CONTRIBUTIONS A L'ÉTUDE MICROGRAPHIQUE DU CRÉTACÉ SUPÉRIEUR

DANS LE DÉVOLUY ET LES RÉGIONS VOISINES

Par M. P. LORY,

Sous-Directeur du Laboratoire de Géologie de l'Université de Grenoble.

Le Dévoluy constitue, avec ses dépendances (Bochaine et Céüze), une des régions dont l'histoire à l'époque sénonienne offre le plus d'intérêt ; on y retrouve les traces de phénomènes multiples : lacunes, transgressions, mouvements orogéniques avec émersions et érosions, inégalités dans la vitesse de descente, — les uns s'étendant à l'ensemble du massif, les autres se présentant en épisodes locaux [1].

Cherchant à reconstituer cette histoire, je ne devais pas négliger la précieuse source de renseignements qu'est l'étude micrographique des sédiments. Isolée, il eût été cependant à craindre que les résultats en fussent assez médiocres ; mais heureusement ce n'était point le cas. Les points de repère, les termes de comparaison bien étudiés abondent, grâce aux beaux travaux dont la constitution de la Craie a

[1] Voir particulièrement mes trois Notes : *Sur la tectonique du Dévoluy et des régions voisines à l'époque crétacée* (C. R. Ac. Sc., 17 août 1896) ; *Les mouvements du sol et la sédimentation en Dévoluy durant le Crétacé supérieur* (C. R. S. G. F., 25 juin 1900, et B. S. G. F., 3e série, t. XXVIII, pp. 780-783) ; la partie *Dévoluy, Bauchaine et Céüze, de l'Excursion XIII b* (Liv.-Guide VIIIe Congrès géol. internat., 1900).

fait l'objet : on n'observe guère de caractères sur la signification desquels ils ne fournissent des éclaircissements, qu'il s'agisse des éléments détritiques ou organiques, de leur nature, de leurs proportions ou de leur état. On peut dire, en particulier, que le grand Mémoire de M. L. Cayeux, *Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires*[1], a transformé de la façon la plus heureuse les conditions où se présentait, en France surtout, l'étude des dépôts du Crétacé supérieur. Grâce à ces données acquises, on pourra espérer déduire en beaucoup de cas, dans une certaine mesure, de la constitution actuelle des roches celle qu'elles présentaient lors de leur dépôt, le rôle qu'il convient d'attribuer dans leur formation aux agents mécaniques, chimiques et physiologiques[2], et les conditions de milieu où elles se sont formées. Nous n'oublierons pourtant point quelle réserve s'impose dans les conclusions à formuler, étant données la multiplicité, la variabilité et la profondeur des transformations que l'on sait avoir été subies postérieurement à leur dépôt par la Craie et les calcaires analogues[3]. Mais nos connaissances sur le faciès des roches examinées s'accroîtront en tout cas beaucoup.

Le bienveillant intérêt de mon maître, M. Kilian, m'a encouragé dans mes recherches. Avant leur achèvement, j'ai pu consulter avec profit le bel *Album de Microphotographies de Roches sédimentaires*, que Maurice Hovelacque et lui ont publié en 1900, et qui renferme (Pl. LI à LXI) des coupes de calcaires sénoniens des chaînes subalpines.

MM. L. Gentil et P. Termier ont bien voulu examiner les grès feldspathiques que contiennent certaines assises : je leur en exprime mes remerciements.

Mais surtout, je suis extrêmement redevable à M. L. Cayeux et je me rappelle avec reconnaissance les heures que notre si compétent Confrère a eu l'amabilité de consacrer à l'examen de mes roches, me montrant comment on caractérise une section, revoyant ensuite la

---

[1] *Mém. Soc. géol. du Nord*, t. IV, 2. Lille, 1897.

[2] L. Cayeux, *op. cit.*, p. 11.

[3] M. Cayeux insiste, à de nombreuses reprises, sur cette difficulté qu'il y a à remonter de la constitution actuelle à l'état originel. Cf. notamment *op. cit.*, pp. 330, 472, 484.

plupart de mes descriptions et y ajoutant les précieuses remarques que lui suggérait sa connaissance approfondie du sujet. L'intérêt que peut offrir le présent travail est dû pour une bonne part à cette direction.

J'ai déjà indiqué en quelques mots, l'année dernière, certains résultats de cette étude [1]. Je vais décrire ici, parmi les types lithologiques du Crétacé supérieur en Dévoluy, seulement les principaux, c'est-à-dire ceux qui y ont un grand développement ou qui présentent des particularités spécialement remarquables. L'étude des autres types sera réservée pour un mémoire d'ensemble.

Succession des Assises. — La série des types lithologiques qui prédominent dans le Crétacé supérieur du Dévoluy est, de bas en haut, la suivante :

I. Calcaires blancs sublithographiques, esquilleux.

II. Calcaires gris, plus ou moins argileux suivant les couches et souvent avec lits de marne foncée ; par altération, l'assise prend une patine bleu-noire et l'aspect ordinaire des marno-calcaires.

III. Calcaires lités en dalles à surfaces planes, gris, siliceux, assez ou médiocrement cristallins ; ils possèdent une structure zonée, plus accentuée dans l'E. de la région que dans l'O., et qui est mise en évidence par l'altération.

IV. Calcaires d'aspect assez variable, jaunes, blancs ou grisâtres, habituellement avec du silex en rognons, en bandes ou formant un squelette. Leurs couches ont encore habituellement des surfaces planes, mais la structure nettement zonée ne persiste que dans une partie du Dévoluy proprement dit.

V. Calcaires à silex, blancs, jaunes ou rosés, non zonés ; les surfaces et les tranches des couches sont généralement bosselées ; les calcaires visiblement zoogènes jouent un rôle considérable, il

---

[1] *Mouvements du sol et sédimentation en Dévoluy durant le Crétacé supérieur*, B. S. G. F., 3e série, t. XXVIII, pp. 780-782.

y a notamment vers le sommet, en la plupart des points, des lits remplis de grandes *Ostrea vesicularis*.

VI. En un point, au Merdarit de Lus, il existe encore au-dessus du banc à grandes Huîtres quelques couches de calcaire sableux, jaunes et orangées.

Age.— Les fossiles ayant une signification précise au point de vue de l'âge sont excessivement rares dans cette série. C'est à grand'-peine que j'ai pu y établir quelques repères paléontologiques.

