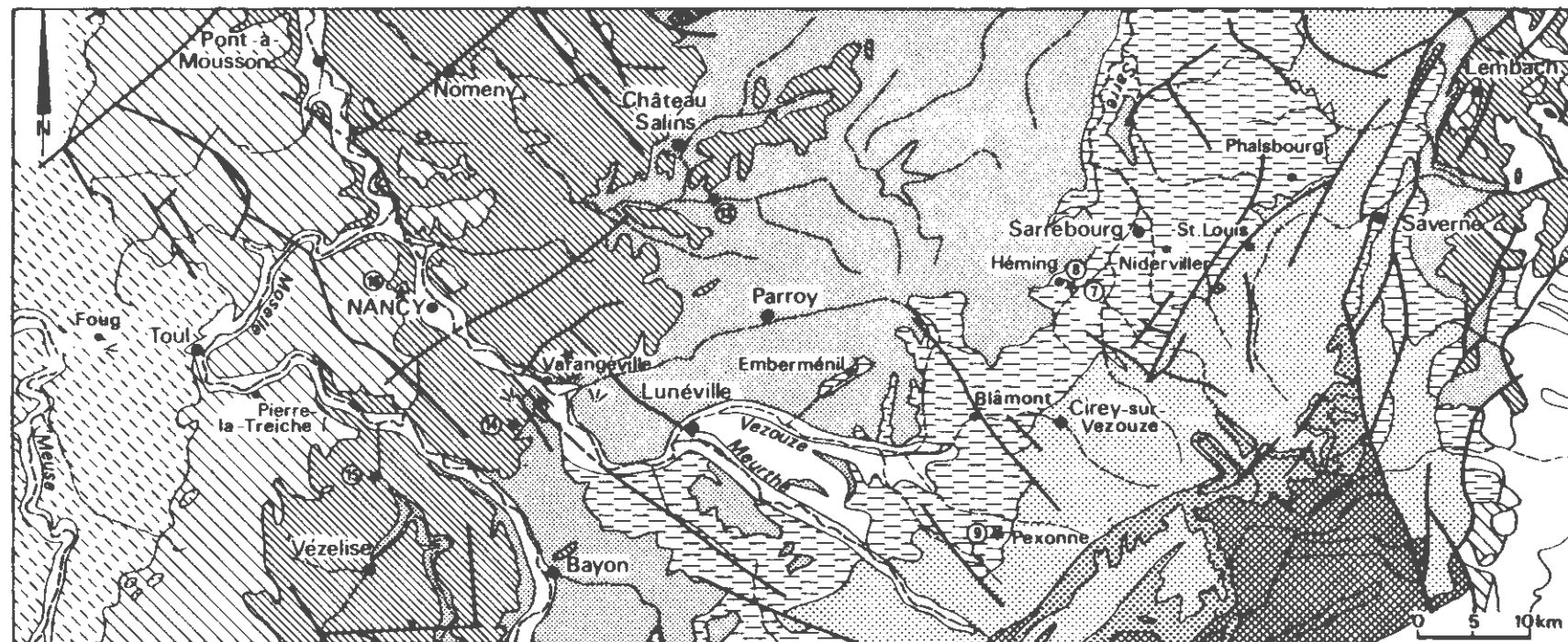


Figure 9. Carte géologique de la bordure orientale du Bassin de Paris (entre Toul et Saverne) et localisation des stations visitées.

*Geological map of the eastern part of the Bassin de Paris (between Toul and Saverne) and location of the stops.*

| DIVISIONS<br>STRATIGRAPHIQUES |                                                                                                            | LITHOLOGIE | MORPHOLOGIE             |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------|
| <b>MALM</b>                   |                                                                                                            |            |                         |
| CALLOVIEN<br>(100 m)          | Marnes et argilites à Ammonites                                                                            |            | Dépression de la Woëvre |
| <b>DOGGER</b>                 |                                                                                                            |            |                         |
| BATHONIEN<br>(100 m)          | Marnes à Huitres et Brachiopodes<br>Calcaire oolithique à matrice argileuse<br>Caillasse à <i>Anabacia</i> |            |                         |
| BAJOCIEN<br>(150 m)           | Calcaire oolithique blanc et Polypiers de Husson                                                           |            | Plateau                 |
|                               | Calcaire à oolithes difformes et matrice argileuse                                                         |            |                         |
|                               | Marnes à Homomyes                                                                                          |            | de                      |
|                               | Calcaire oolithique de Maxéville (Bâlin)                                                                   |            |                         |
|                               | Marnes de Longwy                                                                                           |            | Haye                    |
|                               | Calcaires à Polypiers                                                                                      |            |                         |
|                               | Calcaire à entroques et oolithes                                                                           |            | Côte de Moselle         |
|                               | Calcaires coquilliers                                                                                      |            |                         |
| <b>LIAS</b>                   |                                                                                                            |            |                         |
| AALÉNIEN<br>(12 m)            | Marnes micacées<br>Minerai de fer                                                                          |            |                         |
| TOARCIEN<br>(70 m)            | Grès supraliasiques                                                                                        |            | Dépression              |
|                               | Argilites de Champigneulle<br>«Schistes» Carton                                                            |            | de                      |
| PLIENSBACHIEN<br>(80 m)       | Grès médioliasiques                                                                                        |            |                         |
|                               | Marnes à Ammonites                                                                                         |            | Nancy                   |
|                               | Calcaire à Ammonites                                                                                       |            |                         |
| SINÉMURIEN<br>(45 m)          | Calcaire ocreux                                                                                            |            |                         |
|                               | Marnes et argilites à Ammonites                                                                            |            | Plateau du Vermois      |
|                               | Calcaire à Gryphées                                                                                        |            |                         |
| HETTANGIEN<br>(3-4 m)         | Calcaire à Gryphées                                                                                        |            |                         |
| RHÉTIEN<br>(25 m)             | Argilites de Levallois                                                                                     |            | Côte infraliasique      |
|                               | Grès infraliasiques                                                                                        |            |                         |

Tableau 6. — Subdivisions stratigraphiques de la série jurassique lorraine (jusqu'au Callovien).  
La lithologie est empruntée aux cartes géologiques au 1/50 000 de Nancy et Toul.

*Stratigraphic subdivisions of the lorrain jurassic series.*  
*The lithology is based on the 1/50 000 geological maps of Nancy and Toul.*

— celles dites de Moselle et de Meuse, beaucoup plus nettes et très caractéristiques avec leur tracé festonné par les cours d'eaux conséquents, leurs dédoublements et leurs buttes - témoin ; elles correspondent respectivement aux calcaires du Bajocien et de l'Oxfordien.

Entre ces côtes s'intercalent la plaine du Keuper, la dépression liasique empruntée, au Nord de Nancy, par la vallée de la Moselle, et la plaine de la Woëvre.

Aux marnes irisées du Keuper correspond un paysage légèrement vallonné dont les parties basses sont occupées par des marécages et des prairies et les buttes couronnées de forêts, tandis que les zones cultivées se situent à mi-pente. C'est le Pays des Etangs et le Saulnois (à l'Est et au Sud de Château-Salins, fig. 9). Beaucoup plus fertiles sont les terres de la dépression liasique, avec le Vermois (au Sud de Nancy) et le Pays Messin. En Woëvre, où les terres sont lourdes, les étangs et la forêt ont gardé de l'importance.

Les fronts des côtes, bénéficiant d'un climat privilégié, sont jalonnés par de nombreux villages. La vigne y a été largement cultivée. Leurs revers donnent des pays de culture lorsque les terrains sont relativement argileux (côtes du Muschelkalk et de l'Infralias) ou, au contraire, des plateaux forestiers sur les formations calcaires (côtes de Moselle et de Meuse : Plateau de Haye à l'Ouest de Nancy, Pays-Haut entre Briey et Longwy, Hauts de Meuse près de Verdun).

## II - PALÉOGÉOGRAPHIES SUCCESSIVES ENTRE LE MUSCHELKALK ET LE DOGGER

Au cours des quelque 50 à 60 millions d'années qui s'écoulent entre le dépôt des dernières assises du Grès à *Voltzia* et celui des marnes calloviennes, la Lorraine a connu des paysages extrêmement variés dont certains sont bien définis, avec des caractères franchement marins ou fluviaux, tandis que d'autres, intermédiaires ou mixtes, sont plus délicats à reconstituer.

Cette diversité n'étonnera pas, non plus que les difficultés rencontrées dans la reconnaissance des environnements, si l'on se rappelle que cette province, d'abord ouverte vers l'Est sur un Bassin Germanique triasique, s'est trouvée rattachée à partir du Keuper supérieur à une nouvelle région subsidente, occidentale, le Bassin Parisien, qui a commencé à fonctionner en tant que tel à cette période (Ricour, 1962 : Dubois et Umbach, 1974). Ainsi donc, à l'échelle de ce bassin, les zones de fortes accumulations sédimentaires se sont assez brusquement déplacées au Keuper supérieur vers l'Ouest (à 50 km au NE de Paris) à partir de la Lorraine qui ne constitue plus qu'un seuil en position marginale (fig. 10).

Deux transgressions franchement affirmées ont envahi la Lorraine. La première est celle du Muschelkalk supérieur dont les débuts se manifestent dès l'épisode du Grès à *Voltzia*. Elle correspond à l'avancée extrême vers l'Ouest de la mer germanique, avancée qui se limite à une ligne Verdun - Saint-Dizier - Dijon. La sédimentation est argilo-carbonatée. Il faut toutefois noter que si les fossiles sont abondants, ils appartiennent à un nombre de genres et d'espèces assez limité.

La seconde, qui débute avec le Rhétien et se poursuivra durant tout le Jurassique, vient aussi de l'Est et s'étend progressivement sur l'ensemble du Bassin Parisien, qui sera aussi envahi par le Nord à l'Infralias, par le détroit du Poitou au Carixien et par le détroit morvano-vosgien au Bajocien. Pour le Lias, les épaisseurs maximales sont enregistrées en Champagne et dans le bassin de Thionville.

En Lorraine, les faciès détritiques argilo-sableux de base, littoraux (Rhétien et, vers le Nord, Hettangien), sont relayés par des formations essentiellement argilo-carbonatées déposées

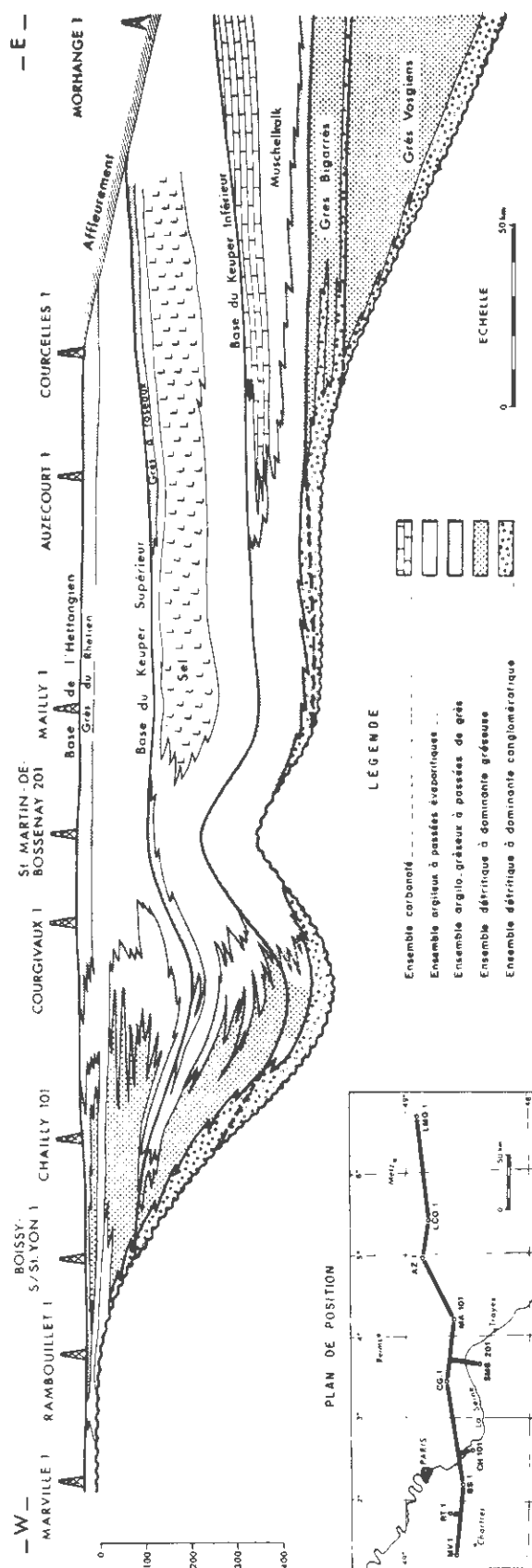


Figure 10. — Coupe interprétative du Bassin Parisien (d'après Dubois et Umbach, *B.S.G.F.*, (7), XVI, 1974, n° 6).

