

LES CALCAIRES ET SCHISTES FRASNIENS DANS LA RÉGION DE FRASNE

PAR

M. É. Dupont.

PLANCHE V

Nous possédons, dans la série paléozoïque belge, deux grands groupes de calcaires, différant l'un de l'autre tout d'abord par leur âge et par leurs rapports avec des roches quartzo-schisteuses.

L'un est devonien; l'autre est carbonifère.

Tous les deux ont, pour soubassement et pour couronnement, de grands amas quartzo-schisteux; mais le premier se compose de puissantes masses calcaireuses, au milieu desquelles l'élément quartzo-schisteux joue un rôle important, soit par intercalation, soit par enveloppement; le second, en masses beaucoup plus puissantes encore, est entièrement calcaireux, sauf dans la partie inférieure où quelques couches schisteuses existent accessoirement.

En d'autres termes, pour l'un, l'élément quartzo-schisteux est souvent prépondérant; pour l'autre, l'élément calcaireux est à peu près exclusif.

Le mode de ces calcaires est, sous ces seuls côtés, déjà de grand contraste. Mais on ne pouvait l'apprécier dans ses détails que par des faits recueillis nombreux et avec une rigoureuse méthode.

La stratigraphie et la paléontologie devaient en premier lieu joindre leur action pour établir la base de l'étude géologique de ces deux grands horizons calcaireux. Cette étude fut aussi longue que laborieuse.

Pour l'exécuter, il fallut à peu près un quart de siècle à M. Gosselet pour le calcaire devonien et à moi-même pour le calcaire carbonifère.

Ces solutions obtenues, on pouvait aborder d'autres points de vue.

Les différences d'aspect entre les amas calcaireux devoniens et carbonifères apparaissaient saillantes et de nature à écarter au premier abord toute idée d'analogies autres qu'une commune composition chimique. Il n'y avait lieu, semblait-il, de les comparer que de la manière usitée pour les roches sédimentaires ordinaires, c'est-à-dire de constater leurs différences pétrographiques, paléontologiques et stratigraphiques.

L'élaboration de ces terrains ne pouvait cependant s'arrêter là.

Le calcaire devonien, aussi bien que le calcaire carbonifère, présente des anomalies de conformation contre lesquelles les méthodes ordinaires de la géologie viennent souvent se heurter à des impossibilités matérielles. En ne s'y montrant pas applicables, ces méthodes mettent en demeure ou de rester impuissant devant ces intéressants terrains ou d'en rechercher de nouvelles, propres à y apporter la lumière.

Le problème se posait en termes précis et, au fond, analogues pour les calcaires de chacune des deux époques, ainsi qu'on peut en juger par les citations suivantes :

En 1874, M. Gosselet disait :

« C'est surtout au calcaire de Frasne qu'il faut appliquer les vues de M. d'Omalius sur la disposition du calcaire en lentilles. Rien n'étonne plus le géologue habitué à la continuité des couches que de se trouver en présence d'une de ces collines telle que celle qui porte la croix de Frasne. Voilà une masse calcaire épaisse de 500 à 600 mètres et composée de bancs réguliers, qui disparaît tout à coup. Que devient-elle? Est-elle rejetée en avant ou en arrière par une faille? C'est la première pensée qui vient à l'esprit; mais on se convainc bientôt qu'elle est erronée. On a beau chercher, on ne trouve plus de calcaire; d'un bout à l'autre, l'assise est schisteuse.

» Le calcaire de Frasne ne forme donc pas de plateau continu, mais des pitons qui simulent de loin un cône volcanique, des collines isolées à contours arrondis souvent plus élevées que le plateau voisin de calcaire de Givet » (1).

En 1883, je disais, de mon côté, à propos du Calcaire carbonifère :

« Certains groupes de calcaires répondent, par leur symétrie, leurs dispositions réciproques, la continuité et la régularité de leurs couches, aux caractères des roches déposées, aussi bien que le font les psammites et les schistes devoniens dans les creux desquels ils reposent. Mais il en est d'autres qui se refusent à toute solution par cette

(1) Carte géologique de la bande méridionale des calcaires devoniens de l'Entre-Sambre-et-Meuse. (*Bull. de l'Acad. roy. de Belg.*, 2^e sér., t. XXXVII, p. 100.)

méthode et dont l'origine, par le fait même, est absolument différente. Enchevêtrés dans les précédents, ils ne présentent aucune symétrie dans l'agencement des éléments variés qui les composent; leurs disparitions, leurs allures, leur continuité sont des plus irrégulières; tantôt ils sont en longues lignes étroites sous forme de murs, tantôt en petites masses qui se perdent rapidement au milieu des couches des autres amas. Les bords de ces murs sont échancrés et dentelés, ils se réunissent, se séparent, s'élargissent, se rétrécissent et se perdent en produisant le phénomène des lacunes stratigraphiques, sur lequel j'ai souvent insisté » (1).

La concordance des deux conclusions, fruits l'une et l'autre de travaux de carrière et obtenues l'une et l'autre par des recherches indépendantes, est manifeste. Les calcaires devoniens, particulièrement les calcaires frasniens, certaines parties du Calcaire carbonifère, particulièrement les calcaires waulsortiens, présentent, pour caractère stratigraphique, une extrême irrégularité d'allures qui les fait échapper aux règles des masses dont ils sont entourés.

Seulement, les calcaires frasniens se trouvent au milieu de schistes, tandis que les calcaires waulsortiens se trouvent au milieu d'autres calcaires.

Quelle pouvait être la cause de ces anomalies de constitution qui déroutaient le géologue? Quelles lois stratigraphiques, quels phénomènes avaient pu présider à la formation de ces masses irrégulières, sans continuité?

C'est lorsque je me posai, en 1880, le *problème des origines* de ces roches, que je pus enfin entrevoir la solution (2).

Les calcaires avaient-ils tous une *origine* identique et n'est-ce pas dans cette direction qu'il fallait rechercher la cause des manifestations si différentes de ces masses de même composition?

(1) Carte géologique de la Belgique. Explication de la feuille de Dinant, p. 5.

(2) Voici par quelle suite de circonstances je fus amené à aborder ce problème.

Mes études sur le Devonien m'avaient convaincu depuis longtemps que nos calcaires de cet âge étaient d'origine corallienne. J'avais même essayé, en 1874, de faire entreprendre par un naturaliste du Musée des recherches dans cette voie. Je les repris personnellement en 1880 quand, ayant à peu près terminé le levé du Calcaire carbonifère, je commençai celui du Devonien moyen. Je ne tardai pas à acquérir la preuve définitive que tous les calcaires de ce terrain ont, en effet, pris naissance par l'action des coraux et, la même année, des observations près de Beaumont sur le calcaire frasnien connu sous le nom de Marbre Sainte-Anne me montrèrent que les amas waulsortiens du Calcaire carbonifère avaient la même origine, tandis que presque tout le reste de ce grand terrain calcareux n'était pas coralligène.

C'est alors que se posa nettement dans mon esprit le problème des origines et que je parvins à le résoudre.

L'orientation était bonne et elle aboutit à la théorie corallienne que je formulai en 1881 pour les calcaires devoniens (1) et en 1883 pour le calcaire carbonifère (2).

Elle peut s'exprimer ainsi :

- 1° Tous ces calcaires ont une origine exclusivement organique ;
- 2° Presque tout le calcaire devonien, une partie du calcaire carbonifère sont non seulement coralligènes, mais beaucoup de leurs masses sont formées par du véritable « calcaire construit », obéissant à toutes les lois de formation et de disposition des calcaires coralligènes actuels, lois absolument spéciales et différentes des lois qui président à la formation et à la disposition des couches sédimentaires ;
- 3° Malgré leurs origines également organiques, il y a aussi de grandes masses de calcaires « sédimentaires », surtout dans le calcaire carbonifère, et il est facile, par leurs allures, par les organismes producteurs ou par les éléments triturés qui leur ont donné naissance, de les distinguer des calcaires coralligènes proprement dits.

Ces données, appliquées à nos deux grands terrains paléozoïques calcaireux, permettent d'en comprendre la constitution, quelque compliquée qu'elle apparaisse.

Le présent mémoire a pour objet l'étude des calcaires et schistes frasniens dans leur localité classique et, à un point de vue confirmatif, dans les environs de Roly et de Barvaux-sur-Ourthe.

1° Outre l'origine corallienne de ces calcaires qui n'est plus controversée, nous examinerons les faits établissant définitivement l'antériorité des calcaires par rapport aux schistes de la même époque.

Nous démontrerons à cet effet : *a*) que les grands amas de calcaire coralliens gris ont pour soubassement du calcaire corallien rouge et que celui-ci est le même que le calcaire rouge affleurant des tertres isolés et situés en contre-bas des amas de calcaire gris, quels que soient les schistes qui les entourent ; *b*) que les massifs coralliens sont d'ordinaire recouverts par du calcaire impur stratifié dit « calcaire noduleux » sur lequel reposent les schistes frasniens proprement dits.

D'où, en premier lieu, la conclusion que l'époque frasnienne se divise en deux phases distinctes : l'une pour la formation des calcaires coralliens, l'autre pour le dépôt des schistes auxquels s'adjoignent des nodules isolés ou agglomérés dus à des détritiques coralliens provenant de ces calcaires ;

(1) L'origine des calcaires devoniens (*Bull. Acad. roy. de Belg.*, 3^e sér., t. II, p. 264).

(2) Les origines du calcaire carbonifère (*Ibid.*, t. V, p. 211).

Et, en second lieu, la confirmation pour la même époque frasnienne du principe, déjà dévoilé par l'analyse de ses calcaires, que les coraux constructeurs ne formaient, par leur croissance, des récifs coralliens que dans des eaux non chargées de matières terreuses.

2° Nous reconnâtrons en outre le fait que la faune conchyliologique de l'époque frasnienne est restée sensiblement la même, qu'on la trouve dans les calcaires coralliens ou dans les schistes.

3° Nous terminerons enfin par l'examen des effets du soulèvement post-houiller et des dénudations sur ces régions.

Je m'étais proposé de joindre à ce mémoire l'étude détaillée des questions que le Calcaire carbonifère permet de résoudre au même point de vue. C'en était le complément naturel, car le Calcaire carbonifère nous fait connaître l'origine et le mode de formation de grandes masses de calcaires qui ne sont pas coralligènes et il nous fournit d'importants compléments à la théorie corallienne pour nos époques paléozoïques, à savoir : la démonstration que les phénomènes coralliens réclamaient alors comme aujourd'hui 1° une température déterminée sans laquelle ils ne se produisaient pas ; 2° une zone de construction fort limitée en profondeur.

Mais ce travail, pour recevoir les développements nécessaires, eût exigé des loisirs dont je ne dispose pas en ce moment, et je crois mieux faire en ne retardant pas davantage la publication du présent mémoire.

Pour suppléer dans une certaine limite à l'absence de ces données, j'ai publié, outre le texte explicatif des feuilles de Ciney, Clavier, Dinant, Modave et Natoye, au 20 000^e, trois notices sommaires dans notre *Bulletin* en 1891 et 1892 (1).

Les figurés planimétriques, représentés ici (pl. V), sont tirés de mes minutes à l'échelle du 20 000^e sur lesquelles tous les affleurements ont été levés topographiquement et déterminés individuellement pour être reproduits d'après le système de la fusion des cartes du sol et du sous-sol, ainsi que le prescrivaient les arrêtés royaux réglant l'exécution de la carte géologique dont j'ai dirigé l'organisation et le service de 1877 à 1885.

Ces levés ne pouvaient naturellement, vu les frais qu'entraîne leur représentation, être publiés par la Société.

Reproduits à l'échelle uniforme du 50.000^e et accompagnés de divers profils, ces figurés qui ne sont en somme que des diagrammes topographiques, suffisent à la rigueur au but principal du présent

(1) *Bull. de la Soc. belge de Géologie* : Les origines des calcaires (T. V, p. 164, 1881); les faunes (Ibid., p. 18), 1891); *Lacunes stratigraphiques* (T. VI, p. 7, 1892).

mémoire, celui d'examiner une thèse définie et non d'étudier la géologie détaillée de ces régions.

I. COUPE DE FRASNE.

La région de Frasne (pl. V, fig. 1 a, b. c.) est classique. D'Omalius d'Halloy (1), à la suite de l'étude que M. Gosselet en avait déjà faite en 1860, a désigné par son nom le système calcaireux et schisteux qui termine notre devonien moyen et dont je me propose ici d'exposer quelques traits caractéristiques et leur interprétation.

Nous commencerons par la coupe de Frasne même.

(Pl. V, fig. 1b.)

FAMENNIEN.

1. Schistes verts grossiers à nodules argilo-calcaireux.

Cyrtia Murchisoniana.

FRASNIEN.

2. Schistes noirs fissiles à *Cardium palmatum* ou Schistes de Matagné.

Ils sont séparés du suivant par des schistes verts grossiers à *Chonetes armata*, puis par des schistes semblables, mais avec nodules calcaireux. Les uns et les autres ne sont pas visibles ici.

3. Calcaire stratifié noduleux, formé de nodules agglomérés de calcaire impur; des lits de schistes y sont souvent intercalés.

Il repose, avec une faible inclinaison, sur le calcaire massif coralligène suivant, par l'intermédiaire d'une petite masse de *Cyathophyllum cœspitosum*, *Alveolites suborbicularis*, *Favosites subæqualis*, *Acer-vularia*, etc.

Il renferme en ce point *Atrypa reticularis* et *Spirigera concentrica*.

4. RÉCIF DE SOTENIÈRE. Calcaire massif gris pâle, finement cristallin dans presque toute sa masse. Ce dernier caractère est dû à la présence de *Pachystroma*, coraux qui le forment presque en entier.

Dans une sorte de poche, gisant vers le bord de la masse et constituée surtout par des articles de tiges de crinoïdes, on trouve quelques coquilles : *Spirifer Winteri*, *Rhynchonella pugnus*.

Plusieurs petites carrières ont été ouvertes dans ce calcaire et, à une profondeur variant de 1 à 3 m., elles ont mis au jour, presque sans

(1) *Abrégé de Géologie*. 7^e éd., 1862.

transition, du calcaire massif rouge à *Stromatactis* et à *Alveolites suborbicularis*. Ce calcaire rouge sert donc de soubassement au calcaire gris précédent. C'est une constatation que nous aurons souvent à renouveler.

Le bord sud de cette masse calcaire est revêtu d'un amas de *Cyathophyllum cæspitosum* serrés les uns contre les autres, avec *Alveolites*, *Favosites* et *Acervularia*, comme au bord nord.