Les couches de passage entre les assises I et II m'ont fourni à Furmeyer, outre des *Gaudryceras* et *Crioceras* spécifiquement indéterminables, *Scaphites hippocrepis* (Dekay sp.) Morton[1] : cette espèce, fort répandue dans la Craie de France et d'Allemagne aussi bien que des États-Unis, y caractérise [2] le Campanien inférieur et particulièrement la zone à *Actinocamax quadratus*.

Les calcaires blancs I correspondent vraisemblablement, d'après ceci, au Sénonien inférieur. Pour des raisons stratigraphiques il est très peu probable que le Turonien y soit représenté; d'ailleurs dans leur faune, malgré son extrême indigence, on constate des affinités sénoniennes.

Dans la moitié inférieure de l'assise III j'ai trouvé une Bélemnitelle qui se rapporte probablement à *B. mucronata* Schloth. sp. et guère plus haut (au-dessus du Festre) des variétés de *Scaphites constrictus* Sow. sp., notamment la variété plate, relativement peu scaphitoïde, du calcaire à Baculites du Cotentin [3] : le milieu de l'assise III se place donc déjà à un niveau élevé dans le Campanien.

L'assise IV présente à la Madeleine une lumachelle à *Pecten* (notamment *P. membranaceus* Nils.) avec *Ostrea vesicularis* Lmk., *Terebratula abrupta* Tate.

---

[1] M. Kossmat, le paléontologiste de Vienne, dont la compétence pour les faunes céphalopodiques du Crétacé supérieur est si connue, a bien voulu, avec une grande obligeance, examiner mes Ammonitides sénoniens. C'est à lui, en particulier, que je dois la détermination de ce Scaphite. Je saisis l'occasion qui se présente de dire combien je suis redevable à notre savant confrère, et de lui exprimer mes remerciements.

[2] De Grossouvre, *Ammon. de la Craie sup.*, p. 245.

[3] Variété figurée par M. Schlüter et par M. de Grossouvre. — Cette détermination m'a été pleinement confirmée par M. Kossmat.

C'est l'assise V qui contient la faune principale de la Madeleine, depuis très longtemps connue et parallélisée avec celle de Meudon [1] : *Belemnitella mucronata* Schloth., *Ostrea vesicularis* Lmk., *Lima marrotiana* d'Orb., *Inoceramus Heberti* Fallot, *Terebratula carnea* Sow., *Rhynchonella octoplicata* Sow., *Echinocorys vulgaris* Breyn. notamment la var. *ovata* (*Ananchytes ovata* Lmk.) [2].

Par analogie avec le Vercors, on peut regarder les couches à Huîtres (*Ostrea vesicularis* mut. *major* et *Ostrea* sp. aff. *vesicularis*) du sommet de l'assise V comme se plaçant à la limite du Maëstrichtien, sinon même déjà dans cet étage.

L'âge des assises se trouve donc, avec une approximation suffisante, fixé comme suit :

VI.	Maëstrichtien.	Sénonien supérieur (Aturien).
V.	Campanien supérieur.	
IV.		
III.		
II.	Campanien inférieur.	
I.	Sénonien inférieur	(Emschérien).

I. — SÉNONIEN INFÉRIEUR

CALCAIRE BLANC

Les calcaires blanchâtres à pâte très fine, dont les couches contiennent parfois des lits minces de silex presque noir, prédominent fortement dans l'Emschérien de la région. Leurs fossiles macrosco-

[1] Itier *in* Reynès, *Synchron. et Délimit. des Terr. crétac. du S.-E.*, 1861.
[2] Détermination de M. Lambert.

piques sont des Inocérames, passablement abondants en quelques points, des Ammonitides et des Oursins, très rares au contraire.

Des préparations prélevées en divers points de la région (Châtillon-le-Désert, le Moutas en face de Montmaur, le Rose au S. du bassin de Lus) montrent que la constitution intime de ces calcaires est assez peu variable dans ses principaux caractères. Voici ce que montre leur examen :

Minéraux clastiques.— Les grains de *quartz* peuvent exister même en grande abondance (Châtillon), ou au contraire faire défaut.

Organismes : Ils n'entrent dans la composition de la roche que pour une proportion relativement faible, inférieure par endroits à 1/10 ; ils sont irrégulièrement répartis.

Lamellibranches.— Les Inocérames sont représentés par de très rares prismes isolés et, dans la préparation du Rose, par deux grandes plaques montrant très nettement une mosaïque de prismes.

Spongiaires : Leurs spicules ne jouent qu'un rôle insignifiant. Ce sont des bâtonnets monoaxes de faibles dimensions, calcifiés, fragmentaires.

Foraminifères. — Ils sont au contraire très abondants, surtout au Rose. Leur taille et l'épaisseur de leur test sont très variables, mais les petites formes uniloculaires prédominent (*Orbulina* et surtout *Fissurina*). Il y a aussi beaucoup de formes calcaires pluriloculaires petites ou moyennes, la plupart à paroi mince, soit à un seul rang, soit à plusieurs rangs de loges, notamment des Textularidés. On observe aussi, en très petit nombre, de grands Foraminifères : un d'entre eux rappelle celui que M. Cayeux a figuré du « premier Tun » de Lezennes (Nord)[1], un autre se rapporte nettement aux Globigérines ; enfin M. Cayeux a attiré mon attention sur une remarquable forme carénée qu'il juge pouvoir être identifiée avec celle que

[1] L. Cayeux, *Contrib. à l'étude micrograph. des terr. sédim.*, pl. IX, fig. 2, n° 4.

M. Quereau a décrite et figurée, des « couches rouges » de la Klippe d'Iberg, sous le nom de *Pulvinulina tricarinata*[1]. On sait que M. Quereau considère ces couches comme appartenant au Tithonique, et dit d'ailleurs avoir aussi rencontré cette espèce dans des calcaires à *Aptychus* qui sont bien de cet âge. Mais, d'autre part, lui même et M. Lugeon[2] la signalent dans le Seewerkalk, c'est-à-dire dans le Crétacé supérieur incontesté des Hautes-Chaînes calcaires de Suisse et de Haute-Savoie. Il est intéressant d'avoir retrouvé en Dauphiné cette belle forme et établi ainsi sa grande extension géographique dans les Alpes au Sénonien. — A côté des sections immédiatement attribuables à des Foraminifères on voit abonder, au Rose surtout, des taches circulaires ou elliptiques de calcite incolore : l'attribution d'une partie au moins d'entre elles au même ordre de Rhizopodes est justifiée par l'observation de nombreux Foraminifères pluriloculaires dont la paroi a aussi disparu, soit complètement, soit à l'exception de la partie où les loges sont en contact. D'ailleurs, la plupart des Foraminifères ont subi une destruction partielle par voie chimique : la fragmentation de leur test peut présenter les divers degrés que M. Cayeux a si bien étudiés[3], et dont le terme ultime est la tache claire, ci-dessus indiquée, due à la recristallisation uniforme et du test et du remplissage de la loge. Il reste cependant nombre de coquilles entières et dont le remplissage ne diffère en rien du ciment. Enfin certains tests ont été fragmentés par voie dynamique.