*Interpretative section of the Trias in the Bassin de Paris.*

dans des conditions plus calmes, la transgression s'étalant largement jusqu'au Domérien (tableau 6). Le Toarcien - Aalénien correspond à un épisode régressif marqué par des apports terrigènes souvent plus grossiers et par le minéral de fer oolithique (minette). Avec le Bajocien s'installe une plate-forme carbonatée sur laquelle se déposent, en plusieurs rythmes, des faciès traduisant une énergie croissante du milieu (marnes et calcaires pseudoolithiques passant à des calcaires oolithiques et à Polypiers).

La transgression de la mer du Muschelkalk ne s'est pas faite selon une progression régulière. Si les influences marines sont manifestes au sommet du Grès à *Voltzia* et si elles s'affirment pendant le Muschelkalk inférieur, des conditions évaporitiques leur succèdent au Muschelkalk moyen (Groupe de l'Anhydrite), annoncées par la dolomie syngénétique à *Myophoria orbicularis* (tableau 1). Les «Couches rouges» sont des argiles bariolées, rouges et vertes, renfermant des pseudomorphoses de cubes de sel gemme : les «Couches grises», argileuses, dolomitiques et sulfatées (anhydrite), renferment un gisement d'halite exploité à Sarralbe (10 km au NNW de Sarre-Union, fig. 1). Il faut noter que ces faciès débordent largement, vers l'Ouest, le domaine d'extension du Muschelkalk inférieur marin. Avec les «Calcaires blancs», la sursalure s'atténue et le milieu redevient normalement marin au Muschelkalk supérieur (Calcaires à entroques, à Cératites et à Térébratules).

Entre ces niveaux carbonatés qui marquent l'apogée de la mer du Muschelkalk supérieur et les sables littoraux du Rhétien qui annoncent la transgression jurassique se développent des faciès lagunaires, dits keupériens, dont les marnes irisées constituent l'élément essentiel.

Elles sont associées à des dolomies syngénétiques, à des sulfates et à du sel gemme qui forme un gisement extrêmement important exploité dans le Saulnois (Keuper inférieur).

Le passage du Calcaire à Térébratules aux Marnes irisées inférieures se fait par l'intermédiaire de niveaux dolomitiques et de marnes bariolées, équivalents de la Lettenkohle allemande.

Comme ce fut le cas au moment de l'Anhydritgruppe, les faciès keupériens sont transgressifs par rapport à ceux de la mer du Muschelkalk supérieur, puisque l'aire de sédimentation s'étendra progressivement vers l'Ouest et atteindra la région parisienne avant le Keuper supérieur (fig. 10). Ainsi se prépare l'incorporation de la Lorraine au futur Bassin de Paris.

Il s'agit donc d'une transgression lagunaire (Pomerol, 1974) dont les dépôts montrent l'existence d'environnements assez variés. De nombreuses couches sulfatées (anhydrite en profondeur, gypse en surface) durant le Keuper inférieur et supérieur, quelque 60 à 75 m d'épaisseur cumulée d'halite pure dans le bassin salifère au Keuper inférieur, témoignent à l'évidence de faciès très sursalés, évaporitiques. A l'inverse, les Grès à Roseaux du Keuper moyen (Palain, 1966) résultent d'un épandage fluvial du Nord vers le Sud. Quelques rares fossiles (Ophiures, Lamellibranches) trouvés à différents niveaux du Keuper indiquent enfin l'existence de conditions marines plus normales à certains moments.

Malgré cette diversité des environnements, une constante d'ordre géochimique a dominé durant tout le Keuper : c'est le caractère magnésien de la sédimentation qui se traduit dans les minéraux carbonatés (dolomite) et surtout par l'aggradation des minéraux argileux détritiques altérés en chlorites dans les faciès argileux, en corrensite dans les faciès salifères (Lucas, 1974).

En résumé, le Trias moyen et supérieur est une période de transition pour la Lorraine, tant sur le plan de son appartenance paléogéographique (passage du domaine germanique à celui du Bassin de Paris) que sur celui des environnements qui, avant de devenir franchement marins au Jurassique, seront alternativement ceux d'une mer relativement confinée et de lagunes plus ou moins sursalées au sein desquelles peuvent s'installer, par moments, des vasières drainées par un réseau fluvial.

### III – UNE MÉTHODE D'ÉTUDE : L'ANALYSE SÉQUENTIELLE

L'étude et la caractérisation des environnements s'appuient entre autres sur des données d'ordre paléontologique (écologie), pétrographique (dominante détritique ou chimique), structurale (chenaux, figures sédimentaires) et texturale (classement, énergie de dépôt ...).

Ces renseignements sont généralement ponctuels, par suite de la rareté des gites fossilifères, de la dispersion et de la discontinuité des affleurements en bon état. Leur extrapolation à des ensembles lithologiques risque de mettre l'accent sur les différences entre les formations successives et, à l'extrême, à imaginer des coupures brutales plus ou moins arbitraires.

En réalité, les environnements s'enchaînent les uns aux autres et leurs dépôts doivent aussi se succéder en passant progressivement d'un type à un autre. L'analyse séquentielle détaillée permet généralement une approche fine des conditions de dépôt et la mise en évidence des tendances évolutives des séries.

Les dépôts étudiés ici montrent pour la plupart une sédimentation rythmique à l'échelle de la séquence.

Il est nécessaire de préciser ici la terminologie utilisée (Hilly, 1974). La *séquence* correspond à l'enregistrement (plus ou moins complet) d'un épisode sédimentaire continu, unitaire. Elle regroupe, sur une épaisseur variable (d'ordre millimétrique à métrique), un certain nombre de lithofaciès dans l'ordre de la série virtuelle locale. Elle est séparée par des *diastèmes* des séquences qui l'encadrent. La *mégaséquence* résulte d'une suite de tels épisodes unitaires qui se répètent à peu près identiques à eux-mêmes ou en se modifiant progressivement par *dérive* positive ou négative. Ces mégaséquences peuvent s'envisager à plusieurs échelles, selon la finesse avec laquelle on désire ou on peut analyser l'évolution de la série.

Au niveau de l'interprétation, la succession des termes constitutifs de la séquence traduit l'évolution *continue* des conditions de dépôt durant l'épisode sédimentaire unitaire : des érosions internes ou des troncatures sommitales peuvent introduire des solutions de continuité dans cet enregistrement. La dérive mégaséquentielle, au contraire, ne donne qu'une indication d'ordre général sur les tendances évolutives de la série étudiée, par référence à un ou plusieurs lithofaciès particuliers : elle ne traduit donc que les variations des caractéristiques de ces seuls termes-repères à travers les séquences successives, et non la totalité de l'histoire du dépôt durant la période correspondante.

Les lithofaciès représentés en Lorraine dans les formations allant du Trias moyen au Dogger sont extrêmement variés et s'étalent sur la plus grande partie de la séquence virtuelle générale, des arénites aux termes évaporitiques. Des exemples pris dans des séquences terrigènes, argilo-carbonatées et salines seront examinés.

#### IV – DESCRIPTION DES AFFLEUREMENTS

##### DEUXIEME JOURNÉE (APRES-MIDI) : SÉDIMENTATION MARINE ET LAGUNAIRE DU MUSCHELKALK.

##### ARRETS n° 7 et 8

On reprend la route N4 Strasbourg-Nancy jusqu'à Héming. L'affleurement n° 7 se situe dans les carrières du Barlot où est exploité le Calcaire à Cératites pour les Cimenteries d'Héming. L'affleurement n° 8 est une petite carrière ouverte à 1 km au Nord légèrement Est de Lorquin, à gauche de la route D42 en venant de ce village, juste après l'embranchement, sur la droite, de la route d'Hermelange. Elle intéresse le Calcaire à Entroques et la base du Calcaire à Cératites.

Le Muschelkalk supérieur lorrain est habituellement subdivisé en trois formations lithostratigraphiques successives : le Calcaire à Entroques, le Calcaire à Cératites et le Calcaire à Térébratules. Ce dernier est rarement exploité en carrière et son étude n'est pas envisagée ici. L'analyse séquentielle du Calcaire à Cératites précède celle du Calcaire à Entroques, car les séquences y sont plus complètes et facilitent l'interprétation des séquences du Calcaire à Entroques.

la diminution progressive de la compétence du courant permet un accroissement de la fraction argileuse du dépôt (grès argileux à structure madrée) ; puis la végétation s'installe (racines *in situ*) et le chenal se transforme en marécage ; la concentration de la nappe d'eau conduit finalement à la précipitation des carbonates (niveau bréchique remanié par le grès surincombant).

#### ARRET n° 4

De Hangviller, on se rendra à *Petersbach* en traversant les villages de Bust et de Lohr où plusieurs carrières exploitent encore activement le Grès à *Voltzia*. A la sortie du village de Petersbach, la route D 78 mène, après 2 km, à la carrière Reinberger.

On reconnaîtra sans difficulté les deux termes du Grès à *Voltzia* séparés comme au couteau : le Grès à meules constitué par de grosses lentilles gréseuses surmonté par le Grès argileux, argileux et dolomitique, à stratification plane et parallèle.

Sur cet affleurement on peut toucher du doigt le passage de l'environnement deltaïque aux plages marines (fig. 8).

Le sommet du Grès à meules montre une belle surface à linéation de délit (orientation N 40°) et à cupules en croissant (crescent-marks, également d'orientation N 40°). De nombreuses racines végétales *in situ*, dont le trajet est souligné par un manchon de décoloration, y ont laissé leurs traces. L'installation d'une abondante végétation marque la fin de l'épisode deltaïque : le développement de vastes marécages précède de peu la transgression marine.

Au-dessus de cette surface, le premier banc du Grès argileux est un grès dolomitique à faune marine abondante (Foraminifères, Mollusques, Échinodermes, ... ). Une foule d'organismes fouisseurs a bioturbé le sédiment, creusant parfois profondément leurs terriers dans le grès sous-jacent (exemple : les terriers en U de *Rhizocorallium*). Ceux-ci se distinguent alors difficilement des racines végétales.

Le contact entre les deux termes du Grès à *Voltzia* montre que la transgression de la mer du Muschelkalk s'est faite sur une topographie parfaitement aplanie. Elle n'est marquée par aucun conglomérat de base. Il a suffi qu'à la fin de l'époque du Grès à meules, les apports détritiques fluviaux ne compensent plus la subsidence régionale, pour que la mer prenne progressivement possession du vieux piémont hercynien.

En revenant sur Strasbourg, on visitera l'abbatiale de *Marmoutier*, de style roman, et la cathédrale de *Strasbourg*, de style gothique, édifices construits en grès rouges du Buntsandstein, essentiellement en Grès à *Voltzia*.

Fig. 1. — Fentes de dessiccation d'un dépôt de flaques d'eau temporaires. Grès vosgien supérieur. Longueur de la réglette : 25 cm (d'après Gall, 1972).