5. Calcaire noduleux, comme le n° 3.

Rhynchonella cuboïdes,
— *pugnus*,
Atrypa reticularis,
Leptæna retrorsa,
Orthis striatula,

Strophalosia productoïdes,
Productus subaculeatus,
Spirifer Winteri,
Spirigera concentrica,
Cyrtina heteroclita.

L'inclinaison est au sud, et le calcaire noduleux repose par conséquent aussi sur le calcaire coralligène.

Nous constatons donc que l'amas coralligène de Sotenière, dans les deux points où nous venons de le recouper, est revêtu de couches de calcaire noduleux, reposant sur ses bords avec inclinaison extérieure.

Le calcaire noduleux est visible en quatre points sur le périmètre du récif de Sotenière. Nous venons d'en voir deux; les autres s'observent vers l'extrémité ouest, l'un sur le bord sud avec inclinaison sud, l'autre à la courbe même du récif où il décrit un arc correspondant à la courbe de celui-ci et conserve encore une inclinaison extérieure.

On en conclut par conséquent que le calcaire noduleux enveloppe l'amas coralligène de Sotenière, qu'il repose sur lui et, comme il est le commencement de la série schisteuse frasnienne, celle-ci est, par le fait, stratigraphiquement postérieure, ainsi que lui-même, à l'amas coralligène.

C'est une nouvelle constatation importante pour la connaissance de l'étage frasnien à roches si complexes, ainsi que pour la déduction des lois sous l'action desquelles il a pris naissance. Nous allons pouvoir la généraliser et arriver à pénétrer ainsi l'allure propre des roches de cet intéressant horizon.

6. Schistes verts grossiers noduleux.

On les suit à peu près en affleurements continus jusque vers la base d'un petit mamelon distant d'une centaine de mètres et où on observe les couches presque horizontales alternant, par paquets d'un à deux mètres, avec des bancs de calcaire noduleux d'environ 25 centimètres.

On y trouve de nombreux fossiles, notamment :

Spirigera concentrica,
Spirifer Verneuili,
 — *Winteri*,
Cyrtina heteroclita,
Atrypa reticularis,

Rhynchonella cuboides,
Orthis striatula,
Strophalosia productoïdes,
Productus subaculeatus.

Au delà du ravin creusé, ainsi que le montre une suite d'affleurements latéraux, dans les mêmes schistes noduleux, on arrive au grand mamelon calcaireux de Frasne.

Sur ses bords, on voit reparaître :

7. Calcaire noduleux incliné extérieurement et par conséquent vers le nord.

Il repose donc sur le calcaire suivant :

8. RÉCIF DES CARRIÈRES. Calcaire gris-bleu, esquilleux avec nombreux filets spathiques, régulièrement stratifié. De loin en loin, on remarque dans les bancs des taches assez étendues de tissu corallique, reconnaissable à sa texture finement cristalline et à sa teinte plus pâle.

Les bancs ont au-dessus 0^m20 environ d'épaisseur ; plus bas, ils atteignent un mètre. Ce calcaire est exploité comme marbre dit Bleu Belge. J'y ai observé un *Pentamerus brevirostris* de grande taille.

Incliné vers le nord, on le voit très distinctement décrire une courbe vers le village de Frasne, en conservant une inclinaison extérieure, tourner brusquement comme le bord d'une lentille, de manière à pencher graduellement vers l'est, continuer à se courber et prendre une inclinaison sud. Il a ainsi passé, sur une longueur d'une centaine de mètres, de l'inclinaison nord-est à une inclinaison sud-est, décrivant en coupe un superbe anticlinal que les carrières ont mis à jour, mais ayant, en réalité, l'allure d'une section de cône parallèle à son axe.

Nous sommes ici devant le célèbre mamelon de Frasne dont M. Gosselet a si éloquemment décrit l'allure de masse calcaire enveloppée latéralement par des schistes et privée de continuité.

Mais ce mamelon n'est pas seulement formé de calcaire stratifié sur une hauteur de plus de 20 mètres. Lorsqu'on explore son bord sud, on voit ce calcaire à bancs, surmonté, par l'intermédiaire de lits minces de coraux où dominent les Stromatopores, ce qui leur donne un aspect noduleux, de calcaire massif gris comme celui du Récif de Sotenière et, comme lui, formé de *Pachystroma* avec poches crinoïdiques. Et, si l'on s'élève jusqu'au sommet du mamelon lui-même, on le voit aussi recouvert par ce même calcaire massif gris dans lequel on peut

recueillir, avec d'abondantes *Atrypa reticularis*, les *Pentamerus bipli-catus* et *brevirostris*.

Ce revêtement se poursuit jusqu'à l'extrémité ouest du Récif, sans que le calcaire stratifié reparaisse sur le sommet ni sur les bords.

Nous venons de retrouver dans le Récif des Carrières le calcaire à *Pachystroma* du Récif de Sotenière. Dans l'un et dans l'autre, il en est le revêtement extérieur. Mais, au Récif de Sotenière, il repose sur le calcaire rouge massif à *Stromatactis*, tandis que, dans le Récif des Carrières, dans cette partie est, il repose sur une grande masse de calcaire stratifié, d'origine détritique d'après ses caractères micrographiques, et à disposition franchement anticlinale.

Ces ressemblances, accompagnées de tels contrastes dans la composition des deux récifs, sont caractéristiques des formations coralligènes et sont le résultat autant de leur origine que des circonstances très spéciales qui ont présidé à leur formation. Rien de semblable ne s'observe dans les séries sédimentaires dont la continuité et la constance des couches sont les traits essentiels.

Lorsqu'on contourne le Récif des Carrières, on retrouve, au contraire, entre le calcaire gris à *Pachystroma* et le calcaire rouge à *Stromatactis*, des corrélations qui confirment et complètent les données du Récif de Sotenière.

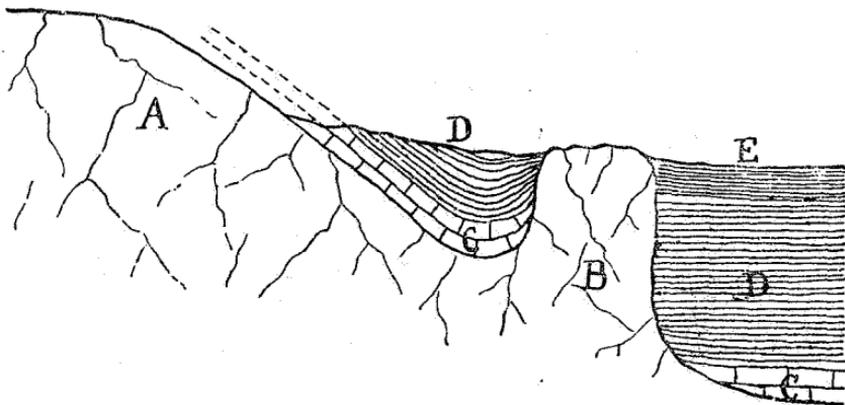
Son bord nord se présente échancré et à contours irréguliers. Bordé de calcaires et de schistes noduleux à inclinaison extérieure, il a pour appendice (voir la carte, pl. V, fig. 1 a), vers son milieu et fort en contre-bas, une petite masse isolée de calcaire rouge massif à *Stromatactis*, auquel s'adjoint un peu de calcaire massif gris. Seulement ce récif latéral se présente avec des circonstances nouvelles. Non seulement il est fort en contre-bas du Récif des Carrières et même de celui de Sotenière, mais, séparé du premier par 30 ou 40 mètres de calcaires et schistes noduleux, il est bordé de l'autre côté directement par les schistes noirs fissiles à *Cardium palmatum*.

A quelques mètres au delà, on a ouvert depuis peu d'années une carrière importante, dite *Carrière du Nord*, qui ajoute à ces données et montre qu'en considérant le calcaire rouge comme le soubassement et le noyau des récifs de calcaire gris, nous nous sommes bien orientés.

En effet, le Récif des Carrières s'y montre constitué par un revêtement de calcaire gris à *Pachystroma* d'une épaisseur d'une trentaine de mètres vers le milieu de la pente et s'amincissant jusqu'à 4 ou 5 mètres au sommet du massif. Ce calcaire gris recouvre un amas de calcaire rouge qui forme le noyau du récif et dans lequel on remarque une association de *Stromatactis* et *Pachystroma* souvent de plus d'un mètre de longueur.

La manière dont je me figure la disposition de ces agencements compliqués, est représentée dans le schéma suivant.

FIG. 1. — Schéma de la Carrière du Nord et de ses abords dans le Récif des Carrières.



- A. Calcaire rouge à *Stromatactis*, recouvert de calcaire gris à *Pachystroma*, de la carrière du Nord.
- B. Calcaire rouge à *Stromatactis*.
- C. Calcaire noduleux.
- D. Schistes verts noduleux.
- E. Schistes noirs à *Cardium palmatum*.

La présence du récif adventif complète les données comparatives que nous avait fournies l'étude directe du Récif de Sotenière et du Récif des Carrières. Par ses relations avec le calcaire rouge de la Carrière du Nord, il montre l'allure du calcaire à *Stromatactis* en profondeur; ce second groupe de faits, se combinant à nos observations du Récif de Sotenière, tend de plus en plus à nous faire prévoir que le soubassement normal des récifs gris est le calcaire rouge.

Nous voyons aussi les complications qui peuvent se produire dans ces agencements, puisque, ainsi que nous venons de l'observer dans partie du Récif des Carrières, une épaisse masse de calcaire détritique stratifiée se présente comme interposée entre le calcaire rouge et le calcaire gris construit.

Passant à l'extrémité ouest du même Récif des Carrières, nous le voyons tourner brusquement et décrire une courbe aplatie; il est formé, jusqu'à l'endroit où les calcaires noduleux et les schistes le recouvrent, de calcaire massif à *Pachystroma*. Les calcaires et schistes noduleux, par leur stratification, figurent cette courbe et ils reposent

manifestement sur le calcaire coralligène, puisqu'ils ont une inclinaison extérieure.

Les fossiles recueillis sont :

Spirigera concentrica,
Atrypa reticularis,
Orthis striatula,
Orthis cf. *eißliensis*,

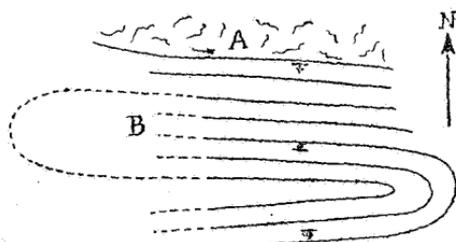
Rhynchonella pugnus,
Productus subaculeatus,
Leptaena retrorsa.

Le bord sud du Récif des Carrières confirme donc cette seconde donnée importante : l'enveloppement des récifs par des dépôts de calcaires impurs et de schistes, et par conséquent l'antériorité des récifs frasniens aux dépôts calcaréo-schisteux qui les ont envasés.

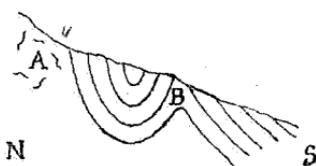
9. Calcaire noduleux stratifié, en masse d'une centaine de mètres de largeur, bien visible d'abord à la pointe sud-ouest du récif. Il y plonge, avec son inclinaison au nord presque verticale, sous le calcaire coralligène.

Le calcaire noduleux conserve cette allure de plongement intérieur à très forte inclinaison jusqu'au singulier renflement du milieu du bord. Sur l'un des côtés de celui-ci, l'inclinaison est encore intérieure, mais sur l'autre, elle devient franchement extérieure et l'inclinaison est très faible. La largeur de la bordure noduleuse atteint alors non moins de 150 mètres, et on la voit distinctement prendre en plan, pour la partie représentée en traits pleins, l'allure suivante (fig. 2) qui répond à la disposition verticale (fig. 3).

FIG. 2 et 3. — Allures planimétrique et verticale du Calcaire noduleux au bord sud du Récif des Carrières.



A. calcaire massif à *Pachystroma*.



B. calcaire noduleux stratifié.

On y a observé :

Spirigera concentrica,
Spirifer Verneuili,
Atrypa reticularis,
Orthis striatula,

Rhynchonella pugnus,
 — *acuminata*,
Strophalosia productoides,
Productus subaculeatus.

Le calcaire noduleux a donc repris ici, vis-à-vis du calcaire coralligène, son allure de recouvrement à faible inclinaison qu'il avait perdue sur un kilomètre environ le long de ce bord, ce qui montre que le plongement inverse et à forte inclinaison est accidentel et dû vraisemblablement à la pression latérale subie par ces roches pendant le soulèvement post-houiller.

Nous remarquons au surplus que le calcaire coralligène des Carrières, à l'égal de celui de Sotenière, est enveloppé par ce calcaire noduleux et lui est par conséquent postérieur en formation, et, comme le calcaire noduleux est lui-même le soubassement des schistes frasniens, il en résulte l'évidence que le Récif des Carrières, aussi bien que le Récif de Sotenière, est antérieur aux dépôts calcaréo-schisteux qui l'entourent.

10. Schistes noduleux avec bancs de calcaire noduleux, et semblables à ceux qui ont été décrits précédemment sous le n° 6.

11. Schistes verts grossiers sur schistes verts noduleux.

12. Calcaire noduleux à inclinaison extérieure reposant sur le calcaire d'un troisième récif.

On y a recueilli :

Atrypa reticularis,
Spirifer Verneuli,
Strophalosia productoides,

Pentamerus brevirostris de grande taille, comme celui recueilli dans le calcaire stratifié du Récif des Carrières.

On suit ce calcaire noduleux, vers l'ouest, d'abord le long du calcaire coralligène. Son inclinaison est extérieure, puis il dépasse celui-ci d'au moins un kilomètre, comme on peut le voir sur le diagramme topographique; il conserve alors la même inclinaison nord et est bordé des deux côtés par des schistes noduleux.

13. RÉCIF DE L'ARCHE.

Son sommet et son bord nord sont formés de calcaire massif gris à *Pachystroma*, renfermant, comme le Waulsortien dans le Calcaire carbonifère, des poches remplies de coquilles et d'articles de tiges de crinoïdes. M. Gérard, de Couvin, a bien voulu faire don au Musée d'un bloc de ce calcaire d'un quart de mètre cube environ dont il a été possible d'extraire une riche faune des diverses classes des mollusques et bien caractéristique de la faune frasnienne. Ce calcaire se voit aussi au bord sud, mais, à sa base, il passe au calcaire rouge à *Stromatactis* qu'on suit dans cette position d'une extrémité à l'autre du récif.