Minéraux secondaires. — Outre la *calcite* secondaire, qui est abondante et dont une partie des plages représente des organismes ayant perdu toute forme, il y a de rares grains de *glauconie* et de *phosphate de chaux*.

---

[1] Quereau, *Beitræge z. geol. Karte d. Schweiz*, Lief. 33, 1893, p. 89, pl. V. — M. Cayeux estime que cette espèce n'appartient probablement pas, en réalité, à *Pulvinulina*, mais bien à *Globigerina*, et qu'elle pourrait être identique à *Globigerina* (*Rosalina*) *linnœana* = probablement *Gl.* (*R.*) *canaliculata* Reuss.

[2] M. Lugeon, *Région de la Brèche du Chablais*, p. 94.

[3] Voir particulièrement les descriptions et figures des Foraminifères du « banc des roux » (Craie du Nord). [Cayeux, *loc. cit.*, pp. 250-251 et pl. IX, fig. 8]

Ciment. — Le ciment, très prédominant, est formé de menus éléments de calcite et d'argile (celle-ci peu abondante), intimement mélangés.

Résumé. — Ce calcaire blanc du Sénonien inférieur est un *calcaire un peu argileux, à petits Foraminifères calcaires,* en partie détruits *in situ*, parmi lesquels les formes monothalamiennes l'emportent un peu. Il rappelle nettement, pour M. Cayeux, certaines craies du Sénonien inférieur du Bassin de Paris. En se reportant à son Mémoire [1] on constate, en effet, les analogies considérables qui existent, au point de vue des Foraminifères, entre ce calcaire, d'une part, et, de l'autre, la Craie blanche à *Micraster cor testudinarium* du Bray ou de l'Yonne. Là, comme dans notre région, les Foraminifères constituent l'élément organique prédominant, et parmi eux les formes monothalamiennes l'emportent, mais de peu (tandis que dans le Turonien elles avaient une prépondérance très accusée).

GRÈS

En divers points, la proportion des grains de quartz augmente dans le calcaire blanc qui devient gréseux sans que son apparence se modifie autrement. Mais en un petit nombre de localités (le Rose, bas de Combenoire) on rencontre des intercalations beaucoup plus différenciées ; c'est un *grès calcarifère spathique et glauconieux, englobant seulement des îlots clairsemés de calcaire blanc.*

Le Rose, au S. du bassin de Lus, est le point où ce type a son plus notable développement. Une préparation montre ce qui suit :

Enclaves vaseuses. — Dans la masse gréseuse on remarque d'abord nombre de petits îlots et quelques petites traînées d'un calcaire argileux à petits Foraminifères calcaires, ne contenant habituellement que peu ou même pas de minéraux clastiques; ce calcaire ressemble à celui qui vient d'être étudié et dans lequel se développent les bancs gréseux. Ces sortes d'*enclaves* vaseuses ne portent pas, en

[1] Cayeux, *op. cit.*, pp. 274 et 313.

général, de traces de remaniement mécanique, elles sont contemporaines du reste de la roche[1]. Exceptionnellement, toutefois, des organismes sont tranchés à leur pourtour : ainsi, dans l'une, un grand Foraminifère ; nous avons affaire là à de ces parcelles remaniées durant la consolidation que l'on a déjà signalées dans divers terrains.

Minéraux détritiques. — Quartz mal roulé, mal calibré, parfois en fort gros grains : il est toujours abondant et peut former plus de moitié de la roche. Quelques très rares éléments d'autres minéraux.

Organismes. — *Lamellibranches.* — Débris médiocrement abondants ; ils appartiennent surtout aux Inocérames : quelques prismes isolés, quelques plaques présentant de la silicification par places, et d'orientations diverses.

Bryozoaires. — a. c. Réduits par voie dynamique en fragments isolés, de dimensions assez diverses, jamais très grands cependant, souvent déchiquetés. Assez rares dans les îlots vaseux.

Échinodermes. — La moitié au moins des nombreuses plages de calcite (et notamment quelques-unes qui se présentent incluses dans des îlots vaseux) portent les mouchetures noirâtres régulièrement disposées qui caractérisent habituellement les restes d'Échinodermes. Souvent ces plaques sont entourées[2] de calcite secondaire qui a épousé leur orientation, qui les a nourries ; on voit les clivages se prolonger de la plaque dans son cadre secondaire. Parmi ces plaques il y a des débris de radioles, il y a aussi des entroques ; on remarque par exemple une section de plaque d'encrine à canal empli de glauconie. Beaucoup d'entre les plaques portent des traces d'usure par voie dynamique.

Spongiaires. — Les spicules sont fort rares. J'ai remarqué un grand bâtonnet monoaxe entier dans une enclave vaseuse.

---

[1] Elles offrent des analogies avec les îlots à Foraminifères que M. Cayeux a décrits (*l. c.*, p. 386) dans le calcaire saccharoïde du Coniacien du Loir.

[2] Observation de M. Cayeux.

Foraminifères. — Ils jouent un rôle assez important. D'une part, les formes uniloculaires *(Orbulina, Fissurina)*, escortées de quelques formes pluriloculaires à test mince, abondent dans les îlots vaseux, comme dans le calcaire blanc en général. De l'autre, dans les parties spathiques surtout, se rencontrent des Foraminifères plus grands, à test épais ; presque tous sont arénacés ; parmi ces formes de fond on note des Textularidés et de rares Rotalidés. La fragmentation est fréquente et due à des actions tantôt dynamiques, tantôt chimiques.