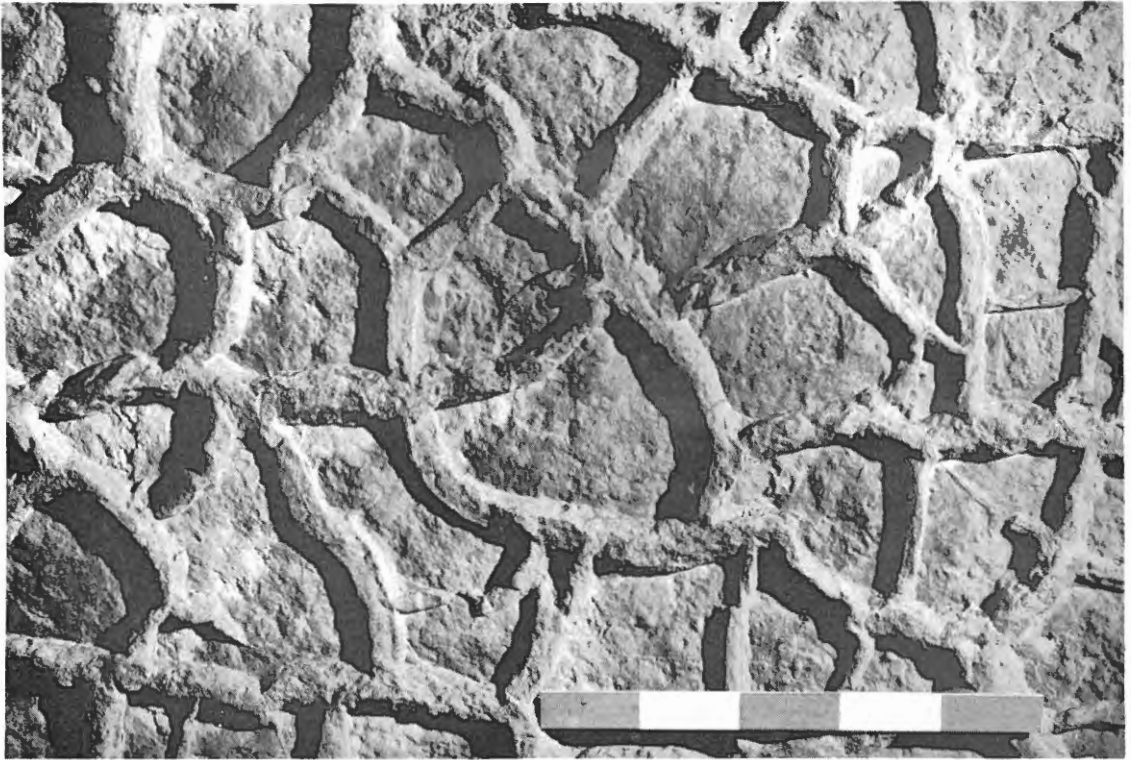
*Mud-cracks from an ephemeral pond deposit.*

*Grès vosgien supérieur. Length of the ruler : 25 cm.*

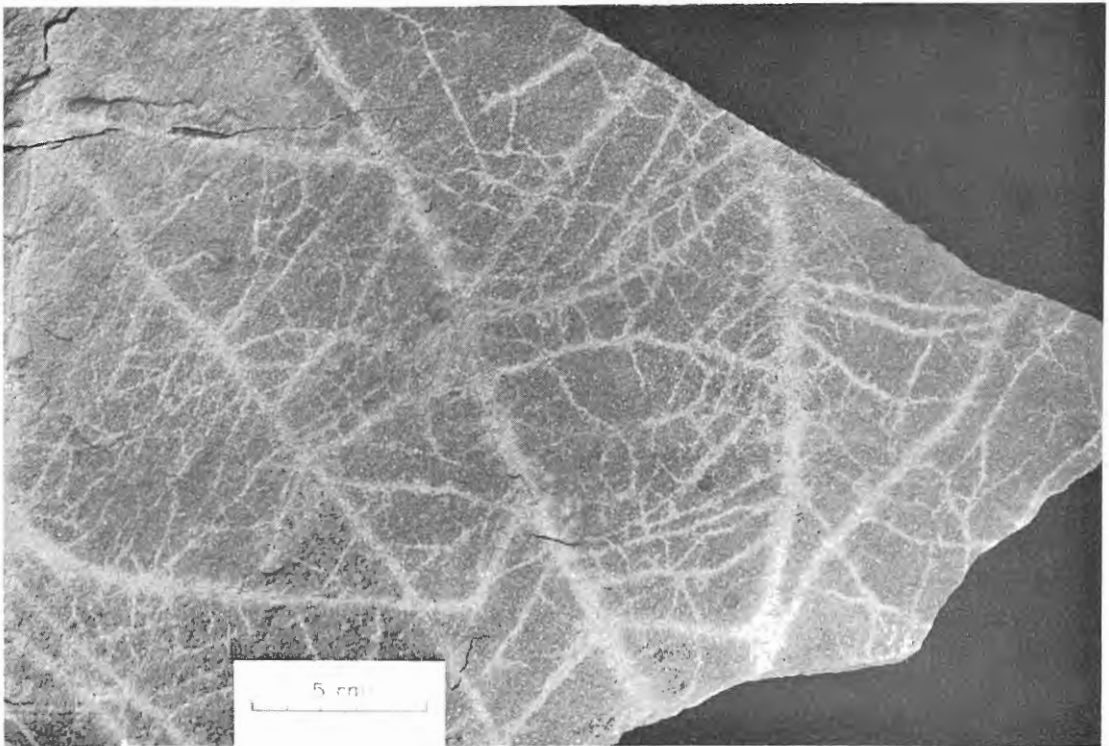
Fig. 2. — Décolorations provoquées à la surface d'un grès rouge par des racines végétales *in situ*. Couches intermédiaires. Plan incliné de Saint-Louis - Arzviller (d'après Gall, 1972).

*Bleaching of a red sandstone by rootlets in situ.*

*Couches intermédiaires. Stop 6.*



1



2

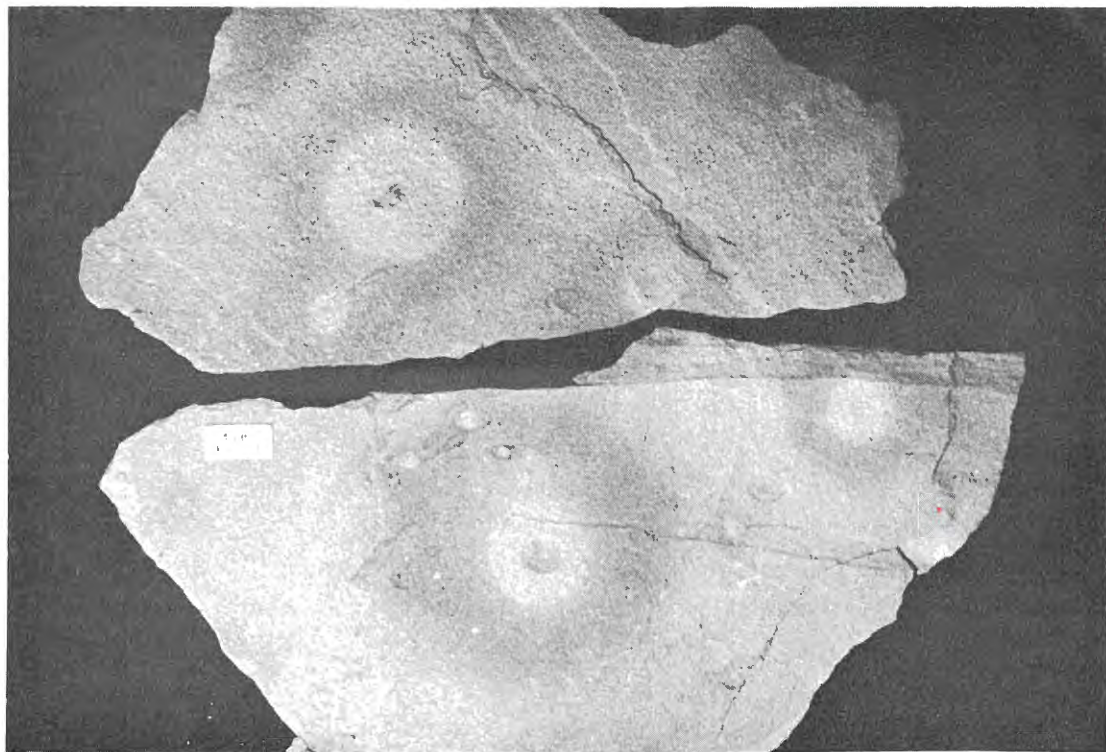
## PLANCHE II

Fig. 1. — Manchons d'oxydes ferriques autour du passage de racines végétales. La décomposition de la matière organique a provoqué dans un premier temps la migration puis la concentration des oxydes de fer vers la périphérie des emplacements radiculaires. La roche fut ensuite soumise à des conditions réductrices qui éclaircirent sa teinte sans parvenir à déplacer entièrement les concentrations minérales précédentes. Grès à *Voltzia* inférieur, Petersbach (carrière Reinberger) (d'après Gall, 1972).

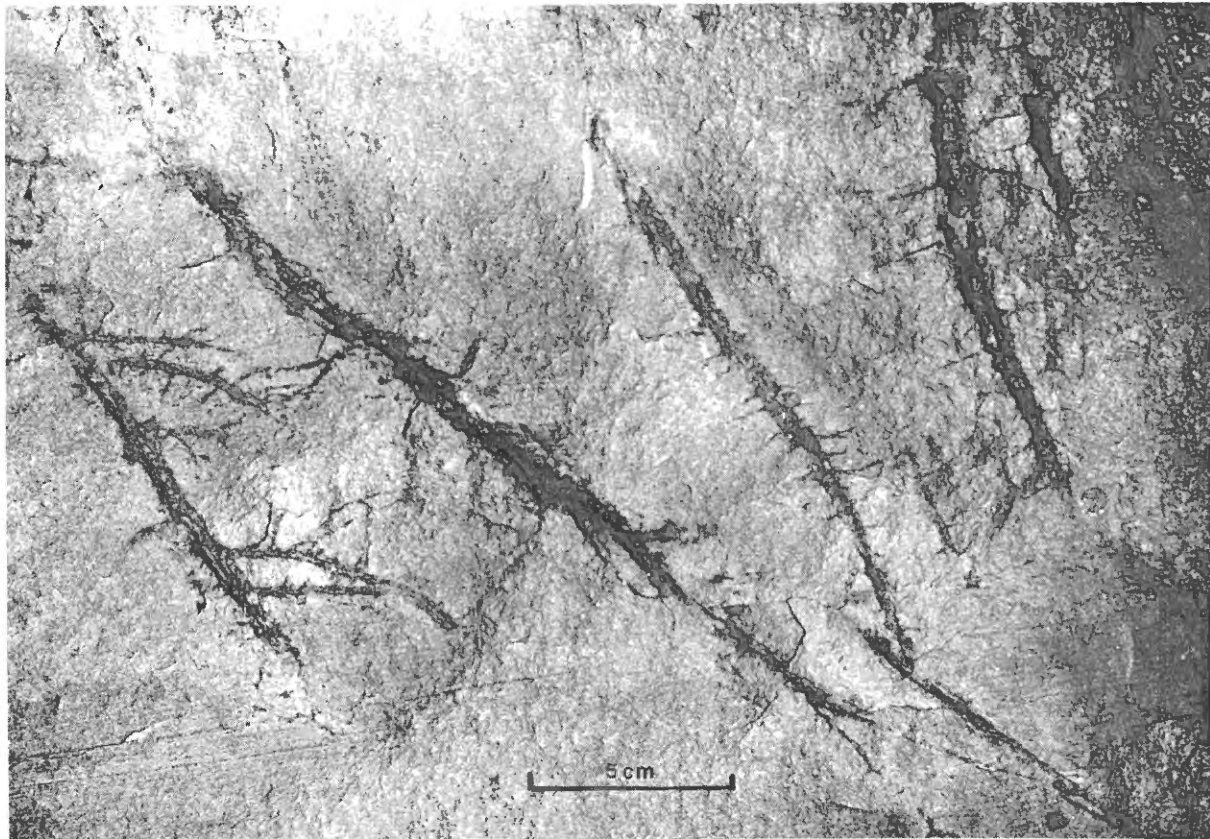
*Cylindrical deposits of ferric oxides in sandstone around fossilized roots. By secondary bleaching of the sediment, the red color remains only in the cylindrical structures. Stop 4.*

Fig. 2. — Racines végétales *in situ* dans un banc gréseux du sommet du Grès à meules. Carrières Rauscher à Adamsviller.