Deux carrières étagées assez importantes y ont été ouvertes pour

l'extraction du calcaire à *Pachystroma* portant dans le commerce le nom de *Marbre de Vodelée*, mais surtout pour l'extraction du marbre rouge. Elles présentent plusieurs faits intéressants.

D'abord on y voit le calcaire rouge surmonté, avec passage à peu près brusque, par les masses de calcaire gris à *Pachystroma* épaisses de 30 à 40 mètres. C'est la répétition du cas du Récif de Sotenière, que nous avons également observé au Récif des Carrières dans la Carrière du Nord. Il en résulte donc encore que le calcaire rouge, quand il n'est pas isolé, sert de soubassement au calcaire gris construit et par conséquent, comme dans les tertres extérieurs, il est moins élevé que lui.

Puis on remarque que le calcaire rouge, au lieu d'avoir sa paroi sud inclinée extérieurement ou même verticale, est fortement excavé.

Ce fait n'est pas unique. On l'observe, souvent et nous en verrons plus loin un autre exemple fort significatif près de Barvaux-sur-Ourthe. Il tend à montrer une nouvelle particularité du calcaire rouge. Ainsi que nous l'avons déjà indiqué pour le récif latéral du Récif des Carrières, ses parois n'ont pas le même genre d'inclinaison que le calcaire des récifs gris; elles sont plus verticales et même en surplomb.

C'est à cette circonstance qu'il y a lieu d'attribuer les irrégularités de la bordure schisteuse de ces amas de calcaire à *Stromatactis*.

Aussi des anomalies de cette nature se représentent ici.

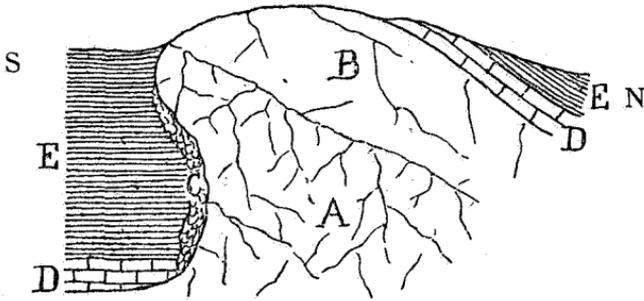
Tandis qu'au bord nord du récif de l'Arche, nous observons le calcaire noduleux reposant régulièrement sur le calcaire construit à *Pachystroma*, nous voyons, à son bord sud, le calcaire rouge en juxtaposition avec un amas d'au moins trois mètres de *Cyathophyllum cæspitosum* dont les vides sont remplis par du schiste vert. Nous avons remarqué, aux bords du Récif de Sotenière, des amas composés de même; seulement ils y reposaient sur la roche construite.

Des lits lenticulaires de calcaire à crinoïdes se trouvent en connexion avec cet amas de *Cyathophyllum*. Ensuite paraissent en plongement vers le récif :

14. Des schistes noduleux avec *Rhynchonella cuboïdes*, *Spirifer Winteri* et *Receptaculites Neptuni*.

Le schéma suivant rend compte des circonstances originaires auxquelles ces dispositions semblent répondre.

FIG. 4. *Figuré interprétatif des irrégularités constatées dans la bordure calcaro-schisteuse du Récif de l'Arche.*



- | | |
|---|-----------------------|
| A. Calcaire rouge à <i>Stromatactis</i> . | D. Calcaire noduleux. |
| B. Calcaire gris à <i>Pachystroma</i> . | E. Schistes noduleux. |
| C. Amas de <i>Cyathophyllum</i> . | |

15. Calcaire noduleux.

GIVETIEN.

16. Calcaire bleu stratifié avec bancs de marbre florence, c'est-à-dire d'un calcaire renfermant en forte proportion des *Stromatopores*, des *Favosites* et *Alveolites* branchus. Il plonge vers le nord avec une inclinaison de 30° et a fourni la *Lucina proavia*. Nous sommes donc bien dans le Givetien.

II. LA RÉGION FRASNIENNE A L'EST DU VILLAGE DE FRASNE.

La coupe de Frasne est, comme on le voit, aussi importante qu'intéressante et, certes, elle a peu de rivales sous ces rapports dans notre pays.

Pour la compléter et être en situation de la généraliser, nous allons examiner la région qui s'étend entre elle et le village de Dourbes.

Absence de calcaire frasnien construit, au contact de la côte givetienne.

On vient de voir que du calcaire noduleux, recouvert par les schistes noduleux, recouvre sans intermédiaire le calcaire givetien.

Est-il le même que celui qui enveloppe le calcaire coralligène frasnien ?

Le cas peut paraître étrange à première vue, car si la présence des schistes noduleux (n° 14) au-dessus de ce calcaire noduleux (n° 15) fait répondre par l'affirmative, comment ce calcaire noduleux lui-même

(n° 15) n'est-il pas séparé des roches givetiennes par des calcaires coralligènes frasniens, lesquels sont, comme nous venons de le voir par une suite de faits coordonnés, plus anciens que lui ?

Cette lacune stratigraphique n'est en réalité que l'expression inévitable d'une autre cause actuelle tenant à la formation des récifs coralliens.

Comme on peut l'observer sur le diagramme topographique (pl. V, fig. 1a), l'étage frasnien se développe, d'une part, le long du calcaire givetien qui, à l'époque de sa formation, était, du côté sud, la côte continentale, et, d'autre part, autour d'une île détachée assez étendue au-dessus du village de Dourbes.

Que les masses calcareuses stratifiées à Stromatopores soient ici réellement givetiennes, il n'en faut pas douter. La *Lucina proavia* qui vient d'être citée, les *Stringocephalus Burtini* rencontrés, également dans les bancs supérieurs, presque en contact avec les schistes frasniens, à moins de deux kilomètres à l'ouest et à neuf kilomètres à l'est, en sont la preuve indiscutable.

Le fait que j'ai signalé à Givet en 1881 et que M. Gosselet a confirmé récemment, de l'existence d'amas stratifiés à Stromatopores d'âge frasnien, longeant le calcaire givetien dont il est séparé par une bande de schistes frasniens, ne se reproduit pas dans cette localité. Il est du reste assez exceptionnel et ouvre une question spéciale dans le domaine vaste et compliqué des phénomènes coralliens. Nous n'avons pas à l'examiner ici.

Ce que nous observons dans la région de Frasne, c'est que les calcaires noduleux et schistes frasniens bordent la côte givétienne, en recouvrant directement et d'une manière continue les roches givetiennes en stratification concordante, puisqu'ils vont englober les récifs de calcaires frasniens.

Si nous examinons les faits en détail, nous constatons d'abord que, dans toute la région, les bancs du calcaire givetien servent de base à du calcaire noduleux en tout point semblable au calcaire noduleux qui enveloppe les récifs à *Pachystroma*, ensuite ce calcaire noduleux est dans les deux cas recouvert par les mêmes schistes noduleux, enfin qu'il renferme, dans les deux conditions de gisement, la même faune, sans que je puisse y signaler de différences caractéristiques (1).

(1) Au cours de ses longues recherches, M. Gosselet avait signalé, comme espèce caractéristique des couches noduleuses surmontant le Givetien, le *Spirifer Orbellianus*; les autres espèces sont les formes frasniennes ordinaires. Immédiatement au-dessus, il signalait au même titre comme caractéristique, dans des schistes noduleux, la *Receptaculites Neptuni*.

De ces chefs, le raccordement stratigraphique du calcaire noduleux, reposant sur le calcaire givetien, avec celui qui englobe les récifs frasniens, n'est pas contestable, quel que soit le contraste de leurs contacts. C'est un même terme chronologique, celui qui commence la phase des dépôts impurs dans la série frasnienne.

La conséquence de cette constatation est importante. Elle établit que les récifs coralligènes frasniens, à l'instar de ceux de nos jours, ne se formaient qu'à distance de la côte et laissaient un chenal libre entre elles et leurs propres masses. C'est là un caractère inhérent aux récifs dit frangeants. Ce chenal, libre pendant la construction des récifs, fut comblé par les dépôts calcaréo-schisteux qui nous en révèlent l'existence.

Mes études ne m'ont pas fourni la confirmation de ces données.

Le *Spirifer Orbelianus* est une forme très rare. Alors que je recueillais régulièrement dans les affleurements les fossiles que je rencontrais, je n'ai reconnu de cette espèce qu'un fort petit nombre d'exemplaires réellement incontestables par le pli bien marqué du sinus, à savoir : entre Virelles et Lompret, 8 à 10 spécimens, à Nismes 2, dans le calcaire noduleux appliqué sur le calcaire givetien, puis 1 spécimen dans des schistes noduleux recouvrant le même calcaire noduleux au sud-est de Frasne, puis encore 1 exemplaire à Givet, dans le calcaire noduleux recouvrant le calcaire à *Stromatopores* frasnien, enfin un dernier exemplaire, le mieux caractérisé de tous, dans le calcaire noduleux recouvrant le calcaire frasnien au sud de Cerfontaine, dans le massif de Philippeville. Je n'ai fait, il est vrai, que fort peu de recherches dans ces couches entre Couvin et Chimai.

Si l'on s'en tenait à sa forme générale, en se bornant à un sinus large et en languette prolongée mais plat ou faiblement creusé, on en reconnaîtrait un plus grand nombre d'exemplaires trouvés, indifféremment et avec égale fréquence, dans le calcaire noduleux surmontant le Givetien ou entourant les récifs frasniens. Mais on ne se trouve plus alors devant le *Spirifer Orbelianus*, ou plutôt la *Cyrtia Orbeliana*, car cette espèce est pourvue d'un deltidium : on a affaire à des spécificités différentes que M. Béclard décrira prochainement.

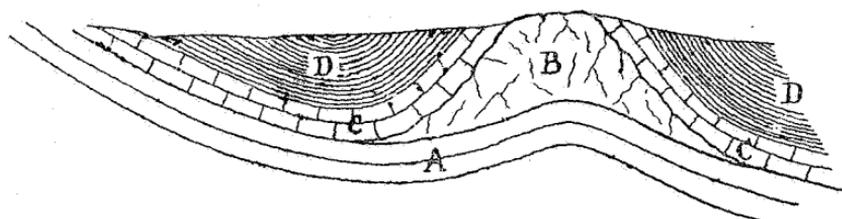
Pour avoir la mesure de la rareté de cette forme, on peut mettre en parallèle du nombre de points où j'ai reconnu jusqu'aujourd'hui sa présence, le nombre de points où j'ai recueilli des fossiles dans le calcaire noduleux et dans les schistes noduleux de l'étage frasnien : dans le calcaire noduleux 133 points, dans les schistes noduleux 168, répartis entre les affleurements frasniens de 42 feuilles au 20.000^e. J'y recueillais naturellement, pour les étudier à loisir, tous les fossiles que je trouvais avec l'aide de deux employés d'équipe fort expérimentés dans cette recherche.

Quant à la *Receptaculites Neptuni*, je l'ai fréquemment observée, plus souvent dans le calcaire noduleux que dans les schistes noduleux, et encore indifféremment dans le calcaire noduleux sur calcaire givetien et sur calcaire frasnien.

Les deux espèces se trouvent donc à la fois dans les mêmes conditions relativement au calcaire impur et concrétiforme servant de base à la série schisteuse frasnienne et sont même des éléments de démonstration pour l'identification chronologique de ce calcaire dans les deux sortes de gisements que nous examinons.

D'un autre côté, la même constatation établit, comme l'esquisse le schéma ci-dessus (fig. 5), la relation en profondeur du calcaire givetien, du calcaire construit frasnien et des dépôts calcaréo-schisteux frasniens. Cette relation dans des terrains exclusivement de sédiments paraîtrait bien singulière.

FIG. 5. — Schéma des relations stratigraphiques entre le Givetien et le Frasnien.



A. Calcaire givetien.

C. Calcaire noduleux frasnien.

B. Calcaire construit frasnien.

D. Schistes noduleux frasniens.

Les autres récifs frasniens sont aussi bordés par du calcaire noduleux.

Si nous continuons l'examen des autres récifs frasniens de la région, nous voyons que, sur le prolongement direct du Récif de l'Arche, à moins de 600 mètres de distance, apparaît un autre récif plus étendu. Le tertre porte dans le pays le nom de *Devant-le-village*. Formé, dans la partie qui nous est accessible, de calcaire gris pâle massif à *Pachystroma* — le véritable calcaire de Frasne de M. Gosselet — il est enveloppé de toute part par du calcaire noduleux présentant plusieurs particularités.

Aux bords nord et ouest, ce calcaire noduleux est à inclinaison extérieure ; il est donc superposé au calcaire coralligène. Au bord sud de l'extrémité ouest, conjointement avec quelques bancs de calcaire stratifié combinés au calcaire coralligène, il a une disposition anticlinale et pend par conséquent vers le sud. Mais immédiatement, il se redresse et tend, dans un appendice qu'il forme en prolongement à l'instar de beaucoup de récifs, à dépasser la verticale et à prendre une inclinaison inverse. Il renferme alors les fossiles suivants :

Spirifer pachyrhynchus,
— *Winteri*,
— *Verneuili*,

Rhynchonella cuboides,
— *pugnus*,
Atrypa reticularis,
Receptaculites Neptuni.

Ce calcaire noduleux s'observe, avec les mêmes dispositions verticales ou à forte inclinaison nord, tout le long du bord sud du Récif Devant-le-village. C'est la reproduction des faits déjà observés sur le même bord du Récif des Carrières, où il a reçu sa véritable signification.

Il est immédiatement suivi de schistes noduleux qui remplissent l'intervalle jusqu'au calcaire givetien ; la distance est d'environ 225 mètres.

Ce calcaire givetien a, comme d'ordinaire, un pendage vers le nord ; il est aussi recouvert de calcaire noduleux qui l'est, à son tour, de schistes noduleux renfermant :

Spirifer Verneuili,
— *aperturatus*,
Cyrtia Orbeliana,
Spirigera concentrica,

Orthis striatula,
Productus subaculeatus,
Atrypa reticularis.

Nous devons remarquer la présence de la *Cyrtia Orbeliana* dont nous avons parlé dans la note de la page 186.

L'extrémité est du Récif Devant-le-Village présente un prolongement en forme de pointe au bord sud et elle est entourée de calcaire noduleux qui s'étend ensuite en un appendice, long de plus d'un kilomètre et demi, jusqu'à Nismes. Les couches y sont tantôt verticales, tantôt avec plongement, sous forte inclinaison, vers le nord, quelquefois vers le sud, avec des repliements, comme le ferait une plaque tordue, et non en anticlinal.