Minéraux secondaires. — *Calcite* très abondante, en plages avec clivages, quelquefois avec mâcles. *Glauconie* abondante, en grains assez gros formés manifestement *in situ*. Rares mouchetures de *pyrite*. *Calcédoine* assez rare.

Ciment. — Nous savons déjà qu'il comprend deux parts : l'une, la principale, de calcite largement cristallisée ; l'autre, de calcite et d'un peu d'argile associées en une pâte fine, semblable à celle des calcaires blancs. Le ciment est peu abondant par places, et habituellement loin de former la moitié de la roche.

Résumé. — La roche gréso-spathique du Rose provient d'un *sable* à grains, les uns quartzeux, les autres calcaires ; ces derniers, les moins nombreux, étaient constitués par des débris d'Échinodermes et de Bryozoaires ; des Foraminifères arénacés s'y mêlaient, et le tout était uni par un peu de boue calcaire. Ce sable était moucheté de parcelles de vase calcaréo-argileuse à Lagénides. Dans la consolidation, celle-ci a donné du calcaire blanc à pâte fine, tandis que le ciment calcaire du grès cristallisait largement, entraîné pour une bonne part dans leur recristallisation par les fragments d'Échinodermes.

Nombre des caractères de cette roche indiquent qu'elle s'est déposée dans des *eaux agitées :* ainsi l'état du quartz et la fréquente fragmentation dynamique des organismes. L'ensemble de la faune des parties gréseuses, notamment le rôle que jouent les Bryozoaires et les Foraminifères de fond, tendrait à indiquer des eaux peu profondes ; mais ces organismes peuvent (cela est même certain pour beaucoup d'entre eux) n'être pas en place, avoir été amenés par des

courants. Du moins doit-on admettre des actions mécaniques sur le fond ; elles sont attestées notamment par le remaniement de certaines parcelles vaseuses.

GRÈS DES GAS DE CHATILLON

A moins de 6 kilomètres à l'O. du Collet du Rose on atteint le grand lambeau de Crétacé supérieur entamé par la gorge des Gas de Châtillon-en-Diois. Les caractères extérieurs et certaines considérations stratigraphiques, dont cette proximité augmente l'importance, portent à assimiler à notre assise I le puissant complexe qui, là, forme la base de la série. Il est constitué[1] par des grès calcarifères et calcaires gréseux, d'autres grès, des poudingues et des conglomérats. Les premières de ces roches, qui prédominent, sont glauconieuses et spathiques comme les grès du Rose, avec lesquels elles offrent la plus remarquable analogie, non seulement dans leur aspect, mais aussi dans leur structure intime.

L'examen microscopique d'une série de préparations des Gas montre, en effet[2], que là aussi la roche a été originairement un sable à grains, les uns de quartz, les autres de calcaire (débris d'Échinodermes[3] et de Bryozoaires), uni par un peu de boue calcaire à Foraminifères de fond et semé de petites parcelles de vase calcaréo-argileuse à Foraminifères monothalamiens.

Toutefois, il faut noter deux différences avec le Bochaine. C'est d'abord l'importance plus grande, la prépondérance parfois, qu'acquièrent ici les débris de *Bryozoaires :* çà et là leurs colonies couvrent la surface des bancs, sans que j'aie pu cependant m'assurer s'il y en avait de complètes ; toutes les préparations montrent des débris de dimensions très diverses, pêle-mêle, souvent plusieurs en contact les uns avec les autres. Il y a depuis les débris macroscopiques, souvent déchiquetés, jusqu'à ceux qui ne comprennent qu'un petit fragment de loge, et, comme M. Cayeux le dit pour une craie

---

[1] Cf. Lory et Sayn, *Constit. du Crétacé aux env. de Châtillon*, 1895.

[2] M. Sayn et moi avons déjà donné (*l c.*, p. 13) des indications sommaires sur le résultat de cet examen.

[3] On reconnaît parmi eux des radioles et des articles de Crinoïdes.

emschérienne de la vallée du Loir[1], « on passe graduellement des petits éléments dont la forme et la structure permettent de les attribuer en toute certitude aux Bryozoaires, à d'autres plus exigus qu'on est amené, par continuité, à rattacher aux mêmes organismes ». Si au Rose on se trouve vraisemblablement en présence de débris entraînés là où ils gisent par les courants, aux Gas le broyage a dû avoir lieu à peu près sur place, c'est-à-dire que le fond devait y être couvert, par endroits, d'un tapis de Bryozoaires et soumis à des actions mécaniques particulièrement énergiques.

En second lieu, les débris d'Échinodermes et de Bryozoaires jouent un rôle notable parmi les organismes des îlots vaseux eux-mêmes et par suite la structure de ceux-ci s'éloigne plus qu'au Rose de celle du calcaire blanchâtre.

Ces particularités de structure cadrent bien avec le caractère *côtier* que la présence d'un grand delta torrentiel[2] atteste être celui du Sénonien inférieur aux Gas. Cette roche à Bryozoaires rappelle vivement certaines assises de l'Emschérien sublittoral du S. O. du Bassin de Paris; ainsi, dans la vallée du Loir, le calcaire à *Ostrea auricularis* de Torchay, la craie sableuse à Bryozoaires[3].

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Le Sénonien inférieur est représenté, en général, par un *calcaire à petits Foraminifères de surface*, qui est un sédiment *pélagique*[4]. Il passe vers le littoral N.-O. à un *calcaire gréseux et glauconieux à Bryozoaires*, avec débris d'Échinodermes et Foraminifères de fond, sédiment à la fois *benthogène et terrigène*[5]. A la limite les deux

---

[1] *Op. cit.*, p. 387.

[2] Lory et Sayn, *l. c.*; Paquier, *Diois et Baronnies*, p. 262.

[3] Cayeux, *op. cit.*, pp. 386 et 389.

[4] J'emploie ce terme au sens où l'ont pris les naturalistes du Challenger (J. Murray et A. Renard, *Rep. Challenger, Deep-Sea Deposits*) et qui a été adopté par M. Cayeux (*l. c.*, p. 470); les *sédiments pélagiques* sont, pour eux, caractérisés par la prépondérance des dépouilles d'organismes de surface.

[5] Cf. Cayeux, *l. c.*, p. 470. Les sédiments *terrigènes* sont, comme on sait, ceux qui renferment une notable proportion de matériaux apportés de la terre.

facies s'enchevêtrent, c'est-à-dire que dans le limon crayeux à petits Foraminifères les apports des courants ont formé des intercalations de boue sableuse à débris de Bryozoaires.