*Roots in situ from a sandstone at the top of the Grès à meules.*



1



2

DEUXIÈME JOURNÉE (MATINÉE) : QUELQUES ASPECTS DE LA SÉDIMENTATION CONTINENTALE DU BUNTSANDSTEIN.

ARRET n° 5

De Strasbourg, on rejoint Saverne puis le *château du Haut-Barr*. Les trois éperons rocheux qui supportent les ruines du château sont formés de Grès vosgien supérieur couronné par le Conglomérat principal. Au niveau du parking, le Grès vosgien présente plusieurs cicatrices d'érosion souvent jalonnées par un pavage de galets d'argile ou de galets de quartz et de quartzite. En longeant la falaise, on remarquera la fréquence des litages obliques et la grande constance du plongement des feuillets sédimentaires : les paléocourants s'écoulaient du SW vers le NE ou de l'W vers l'E.

Près de la base du rocher où est adossée la chapelle, s'effectue le passage Grès vosgien - Conglomérat principal. En empruntant l'échelle qui donne accès au sommet du rocher, on pourra observer la lithologie du conglomérat (galets bien usés dont la taille moyenne est de 1,5 à 2 cm) et la stratification lenticulaire.

En contournant ce même rocher par son extrémité nord-est, le grès vosgien apparaît, à environ 1 m au-dessus du sol, sous son faciès flaque d'eau temporaire. Il s'agit d'un grès argileux à litage horizontal et à passées décolorées. On y reconnaît de petits terriers verticaux d'organismes fousseurs.

Du sommet des rochers, on jouit d'un beau panorama sur le champ de fractures de Saverne et sur les Vosges gréseuses dont les sommets plats correspondent aux dalles de Conglomérat principal.

ARRET n° 6

De Saverne, on suit l'étroite vallée de la Zorn vers Lutzelbourg, puis vers Arzviller. On longera durant quelque temps le plan incliné de Saint-Louis - Arzviller où un élévateur de bateaux permet à ceux-ci de franchir une dénivellation de 45 m sur une distance d'une centaine de mètres, supprimant ainsi 17 écluses classiques sur le canal de la *Marne au Rhin*. En face de la *gare d'Arzviller*, on empruntera le tunnel pour piétons qui passe sous le canal. A une centaine de mètres vers l'Ouest, un mur de soutènement retient un niveau argilo-gréseux des Couches intermédiaires, sans litage apparent. Il s'agit d'une zone violette, vestige d'un sol fossile.

Au sein du sédiment rouge, apparaît un réseau irrégulier gris violacé, parfois souligné par des concrétions dolomitiques jaunâtres. Ce réseau correspond au trajet de rhizomes ou de racines végétales. Une brèche dolomitique couronne la zone violette.

Le même affleurement se retrouve le long de la berge, une centaine de mètres plus à l'Est. Il y est plus accessible. Au sein des bancs peuvent coexister des racines végétales et des terriers d'organismes fousseurs (fig. 9). De tels dépôts évoquent des bas-fonds marécageux.

Une zone violette analogue surmonte également le Conglomérat principal. Ses caractères pétrographiques sont les suivants (Perriaux, 1961) :

– corrosion des quartz et leur épigénisation par la dolomite :

- silicification de la dolomite (cornaline) ;
- présence de quartz très fin provenant de la fragmentation de la silice.

Ces phénomènes sont à rapporter à une action pédologique en climat semi-aride.

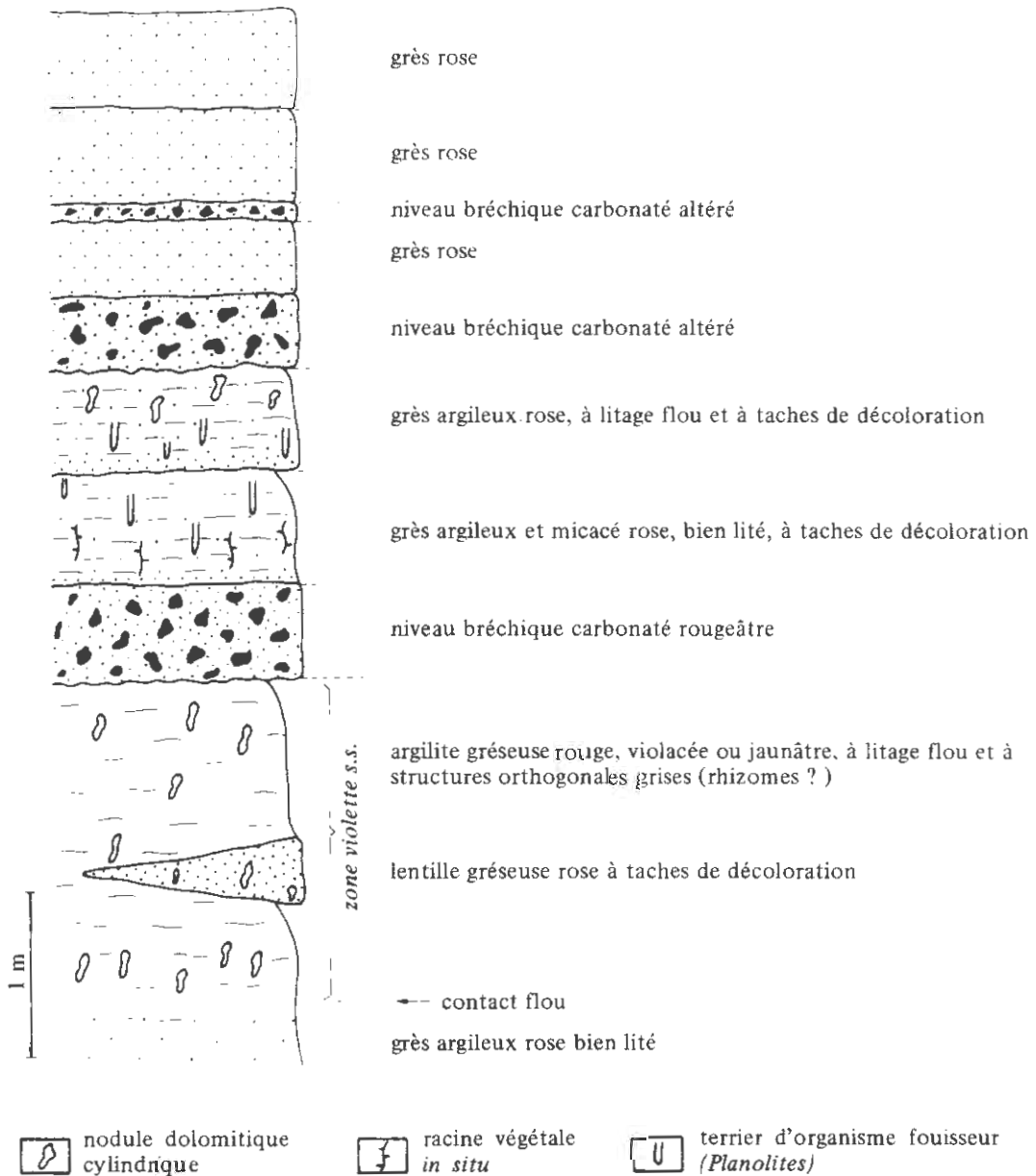


Figure 9. – Faciès de flaque et zone violette dans les Couches intermédiaires. Affleurement du plan incliné de Saint-Louis - Arzviller. (d'après Gall, 1972).

*Pond facies and violet horizon from the Couches intermédiaires. Stop 6.*

| Niveau stratigraphique | Origine des échantillons                                             | Teneurs en bore en p.p.m. | Milieus de dépôts               |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Grès coquillier        | bancs argileux ;<br>moyenne<br>de 2 échantillons                     | 305                       | mer                             |
| Grès argileux          | bancs argileux ;<br>moyenne<br>de 15 échantillons                    | 360                       | plages<br>marines               |
| Grès à meules          | lentilles argileuses ;<br>moyenne<br>de 37 échantillons              | 340                       | lagunes,<br>étangs<br>saumâtres |
| Couches intermédiaires | lentille argileuse ;<br>Langensultzbach,<br>carrière Staub           | 284                       | flaques<br>d'eau<br>temporaires |
| Grès vosgien supérieur | galets d'argile ;<br>Klingenthal,<br>carrière Winterberger           | 288                       | flaques<br>d'eau<br>temporaires |
| Grès vosgien inférieur | lentille argileuse ;<br>Dossenheim sur Zinsel,<br>carrière Schneider | 268                       | flaques<br>d'eau<br>temporaires |
| Grès d'Annweiler       | galets d'argile ;<br>Niedersteinbach<br>carrière Hoerth              | 207                       | flaques<br>d'eau<br>temporaires |

Tableau 7. — Teneurs en bore de quelques illites des différents niveaux du Buntsandstein et du Muschelkalk inférieur (d'après Gall, 1972).

*Concentration of boron of some illites from different units of the Buntsandstein and the Lower Muschelkalk.*

| Niveau stratigraphique | Taches de décoloration | Racines végétales in situ | Végétaux | Climat                                                                                |        |
|------------------------|------------------------|---------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|
|                        |                        |                           |          | sec                                                                                   | humide |
| Grès à Voltzia         | +                      | +                         | +        |  |        |
| Couches intermédiaires | +                      | +                         | +        |                                                                                       |        |
| Grès vosgien           | +                      |                           |          |                                                                                       |        |
| Grès d'Annweiler       | +                      |                           |          |                                                                                       |        |

Tableau 8. — Importance de la végétation à travers le Buntsandstein en relation avec un changement climatique. Mise en évidence d'un accroissement de l'humidité au cours du temps. (d'après Gall, 1972).

*Distribution of vegetation in Buntsandstein times establishing that the climate became moister.*

L'affleurement correspond à un dépôt de flaque d'eau temporaire. Dans une dépression située à l'abri des chenaux actifs, se développait une nappe d'eau plus calme propice à la décantation des particules argileuses et à l'installation d'organismes aquatiques. Ces collections d'eau étaient éphémères. La décoloration des grès rouges est toujours liée à ce faciès d'eau calme. Elle est à rapporter à la réduction et au lessivage des oxydes de fer, lors du dépôt, sous l'influence de la matière organique présente dans le sédiment (restes végétaux ?).

Les remplissages de grès roses des chenaux et les sédiments plus argileux des flaques d'eau temporaires constituent les deux termes d'une séquence fluviatile répétée un grand nombre de fois à travers la série du Buntsandstein (fig. 4).