FIG. 6. — *Allure du Calcaire noduleux dans une partie de l'appendice oriental du Récif Devant-le-Village, aux environs de Nismes.*



Ces roches stratifiées ont donc d'abord, en entourant le récif, une disposition anticlinale et les schistes noduleux reposent sur elles. Lorsque leurs branches se réunissent et forment l'un de ces appendices, les bancs, au lieu de rester en voûte, prennent une même inclinaison et ils se présentent comme intercalés dans les schistes noduleux

qui leur sont postérieurs. Les dislocations violentes n'ont rien à voir ici, car le cas est fréquent et presque toujours uniforme. Nous devons plutôt attribuer cette singulière disposition à des allures du calcaire coralligène en profondeur, avec d'autant plus de raison que souvent, en pareilles circonstances, on observe des pointements de calcaires construits le long de ces longues bandes noduleuses à inclinaison unique.

Le Récif à *Pachystroma* de *Mouriny* qui fait suite, ne donne lieu, au point de vue dont nous nous occupons spécialement ici, qu'à l'observation d'une inclinaison toujours extérieure de son enveloppe de calcaire noduleux, tandis que la même roche noduleuse qui forme un petit mamelon à son extrémité ouest, a une inclinaison nord.

Le revêtement du Récif du *Fourneau* est le même, mais il prend la disposition observée au Récif des Carrières et au Récif Devant-le-village, c'est-à-dire que les couches noduleuses penchent le plus souvent au nord à son bord sud. A son extrémité est, la vallée de l'Eau blanche les montre débordant le calcaire à *Pachystroma* et ayant un développement transversal de près de 200 mètres avec un penchant uniforme au nord d'environ 40°.

Voici donc trois nouveaux tertres étendus de calcaires coralligènes. Comme ceux de Sotenière et des Carrières, ils ont un revêtement de calcaires noduleux avec pendage uniformément extérieur au bord nord et souvent aux extrémités, tandis qu'au bord sud, les couches prennent de préférence une allure ou verticale ou un peu renversée.

Le revêtement spécial du bord sud du Récif de l'Arche ne s'y reproduit pas ; l'enveloppe y est exclusivement en calcaire noduleux auquel succèdent les schistes à nodules.

Récif de la Roche-à-l'homme.

Nous retrouvons au contraire ce revêtement, au bord sud du Récif de la Roche-à-l'homme dont les couches enveloppantes présentent plusieurs faits à noter, ainsi que l'indique la coupe (pl. V, fig. 1 c) :

1. Calcaire noduleux en bancs faiblement inclinés ;
- Schistes noduleux à strates presque verticales ;
- Schistes verts grossiers ; schistes noduleux tendant vers l'horizontale.

Ce paquet calcaréo-schisteux est donc coupé de failles.

2. Amas de *Cyathophyllum cæspitosum* et autres coraux dans une pâte schisteuse et servant de revêtement au calcaire coralligène. Épaisseur : 7 m.

C'est donc, comme au Récif de l'Arche, le remplacement du calcaire noduleux par des coraux entre les vides desquels se trouve de la matière schisteuse.

3. Récif de la Roche-à-l'homme : hauteur 84 m.

Calcaire gris pâle massif à *Pachystroma*.

4. Calcaire noduleux à *Acervularia*, 15 m. ;

Schistes noduleux, 6 m. ;

Calcaire noduleux avec nombreuses *Atrypa reticularis*, 5 m. ;

Schistes noduleux, 8 m. ;

5. Petit récif adventif de calcaire gris pâle massif avec *Pentamerus formosus* et *Rhynchonella cuboïdes* : largeur 8 m., hauteur 6 m.

6. Calcaire noduleux en deux bancs, 0^m,10 ;

Schistes noirs fissiles à *Cardium palmatum* et *Camaphoria tumida*, 8 m. ;

Calcaire noduleux, 4 m. ;

Calcaire noduleux avec *Alveolites suborbicularis*, 0^m,20 ;

Schistes noduleux, 10 m. ;

La coupe cesse ensuite d'être visible jusqu'à l'un des Récifs des Pauquys.

Outre le fait déjà signalé et comparé au bord sud de ce Récif de la Roche-à-l'homme, cette localité fournit les trois indications suivantes que nous devons commenter :

1^o Le récif principal possède à son bord nord un petit récif secondaire fort en contre-bas (près de 80 m.). Nous avons déjà observé le même fait au bord nord du récif des Carrières; seulement, cet amas supplémentaire de calcaire y était en marbre rouge, tandis qu'il est ici en calcaire gris.

2^o De même le vide entre le récif principal et le récif annexe est rempli par du calcaire noduleux et des schistes noduleux, au lieu que le bord extérieur du récif annexe est recouvert immédiatement ou peu s'en faut, également dans les deux localités, par les schistes à *Cardium palmatum*.

3^o Lorsqu'on compare le revêtement des deux bords du récif de la Roche-à-l'homme et de son récif adventif, on est frappé de la variabilité dans la composition des couches calcaréo-schisteuses : coraux avec pâte schisteuse, puis schistes et calcaire noduleux comme revêtement immédiat au bord sud; calcaire noduleux et schistes noduleux au bord nord jusqu'au récif adventif; schistes noirs fissiles à *Cardium palmatum* comme revêtement nord de celui-ci. Cette distribution de la série calcaréo-schisteuse serait absolument anormale dans les dépôts sédimentaires ordinaires; elle est fort nette ici et se représente, avec des

fréquences diverses, dans les régions à calcaires devoniens coralligènes. De même que la disposition de ces derniers, les matières sédimentaires schisto-calcareuses qui les enveloppent, présentent donc une suite de faits propres qui nous indiquent aussi que cet ensemble de roches, qu'elles aient pour origines des coraux ou des sédiments, s'est produit sous des conditions spéciales, étrangères au mode de productions ordinaires des terrains. C'est ce que je faisais déjà valoir en 1883 devant la Société géologique de France, en la guidant dans ces localités mêmes (1).

Autres récifs de la région.

Les schistes noirs que nous venons d'observer s'étendent vers l'est, où M. Gosselet les avait observés, il y a plus de vingt ans. Ils reposent, au Récif droit des Pauquys, sur le calcaire noduleux fort peu épais et à *Acervularia*, presque sans interposition des autres schistes frasniens, ce qui constitue pour ces dépôts schisteux une nouvelle particularité qu'on doit attribuer à une allure spéciale de la paroi du récif.

Ce récif droit des Pauquys contient une petite masse de calcaire rouge près de son bord sur le plateau, ce qui fait prévoir que le calcaire à *Pachystroma* y est, comme dans les récifs de la Coupe de Frasne, simplement plaqué sur un grand soubassement de calcaire rouge. Son calcaire noduleux n'est pas visible au bord sud. Il est épais et à inclinaison intérieure dans les dentelures du bord nord; en se joignant à celui du bord est, il projette, comme au récif Devant-le-Village, une digitation isolée, longue de plus de 800 mètres, à inclinaison sud.

Entre ce récif droit et le récif gauche des Pauquys, j'ai observé une largeur supérieure à 300 mètres de calcaire noduleux.

Le Récif gauche des Pauquys a aussi au bord sud pour soubassement du calcaire rouge, à en juger par deux de ses points, l'un non signalé encore et recouvert par le calcaire à *Pachystroma*, l'autre montrant du calcaire noduleux rouge qui annonce l'existence d'un petit récif adventif de calcaire rouge et déjà reconnu par M. Gosselet. A son bord ouest ainsi que sur le bord nord du Récif du Franc-Bois, le calcaire et les schistes noduleux sont fort peu épais et recouverts par les schistes à *Cardium palmatum* qu'on y rencontre souvent à moins de 50 mètres du récif.

On remarque, près de Fagnolles (2), trois affleurements de calcaire

(1) *Bulletin de la Société géologique de France*, 3^e série, t. 11, p. 6861, 883.

(2) Cette partie est figurée avec ses affleurements sur la feuille au 20,000^e de Sautour, publiée en 1885.

rouge formant des récifs adventifs. L'un sur le plateau dans une bande intérieure de schistes et de calcaire noduleux; un autre formant, au bord de la plaine, un amas avec du calcaire gris coralligène et ayant pour ceinture à la fois des schistes noduleux et des schistes à *Cardium palmatum*; un troisième enfin avec la même ceinture et également en disposition annexe.

Telle est la répartition des récifs frasniens autour de ce qu'on pourrait appeler la Baie de Frasne.

Il nous reste à étudier l'intérieur de celle-ci.

Les Schistes de Matagne et les récifs intérieurs de calcaire rouge.

Si nous examinons le bord nord de la région, nous voyons qu'il est limité par les schistes famenniens de la plaine de Fagnes, laquelle, comme on le sait, est le prolongement dans l'Entre-Sambre-et-Meuse de la plaine de la Famenne (1).

Ces schistes famenniens, caractérisés par la *Cyrtia Murchisoniana* et la *Rhynchonella Omaliusi*, reposent, directement, sans transition faunique ni discordance de stratification, sur les schistes noirs fissiles à *Cardiola retrostriata*, fossile plus connu sous le nom de *Cardium palmatum* et auquel la *Camarophoria tumida* est souvent associée, avec grande abondance, un peu au-dessus de la base de ces schistes (2).

Ceux-ci reposent aussi en concordance sur une série calcaréo-schisteuse qui, dans les cas normaux et d'une manière générale, est composée, de haut en bas, de schistes verts grossiers à *Chonetes armata*, de schistes noduleux avec bandes alternantes de calcaire noduleux et enfin d'un paquet de calcaire noduleux qui enveloppe d'ordinaire les récifs coralligènes.

Les schistes à *Cardium palmatum* sont donc le dernier terme de la série schisteuse frasnienne et y occupent un rang chronologique bien déterminé.

Or l'échancrure de Frasne est remarquable en ce que ces schistes à *Cardium palmatum* pénètrent entre les récifs frasniens, comme s'ils avaient comblé une baie, et c'est le seul cas marqué de ce genre que l'on rencontre le long de la bordure givetienne de l'Ardenne.

La carte (pl. V. fig. 1 a) indique la disposition planimétrique de ces schistes à *Cardium*, d'après les affleurements observés. Nous les y voyons tantôt s'approchant, tantôt s'écartant notablement des récifs;

(1) *Les Iles coralliennes, etc.* (Loc. cit., p. 112); *Le Famennien de la Plaine des Fagnes* (Bull. Acad. r. de Belg., 3^e série, t. 12, p. 501, 1886).

(2) *Les Iles coralliennes de Roly et de Philippeville.* (Loc. cit., p. 122).

ils bordent un côté des récifs adventifs ou englobent, avec ou sans intermédiaires, de petits récifs isolés de calcaire rouge.

Ce sont ces derniers que nous avons à examiner.

Devant le Récif de la Roche-à-l'homme se trouve un premier tertre de calcaire rouge, en contre-bas de 60 mètres du sommet de la Roche-à-l'homme.

Aux Terniats, il y a quatre tertres de hauteurs étagées, mais tous fortement aussi en contre bas, de 50 à 90 mètres, par rapport aux récifs plus étendus qui dessinent les contours de la baie. Ce sont :

1° Un petit amas de calcaire massif gris et rouge; il renferme des parties crinoïdiques, avec *Rhynchonella cuboïdes*, *Receptaculites scyphioïdes* et *Alveolites suborbicularis*.

Il offre pour particularité de n'être que partiellement en calcaire rouge, quoiqu'il soit fortement en contre-bas (de 20 à 35 mètres) des récifs de calcaire rouge de la même baie. Nous nous rappellerons que le récif adventif de la Roche-à-l'homme est en calcaire gris.

Il est entouré de schistes noirs à *Cardium palmatum* sans intermédiaire.

2° Un récif de marbre rouge et gris, un peu elliptique, d'environ 120 mètres suivant son grand axe, à étroit revêtement de calcaire noduleux avec crinoïdes et *Leptaena retrorsa*, visible sur une partie de son bord et n'existant pas ou seulement très atténué sur l'autre partie, puis viennent immédiatement les schistes noirs à *Cardium palmatum*.

Le sommet de ce récif est d'une vingtaine de mètres plus élevé que celui du précédent; mais, par contre, il est moins haut d'environ cinq mètres que le suivant.

3° Un troisième récif de calcaire rouge à *Stromatactis*, de forme plus elliptique, paraissant enveloppé de calcaire noduleux peu épais; puis directement viennent encore les schistes noirs à *Cardium palmatum*.

4° Un quatrième récif de calcaire rouge à *Stromatactis* et *Rhynchonella cuboïdes*, plus elliptique et plus étendu que le précédent; son grand axe a deux cents mètres.

Son sommet se rapproche de la côte 200; il dépasse ainsi de 15 mètres le troisième récif de marbre rouge et de 10 mètres le récif de Sotenière, suivant les données de la Carte militaire.

Il a une enveloppe concentrique de calcaire noduleux gris à inclinaison extérieure, atteignant, sur une partie du bord, une largeur de 40 à 50 mètres et projetant un appendice vers l'ouest.

Ce calcaire noduleux renferme :

Spirifer Winteri,
— *Verneuili*,
Rhynchonella cuboïdes,

Spirigera concentrica,
Atrypa reticularis,

Il est recouvert à son bord sud directement par les schistes noirs à *Cardium palmatum* et à *Camarophoria tumida*, tandis que son bord nord fait partie d'une langue allongée de schistes noduleux, bifurquée à son extrémité et se présentant comme le prolongement du revêtement de schistes noduleux des récifs des Pauquys.

Cela étant, les schistes noirs à *Cardium palmatum* remplissent l'espace de cuve formée entre cet ensemble de récifs frasniens et, formant baie, ils communiquent avec ceux qui bordent la plaine des Fagnes par une ouverture au sud de Mariembourg, sans que les schistes famenniens y pénètrent.

Les contrastes entre l'enveloppe calcaréo-schisteuse de ces petits récifs, enveloppe formée, avec un peu de calcaire noduleux, par des schistes à *Cardium palmatum*, et l'enveloppe des récifs à *Pachystroma*, sont l'une des principales complications de l'étage frasnien.

III. LES AMAS DE CALCAIRE ROUGE SONT TOUS DE MÊME AGE.

On a émis d'abord l'idée que, par le fait de ces dissemblances d'enveloppes, les amas coralligènes étaient d'âges différents qui seraient déterminés par le terme de la série schisteuse frasnienne dans lequel ils sont enclavés.