Il est vraiment intéressant de relever encore une fois l'analogie entre cette constitution de l'Emschérien et celle que l'on observe dans le Bassin de Paris : là aussi, la craie à Foraminifères pélagiques des régions centrales est remplacée, vers la bordure S.-O., par des calcaires à Bryozoaires et grands Foraminifères arénacés, et entre les deux il existe une zone de transition où les dépôts offrent des caractères variables et intermédiaires entre les deux principaux types.

SÉNONIEN SUPÉRIEUR

CAMPANIEN INFÉRIEUR

ASSISE II

CALCAIRE GRIS BLEUATRE

Le type principal de la seconde assise sénonienne est un calcaire gris clair, à pâte bien moins fine et moins homogène que le calcaire blanc emschérien, piqueté sur les sections de très fines parcelles spathiques et pouvant présenter une légère différenciation en zones alternativement d'un gris franc et bleuâtre. Ses lits alternent avec ceux d'un calcaire plus mat, plus argileux, auquel d'ailleurs lui-même arrive à ressembler par altération, de sorte que le tout prend l'apparence d'une assise de calcaires marneux bleu noir. Souvent des paillettes de mica blanc abondent sur les surfaces des couches.

La rareté des fossiles macroscopiques est extrême, sauf aux envi-

---

M. Cayeux a créé le terme de *benthogènes* pour les sédiments où les organismes de fond ont la prépondérance. Il a eu surtout en vue précisément des calcaires sénoniens à Bryozoaires du Bassin de Paris.

rons de Furmeyer dans la couche de base déjà citée, laquelle est remarquablement riche au contraire en Inocérames.

Type de Chateluce. — La constitution microscopique des lits calcaires varie entre d'assez larges limites. Voici ce que montre un échantillon recueilli au S. de Montmaur, à Chateluce (Pl. II, fig. 1) :

Minéraux clastiques. — *Quartz* en grains mal calibrés, cependant tous peu volumineux, souvent très mal roulés : leur origine ne doit pas être bien lointaine. Abondance assez grande, répartition très irrégulière, parfois groupés en nids.

Organismes. — *Bryozoaires* : rares fragments.

Echinodermes : Quelques rares débris, notamment de radioles.

Spongiaires : Ce groupe prédomine nettement. Les spicules constituent plus de 1/10 de la roche, 1/5 peut-être, formant par places un véritable feutrage. Les bâtonnets monoaxes, les plus nombreux, sont, pour la plupart, robustes. Les formes globuleuses abondent aussi. Au contraire, les spicules multiradiés sont très rares, et parmi les quelques uns que j'ai pu observer aucun ne se rapporte aux Hexactinellides. — Les spicules sont calcifiés ; quand le canal n'a pas disparu, il est souvent élargi et rempli par de la glauconie, de la pyrite, ou de la calcite cristallisée autrement que celle de la paroi. Le tronçonnement mécanique et surtout la destruction partielle par voie chimique sont fréquents.

Foraminifères : Ils ne jouent qu'un rôle tout à fait secondaire. Ce sont surtout des formes arénacées de taille moyenne, particulièrement des Textularidés et Rotalidés. En outre, quelques très rares formes calcaires pluriloculaires.

Minéraux secondaires. — La *glauconie,* assez répandue, n'est nulle part bien abondante ; la *pyrite*, la *limonite* le sont un peu plus ; la *silice* n'existe dans la préparation qu'en faible quantité ; la *calcite* secondaire abonde par contre ; le *phosphate de chaux* n'est pas fort rare.

Ciment. — Le ciment est prédominant, mais pas très fortement. C'est, pour la majeure partie, un mélange très fin de calcite et d'un peu d'argile, le surplus étant formé de plages de calcite, soit petites et groupées en mosaïque, soit plus grandes avec mâcles et clivages.

Structure. — Il y a une orientation et un groupement des éléments en zones parallèles à la stratification, ce qui indique une action mécanique de l'eau sur le fond. L'état des organismes montre que la recristallisation est assez avancée.

Résumé. — Cette roche est un *calcaire un peu argileux à spicules et à grains de quartz* avec, accessoirement, des Foraminifères arénacés.

Métamorphoses, État initial, Comparaison avec les gaizes. — L'activité chimique a joué dans la formation de cettte roche un rôle assez notable, bien que moindre que ceux des activités mécanique et physiologique : dissolution et calcification de spicules de Spongiaires, dissolution partielle ou même totale de Foraminifères, formation de minéraux secondaires, savoir de calcite et d'un peu de silice, de glauconie, de pyrite, de phosphate de chaux.

On fait assez aisément la part de ces modifications : elle ne sont, en somme, ni assez profondes, ni assez complexes pour qu'on ne puisse pas se représenter l'état initial de la roche ; celui-ci doit avoir été, ainsi que M. Cayeux me le fait observer, le même que l'état initial des *gaizes*, « une boue calcarifère et argileuse, chargée d'une quantité très variable d'éléments de transport, renfermant un grand nombre d'organismes siliceux et, accidentellement, des Foraminières[1] ». Ce calcaire peut donc encore nous donner une idée approximative de ce que serait une gaize consolidée dans son état primitif. Mais tandis que beaucoup de gaizes ont été enrichies en silice aux dépens des couches qui les surmontent[2], c'est un appauvrissement en cette substance qu'a subi notre roche : la silice secondaire, qui y est disséminée ou très rarement y forme une trame, ne représente

---

[1] Cayeux, *op. cit.*, p. 79.
[2] Cayeux, *op. cit.*, p. 77.

point la quantité qu'a mise en liberté la calcification des spicules. Le surplus a pu contribuer à former les lits de silex de l'Emschérien.

Il n'y a guère de dépôts analogues à celui-ci dans le Sénonien du Bassin de Paris ni de la Belgique ; certaines ressemblances sont à relever cependant avec la « Smectique de Herve » à *Bel. quadrata,* avec le Spongolithe du sommet du Crétacé de Langeais, avec certaines parties de la Craie de Meudon, tous dépôts riches en spicules, et qui sont, eux aussi, campaniens.

Faciès. — Au point de vue de l'origine de ses éléments, *ce sédiment est à la fois terrigène et benthogène.* Les éléments terrigènes sont surtout l'argile, le quartz, les micas ; les éléments benthogènes, les spicules et les Foraminifères arénacés. Suivant le point et la couche considérés, l'une ou l'autre catégorie prédominerait.