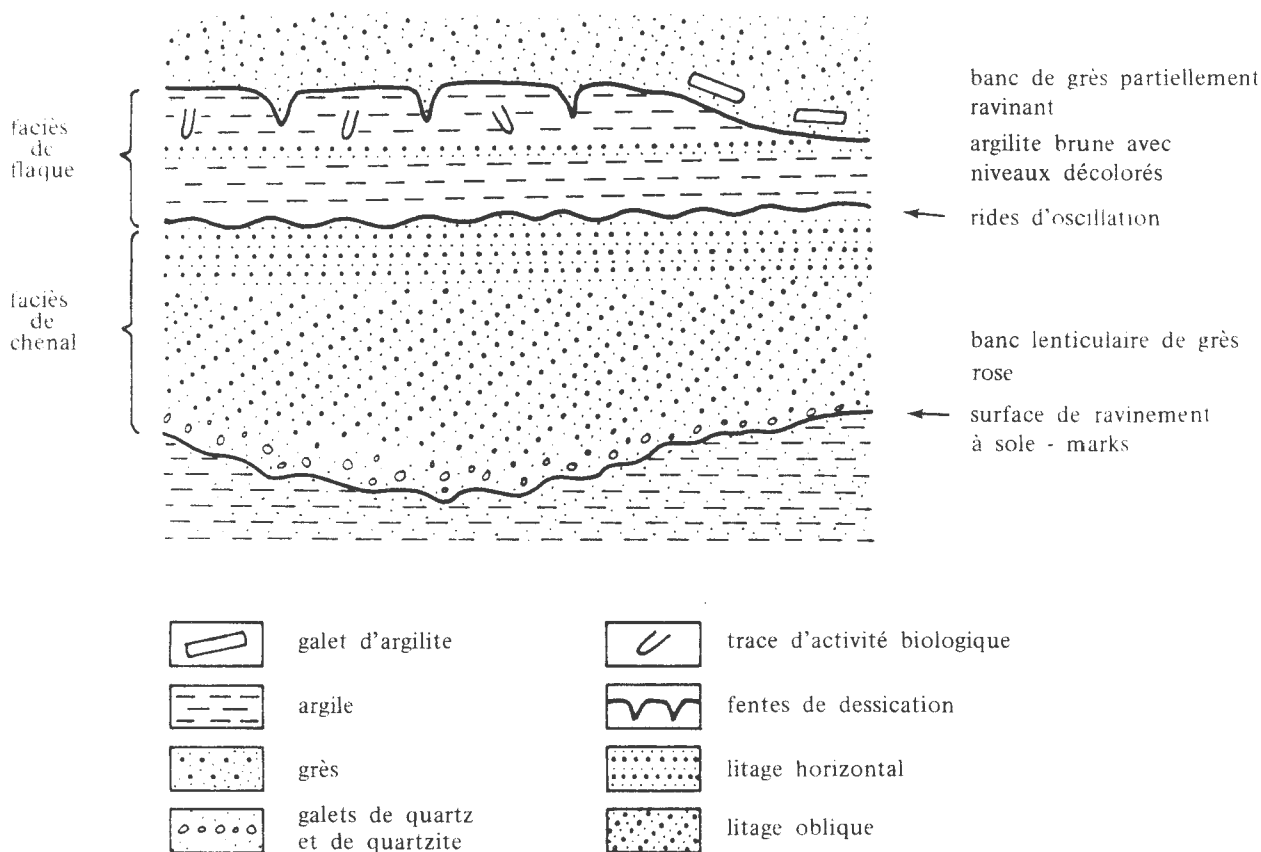


Figure 4. — Séquence type de la sédimentation fluviatile du Grès vosgien.

*Generalized fluviatile sequence from the Grès vosgien.*

### ARRET n° 3

On traverse le village de Graufthal construit au pied de la falaise de Conglomérat principal, haute d'une vingtaine de mètres. La route recoupe ensuite successivement le Conglomérat principal et les Couches intermédiaires. Près de l'ancien moulin de Kreuz apparaît une zone violette, sol fossile développé dans les Couches intermédiaires. Par la route D 161 c, on accède au village de Hangviller. Peu après l'entrée de cette localité, un chemin conduit dans la carrière Klein ouverte dans le Grès à *Voltzia*.

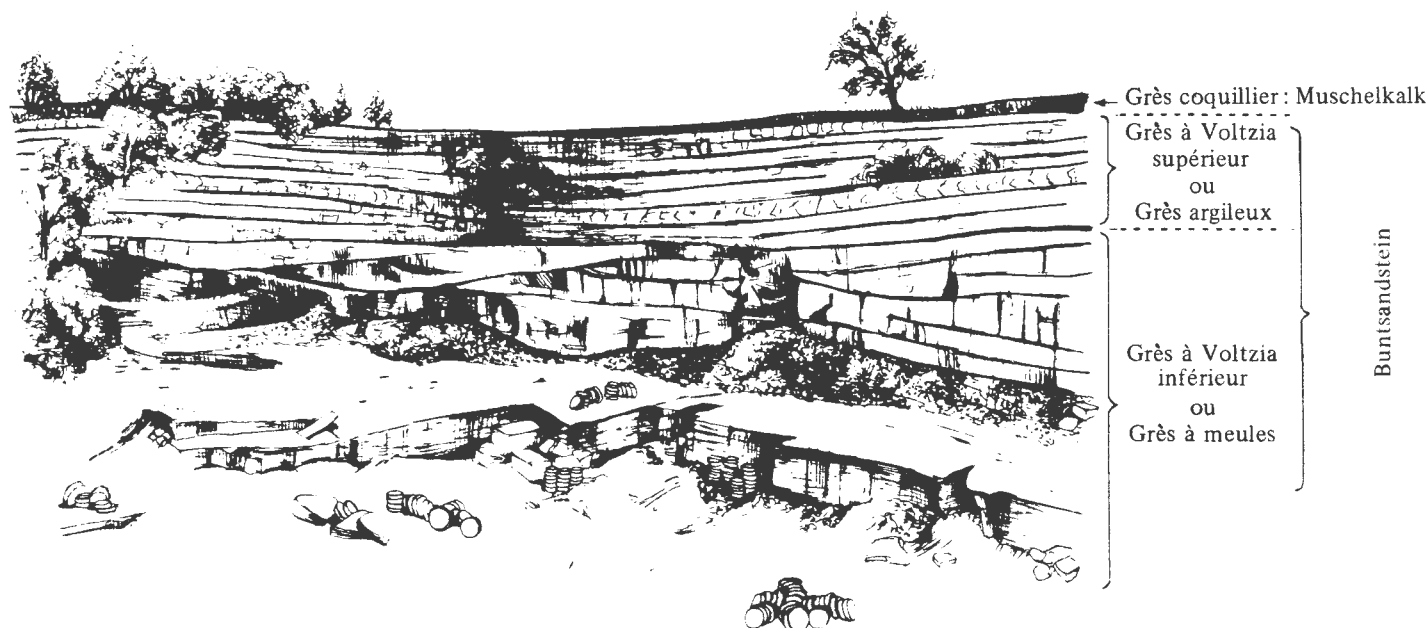


Figure 5. — Carrière de Grès à *Voltzia*. Exploitation KLEIN à Hangviller:  
*Grès à Voltzia quarry from Hangviller. Stop 3.*

En 1970, la coupe suivante a été relevée (J.-C. Gall, 1971) :

#### GRÈS COQUILLIER

- 1,00 m : grès carbonaté altéré
- 0,05 m : banc argileux vert
- 0,15 m : dolomie gréseuse fossilifère
- 0,05 m : banc argileux vert
- 0,10 m : grès carbonaté
- 0,05 m : banc argileux vert

#### GRÈS ARGILEUX

- 0,50 m : grès à dalles gris
- 0,20 m : banc argileux et gréseux vert
- 0,70 m : grès à dalles gris ; mur à sole-marks
- 1,10 m : banc argileux et gréseux gris-vert, bioturbé
- 0,65 m : grès à dalles gris
- 0,20 m : banc argileux et gréseux vert, bioturbé
- 0,40 m : grès carbonaté fossilifère (Lamellibranches, Gastéropodes, Échinodermes)
- 0,10 m : banc argileux vert
- 0,20 m : grès rose s'enrichissant en carbonates vers le sommet

- 0,10 m : banc argileux et gréseux rouge
- 0,90 m : grès à dalles rose renfermant plusieurs niveaux à ripple-marks
- 0,20 m : banc argileux rouge
- 0,10 m : banc argileux et gréseux vert, bioturbé, avec quelques Végétaux
- 0,30 m : grès rose, gris au sommet, bioturbé
- 0,40 m : banc argileux et gréseux vert, à sommet bioturbé
- 0,35 m : banc argileux et gréseux vert, bioturbé avec quelques Végétaux

## GRÈS À MEULES

- 0,60 m : grès gris à plantes et racines *in situ*
- 1,80 m : niveau argileux vert à organismes terrestres (Myriapodes, Scorpions, Végétaux, ...), érodé latéralement par un grès
- 1,00 m : grès sain gris ; toit couvert de seuils et de sillons
- 2,00 m : grès sain gris
- 2,00 m : grès sain rose
- 0,10 m : niveau bréchique carbonaté
- 1,00 m : niveau argileux vert, rouge au sommet, à nombreuses plantes (*Voltzia*, *Schizoneura*, ...)
- 1,50 m : grès sain rose
- 0,50 m : niveau argileux vert, rouge au sommet, à organismes terrestres
- 2,00 m : grès sain gris

## COUCHES INTERMÉDIAIRES

- 0,40 m : banc de brèche dolomitique supérieur

Base de la carrière.

Le Grès à meules (Grès à *Voltzia* inférieur), qui correspond à la partie inférieure de la carrière, est caractérisé par une stratification lenticulaire. Des lentilles gréseuses, larges de plusieurs dizaines de mètres, présentent une base ravinante tapissée de sole-marks (flute-casts, groove-casts, ...). Leur face supérieure est couverte par un champ de ripple-marks. La roche est formée par un grès rose ou gris finement lité. Le litage, parfois oblique, est généralement subhorizontal. Dans ce cas, la surface des lamines millimétriques montre une linéation de délit due à la ségrégation et à l'orientation des grains sous l'action des courants (haut régime hydrodynamique). La mise en place d'une telle lentille gréseuse s'est effectuée dans un chenal fluviatile sous l'action d'un courant de compétence décroissante (fig. 6).

Entre les grès, se rencontrent des lentilles d'argilite verte ou rouge. Elles sont généralement finement litées. Elles ont livré une faune et une flore variées et bien conservées (Tableau IV). Parmi les organismes aquatiques figurent des formes caractéristiques des eaux saumâtres (*Lingula tenuissima* BRONN). Les niveaux argileux correspondent à des dépôts de lagunes, d'étangs saumâtres ou de bras morts. La nature éphémère de ces nappes d'eau est démontrée par trois catégories d'observations :

- par la succession des faunes et des flores au sein du profil : les animaux aquatiques se raréfient de la base vers le sommet des niveaux, tandis que s'épanouissent les animaux terrestres et les Végétaux ;

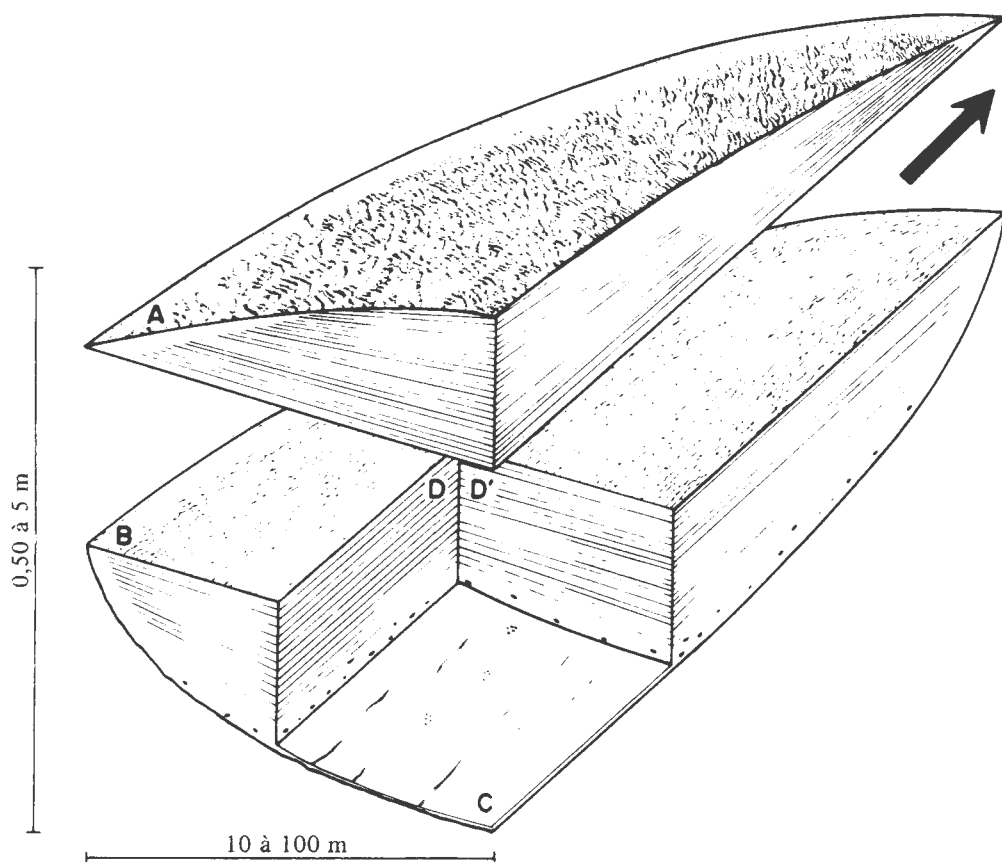


Figure 6. – Bloc-diagramme d'une lentille gréseuse du Grès à meules (d'après Gall, 1971).