Nous reconnaissons, en effet, comme série calcaréo-schisteuse normale dans la région étudiée ici :

- | | | |
|---|---|--------------------------------------|
| 1. Calcaire noduleux, généralement avec lits de schistes. | } | Schistes de Frasnes proprement dits. |
| 2. Schistes verts noduleux. | | |
| 3. Schistes verts grossiers. | | |
| 4. Schistes noirs fissiles à <i>Cardium palmatum</i> . | | Schistes de Matagne (1). |

Ensemble, dont il est fort difficile d'apprécier l'épaisseur exacte. Elle semble du reste variable. Je l'ai évaluée, par une suite d'observations, de 80 à 120 mètres (2).

(1) La faune des schistes de Matagne semblerait, à première vue, différente de la faune des calcaires coralligènes et des schistes de Frasne. Mais, comme on le verra dans le tableau ci-après, les attaches entre ces faunes sont marquées. Du reste, ainsi que M. Gosselet l'a reconnu, ils vont, dans les environs de Rochefort, se relier synchroniquement par le mélange de leur faune aux schistes violets de Barvaux et se remplacent dès lors mutuellement (*Ardenne*, p. 472). C'est un même horizon géologique. La faune des schistes de Barvaux est essentiellement frasnienne.

(2) *Les îles coralliennes*. (*Loc. cit.*, p. 124).

Ainsi, dans cet ordre d'idées, les récifs rouges des schistes de Matagne, parce qu'ils sont enserrés par ces schistes comme le sont ceux des Terniats, seraient de l'âge de ces schistes, par conséquent postérieurs aux récifs à *Pachystroma* enserrés par les schistes noduleux.

J'avais, au contraire, considéré, en 1881 (1) et en 1882 (2) tous ces calcaires construits frasniens comme étant du commencement de l'époque frasnienne et la série schisteuse comme leur ayant succédé. Les données à l'appui étaient le double fait de la pureté des calcaires coralligènes et de la suppression des constructions coralliennes dès l'apparition des matières schisteuses. Je puis apporter aujourd'hui des preuves directes que tel fut bien l'ordre des événements : les constructions coralliennes sont toutes antérieures au dépôt de la série calcaréo-schisteuse frasnienne.

La région de Frasne suffirait à elle seule à fournir ces preuves.

Nous venons de le constater, les récifs de cette région sont essentiellement formés de calcaire rouge à *Stromatactis* et de calcaire gris à *Pachystroma*.

Deux cas se présentent pour le calcaire rouge. Ou bien il est réuni dans un même récif au calcaire à *Pachystroma* d'après une règle qui semble constante au moins dans ses traits généraux, à savoir que le calcaire à *Pachystroma* repose sur le calcaire rouge, ou bien le calcaire rouge forme, exclusivement ou au moins en grande prépondérance, d'autres récifs.

En effet, dans la région de Frasne, sur une longueur de huit kilomètres et une largeur moyenne de deux à trois kilomètres, nous remarquons du calcaire rouge en 15 points : 10 sont des petits tertres isolés composés presque complètement par lui ; 5 autres font partie du soubassement des masses de calcaire à *Pachystroma*.

On peut dire, et c'est une généralisation que mes levés pour la Carte géologique au 20.000^e permettent d'étendre à tout l'étage frasnien, que le calcaire rouge à *Stromatactis* se montre presque constamment ou en contre-bas marqué des grands amas coralliens gris s'ils en sont isolés (3), ou servant de base à ceux-ci, si un même récif les comprend

(1) *L'origine des calcaires devoniens*. (Bull. de l'Acad. r. de Belg., 3^e sér., t. II, p. 264.)

(2) *Les îles coralliennes*, etc. (*Loc. cit.*, p. 109.)

(3) Le sommet de ces tertres est ici toujours à découvert, mais j'ai pu m'assurer dans le massif de Philippeville, où ils sont si nombreux, que c'est par l'effet d'une dénudation, car plusieurs y sont encore recouverts d'une masse schisteuse, ce qui achève de démontrer que leur élévation, moindre que celle des récifs à *Pachystroma*, est un phénomène originaire.

tous les deux. Il nous apparaît donc comme le soubassement ordinaire, la fondation frasnienne des récifs coralligènes.

Cette règle que j'esquissais en 1882 (1), est établie sur un nombre de faits assez multiplié pour qu'on doive la traduire ainsi dans les diagrammes et schémas par lesquels on se représente ces curieuses conformations. Les récifs de calcaire rouge dénotent un premier degré, une phase inachevée de l'action corallienne générale, qu'ils servent de fondations au calcaire à *Pachystroma* ou qu'ils ne soient pas recouverts par celui-ci (2).

L'évidence de la contemporanéité du calcaire rouge dans ces cas divergents est formelle. Tous ses caractères propres sont identiques dans les deux gisements : recouvert ou non par d'autres calcaires construits, enveloppé par du calcaire et des schistes noduleux ou par les schistes à *Cardium*, il reste toujours semblable à lui-même; il a absolument la même faune conchyliologique, il est formé par les mêmes éléments, *Stromatactis*, *Alveolites suborbicularis*, *Acervularia*, etc., réunis dans une même pâte détritique rouge; il a la même structure massive; il est moins élevé que les couronnements de calcaire à *Pachystroma*.

Comme ce calcaire à *Pachystroma* est matériellement antérieur à toute la série calcaréo-schisteuse frasnienne, ainsi que la démonstration stratigraphique en est faite, le calcaire rouge en terre isolé, qui est non moins matériellement de même âge que le calcaire rouge en

(1) *Les Iles coralliennes, etc. (Loc. cit., p. 137).*

(2) On remarquera que les phénomènes de la phase coralligène n'ont été examinés ici et par conséquent figurés sur les schémas verticaux (pl. V, fig. 1b et 2b) qu'aux points de vue de leur production même et de leurs rapports avec les couches givetiennes, puis de la désagrégation que la vague a fait subir corrélativement à ces amas de coraux pour former le calcaire détritique visible. Nous n'avons pas abordé le problème par son côté bilatéral, c'est-à-dire par les actions qui pouvaient se produire en même temps sur les fonds des chenaux et aux abords des récifs. J'ai déjà traité la question à d'autres occasions, mais j'ai cru devoir la réserver dans ce travail, parce que nous manquons, dans les localités qu'il examine, de données assez précises pour l'aborder.

On peut croire, en effet, que le fond des chenaux fut aussi recouvert, pendant la phase coralligène frasnienne, de calcaire détritique plus ou moins épais. Mais, d'un un autre côté, rien n'indique, sur la côte givetienne (voir p. 184) de l'époque, que ce calcaire détritique s'interpose entre les couches à Stringocéphales et le calcaire noduleux qui commence la deuxième phase frasnienne, celle de l'envasement par des matières argileuses.

Il m'a donc paru préférable de ne pas compliquer en ce moment ces études par l'examen et la discussion de sujets en quelque sorte théoriques. Nous aurons du reste à y revenir pour le Calcaire carbonifère.

soubassement, est toujours antérieur lui-même à toute cette série calcaréo-schisteuse, quel que soit celui, des termes de celle-ci, qui l'englobe.

La démonstration paraîtra sans doute désormais indiscutable et elle introduit un principe fondamental dans la stratigraphie de cet étage à double origine.

Les irrégularités et les anomalies de la ceinture calcaréo-schisteuse des récifs de marbre rouge, par rapport à celle des récifs à *Pachystroma*, sont un cinquième caractère différentiel qui s'ajoute à la nature des coraux constructeurs, à la couleur des roches, à l'élévation et à l'étendue moindre. De sorte que les deux catégories de récifs sont extrêmement marquées.

Mais nous avons déjà, à l'occasion des masses de calcaire rouge de la coupe de Frasne, indiqué que ces contrastes dans l'enveloppe calcaréo-schisteuse peuvent facilement être ramenés à une même formule générale, sans faire intervenir l'arbitraire, puisque, d'une part, nous faisons appel à une cause actuelle bien définie, les profils variés des récifs et, d'autre part, à des observations répétées sur nos récifs mêmes de marbre rouge.

Les récifs à *Pachystroma*, d'après leur ceinture de calcaire noduleux, se présentent à nous comme ayant été des masses à pentes douces permettant, sur leurs parois latérales, une sédimentation régulière et souvent d'une constance remarquable.

Au contraire, quand les parois latérales des récifs de marbre rouge sont visibles, elles nous présentent presque constamment des pentes accidentées, souvent verticales ou rentrantes.

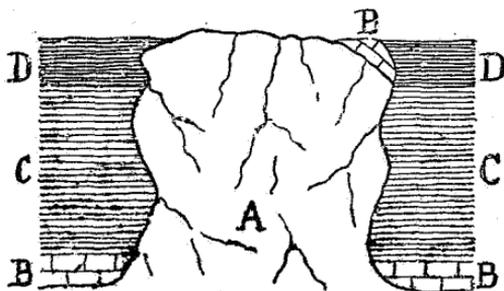
D'où un nouveau contraste, le sixième, entre les deux groupes de récifs, et il ne doit pas nous surprendre outre mesure, puisqu'ils ont été construits par des coraux différents et à des profondeurs différentes. D'où encore l'indication de la voie dans laquelle nous avons à rechercher la cause des anomalies dans la série schisteuse englobante des récifs de calcaire rouge.

C'est en appliquant systématiquement, d'après le terme de la série calcaréo-schisteuse entourant le tertre, les interprétations dont nous avons fait usage plus haut au Récif des Carrières, au Récif de l'Arche et au Récif de la Roche-à-l'homme, c'est par ce moyen qu'on peut se rendre compte des circonstances par lesquelles ces tertres de calcaire à *Stromatactis* sont directement entourés par du calcaire noduleux rouge, quelquefois par du calcaire noduleux gris, quelquefois par les deux réunis, d'autres fois encore par les schistes verts noduleux ou non, ou bien par les schistes de Matagne. Et, pour compliquer encore cet assemblage hétérogène, l'enveloppe ne reste pas uniforme pour un

même tertre : plusieurs de ces cas se produisent simultanément dans la ceinture calcaréo-schisteuse de ces petites masses coralliennes.

Si nous prenons, par exemple, l'un des récifs des Terniats, nous pouvons nous le représenter à l'origine avec les dispositions suivantes :

FIG. 7. — *Figuré interprétatif de la bordure schisteuse d'un des récifs de calcaire rouge des Terniats dans sa disposition originale.*



A. Récif de calcaire rouge.

B. Calcaire noduleux.

C. Schistes verts noduleux.

D. Schistes noirs à *Cardium palmatum*.

Nous verrons plus loin que le tertre de calcaire rouge du cimetière de Barvaux nous autorise, plus encore que les récifs de la coupe de Frasne, à des interprétations de ce genre.

Dans quelle mesure cet ensemble de données est-il susceptible de généralisation dans toute la région frasnienne? C'est dans le but de l'établir autant que le comporte l'étendue de cet exposé, que deux figurés de régions à récifs frasniens ont été adjoints à celui du territoire classique.

IV. LES RÉCIFS DE ROLY ET LE RÉCIF DE LA ROTTE.

L'un reproduit le remarquable groupe de récifs que j'ai décrits en 1882 sous le nom d'Atoll de Roly (1).

(1) *Les îles coralliennes de Poly et de Philippeville* (loc. cit., p. 89). Ces amas coralligènes figurent aussi sur la feuille de Sautour (1885) qui est l'une des seize feuilles publiées de la Carte géologique au 20 000^e. Le texte explicatif de cette feuille allait être mis aux mains de l'imprimeur; il est resté manuscrit, l'ordre gouvernemental, donné cette même année, d'arrêter immédiatement tous les travaux en cours, portant à la fois sur les levés et sur les impressions. Les feuilles de Marche et de Durbuy sont aussi dans ce cas; leur texte explicatif ne fut pas publié. Au surplus, ces seize feuilles elles-mêmes ne pourraient plus être tirées aujourd'hui. Le tirage avait été pour chacune de 200 exemplaires. Le gouvernement a fait gratter les pierres en 1886.

L'autre concerne le Récif non moins remarquable de La Rotte, entre Bomal et Barvaux-sur-Ourthe (1). La Société l'a visité l'été dernier.

Les Récifs de Frasne et le Récif de La Rotte se trouvent en régions frangeantes, c'est-à-dire situés le long de l'ancienne côte, et les deux localités sont éloignées les unes des autres de 80 kilomètres. Les Récifs de Roly sont, au contraire, un archipel s'étendant au nord de Frasne à distance de cette côte; ils en sont aujourd'hui éloignés de 9 à 10 kilomètres. Nous avons ainsi affaire aux deux principales sortes de récifs coralliens.

Nous constatons dans chacune de ces localités la reproduction des mêmes ordres de faits tant pour les récifs coralliens que pour les schistes qui les envasent.

Le groupe d'îles coralligènes de Roly (pl. V, fig. 2a, 2b), formant la chaîne elliptique d'un atoll et dont le calcaire à *Pachystroma* est transformé par place en dolomie, est entouré de calcaire noduleux uniformément en pendage extérieur. Seuls, les îlots adventifs, situés dans cet anneau ou en dehors, ne montrent pas cette enveloppe ou ne l'ont que partiellement, absolument comme dans la baie de Frasne (2).

Les conclusions auxquelles on est amené pour celle-ci, s'appliquent donc de point en point à l'Archipel de Roly (3).

(1) Ce récif est représenté presque en entier sur la feuille de Durbuy dont il est question dans la note précédente.

(2) On remarquera ici le nombre proportionnellement élevé de tertres en calcaire gris situés en contre-bas. Il est exceptionnel dans l'ensemble de cette région.

Ces sortes de tertres, dont plusieurs ont encore le calcaire rouge pour soubassement, n'ont pas été construits par des *Pachystroma* ni par les autres coraux des récifs élevés de calcaire gris. J'ai reconnu dans quelques-uns le *Stromatactis* du calcaire rouge, mais je ne suis pas certain que d'autres formes n'ont pas été leurs principaux constructeurs.

Le long d'une partie de l'ancienne côte givettienne de la région de Durbuy et de Marche-en-Famenne s'étendent d'étroits récifs frangeants allongés et situés en fort contre-bas de cette côte. Formés presque entièrement par l'*Alveolites suborbicularis*, ils sont souvent recouverts en partie par du calcaire noduleux dont les allures irrégulières soulèvent de nouveaux problèmes auxquels se rattacherait probablement la conformation des appendices de calcaires noduleux de la région de Frasnes, mentionnés ci-dessus p. 188 et 191.