La simultanéité de fréquence des minéraux clastiques, des spicules robustes et des Foraminifères arénacés, est un fait très souvent observé, normal peut-on dire, et que l'on sait indiquer un sédiment formé à une profondeur médiocre[1] qui, probablement, n'atteignait pas ou ne dépassait guère une centaine de mètres. Si, comme toute évaluation de profondeur absolue, celle-ci ne peut être donnée que sous réserves, par contre on peut affirmer que *la profondeur avait diminué* depuis le moment où se déposaient uniformément les calcaires pélagiques du Sénonien inférieur.

Le tronçonnement fréquent des organismes et en particulier des spicules, le groupement et l'ébauche de stratification des éléments, attestent une action dynamique de l'eau sur le fond de la mer, plus marquée qu'à l'époque précédente.

Ces caractères micrographiques s'accordent bien, d'ailleurs, avec les particularités stratigraphiques que présente le voisinage : en une série de localités, l'assise marno-calcaire II fait défaut entre les calcaires blancs I et les calcaires zonés III et en un point, à quelques centaines de mètres seulement de celui où a été recueilli l'échantillon examiné, l'assise III est visiblement discordante sur I, qu'elle ravine.

---

[1] L'absence de spicules d'Hexactinellides est aussi en faveur de cette conclusion.

Modifications vers le Nord Ouest. — Par l'examen d'échantillons recueillis dans d'autres localités (Durbonas, les Villageois de Lus), on voit les différences entre la constitution des deux premières assises sénoniennes s'atténuer de Montmaur vers le N.-O. L'abondance des spicules diminue et des formes grêles se mêlent aux robustes; les Foraminifères arénacés disparaissent (aux Villageois), tandis que les petites formes calcaires, si rares à Chateluce, se multiplient : ce sont surtout des coquilles pluriloculaires, mais aux Villageois il y a aussi des *Orbulina* et *Fissurina;* enfin la proportion du ciment augmente.

En somme, à l'O. de Lus les conditions de dépôt s'étaient relativement peu modifiées depuis l'Emschérien ; la constitution des calcaires du Campanien inférieur s'y rapproche autant, sinon plus, de celle du calcaire blanc que de celle des dépôts contemporains des environs de Montmaur.

GRÈS

La proportion de minéraux clastiques augmente beaucoup par places et l'on arrive à des grès quartzo-micacés, avec ciment de calcaire marneux plus ou moins abondant : les intercalations gréseuses sont plus fréquentes à ce niveau que dans l'Emschérien. Ces grès constituent des lentilles, des lits incorporés à des couches calcaires, ou des couches entières ; ils ont une tendance à la schistosité, résultant d'une stratification des éléments et en particulier de la concentration, sur certains plans parallèles aux surfaces, de paillettes de mica et parfois de parcelles de lignite.

Les minéraux clastiques sont ceux des Granites : le *quartz,* qui forme plus de moitié de la roche ; les *feldspaths* dans le S., surtout au pied S.-E. de Bure ; les *micas*, très répandus et parfois abondants : les micas blancs prédominent de beaucoup sur les noirs.

La *glauconie* est loin d'avoir la même importance que dans les grès emschériens.

Les grès peuvent devenir grossiers et passer à des poudingues.

CONCLUSIONS

En résumé, la mer du Campanien inférieur, dans la partie de la région qu'elle recouvrait, présentait des profondeurs variables,

faibles ou assez faibles. Les eaux agissaient mécaniquement sur le fond, avec beaucoup d'énergie en certains points. Des courants y entraînaient, de l'E. notamment (graviers de feldspaths), des minéraux clastiques qui partie se disséminaient, partie formaient des intercalations sableuses, terrigènes, dans la boue calcaréo-argileuse, chargée d'organismes, constituant le dépôt principal. Les spicules étaient l'élément benthogène essentiel ; très robustes et associés à quelques Foraminifères arénacés dans les parties les moins profondes, ailleurs ils devenaient plus grêles et ne prédominaient plus que peu sur de petits Foraminifères calcaires, pélagiques, de sorte qu'en ces points les dépôts rappelaient encore un peu ceux de l'Emschérien.

CAMPANIEN SUPÉRIEUR

La masse calcaire qui termine le Crétacé est autrement puissante et résistante que les deux assises déjà étudiées : c'est elle qui forme toutes les grandes crêtes du Dévoluy.

ASSISE III

La première assise des calcaires durs est caractérisée, avons-nous dit, par la *structure zonée* de ses bancs et leur régularité. Il existe une différenciation assez nette, dans sa constitution, entre l'O. et le N.-E. de la région : nous allons examiner successivement chacun de ces types de l'assise.

TYPE OCCIDENTAL

Il est représenté par des calcaires à patine gris bleu, encore sensiblement argileux. Leurs tranches altérées sont façonnées en cannelures assez fortes, révélant, bien mieux que ne le ferait l'examen des cassures fraîches, une tendance à la stratification des éléments. Les fossiles macroscopiques sont des plus rares : quelques Inocérames en mauvais état, deux ou trois moules d'autres Lamellibranches. Par l'ensemble de ses caractères extérieurs, ce type est encore bien voisin de celui des couches les moins marneuses de l'assise II. Il s'en rapproche également par sa constitution intime, comme le montre l'étude

micrographique ci-dessous (échantillons prélevés au col du Moutas vers la base de l'assise, à Agnielles, au col de la Croix-Haute).

Structure. — Il y a une tendance des éléments à se stratifier, tantôt assez nette (le Moutas), tantôt peu accusée.

Minéraux clastiques. — *Quartz*, rare ou médiocrement abondant, en petits grains parfois très mal roulés.

Organismes. — *Échinodermes :* rôle insignifiant, quelques débris au Moutas.

Spongiaires : C'est encore, comme dans le Campanien inférieur, le groupe prédominant. Les spicules paraissent former en moyenne plus de 1/20 de la roche, et par places y entrent pour 1/10 au moins : souvent dans le champ du microscope on en voit plusieurs en contact les uns avec les autres. Ce sont encore les bâtonnets monoaxes qui prédominent ; leurs dimensions sont variables, leur section est en moyenne de moindre diamètre que dans l'assise II et il y a une proportion notable de formes grêles. Si beaucoup de ces bâtonnets ont subi une fragmentation mécanique, on en observe aussi, particulièrement au col de la Croix-Haute, de très longs et grêles qui ne sont pas fragmentés. Les spicules globuleux ne sont en proportion notable que dans la roche du Moutas. Partout il y a quelques spicules multiradiés, ils sont donc moins rares que dans les autres assises : la plupart d'entre eux ont trois branches visibles ; à la Croix-Haute il y en a qui proviennent d'Hexactinellides. Les spicules sont calcifiés ; leur canal a souvent été très élargi et s'est parfois empli de pyrite. Un très grand nombre ont subi un commencement de dissolution.