A – Face supérieure à ripple-marks

B – Surface à linéation de délit.

C – Face inférieure à sole-marks.

D et D' – Coupe longitudinale et transversale des lamines.

La flèche indique la direction du courant.

*Block-diagram of a lenticular sandstone body from the Grès à meules.*

*A – top with ripple-marks.*

*B – surface with parting-lineation.*

*C – bottom with sole-marks.*

*D and D' – sections of the laminae.*

*Arrow pointing in direction of the current.*

– par les figures sédimentaires : des fentes de dessiccation apparaissent fréquemment au sommet des dépôts ;

– par la géochimie : les teneurs en éléments traces, en particulier en bore, s'accroissent de la base vers le sommet des profils.

Un troisième aspect de la sédimentation du Grès à meules est constitué par des grès carbonatés souvent remaniés à l'état de brèches intraformationnelles. Ils prouvent que la concentration des nappes d'eau était parfois suffisante pour provoquer la précipitation des carbonates.

Ailleurs encore, des niveaux carbonatés ont livré des Foraminifères et des Mollusques d'affinités marines.

L'imbrication de ces différents faciès du Grès à meules montre que les grès fluviaux se sont déposés à proximité de la mer, c'est-à-dire dans un environnement deltaïque (fig. 2).

Le Grès argileux (Grès à *Voltzia* supérieur) est mieux accessible dans la carrière Mertz qui jouxte la carrière Klein. Les sédiments sont formés par une alternance de bancs de grès, d'argilite ou de grès dolomitique, de faible épaisseur. La stratification est plane et horizontale. La faune est essentiellement marine (Foraminifères, Mollusques, Échinodermes, Poissons, ...). Certains bancs gréseux renferment des Lingules en position de vie dans leurs terriers. Ailleurs se rencontrent des empreintes de pas de Reptiles (Rhynchosauroïdes). Ces observations évoquent de vastes plages marines recouvertes d'une faible tranche d'eau. C'est la première étape de la transgression de la mer du Muschelkalk.

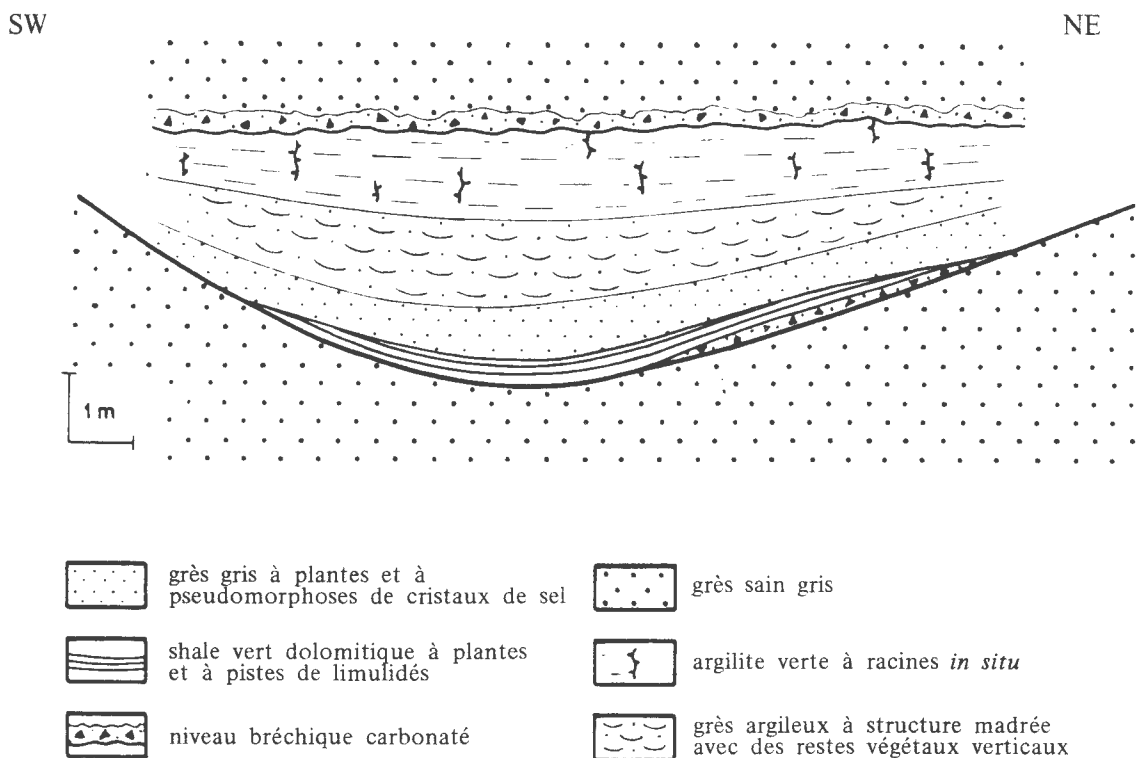


Figure 7. — Coupe d'un chenal du Grès à meules. Exploitation MERTZ à Hangviller.  
(d'après Gall, 1971).

*Section of a channel from the Grès à meules. Stop 3.*

En descendant au fond de la carrière, on pourra observer les différents termes lithologiques constituant le colmatage d'un ancien chenal fluvial du Grès à meules (fig. 7) : après l'installation d'une nappe d'eau calme (shale vert à pistes de Limulidés et à plantes) qui se confine (pseudomorphoses de sel gemme), s'effectue un nouvel apport sédimentaire (grès gris) :

## A — La faune

## COELENTERES

*Progonionemus vogesiacus* GRAUV. et GALL

## BRACHIOPODES

*Lingula tenuissima* BRONN

## ANNÉLIDES

*Eunicites triasicus* GALL et GRAUV.

*Homaphrodite speciosa* GALL et GRAUV.

*Spirorbis* cf. *pusillus* (MARTIN)

*Triadonereis* sp.

## LAMELLIBRANCHES

*Hoernesia* sp.

*Entolium discites* (SCHLOT.)

*Pectinacea* indét.

*Myophoria vulgaris* (SCHLOT.)

*Homomya impressa* (ALB.)

## MÉROSTOMES

*Limulitella bronni* (SCHIMPER)

## ARACHNIDES

Scorpions

Araignées

## CRUSTACÉS

*Triops cancriformis minor* TRUSHEIM

*Isaura minuta minuta* (ZIETEN)

*Isaura* sp. A

*Isaura* sp. B

*Palaeolimnadia alsatica* REIBLE

*Palaeolimnadiopsis dictyonata* REIBLE

*Praeleaia* sp.

*Cytheracea* indét.

*Triassinella* aff. *tsorfatia* (SOHN)

*Euthycarcinus kessleri* HANDL.

*Triasocaris peachi* BILL

*Schimperella beneckeii* BILL

*Schimperella kessleri* BILL

*Palaega pumila* GALL et GRAUV.

*Diaphanosoma rare* BILL

*Antrimpos atavus* (BILL)

*Clytiopsis argentoratensis* BILL

*Halicyne ornata* TRÜMPY

## DIPLOPODES

## INSECTES

## VÉRTÉBRÉS

## Poissons

Chondrostéens indét.

*Pericentrophorus* aff. *minimus* JÖRG

Coelacanthidés

## Tétrapodes

Stégocéphales indét.

*Odontosaurus voltzii* MEYER

Reptiles

## B — Les témoins d'activité biologique

## PONTES ET ŒUFS

*Monilipartus tenuis* GALL et GRAUV.

*Clavapartus latus* GALL et GRAUV.

*Furcapartus exilis* GALL et GRAUV.

Œufs d'esthéries

*Palaeoxyris regularis* BRONGN.

Œufs auréolés de Poissons

## COPROLITHES

## TRACES D'ACTIVITÉ ANIMALE

*Rhizocorallium* var. *glossifungites*

*Isopodichnus*

*Kouphichnium*

Empreintes pectinées

Empreintes «chirothéroïdes»

*Taenidium*

Traces de fouissement

## C — La flore (à l'exclusion des spores et des pollens)

## ACRITARCHES

*Leiosphaeridia* sp.

*Micrhystridium* sp.

## CRYPTOGAMES VASCULAIRES

*Schizoneura paradoxa* SCHIMP. et MOUG.

*Equisetites mougeoti* (BRONGN.)

*Equisetites* sp.

Rhizomes d'Equisétales

*Neuropteridium* sp.

*Pecopteris sulziana* BRONGN.

## PRÉPHANÉROGAMES

*Zamites vogesiacus* SCHIMP. et MOUG.

*Baiera* sp.

## PHANÉROGAMES

*Voltzia heterophylla* BRONGN.

*Voltzia* sp.

*Aetophyllum* sp.

*Yuccites vogesiacus* SCHIMP. et MOUG.

Systèmes racinaires de Phanérogames

*Masculostrobos rhomboidalis* GRAUV. - STAMM

*Masculostrobos ligulatus* GRAUV. - STAMM

*Masculostrobos cordiformis* GRAUV. - STAMM

*Masculostrobos denticulatus* GRAUV. - STAMM

*Voltziostrobos schimperii* GRAUV. - STAMM

*Voltziostrobos mougeoti* GRAUV. - STAMM

*Sertostrobos laxus* GRAUV. - STAMM

Graines

Tableau 4. — Liste des organismes et des témoins de l'activité biologique rencontrés dans les niveaux argileux du Grès à meules (d'après Gall, 1971).

*Fossil content of the shale horizons of the Grès à meules.*

| Faciès           | Minéraux argileux | Grès à meules  |            | Grès argileux | Muschelsandstein |
|------------------|-------------------|----------------|------------|---------------|------------------|
|                  |                   | Grès à plantes | Grès sains | Grès à dalles |                  |
| Faciès gréseux   | Illite            | 7              | 6          | 6             |                  |
|                  | Chlorite          | 1              | 2          | 2             |                  |
|                  | Kaolinite         | 2              | 2          | 2             |                  |
|                  | Montmorillonite   | -              | ε          | ε             |                  |
| Faciès carbonaté | Illite            | 6              |            | 8             | 7                |
|                  | Chlorite          | 2              |            | 1             | 1                |
|                  | Kaolinite         | 2              |            | 1             | 1                |
|                  | Montmorillonite   | ε              |            | ε             | 1                |
| Faciès argileux  | Illite            | 9              |            | 10            | 10               |
|                  | Chlorite          | 1              |            | ε             | ε                |
|                  | Kaolinite         | -              |            | -             | -                |
|                  | Montmorillonite   | -              |            | -             | -                |

Tableau 5. — Composition de la fraction argileuse des différents faciès du Grès à *Voltzia* et du Grès coquillier (Muschelsandstein) (les chiffres sont des moyennes qui correspondent à une estimation semi-quantitative des minéraux, le total étant arbitrairement ramené à 10) (d'après Gall, 1971).