(3) Constatant en 1882 que les îlots adventifs de Roly ne sont pas enveloppés dans du calcaire noduleux, j'avais été porté à interpréter le fait comme résultant de la formation de ce calcaire impur seulement sur les îles élevées et non dans les profondeurs. Les études que j'ai continuées les années suivantes dans l'ensemble des régions frasniennes, m'ont indiqué que les irrégularités dans les dépôts de bordure des petits récifs proviennent non de cette cause, mais des profils escarpés de leurs parois.

J'ai en conséquence modifié ici dans ce sens la coupe schématique, publiée il y a dix ans.

Le Récif de La Rotte (pl V, fig 3a, 3b), est constitué par du Calcaire à *Pachystroma*, dolomitisé comme celui de Roly, mais sur une bien plus grande échelle. Il est presque en entier une masse de dolomie. On remarquera que cette roche magnésienne n'existe pas dans la région de Frasne (1).

Nous avons vu, dans notre excursion dans le Calcaire carbonifère, que la dolomie résulte simplement d'un phénomène d'altération chimique par les eaux atmosphériques et n'a conséquemment pas de valeur stratigraphique propre.

La forme de ce récif est fort caractéristique. Il enceint, à une distance d'environ 300 mètres, l'extrémité d'une digitation givetienne située en fort contre-bas de son sommet. Il a donc une forme atollique.

Ses pentes latérales étant fortes, les éboulis dolomitiques cachent presque partout son contact avec les dépôts calcaréo-schisteux. Cependant j'ai pu m'assurer qu'aux bords intérieurs comme aux bords extérieurs, il existe du calcaire noduleux suivi de schistes noduleux. Ces dernières roches existent aussi le long du calcaire givettien, mais je n'ai pu assez discerner leurs relations directes pour les préciser dans une coupe de détail.

Mais, alors que, sur les bords latéraux, la pente, comme je viens de le dire, est très prononcée, elle est faible à l'extrémité de la courbe et la masse de dolomie se prolonge sur une distance de 1100 mètres, passant d'une altitude de 280 mètres à l'altitude de 155 mètres.

Vers le point où elle se termine, une tranchée du chemin de fer et la chaussée de Liège traversent cette extrémité du récif et fournissent, en même temps que de bonnes coupes, l'indication que le récif est nettement bordé extérieurement des deux côtés par du calcaire noduleux à inclinaison en dehors, puis par des schistes noduleux. Quoique ces deux coupes naturelles soient parallèles et seulement distantes d'une centaine de mètres, le calcaire est resté inaltéré et montre bien sa nature coralligène dans l'une, tandis que, dans l'autre, il est dolomitisé.

Une coupe-diagramme, combinant ces deux coupes, mais dans laquelle le calcaire est figuré d'après la tranchée du chemin de fer, est jointe à la planimétrie de La Rotte. (Pl. V, fig. 3b.)

Trois petites masses adventives de calcaire rouge se montrent fort en contre-bas au côté gauche du récif et sont entourées de schistes nodu-

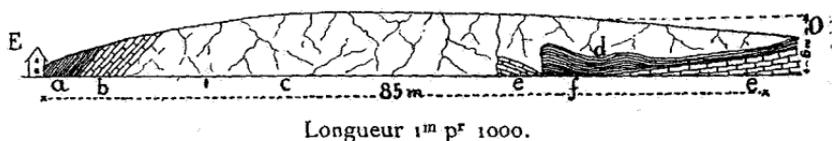
(1) On pourra trouver l'indication des divers calcaires frasniens et de leur transformation en dolomie dans ma notice *Sur les calcaires frasniens d'origine corallienne et sur leur distribution dans le massif paléozoïque de la Belgique*. (Bull. Acad. r. de Belgique, 3^e série, t. X, p. 21, 1885.)

leux. On observe une importante accumulation d'*Acervularia* à l'un de leurs bords.

Une autre masse du même calcaire, la plus intéressante peut-être de notre territoire frasnien à cause de sa portée significative, fait suite à l'extrémité allongée de la Rotte. Elle en est distante d'un kilomètre.

Voici la coupe que l'on y relève sur la chaussée de Liège.

FIG. 8. — Coupe du récif de marbre rouge du cimetière de Barvaux-sur-Ourthe, sur la chaussée de Liège.



- a. Schistes bleus très grossiers à longs pans.
 b. Calcaire gris noduleux stratifié, ayant fourni au contact du précédent :
 Spirigera concentrica, *Orthis striatula*,
 Spirifer Verneuili, *Strophalosia productoides*.
 Rhynchonella pugnus
 et dans sa propre masse : *Acervularia*, *Alveolites suborbicularis*.
 c. Calcaire rouge massif à *Stromatactis* et *Alveolites suborbicularis*.
 d. Calcaire gris bleu à reflet violacé, massif, à *Stromatactis* — en surplomb sur
 30 mètres.
 e. Calcaire gris noduleux stratifié, comme b.
 f. Schistes noduleux.

Rien de plus net que le profil des deux parois opposées de ce récif.

Du côté est, la paroi est inclinée d'environ 45° et reçoit du calcaire noduleux.

Mais, du côté ouest, les choses se passent tout autrement. Avec la disparition du calcaire rouge massif à *Stromatactis* et sa transformation latérale en calcaire gris-bleu également à *Stromatactis* — transformation du reste très fréquente, — le récif prend clairement une disposition en surplomb sur une longueur de 30 mètres. Sous ce surplomb, on voit du schiste noduleux venant butter, sensiblement horizontal ou avec de fort légères ondulations, contre le calcaire massif rouge; il est d'épaisseur variable, de 1 mètre à 2^m,50. Il repose lui-même sur du calcaire noduleux qui dépasse longuement les limites du récif d'où il sort.

Sur les autres parties du bord du récif, on n'observe que des schistes verts. Les schistes violets de Barvaux qui sont contemporains des schistes à *Cardium palmatum*, se trouvent tout autour à peu de distance.

Cette disposition remarquable en surplomb est-elle originaire ou due à une faille oblique?

Une faille, qui aurait coupé ce point en pleine masse corallienne, alors que de grandes étendues schisteuses l'environnent, serait d'autant moins admissible que cette région ne montre de cassures que dans les schistes mêmes, et encore ces failles ont rarement des dénivellations de plus de deux mètres. La dénivellation serait importante ici et sans équivalent dans la localité.

Au contraire, je puis signaler, dans des récifs de même nature, des exemples assez fréquents de semblables conformations de parois en surplomb ou excavées (voir notamment p. 184, fig. 4), pour qu'elles soient un de leurs traits caractéristiques. Ces dispositions sont du reste bien en rapport avec les irrégularités constantes de la bordure calcaréo-schisteuse des récifs isolés de calcaire rouge, et nous avons précisément recouru à des circonstances du même genre pour expliquer rationnellement ces irrégularités.

On ne peut voir selon moi, dans l'allure de la paroi sud du récif de Barvaux, qu'une disposition originaire. Ce qui donne une importance spéciale et vraiment hors ligne à ce récif, c'est la netteté et l'évidence de cette paroi excavée et du mode corrélatif d'envasement par le calcaire et les schistes noduleux.

V. RÉSUMÉ.

Résumant le long examen qui vient d'être fait des calcaires et schistes frasniens, nous voyons que les points, particulièrement mis en évidence par le présent travail, sont :

1° d'une part, l'existence définitivement établie d'un soubassement en calcaire rouge pour les récifs gris surélevés, et, d'autre part, le raccordement stratigraphique de ce calcaire rouge de soubassement avec le calcaire rouge isolé et situé en contre-bas.

C'est désormais le point de repère réellement capital de ce terrain, l'antériorité des récifs à *Pachystroma* par rapport aux schistes étant elle-même hors de contestation.

2° En soumettant à un examen minutieux les relations stratigraphiques si divergentes entre les récifs et leur enveloppe schisteuse, nous avons reconnu que les oppositions de cette sorte proviennent des allures très différentes des parois latérales des récifs frasniens. Le calcaire rouge a des parois fort irrégulières, souvent tendant vers la verticale ou étant en surplomb, tandis que les parois des grands amas surélevés de calcaire gris ont ou ont eu une inclinaison extérieure. Les bordures

schisteuses devaient donc inévitablement avoir des caractères semblables à ceux que nous observons,

3° Ce qui résulte dès lors clairement des faits et indépendamment de toute interprétation, c'est que les calcaires coralligènes, qu'ils soient rouges ou gris, que leurs principaux constructeurs soient le *Stromatocystis* ou le *Pachystroma*, qu'ils se montrent en grosses ou en petites masses, élevées ou surbaissées, représentent, dans l'époque frasnienne, une première phase, et les dépôts calcaréo-schisteux en caractérisent une seconde.

Cette notion vient apporter le complément que réclamait, quant à la nature des eaux de ces âges, le résultat déjà fourni, au début de mes études, par la constatation immédiate de la pureté des calcaires coralligènes : l'incompatibilité des constructions coralliennes avec la présence de sédiments argileux. Lorsqu'apparaissent les substances schisteuses, le phénomène coralligène prend fin ; tandis qu'il produisait ces innombrables masses de calcaires gris et rouges, lorsque les eaux n'étaient pas troublées par des apports terreux.

VI. LA FAUNE CONCHYLIOLOGIQUE FRASNIENNE.

Devant des changements de régimes aussi saillants, on devait s'attendre à voir se produire, au cours de cette époque frasnienne, des contrastes correspondants dans la faune conchyliologique, suivant qu'on l'observait dans les récifs coralliens ou dans les dépôts schisteux.

Il est loin d'en être ainsi. Les calcaires de la première phase frasnienne, coralligènes ou détritiques, et les schistes et nodules de la seconde phase renferment des faunes coquillières étroitement unies qui ont avec raison amené M. Gosselet, dès 1860, à réunir en un seul étage ces calcaires et ces schistes.

On pourra juger de l'étendue de ces rapports par le tableau ci-joint dans lequel figure la liste de 54 espèces rencontrées, sur les feuilles au 20,000^e de Couvin, Senzeilles, Sautour, Surice, Marche et Durbuy, dans les neuf horizons stratigraphiques dont il est question dans le présent travail. Il a été dressé d'après 181 faunules locales et sur plusieurs milliers de spécimens déterminés de 1882 à 1885, avec le concours de M. Béclard. J'en ai écarté un certain nombre d'espèces nouvelles ou d'autres sur l'identification desquelles je n'étais pas encore suffisamment fixé. Cette élimination ne modifie du reste pas le résultat d'une manière sensible et laisse intactes les conclusions.

J'y ai joint l'indication des espèces frasniennes qui se rencontrent simultanément dans le Givetien et dans le Famennien, de manière à mettre bien en évidence les affinités biologiques de cette sorte entre les trois étages successifs, ainsi que l'indépendance corrélatrice de ceux-ci.

Pour analyser les données de ce tableau, nous en répartirons, suivant des vues zoologiques souvent admises, les espèces en deux groupes : les Mollusques proprement dits comprenant les Céphalopodes, les Gastéropodes et les Lamellibranches, et les Molluscoïdes ou Brachiopodes.

La liste comprend dès lors 22 espèces de Mollusques proprement dits et 32 de Molluscoïdes.

1° Sur les 22 espèces de Mollusques, on en trouve 14 ou 63 p. c. dans les calcaires de la première phase frasnienne ;

12 ou 54 p. c. dans les dépôts calcaréo-schisteux de la seconde phase ;

11 ou 50 p. c. propres à la première phase ;

7 ou 32 p. c. propres à la seconde phase ;

4 ou 18 p. c. communes aux deux phases ;

aucune commune ni avec le Givetien, ni avec le Famennien.

D'où la conclusion que, d'après cette catégorie d'espèces, le Frasnien est sans rapport paléontologique avec le Givetien et le Famennien ; que les 18 p. c. des espèces, communes aux deux phases, indiquent des connexions assez intimes entre celles-ci, en même temps que des contrastes en rapport ou avec ces changements de milieu ou avec des espacements de temps.

2° Tout autre est le résultat pour les Brachiopodes.

Sur 32 espèces, on en trouve :

26 ou 81 p. c. dans les calcaires de la première phase ;

30 ou 94 p. c. dans les dépôts calcaréo-schisteux de la seconde phase ;

2 ou 6 p. c. propres à la première phase ;

6 ou 19 p. c. propres à la seconde phase ;

24 ou 75 p. c. communes aux deux phases.

Par contre, 10 ou 31 p. c. sont communes avec le Givetien et 8 ou 25 p. c. avec le Famennien.

6 ou près de 19 p. c. sont communes à la fois au Givetien, au Frasnien et au Famennien.

D'où la conclusion, à son tour, que des connexions se révèlent, entre les trois étages comme étant trois termes successifs de la série devonienne, par la communauté d'espèces d'une grande longévité, mais l'individualité de l'étage frasnien s'y manifeste clairement aussi, non moins que la jonction par la paléontologie des deux éléments constitutifs de ses deux phases.

3° Si nous réunissons les deux catégories fauniques de la liste, nous notons que, sur 54 espèces de Mollusques et de Molluscoïdes, nous en trouvons :

40 ou 74 p. c. dans les calcaires de la première phase ;

42. ou 78 p. c. dans les dépôts calcaréo-schisteux de la seconde phase;

13 ou 24 p. c. propres à la première phase;

13 ou 24 p. c. propres à la seconde phase;

28 ou 52 p. c. communes aux deux phases.

Les espèces communes avec le Givetien ou avec le Famennien sont indiquées dans le relevé ci-dessus des Molluscoïdes et donnent, sur l'ensemble des 54 espèces, 18 p. c. pour le Givetien, 15 p. c. pour le Famennien.

Les conclusions restent encore les mêmes.

La faune coquillière frasnienne, qu'on la recueille dans les calcaires coralligènes ou dans les schistes subséquents, se maintient assez sensiblement semblable à elle-même pour qu'on ne puisse, par son intervention, scinder les divers horizons frasniens.

Les calcaires coralligènes n'auraient pu être reconnus, au moyen des fossiles, comme plus anciens ni être distingués comme terme séparé de série. La faune des schistes enveloppants est trop semblable à la leur pour que la paléontologie stratigraphique y eût dénoté la division en deux phases successives.

Le tableau précédent, avons-nous vu, ne porte que sur les éléments paléontologiques recueillis sur 6 feuilles au 20,000^e, dont le Frasnien ne couvre pas la moitié. Le territoire qui les a fournis ne peut guère être évalué qu'à 200 kilomètres carrés distribués, il est vrai, de manière à pouvoir apprécier cet étage sur divers points du front septentrional de l'Ardenne.