Les couches de base contiennent, au col du Moutas, des Spongiaires fragmentés, visibles à l'œil : leurs sections montrent au microscope des oscules et un feutrage de spicules.

Foraminifères : Leur rôle est faible. Ils sont représentés à la fois par des formes calcaires et arénacées. Les premières prédominent, elles sont même abondantes au col de la Croix Haute ; leur taille est ordinairement faible. La dissolution les a fréquemment entamées ou même réduites à un menu débris : il est évident qu'ici encore la teneur en Foraminifères est inférieure à ce qu'elle était originairement.

Les formes arénacées (des Rotalidés notamment) sont, elles aussi, d'assez faibles dimensions et de faible épaisseur.

Minéraux secondaires. — Il y a beaucoup de *calcite* secondaire, mais les parcelles correspondant visiblement à des débris d'organismes indéterminés sont peu abondantes. Rares grains de *glauconie*. Un peu de *pyrite*.

Ciment. — Il est prépondérant, formé d'un mélange intime de calcaire et d'un peu d'argile, en éléments fins.

Résumé. — Ce *calcaire à spicules*, que par places on pourrait presque appeler un *spongolithe* calcifié, rappelle encore beaucoup celui qui prédominait dans l'assise précédente.

Il y a cependant des différences. Ainsi, pour la partie S. de la région, la roche du Moutas (III) diffère de celle de Chateluce (II) par la moindre robustesse de ses spicules, l'existence de spicules longs et grêles entiers, la prédominance des Foraminifères calcaires sur les arénacés, caractères qui indiquent des eaux plus tranquilles et un peu plus profondes. La constitution ne s'est, au contraire, que fort peu modifiée dans le N.-O., où dès le Campanien inférieur elle se rapprochait (roche des Villageois) de celle que nous venons d'étudier dans la roche de la Croix-Haute. Enfin, la différenciation entre les diverses parties de la région occidentale est maintenant réduite à peu de chose. Elle est cependant marquée par la diminution des spicules globuleux et l'apparition des spicules d'Hexactinellides, ainsi que par l'augmentation du nombre des Foraminifères calcaires, lorsqu'on passe des environs de Montmaur à ceux de la Croix-Haute : il y avait donc encore à cette époque un léger accroissement de tranquillité et de profondeur des eaux vers le N.-O.

GRÈS

Les lentilles de grès qu'englobent les calcaires cannelés sont assez peu nombreuses et peu épaisses, ce qui indique bien encore la diminution d'importance des courants.

On peut citer une lentille de grès calcarifère riche en Huîtres, vers le point où le Buëch sort du bassin de Lus. Les grains de quartz

y sont semés dans un ciment de calcite, en bonne partie en grandes plages. Outre les débris de Lamellibranches, on en trouve quelques-uns de Bryozoaires et d'Échinodermes. En outre, quelques Foraminifères arénacés, Textularidés et Rotalidés notamment. Ce dépôt en eaux agitées est séparé, comme on voit, du type normal par l'absence de spicules.

TYPE ORIENTAL

Dans la partie de la région où l'assise III est transgressive[1], ainsi que dans celle qui lui fait suite au S., les calcaires sont plus durs qu'à l'O. et surtout beaucoup plus nettement zonés. Sur les tranches des couches alternent des bandes blanchâtres et d'autres gris foncé ou rousses ; dans les sections fraîches les premières sont à peu près mates, tandis que sur les secondes les parcelles cristallines prédominent. L'épaisseur des zones varie dans une large mesure : les zones cristallines, surtout, peuvent être toutes très minces, ne dépassant pas 1/3 de millimètre ; d'autres fois elles atteignent 2–3 millimètres.

La silice joue un rôle important : elle se trouve en forte proportion tantôt dans de minces zones isolées, tantôt dans un ensemble de zones alternativement plus foncées et plus claires en même temps que plus cristallines. Il y a aussi des lits de silex sans zones visibles.

De cette structure résultent des variations importantes dans l'altérabilité, selon des plans qui constituent des surfaces de plus facile division. Par suite, les couches se délitent aisément en plaquettes : celles-ci forment d'immenses casses blanchâtres, caractéristiques du Dévoluy.

Ces calcaires, d'aspect si spécial qu'on les reconnaît aisément, même loin de la région, dans les galets des alluvions, n'offrent pas dans leur constitution intime des caractères aussi tranchés (Pl. II, fig. 2, 3).

Structure. — Le microscope permet cependant de s'assurer que la structure extérieure zonée n'est que la manifestation d'une *différenciation primitive en zones très minces*, due à l'orientation et au grou-

[1] A une exception près, le vallon supérieur du ruisseau de la Croix-Haute.

pement des éléments sous l'action mécanique de l'eau et soulignée par une *silicification postérieure* (lamelles de calcédoine secondaire). Dans les couches à tranches non zonées, comme celles du sommet du Roc de Corps, la stratification intime n'existe pas non plus.

Minéraux clastiques. — Toutes les préparations montrent de petits grains de *quartz*, mais peu abondants.

Organismes. — Ils sont toujours abondants, mais sans cependant prédominer jamais, du moins si l'on ne considère que les restes dont l'origine organique est encore manifeste. L'attribution à des groupes déterminés ne peut malheureusement être faite que pour une minorité d'entre ces restes.

C'est ainsi que les restes certains d'*Inocérames* (prismes) et de *Bryozoaires* (menus débris de colonies) sont en petit nombre, alors que dans chaque préparation un grand nombre de fragments pourraient appartenir à ces groupes.

Spongiaires : Spicules d'abondance variable ; c'est dans le calcaire non zoné du Roc-de-Corps qu'ils sont le plus nombreux : ils en sont les éléments figurés prépondérants. Presque tous sont calcifiés. Les bâtonnets monoaxes prédominent parmi eux et la plupart sont petits et grêles ; la fragmentation mécanique est très fréquente, ainsi que la dissolution partielle. Il y a aussi des spicules globuleux.