*Clay mineral distribution in the different facies of the Grès à Voltzia and the Grès coquillier.*

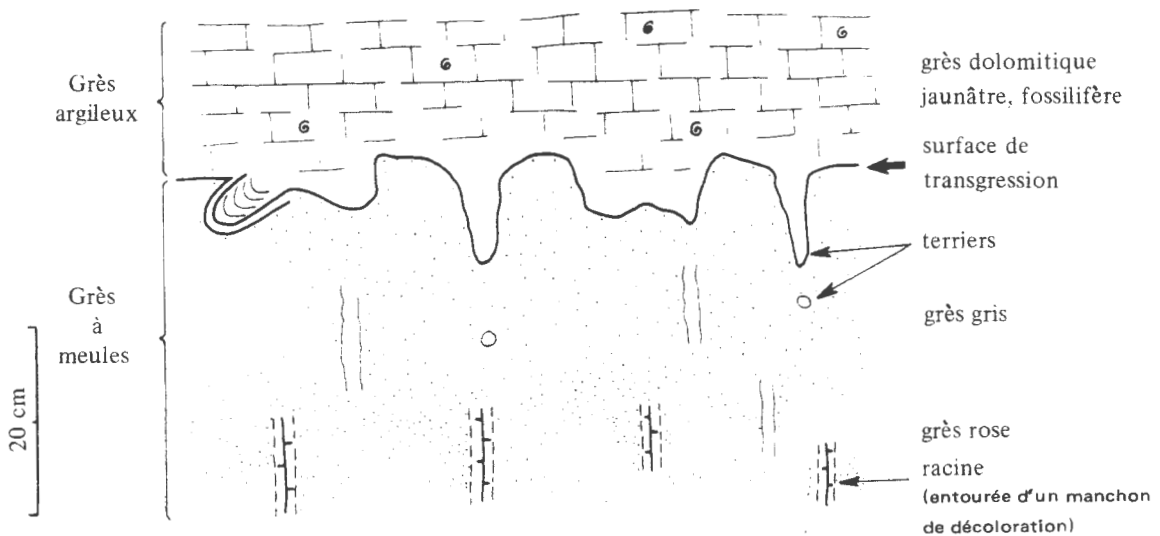


Figure 8. — Contact Grès à meules - Grès argileux : la transgression de la mer du Muschelkalk. Exploitation Reinberger à Petersbach.

*Contact between Grès à meules and Grès argileux : the transgression of the Muschelkalk sea. Stop 4.*

## a) Eléments majeurs en %

| Eléments                       | Muschelsandstein<br>(2 échantillons) | Bancs argileux du<br>Grès argileux<br>(15 échantillons) | Niveaux argileux<br>du Grès à meules<br>(37 échantillons) | Niveaux carbonatés<br>(8 échantillons) | Grès<br>(8 échantillons) | Grès psammitique<br>du Grès à meules |
|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 49<br>(48, 5-49, 5)                  | 51, 25<br>(49, 5-52)                                    | 51<br>(49-59)                                             | 51<br>(49-57, 5)                       | 54<br>(52, 50-55, 50)    | 46, 4                                |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 24, 2<br>(23, 5-25)                  | 25, 75<br>(25-26, 7)                                    | 25, 9<br>(24, 8-28)                                       | 23, 5<br>(17, 5-25, 5)                 | 24<br>(22, 5-25)         | 28, 9                                |
| MgO                            | 5, 25<br>(4, 30-6, 21)               | 2, 82<br>(2, 5-3, 20)                                   | 2, 79<br>(2, 50-5, 66)                                    | 2, 5<br>(1, 6-3, 4)                    | 2, 4<br>(2, 1-2, 8)      | 3, 2                                 |
| CaO                            | 4, 04<br>(2, 2-5, 88)                | 0, 39<br>(0, 20-1, 66)                                  | 0, 34<br>(0, 20-0, 72)                                    | 0, 30<br>(0, 11-0, 75)                 | 0, 40<br>(0, 21-1)       | 0, 7                                 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 8, 5<br>(6, 5-10, 5)                 | 5, 9<br>(4, 9-12, 5)                                    | 5, 47<br>(4, 25-12, 75)                                   | 15, 8<br>(10, 8-18, 3)                 | 9, 6<br>(4-17, 7)        | 7, 1                                 |
| Mn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> | 0, 26<br>(0, 24-0, 29)               | 0, 032<br>(0, 024-0, 082)                               | 0, 032<br>(0, 028-0, 29)                                  | 0, 54<br>(0, 06-3, 25)                 | 0, 04<br>(0, 02-0, 08)   | 0, 077                               |
| TiO <sub>2</sub>               | 0, 55<br>(0, 49-0, 62)               | 0, 58<br>(0, 23-0, 78)                                  | 0, 49<br>(0, 26-0, 76)                                    | 0, 56<br>(0, 36-0, 82)                 | 0, 79<br>(0, 54-1, 16)   | 1, 16                                |
| Na <sub>2</sub> O              | 0, 23<br>-                           | < 0, 10                                                 | 0, 20<br>(< 0, 10-0, 43)                                  | 0, 12<br>(0, 10-0, 36)                 | < 0, 10                  | 0, 43                                |
| K <sub>2</sub> O               | 7, 64<br>(7, 18-8, 10)               | 7, 97<br>(7, 68-9, 50)                                  | 7, 90<br>(7, 36-8, 50)                                    | 7<br>(6, 70-7, 84)                     | 8, 25<br>(7, 14-8, 70)   | 9, 09                                |
| Perte à<br>1000°C              | 6<br>-                               | 5, 95<br>(5, 6-7, 7)                                    | 5, 95<br>(5, 6-6, 8)                                      | 6, 90<br>(6, 50-8)                     | 5, 10<br>(4, 60-5, 60)   | 4, 78                                |

## b) Eléments traces en p.p.m.

| Eléments | Muschelsandstein<br>(2 échantillons) | Bancs argileux du<br>Grès argileux<br>(15 échantillons) | Niveaux argileux<br>du Grès à meules<br>(37 échantillons) | Niveaux carbonatés<br>(8 échantillons) | Grès<br>(8 échantillons) | Grès psammitique<br>du Grès à meules |
|----------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| Sr       | 395<br>(300-490)                     | 415<br>(225-835)                                        | 275<br>(165-485)                                          | 205<br>(170-330)                       | 235<br>(142-462)         | 86                                   |
| Ba       | 735<br>(540-930)                     | 555<br>(435-875)                                        | 600<br>(430-1100)                                         | 750<br>(420-1900)                      | 700<br>(440-1340)        | 971                                  |
| V        | 150<br>(126-174)                     | 185<br>(130-229)                                        | 175<br>(118-220)                                          | 170<br>(118-428)                       | 145<br>(116-195)         | 150                                  |
| Ni       | 58<br>(52-64)                        | 69<br>(38-118)                                          | 66<br>(40-218)                                            | 60<br>(39-94)                          | 45<br>(34-88)            | 50                                   |
| Co       | 26<br>(15-37)                        | 21<br>(4-35)                                            | 30<br>(4-57)                                              | 32<br>(24-162)                         | 14<br>(9-89)             | 47                                   |
| Cr       | 116<br>(111-121)                     | 225<br>(110-305)                                        | 252<br>(140-419)                                          | 190<br>(132-330)                       | 100<br>(66-172)          | 137                                  |
| B        | 305<br>(295-315)                     | 360<br>(255-405)                                        | 340<br>(285-405)                                          | 265<br>(145-335)                       | 215<br>(195-235)         | 112                                  |
| Zn       | 136<br>(100-173)                     | 155<br>(9-210)                                          | 141<br>(45-202)                                           | 200<br>(118-356)                       | 120<br>(54-226)          | 211                                  |
| Ga       | 36<br>(35-37)                        | 41<br>(15-46)                                           | 41<br>(18-59)                                             | 37<br>(27-60)                          | 40<br>(32-46)            | 89                                   |
| Cu       | 173<br>(37-309)                      | 42<br>(12-517)                                          | 54<br>(19-329)                                            | 200<br>(68-652)                        | 100<br>(34-284)          | 43                                   |
| Pb       | 52<br>(50-54)                        | 41<br>(25-60)                                           | 47<br>(20-334)                                            | 60<br>(23-298)                         | 45<br>(16-117)           | 20                                   |
| Li       | 99<br>(87-111)                       | 95<br>(69-158)                                          | 96<br>(70-128)                                            | 74<br>(57-80)                          | 79<br>(70-85)            |                                      |
| Rb       | 241<br>(232-250)                     | 252<br>(90-338)                                         | 158<br>(36-250)                                           | 220<br>(183-244)                       | 184<br>(165-191)         |                                      |

Tableau 6. — Teneurs moyennes et intervalles de distribution de quelques éléments dans les illites du Grès à *Voltzia* et du Grès coquillier.a) Eléments majeurs en %    b) Eléments traces en p.p.m.  
(d'après Gall, 1971).*Chemical composition of some illites from the Grès à Voltzia and the Grès coquillier.**a) Major elements (%)    b) Trace elements (p.p.m.).*

De Xeuilley, rejoindre Nancy par les routes D 50 et N 74. A Neuves-Maisons, la Moselle pénètre dans le relief de la côte de Moselle. L'industrie sidérurgique y traitait, il y a quelques années encore, le minerai de fer du Lias supérieur qui affleure au niveau de la côte de Moselle, à la limite inférieure de la forêt.

#### ARRET n° 16

La photographie (figure 1 de la planche III), prise du front de la côte de Moselle en direction de l'Est, montre au premier plan, le front boisé de cette côte, entaillé par un ravin élargi lors des travaux de construction de la rocade qui mène au quartier du Haut-du-Lièvre. Au second plan, la dépression est occupée par la Ville de Nancy. La ligne d'horizon boisée correspond au revers de la côte infraliasique.

L'affleurement de la rocade du Haut-du-Lièvre (Pl. III, fig. 2) permet d'observer les formations sédimentaires du Bajocien moyen.

A l'échelle du bassin (fig. 22), le Bajocien est formé de lithofaciès issus du mélange en toutes proportions d'un matériel terrigène et d'allochèmes, auxquels s'associent des *formations construites à Polypiers* au Bajocien moyen et au sommet du Bajocien supérieur.

Les formations construites du Bajocien moyen constituent un *biostrome* séparé en deux par un niveau où alternent des lithofaciès calcaréo-argileux caractérisés par la présence d'oolithes construites à Nubéculaires. Cette formation facilement identifiable, désignée par les géologues lorrains sous le nom d'«Oolithe cannabine», présente, comme les récifs, une extension régionale.

A l'échelle de l'affleurement (Pl. III, fig. 2) de la rocade du Haut-du-Lièvre les lithofaciès observables sont de bas en haut (a et b non visibles sur la photographie) :

a – Un banc de *calcaire blanc à oolithes sphériques* affecté d'une fine stratification oblique : chaque feuillet présente un granoclassement vertical positif. La maturité texturale et les structures sédimentaires traduisent une haute énergie de milieu.

b – Un banc de *conglomérat calcaire blanc*. Les galets sont tous issus de l'érosion intraformationnelle d'une calcarénite oolithique blanche. Le lithofaciès matrice, très coquillier, présente une couleur plus sombre : il comporte davantage de matériel terrigène. L'énergie de milieu enregistrée par ce lithofaciès est élevée.

c – Une *formation récifale à Polypiers*. De section générale lenticulaire, elle a été édifiée par des Madréporaires qui appartiennent à deux types coloniaux : massifs et branchus. Chaque colonie, en particulier quand elle est massive, correspond à une construction élémentaire : elle a valeur d'un *microbioherme*.

Les boules de Polypiers massifs sont, de loin, les plus abondantes. La recristallisation de l'aragonite du squelette des colonies en calcite se traduit par une réorganisation profonde des boules qui prennent l'allure de géodes tapissées de cristaux de calcite. Les Polypiers branchus ne forment que quelques colonies de taille nettement supérieure aux boules précédentes. Ils sont associés à des lithofaciès formés d'oolithes et de valves désarticulées et cassées.