J'ai recueilli des matériaux de même sorte non moins nombreux dans le reste de l'étage, dont la superficie peut être évaluée à 700 ou 800 kilomètres carrés. Quoiqu'ils ne soient encore que partiellement élaborés et, en outre, qu'une partie notable des espèces recueillies sur les six feuilles ci-dessus ne figure pas dans la liste, les résultats qui viennent d'être exposés ne seront pas sensiblement modifiés. Les constatations positives, mentionnées dans cette liste, resteront acquises et ne seront que complétées; d'autre part, si le nombre des espèces est appelé à être augmenté, encore se répartiront-elles dans les deux phases dans des proportions à peu près semblables.

La faune dans les calcaires et dans les schistes frasniens.

Nous sommes donc encore en possession des importantes données suivantes :

1^o La faune coquillière montre que si, à l'époque frasnienne, l'arrivée des matières terreuses dans ces mers a eu une puissante action

sur la vie corallienne, elle a eu une influence beaucoup moins marquée sur les mollusques.

Près d'un cinquième des Mollusques proprement dits ont pu vivre, à la fois, dans les eaux limpides qu'exige la croissance des coraux et dans les eaux chargées de troubles terreux qui ont donné naissance aux dépôts de schistes.

Mais les Brachiopodes s'y montrent presque indifférents à une transformation aussi considérable de milieux ; les trois quarts de leurs espèces ont vécu indistinctement pendant les deux phases, dans les poches des récifs coralliens, sur la vase calcaire détachée de ceux-ci ou dans les eaux chargées de matières argileuses. C'est, du reste, un fait bien connu des géologues que ces organismes ont une complexion plus élastique que celle des Mollusques propres, leurs espèces étant moins strictement limitées à une même nature de sédiments.

2° La faune coquillière des calcaires et des schistes frasniens forme, en définitive, ce qu'on a coutume d'appeler en géologie une même faune, une faune homogène, réunissant en un même étage les deux termes chronologiques qui la renferment, quelles que soient leurs différences lithologiques.

3° D'autre part, cette faune diffère profondément de la faune du Givetien qui l'a précédée et de la faune du Famennien qui l'a suivie. De plus, aux deux contacts, le passage paléontologique est brusque : on reconnaît de suite, par le changement des faunes, qu'on a passé du Givetien au Frasnien et du Frasnien au Famennien.

Les espèces communes sont précisément des Brachiopodes doués d'une très grande longévité.

Aussi quatre de ces espèces descendent jusque dans le Coblenzien inférieur et cinq autres jusque dans l'étage de Couvin. Presque toutes s'éteignent dans le Famennien ; l'une d'elles cependant, la *Rhynchonella pugnus*, est observée, sans changement bien appréciable, depuis l'étage de Couvin jusque dans le Calcaire carbonifère supérieur.

Cependant le Givetien, s'il n'est pas formé de calcaires construits comme le Frasnien inférieur, est comme lui essentiellement corallien : d'innombrables coraux s'y sont développés dans une vase calcaire et constituent une grande partie de ses éléments rocheux. Ses eaux étaient aussi, au moins dans la dernière moitié de l'époque, aussi limpides qu'à l'époque coralligène frasnienne, à en juger par la pureté de ce calcaire givetien.

De la différence des faunes coquillières entre deux époques où la matière des eaux fut tellement similaire, nous concluons encore à la faible influence de la nature des eaux, et nous devons faire appel à

une cause plus puissante pour nous rendre compte de ce changement considérable dans la vie conchyliologique, cause qui ne peut être l'évolution directe, puisque le passage paléontologique est brusque.

La mise en regard du Frasnien supérieur et du Famennien conduit aux mêmes résultats.

Le Frasnien supérieur, comme le Famennien inférieur, est formé de schistes argileux avec nodules calcaireux. Ces deux parties d'étages se superposent sans discordance. Néanmoins, leurs faunes sont profondément différentes, et le passage est brusque.

La nature des eaux que nous révèle la sédimentation était donc de son côté la même, et, ici encore, pour expliquer les transformations fauniques sans transition, nous sommes obligés de faire intervenir une cause qui n'est ni la nature des eaux ni l'évolution lente.

Les éléments d'appréciation, puisés dans ces terrains, sur cette intéressante question, ne peuvent nous mener plus loin dans l'étude du problème. Mais, ainsi que je l'ai exposé antérieurement (1), le Calcaire carbonifère fournit à cet égard un complément de données qui permet de rapporter le phénomène à la température des courants aux diverses époques.

VII. DISLOCATIONS.

Les phénomènes géologiques, et ceux-ci moins que tout autre, ne se caractérisent jamais par la simplicité. Leurs complications relèvent de leur production même, mais aussi de phénomènes subséquents qui y ont superposé leurs actions propres et ont pu dénaturer plus ou moins les caractères originaires.

Ces actions postérieures, pour ce qui nous concerne ici, peuvent se ranger en deux catégories : les dérangements et compressions dus au soulèvement post-houiller, puis les dénudations depuis ces temps lointains.

Nous avons vu par la citation, faite au commencement de cette étude, que M. Gosselet rejetait déjà, il y a plus de vingt ans comme un effet de dislocations, la disposition discontinue des tertres de calcaires au milieu des schistes. Nous avons bien là une disposition originare.

C'est, en effet, la conclusion à laquelle on arrive pour les amas de calcaires coralligènes de ce terrain. Nous observons des masses calcaireuses et schisteuses ayant conservé dans leur ensemble leurs rapports primitifs, leurs relations de formation, et non pas des bouleversements

(1) *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, 1891, t. V, p. 180.

par plis et failles qui auraient pu disloquer ces roches et leur donner les allures actuelles.

Cette conclusion constante est fournie par l'observation directe, sans qu'il puisse rester de doute dans l'esprit.

Déjà je le faisais remarquer en 1882 pour la région de Roly et de Philippeville, en analysant en détail ses faits de dislocations, et il en résultait pour ce territoire des perturbations faibles et locales, parfaitement susceptibles d'analyse (1).

C'est un fait bien connu des géologues qui ont fait une étude spéciale des régions montagneuses : celles-ci ne sont pas uniformément bouleversées. Des zones de fortes dislocations alternent généralement avec des zones de faibles dislocations, et ces circonstances sont si fréquentes qu'elles semblent être de l'essence du phénomène des soulèvements.

J'ai pu déterminer la distribution territoriale des dispositions de ce genre dans notre massif primaire.

Pour nous en tenir à une partie de celui-ci, entre l'Ardenne, zone de dislocations intenses et le Condroz, zone à perturbations également fort prononcées, s'étend la plaine des Fagnes et la plaine de la Famenne. Ces plaines se font suite, du Hainaut français à Barvaux-sur-Ourthe, sur une longueur de plus de cent kilomètres et forment, sur une largeur de 15 à 20 kilomètres, une zone de faibles dislocations.

Le phénomène coralligène frasnien s'est heureusement développé dans cette zone intermédiaire peu troublée, ce qui nous permet souvent de l'étudier, sans devoir faire en chaque point la part des bouleversements et démêler le rôle superposé des deux actions.

Les démonstrations de cet état de choses peuvent surtout être données en relevant, dans les localités étudiées, les faits de dislocations.

Le massif frasnien de Roly, dont la surface est d'au moins dix kilomètres carrés, ne fournit à l'examen le plus attentif que des indices d'une compression modérée : la schistosité des schistes, qui est une preuve classique de pression latérale, est bien prononcée. En un seul point, du calcaire noduleux a fourni un pendage de 40° à 45°, avec de faibles contournements ; partout ailleurs les calcaires stratifiés, noduleux ou non, ne sont inclinés que de 10° à 30°, pente sur laquelle des dépôts peuvent s'établir. Enfin des petites failles, parallèles à la stratification, existent dans les schistes vers le contact du Famennien, et l'inclinaison va alors jusqu'à 60° et 80°.

(1) *Les Iles coralliennes, etc. (Loc. cit., pp. 129 et 133).*

Dans la région de Frasne, nous avons surtout remarqué, outre la schistosité des schistes, le calcaire noduleux qui, au lieu d'avoir, au bord sud de plusieurs grands récifs, une inclinaison faible et extérieure comme à leur bord nord, est presque vertical et même un peu incliné vers le récif. Nous avons vu, dans cette conformation, l'effet d'un refoulement, d'abord à cause de sa production au bord sud, c'est-à-dire dans la direction du refoulement de cette partie de notre bassin, puis parce qu'en plusieurs endroits, nous avons pu suivre ce renversement d'inclinaison. Nous n'y avons pas constaté de plissements quelque peu saillants, sauf dans un point pour le même calcaire noduleux (p. 181), mais il existe quelques failles, du reste sans importance, dans les schistes au milieu de la baie, et les couches y ont souvent une inclinaison dépassant 40°. On peut encore citer le redressement des schistes contre les amas de calcaire rouge, redressement que nous examinerons plus loin.

Tout témoigne donc également dans la région de Frasne d'une compression des terrains, mais de ce phénomène, parfaitement reconnaissable et pouvant être facilement analysé, à des actions qui auraient complètement dénaturé cette région classique, il n'y a pas de rapport, et les études de M. Gosselet, publiées en 1874, restent à cet égard absolument confirmées.

À l'autre extrémité du bassin, le récif de La Rotte a subi une compression plus sensible, à en juger par le redressement presque vertical du calcaire givetien enclavé, par l'inclinaison inverse de la paroi intérieure de la branche dolomitique Est, par le plissement des couches noduleuses comblant ce creux intérieur. Mais à cela se bornent les perturbations réellement ostensibles et, certes, elles ne sont pas de nature à avoir bouleversé de fond en comble cette conformation coralligène caractéristique.

Mais il reste une autre question pour la solution de laquelle M. Gosselet vient d'émettre, dans son monumental ouvrage sur l'Ardenne, des vues qui doivent appeler notre attention. C'est, pour les calcaires rouges, un nouveau cas de complications que nous avons laissé jusqu'à présent à l'écart.

Frappé de la circonstance que les schistes qui enveloppent les amas de calcaire rouge ne sont généralement pas presque horizontaux, mais souvent en couches fort inclinées et, au lieu de se relever de tous côtés autour d'eux, les contournent et semblent les enserrer, notre éminent confrère pense qu'on doit en conclure que le calcaire rouge, bien que sa stratification ne soit pas visible, est lui-même très incliné par rapport à sa position primitive.

« Cette inclinaison même des schistes, ajoute-t-il, fournit peut-être une autre solution du problème. Lorsque les terrains se sont plissés, les roches calcaires, dures et compactes, ont dû être affectées autrement que les roches schisteuses, tendres et flexibles. Ces masses dures, isolées, ont pu être poussées en haut, chassées en quelque sorte de leur enveloppe schisteuse primitive, comme une dent est chassée de son alvéole par une ostéite. Elles auraient ainsi pénétré dans des schistes plus récents qui se plissaient en même temps qu'elles.

» Ainsi la disposition du calcaire rouge au milieu des schistes à *Cardium palmatum* comporte trois explications qui peuvent être vraies, l'une et l'autre, dans des cas différents :

» 1^o Il est contemporain des schistes qui l'enveloppent de toutes parts ;

» 2^o Il est plus ancien que les schistes qui sont venus le recouvrir en stratification discordante ;

» 3^o Il était primitivement inférieur aux schistes, et il s'est introduit au milieu d'eux par l'effet du plissement du terrain (1). »

En établissant définitivement que les grands récifs de calcaire gris doivent avoir un soubassement de calcaire rouge, la présente étude démontre que les amas isolés de ce calcaire sont de la même partie de l'époque frasnienne que les amas de calcaire gris et antérieurs à la phase du dépôt des schistes frasniens.

Ceci écarte le premier cas interprétatif prévu : « le calcaire rouge serait contemporain des schistes qui l'enveloppent », et prouve la réalité constante du second cas : « le calcaire rouge est plus ancien que les schistes qui sont venus le recouvrir en stratification discordante. » C'est bien ainsi, en effet, que nous avons reconnu, au cours de ce travail, les relations originaires entre ces sortes de récifs et les matières d'envasement.

Il en résulte que l'inclinaison fréquente des schistes eux-mêmes contre les parois des amas de calcaire rouge doit être rapportée à un phénomène de dislocations, et nous sommes ainsi amenés à l'examen du troisième cas : « le calcaire rouge était primitivement inférieur aux schistes et il s'est introduit au milieu d'eux par l'effet du plissement du terrain. »

Ce calcaire rouge est toujours enveloppé par les schistes, mais lorsqu'il n'était pas recouvert par le calcaire à *Pachystroma*, il l'était, ainsi que nous l'avons vu, par ces schistes eux-mêmes. Je ne puis voir, de mon côté, dans ce redressement des couches schisteuses ou cal-

(1) *L'Ardenne*, p. 466.

caréo-schisteuses, quand il existe, qu'une action dépendant du soulèvement post-houiller, et l'observation directe la rend évidente. On peut, à mon avis, la concevoir ainsi : le redressement des substances schisteuses contre les parois rigides et souvent escarpées de ces masses coralligènes et leur modelage partiel sur celles-ci sont un résultat des pressions latérales corrélatif de la production de la schistosité, ainsi que les plissements et les petites failles que les schistes présentent souvent à quelque distance de ces récifs.

Ce sont, en définitive, sur ces substances essentiellement malléables, des manifestations différentes d'une même action, suivant les circonstances en jeu. Ces manifestations procéderaient toutes d'un refoulement du sud au nord pour cette partie du massif primaire et, par conséquent, d'une pression latérale ayant eu pour effet de réduire la largeur de ces régions dans une mesure d'ailleurs fort restreinte, quand on la compare aux réductions en largeur de l'Ardenne et du Condroz déduites des plissements et des failles.

Des compressions modérées et une élévation du sol, ayant au surplus probablement varié depuis lors à plusieurs reprises, sont les effets de soulèvement que nous pouvons retrouver dans les localités étudiées ici.

VIII. DÉNUDATIONS.

Il nous reste maintenant à aborder l'autre phénomène postérieur, les dénudations.

Plusieurs géologues ont admis d'énormes dénudations dans nos terrains primaires et ont même tenté de donner la mesure des ablations qui s'y seraient effectuées.

L'un prétendait récemment être certain que toute notre série paléozoïque avait recouvert le Condroz.