Foraminifères : c. Ils sont généralement calcaires, minces, de petite taille, incomplets ; les formes monoloculaires sont rares. Le remplissage est le plus ordinairement de la calcite, exceptionnellement de la silice, assez souvent du ciment, surtout dans de petites formes à demi dissoutes. Les formes arénacées sont très rares (*Textularia* au Vallon de l'Obiou) ou même absentes. Beaucoup de Foraminifères ont subi une fragmentation mécanique.

L'abondance des organismes et l'importance relative du rôle des divers groupes varient beaucoup. Les préparations de calcaires zonés typiques de l'Obiou, des Amayères, indiquent des *calcaires à petits Foraminifères calcaires* et, en second rang, à prismes d'Inocérames, avec abondance plus grande des deux groupes dans la première localité que dans la seconde. Les spicules, assez abondants dans la base

de l'assise à l'Obiou, presque absents aux Amayères, pullulent au sommet du Roc-de-Corps, où, par contre, les deux autres groupes sont très peu représentés.

Minéraux secondaires. — Les grains de *glauconie*, de *phosphate de chaux*, sont très rares ou même absents. Au contraire, il y a toujours de la *calcite* et de la *silice* secondaires, en proportions d'ailleurs très variables. La seconde se présente surtout, comme il a été dit, en lamelles orientées comme les éléments primaires (Pl. II, fig. 3, I-III).

Ciment. — Le ciment est encore un mélange intime de calcite, en très menus éléments, et d'argile, la proportion de celle-ci paraissant encore plus faible que dans les calcaires précédemment examinés. Dans les couches zonées, il y a alternance de zones riches et pauvres en organismes et débris de calcite. Il peut se faire que, même dans les premières, le ciment prédomine sur l'ensemble des autres éléments ; mais il arrive aussi qu'il n'entre pas pour moitié dans leur constitution, tout en l'emportant sur les organismes reconnaissables (Pl. II, fig. 2, zones I à V).

Résumé. — En somme, l'assise III est principalement constituée dans l'E. de la région par un calcaire très légèrement argileux, riche ou assez riche en petits Foraminifères calcaires, ou quelquefois en spicules peu robustes, contenant en outre une notable proportion de menus restes organiques méconnaissables, souvent chargé de silice secondaire, et sur lequel l'action mécanique des eaux a, dans la plupart des couches, marqué fortement son empreinte par la stratification des éléments et par la fragmentation de beaucoup d'organismes.

Tandis que ces derniers caractères témoignent d'une agitation presque générale des eaux, c'est-à-dire que vraisemblablement à peu près toute cette partie de la région était parcourue par des courants, ce que nous avons reconnu de la faune n'indique pas des profondeurs particulièrement faibles.

Comme différences avec le type occidental on relève, outre la stratification intime bien plus nette, la diminution du rôle des spicules, l'augmentation de celui des petits Foraminifères. Les courants devaient être moins développés à l'O. qu'à l'E. ; les conditions bathymétriques différaient probablement peu, de part et d'autre, mais les données que nous possédons ne suffisent pas pour une comparaison précise.

Explication de la Planche I

Fig. 1 et 2. — Calcaire blanc sublithographique du Sénonien inférieur (assise I). Le Rose près Lus.

Calcaire à petits Foraminifères calcaires et notamment à formes uniloculaires.

Fig. 1. — Gross. 45 diamètres ; **S**, petits spicules ; **F_1**, *Pulvinulina tricarinata.* — Nombreux petits Foraminifères : *Orbulina* et surtout *Fissurina :* **F_5**, Foraminifères dont la paroi a en grande partie disparu par dissolution ; **F_6**, emplacement d'une coquille de Foraminifère détruite, occupé par de la calcite presque toute incolore.

Fig. 2. — (Même préparation.)— Gross. 45 diam. ; **I**, plaque d'Inocérame (**Si**, partie silicifiée) ; **i**, prismes d'Inocérames isolés ; **F_2**, *Orbulina ;* **F_3**, *Fissurina ;* **F_4**, Foraminifères multiloculaires ; **F_5**, **F_6**, comme dans la fig. 1 ; **F_7**, débris de test de Foraminifères.

Fig. 3. — Calcaire gréseux, à débris de Bryozoaires et d'Échinodermes, du Sénonien inférieur. Ravel, sur la gorge des Gas de Châtillon-en-Diois.

Gross. 16 diam. ; **q**, grains de quartz ; **c**, filonnet de calcite ; **g**, grain de glauconie.

B, Débris de Bryozoaires fragmentés par voie dynamique ; **E_1**, plaque d'Échinoderme, avec de la glauconie dans son canal ; **E_2**, plaque d'Échinoderme nourrie par de la calcite secondaire ; **F_1**, Textularidé arénacé en voie de dissolution ; **F_2**, autre Foraminifère arénacé ; **F ?**, section de nature douteuse, Gastropode ou grand Foraminifère.

Explication de la Planche II

Fig. 1. — Calcaire gréseux à spicules du Campanien inférieur (assise II). Vallon de Chateluce, au S. de Montmaur.

Gross. 30 diam.; **q**, grains de quartz; **p**, pyrite.

S_1, spicule monoaxe.

S_2, — globuleux.

S_3, — triradié.

S_4, tronçon de spicule à paroi réduite à une pellicule et canal empli de calcite.

S_5, tronçon de spicule à canal élargi, à remplissage imprégné de pyrite.

S_6, spicule en état de dissolution très avancée.

F_1, Rotalidé arénacé.

F_2, autre Foraminifère arénacé.

F_3, Foraminifère calcaire.

Fig 2 et 3. — Calcaire zoné du Campanien supérieur, assise III. Le Vallon de l'Obiou.

Calcaire à petits organismes (Foraminifères et spicules) et à menus fragments de calcite, avec tendance très nette des éléments à la stratification.

Fig. 2. — Gross. 16 diam.; I à V, zones particulièrement chargées d'organismes et de parcelles de calcite; **c**, lamelle de calcite; **F**, Foraminifères. **S**, spicule.

Fig. 3. — (Même préparation.) — Gross. 35 diam.; I, II, III, lamelles de calcédoine secondaire, orientées parallèlement à la stratification; **q**, grain de quartz; **c**, parcelles de calcite, d'origine probablement organique.