L'énergie de milieu enregistrée par les formations récifales est élevée.

d – Un *calcaire à oolithes difformes*. Les faciès de l'oolithe cannabine, de couleur sombre en forage, jaunâtre à l'affleurement, résultent du mélange de matériaux d'origines diverses et de dimensions très variées (fig. 23) : une telle immaturité traduit un milieu de sédimentation peu agité et confiné.

e – Une *formation récifale à Polypiers*. Les colonies massives sont prépondérantes : elles flottent dans des lithofaciès coquilliers et oolithiques plus abondants qu'en c.



Figure 1. — Le site de Nancy.

Au premier plan, le front de la côte de Moselle au Haut-du-Lièvre (calcaires bajociens). A l'horizon, le revers boisé de la côte infraliasique.

Entre les deux, la dépression liasique avec la ville de Nancy.

*The site of Nancy.*



Figure 2. — Affleurement des Calcaires à Polypiers du Bajocien moyen (Haut-du-Lièvre, Nancy).

*Section of the reefal limestones, Middle Bajocian (Haut-du-Lièvre, Nancy).*

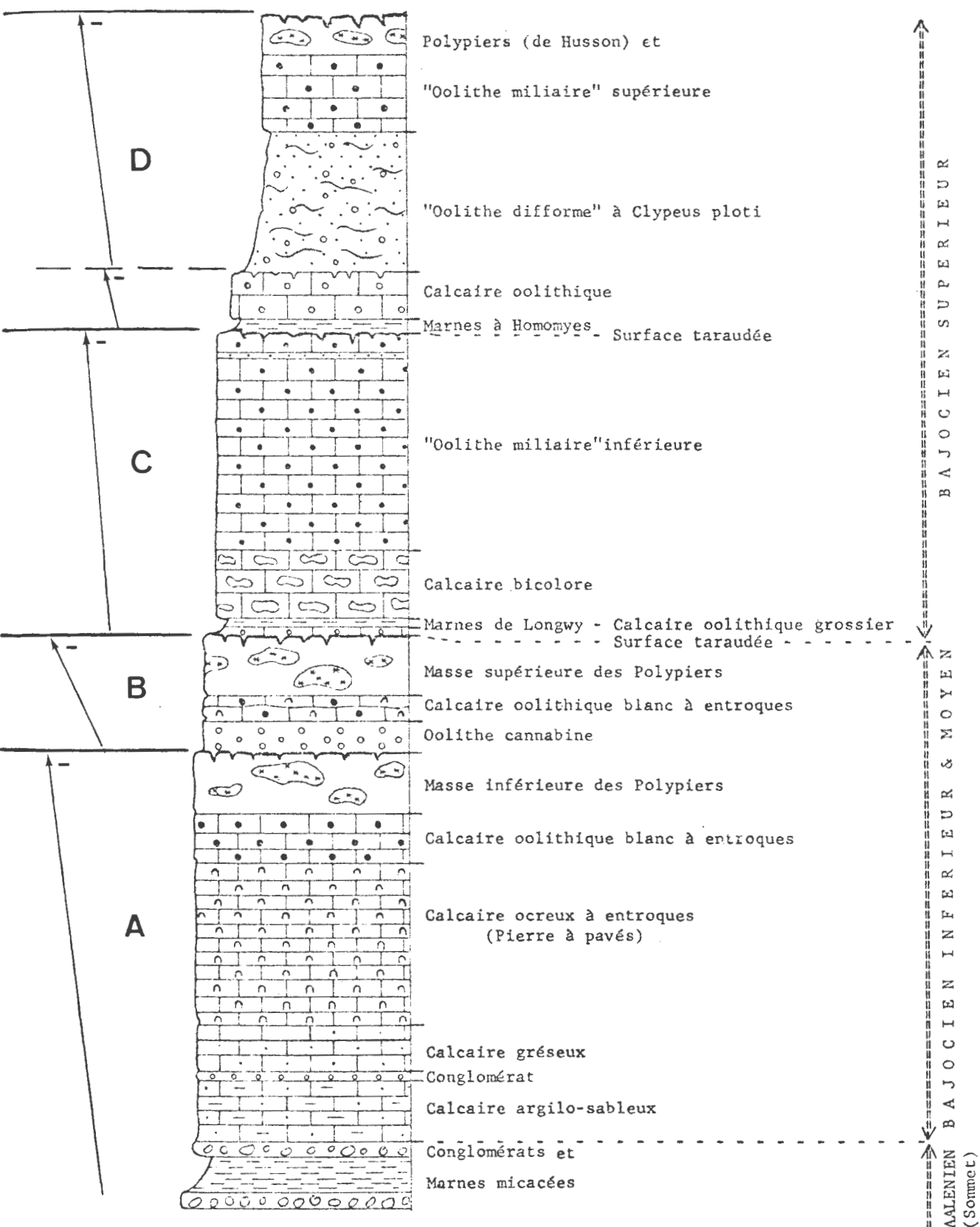


Figure 22. -- Série stratigraphique schématique et mégaséquences du Bajocien dans la région de Nancy.

(d'après les auteurs récents pour la stratigraphie, d'après J.Castaing et D.Geisler (1972) pour l'analyse mégaséquentielle).

*Stratigraphic log and megasequences of the Bajocian in the Nancy area.*

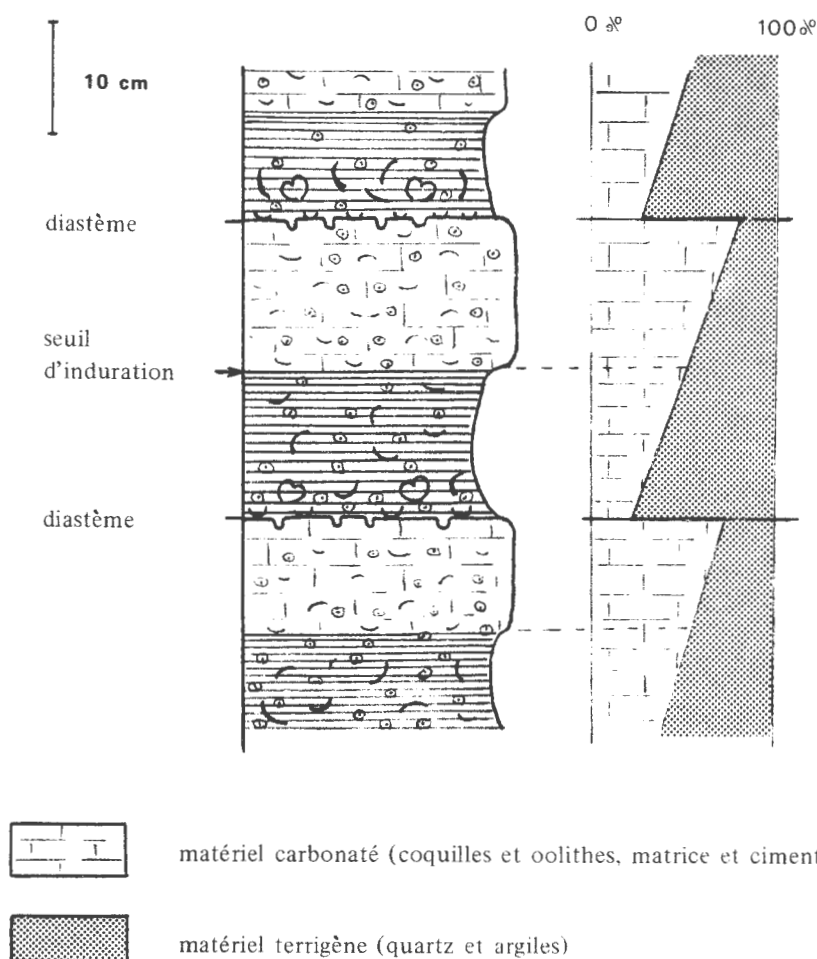


Figure 23. — Séquences positives dans l'«Oolithe cannabine».

*Positive sequence of the «Oolithe cannabine» facies.*

Au toit des formations récifales c et e apparaissent des *surfaces rubéfiées et durcies* (hard grounds). Ces surfaces sont souvent taraudées et portent des vestiges d'une faune fixée (Huîtres) qui a subi une forte abrasion : il ne subsiste que la partie de la valve inférieure cimentée au substrat.

L'énergie de milieu enregistrée — non dépôt et abrasion — est très élevée.

#### *Contribution de l'analyse séquentielle à la connaissance du Bajocien lorrain.*

A l'échelle de l'affleurement, la succession des faciès d et e, délimitée par deux surfaces rubéfiées qui ont valeur de diastèmes majeurs, constitue une *Mégaséquence négative* (fig. 22, mégaséquence B) qui enregistre une croissance de l'énergie de milieu en fonction du temps.

Des travaux récents (Castaing et Geisler, 1972) ont montré que l'ensemble de la série bajo-cienne correspondait en fait à quatre mégaséquences semblables (fig. 22, A, B, C, D), de type klüpfelien, dont la dérive, enregistrée à l'échelle du Dogger, traduit l'installation de la transgression marine qui se poursuit au Callovien.

## BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE.

- AL KHATIB R. (1975). — Travaux en cours de rédaction sur le Rhétien et le Calcaire à Gryphées de l'Est du Bassin de Paris (Thèse de Doctorat d'Etat).
- CASTAING J. et GEISLER D. (1972). — Contribution à l'étude du Bajocien de la région de Nancy. Thèse Spécialité Univ. Nancy I, 1 vol. ronéo, 173 + 91 p., 46 fig., 21 tabl., 16 pl. h.-t.
- CAYEUX L. (1935). — Les roches sédimentaires de France (calcaires et dolomies). Masson et Cie Ed., 463 p., 9 fig., 26 pl. fotogr. h.-t.
- DESPRAIRIES A., PALAIN C. et PLAZIAT J.-C. (1966). — Contribution à l'étude sédimentologique de la formation des Grès à Roseaux (Keuper moyen) dans la région de Hinckange (Moselle). *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7<sup>e</sup> série, t. VIII, n° 1, pp. 150-157, 3 fig., 1 tabl.
- DUBOIS P. et UMBACH P. (1974). — A propos du Trias de deux bassins sédimentaires français : le Bassin de Paris et le Bassin du Sud-Est. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7<sup>e</sup> sér., t. XVI, n° 6, pp. 696-707, 5 fig.
- HAGUENAUER B. (1973). — Contribution de l'analyse séquentielle à la connaissance des formations néogènes du Bassin du Tage au Portugal. Thèse Doctorat d'Etat, Nancy.
- HILLY J. (1970). — Compte-rendu des Journées d'étude 1970 de l'Association des Géologues du Bassin de Paris. Nancy 7-9 mai 1970. *Bull. A.G.B.P.*, n° 25, juillet, pp. 189-246, 17 fig., 3 tabl., 1 pl.
- HILLY J. (1974). — Observation à la note de B. Haguenauer. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7<sup>e</sup> sér., t. XVI, n° 6, p. 602.
- LUCAS J. (1974). — Quelques considérations sur les argiles du Trias à faciès germanique. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7<sup>e</sup> sér., t. XVI, n° 6, pp. 677-678.
- MEYER R. (1973). — La carte géologique au 1/50 000 de Rambervillers (Vosges). Présentation générale et commentaires sédimentologiques. Thèse Spécialité Univ. Nancy I, vol. ronéo., 150 p., 37 fig., 16 tabl., 2 cartes h.-t.
- PALAIN C. (1966). — Contribution à l'étude sédimentologique du «Grès à Roseaux» (Trias supérieur) en Lorraine. *Sci. de la Terre*, t. XI, n° 3, pp. 245-291, 15 fig.
- POMEROL C. (1974). — Le Bassin de Paris. In DEBELMAS J., Géologie de la France, Douin Ed., vol. I, Vieux massifs et grands bassins sédimentaires, pp. 230-258, fig. 97-115.
- RICOUR J. (1962). — Contribution à une révision du Trias Français. *Mém. Expl. Carte géol. dét. France*, 471 p., 122 fig., XXIV pl. fotogr., 8 pl. pochette.