D'autres n'hésitaient pas à donner aux contreforts septentrionaux de l'Ardenne, pendant l'époque secondaire, des altitudes de 5000 à 6000 mètres et ils ne reculaient même pas devant l'idée que ces montagnes étaient alors couronnées par des glaciers. M. Gosselet a montré ce qu'il fallait penser de ces conceptions (1).

Un conchyliologiste allemand, M. Emmanuel Kayser, croit être « plutôt au-dessous qu'au-dessus de la vérité », en estimant à 2000 pieds la dénudation subie par la région montagneuse rhéno-belge et, de même qu'il a appelé à son aide, contre l'étude des récifs coralligènes, les dislocations de nos régions qu'il reconnaît n'avoir pas

(1) *L'Ardenne*, p. 745 et 847.

visitées, il fait état de ses hypothèses sur les « abrasions » pour combattre la concordance entre les phénomènes coralliens frasniens et actuels, sans prendre la peine d'étudier ces phénomènes en propre (1).

M. Gosselet, avec sa haute compétence, est plus réservé. Il prévoit que, lorsque le sol sera mieux connu et qu'on pourra calculer presque exactement la quantité de matière enlevée, « on sera probablement étonné, de voir combien elle est faible par rapport à l'étendue du pays (2). »

Il est, en effet, fort difficile d'émettre aujourd'hui un jugement sérieusement motivé sur l'amplitude des dénudations subies par ces régions, et j'avoue ne pas avoir d'idées bien arrêtées sur la question, l'une des moins étudiées d'ailleurs de la géologie de notre territoire.

Les calculs par les dénivellations de failles se font généralement dans l'hypothèse de failles verticales et à allures uniformes. On arrive alors à des résultats de grande amplitude, mais, le point de départ ne reposant pas sur des réalités, ils sont évidemment imaginaires.

Les enlèvements des sommets anticlinaux sont un autre mode d'évaluation où s'introduisent beaucoup d'inconnues et d'indéterminées et qui n'est pas aujourd'hui plus satisfaisant.

Nous ne savons même pas dans quelle mesure ces dépouillements se sont opérés par ablations lentes au cours des temps. Nous pouvons, il est vrai, reconnaître, par l'examen des plateaux, que les grès et les psammites sont moins vite attaqués par les actions atmosphériques que les calcaires, et ceux-ci le sont moins que les schistes, mais ce sujet en est lui-même à réclamer des études étendues, puisque l'action a lieu par désagrégation sur les grès, les psammites et les schistes, tandis qu'elle se produit par dissolution sur les calcaires.

Cependant deux groupes de données précieuses nous sont plus ouverts.

Parlant de l'arasement des plateaux de notre massif primaire, M. Gosselet remarque que « cette transformation remonte à une époque géologique très reculée, car on constate que la région de l'Ardenne qui fut recouverte par les sédiments tertiaires, avait déjà acquis, avant leur dépôt, la forme d'un plateau à peine ondulé (3). »

Le même phénomène, du reste, s'observe aussi tranché sur les parties du même massif recouvertes par des dépôts crétacés. Il remonterait ainsi jusqu'à l'époque crétacée elle-même.

Les ablations générales, depuis ces temps lointains, ne semblent

(1) *Neues Jahrbuch für Mineralogie, etc.* 1883, Band II, Referate, p. 837

(2) *L'Ardenne*, p. 837.

(3) *L'Ardenne*, p. 2.

donc pas s'être continués sur une échelle fort grande, et c'est une circonstance importante à constater.

L'autre dénudation a laissé la trace très nette du phénomène qui l'a produite et elle porte une date précise. Agissant par action fluviale, elle donna lieu au creusement des vallées et se produisit à l'époque quaternaire. Le phénomène n'a pas agi sur toute la surface des plateaux; il est circonscrit au voisinage des vallées auxquelles il donna naissance.

Mais que, depuis l'époque paléozoïque, il y ait eu, sur notre massif primaire, des dénudations considérables par des voies diverses, que de puissants dépôts, aujourd'hui enlevés, aient existé au-dessus des Fagnies et de la Famenne, on voit que les appréciations sur ces sortes de sujets peuvent varier au gré des esprits et que nous restons fort dépourvus de moyens de les élucider.

Ces problèmes n'ont heureusement rien à voir dans notre question, car, quelles qu'en soient les futures solutions, il n'en restera pas moins acquis qu'à l'époque frasnienne, eurent lieu sur ces territoires des phénomènes coralligènes importants avec tous les attributs des phénomènes coralligènes de notre temps.

Or, d'une part, la formation de récifs coralliens relève d'actions qui réclament une profondeur relativement fort restreinte du fond de la mer, et corrélativement il est évident, rien que par leurs faunes conchyliologiques, que nos calcaires et schistes frasniens ne se sont pas formés à de grandes profondeurs (1).

D'autre part, les distributions respectives des récifs frasniens, la constatation de récifs encore recouverts de schistes de la même époque démontrent que des dénudations n'ont pu que fort peu entamer ces terrains.

Par conséquent, si, en ce qui concerne le premier point, des couches épaisses, aujourd'hui enlevées, étaient superposées à ces terrains, c'est que le sol a dû s'y affaisser pour permettre leur dépôt, et il faudrait à plus forte raison admettre cette circonstance si on venait à reconnaître que ces couches subséquentes avaient eu une épaisseur de milliers de mètres et même de pieds; sinon, on accepterait que les masses coralligènes frasniennes sont des formations de mers profondes.

Réciproquement, en ce qui concerne le second point, si des dénuda-

(1) On pourra voir à ce sujet la note de Fuchs : *Quels dépôts connaissons-nous comme formations de mers profondes* (*Neues Jahrb. für Miner., etc.*, 1882. Beil. band, II, p. 487). Voir aussi le mémoire du Dr Langenbeck : *Die theorieen über die Entstehung der Koralleninseln*, etc., p. 80, 1890.

tions importantes se sont exercées sur ces régions, c'est que les calcaires et schistes frasniens avaient été recouverts de dépôts épais sur lesquels ces dénudations ont porté, et nous reviendrions de même à des mouvements du sol postérieurs à l'époque frasnienne.

Ces conclusions ne seraient, en définitive, que la reproduction du système de déductions auxquelles le géologue est constamment astreint dans toute série des terrains, quand les couches qu'il étudie dénotent des changements déterminés de conditions dans leur mode de formation, lorsqu'on voit, par exemple, des dépôts terrestres intercalés dans des dépôts marins.

Les problèmes, relatifs aux dislocations et aux dénudations subies par les régions frasniennes, devaient naturellement être étudiés en même temps que les origines et les conformations primitives du terrain lui-même. Mais c'est à titre complémentaire seulement, car la question du mode de formation a son existence propre et indépendante de toute considération étrangère, et lorsqu'on vient, ainsi qu'a cru pouvoir le faire avec autorité le conchyliologiste cité plus haut, présenter ces questions distinctes, sans recherches ni connaissances préalables, comme objections de principes, c'est user de moyens dilatoires, de fins de non-recevoir, pour écarter un sujet qu'on n'était pas préparé à aborder.

Il n'y a pas à les prendre en considération.

IX. LE RÔLE DU FRASNIEN DANS LA THÉORIE CORALLIENNE.

En étudiant notre étage frasnien, nous nous sommes évidemment trouvés en présence de terrains particuliers, se présentant sous la forme de couches stratifiées, sédimentaires, calcaréo-schisteuses, dont le dépôt régulier et normal a été contrarié par une action antérieure, d'un caractère spécial, qui se manifeste sous la forme de masses englobées, isolées et mutuellement indépendantes, de calcaires gris et rouges.

Entre ces deux groupes, même dans les régions les moins atteintes par des déformations subséquentes, les relations de gisement ne savent d'abord qu'avec la plus grande peine se démêler ; une règle simple et générale ne peut être appliquée à leur déchiffrement.

Nous sommes en réalité devant un dualisme de phénomènes enchevêtrés, en fonctions les uns des autres et d'une complexité de manifestations telle que des causes de natures différentes, avec des lois de formation fort contrastantes, ont seules pu produire ces complications stratigraphiques.

Le Frasnien s'offre d'abord sous l'aspect de catégories de roches d'essences absolument distinctes :

1^o des roches de carbonate calcaïque, des calcaires d'une remarquable pureté chimique, disposés en tertres séparés ;

2^o des roches constituées par des silicates d'alumine, des schistes argileux enveloppant des tertres ;

3^o des roches mixtes, des calcaires impurs tantôt en bancs noduleux, tantôt en nodules épars dans les schistes,

le tout réuni en un faisceau par une faune commune, la faune frasnienne.

C'est avec cette physionomie générale qu'apparaît l'étage frasnien.

L'étude méthodique fait reconnaître bientôt une nouvelle fonction dans ces roches.

Le calcaire pur est stratifié ou bien, et beaucoup plus souvent, en structure massive.

Or, soit par observations micrographiques, soit par étude des masses naturelles à surfaces corrodées, soit par examen de la texture de la roche fraîchement détachée, on se convainc que ce calcaire pur, lorsqu'il est en structure massive, est formé, dans une très large proportion, par des coraux que cimentent des détritits de coraux. Il constitue principalement le calcaire gris à *Pachystroma* et le calcaire rouge à *Stromatactis*; ce qu'on peut appeler justement des calcaires construits.

Au contraire, les calcaires bleus stratifiés, tout en ayant un degré analogue de pureté chimique, sont formés par des détritits de coraux avec quelques amas secondaires de coraux. Ce sont les calcaires sédimentaires, corrélatifs aux calcaires construits.

Si nous examinons, d'autre part, les calcaires impurs, les préparations micrographiques nous les montrent comme constitués aussi par des grains de calcaire corallique, mais ces grains sont cimentés par une pâte argileuse. Ce sont les produits de la réunion d'éléments détritiques du récif aux boues argileuses et se déposant avec elles.

Enfin, par opposition saillante, les schistes eux-mêmes, matière terreuse comprimée, étrangère aux roches formant alors la côte, n'ont pu prendre naissance dans la mer. Ils proviennent de milieux et de phénomènes sans rapport avec les milieux et les phénomènes générateurs du calcaire. Ils n'ont de commun avec ceux-ci que des relations stratigraphiques souvent difficiles à définir, en apparence qu'une simple combinaison pêle-mêle d'actions pour la formation du terrain frasnien.

C'est ainsi que se révèle nettement le dualisme d'origine de ce terrain.

Calcaires purs massifs ou stratifiés, calcaires impurs, schistes argileux se rattachent donc réellement, par actions secondaires, par désagréations accompagnées ou non de mélange, en une suite transitionnelle, et nous restons encore, comme le premier aspect d'ensemble nous l'avait fait percevoir, devant deux termes extrêmes d'une série constitutive : calcaires coralligènes ; matières argileuses transformées en schistes.

Ces éléments ont, par le fait, des points de départ essentiellement distincts :

Le calcaire a pris naissance dans la mer ; il est endogène.

Les matières schisteuses proviennent d'un apport ; elles sont exogènes.

La question étant ainsi posée, notre attention doit se reporter sur les organismes mêmes qui ont créé le calcaire frasnien. Nous venons de voir que ce sont des coraux, c'est-à-dire un ensemble complexe d'organismes, sécréteurs par excellence du calcaire qu'ils retirent du sulfate calcique en solution dans la mer.

Or, prenant les causes actuelles comme élément comparatif, ainsi que l'exige la méthode géologique, nous remarquons que les amas coralligènes sont, avec les boues à Globigérines et sans doute même plus que celles-ci, les masses calcaires les plus importantes, encore en formation dans nos océans ;

qu'ils sont disposés en masses allongées ou à formes courbes, à profils très variés, d'où la vague détache des débris qui se stratifient ;

qu'ils sont répartis en longues rangées frangeantes ou cotières et en archipels, atolls ou récifs-barrières, suivant leur proximité ou leur éloignement des côtes ;

qu'ils sont séparés par des canaux de toutes formes et dimensions ;

qu'ils ne peuvent s'établir qu'à une profondeur restreinte, variable du reste suivant les espèces génératrices qui tendent ainsi à s'étager, et les parties des océans à récifs coralliens restent libres de constructions de cette sorte, quand la profondeur requise est dépassée ;

que la croissance de ces récifs est absolument arrêtée, dès que la mer contient des sédiments terreux.

C'est ainsi que se présente aujourd'hui la formation des grandes masses calcareuses sous l'action des coraux dans les océans des tropiques, lorsque la température des eaux est d'au moins 20° centigrades.

Toutes ces circonstances, sauf, dans une certaine mesure, celle de la profondeur des constructions que le Calcaire carbonifère démontre à son tour, ne sont-elles pas reflétées dans notre étage frasnien ? Les dis-

positions et allures des calcaires et schistes de cet horizon paléozoïque, lorsqu'on est parvenu à les définir, ne sont-elles pas si nettes et significatives qu'on aurait pu à la rigueur reconnaître et préciser les phénomènes qui les ont produites, directement, par eux-mêmes, sans réclamer l'aide de la méthode comparative ? L'analyse de leurs circonstances n'aurait-elle pas permis la reconstitution de toute pièce du phénomène corallien, aussi bien, par exemple, que la reconstitution des mœurs des Troglodytes aurait pu se faire à la rigueur sans le concours de l'ethnographie comparée ?

Nous constatons l'origine coralligène des calcaires frasniens, avec leurs détritiques dus à une désagrégation mécanique et formant des dépôts ;

leur conformation en masses construites isolées, variées en dimensions, en formes et en hauteurs, avec des profils divers qui ont accidenté l'allure des dépôts ultérieurs ;

les récifs coordonnés le long d'une ancienne côte à la manière des récifs frangeants avec leurs chenaux séparatifs, leurs rangées simples ou redoublées suivant la profondeur déduite de la série des terrains subséquents, ou bien coordonnés, à distance de la côte, en archipels répétant les dispositions courbes des atolls et des récifs-barrières ;

l'emplacement des côtes, des baies et de la pleine mer dénoté par les accumulations de sédiments plus récents ;

l'existence autour des récifs d'espaces libres, chenaux et lagunes, et leur profondeur relative dénoncées par les schistes d'origine extérieure avec l'appoint de détritiques coralliques agglomérés en nodules ;

la nécessité d'une eau limpide pour la croissance des coraux décelée par la pureté des calcaires coralliens, aussi bien que par l'arrêt de formation des récifs et par la disparition des coraux constructeurs en coïncidence avec la venue des eaux argileuses ;

tous les caractères, en un mot, essentiels et secondaires, des masses coralliennes de nos jours, hormis la loi bathymétrique qui ne peut être discernée qu'indirectement ici, mais dont l'existence est établie aussi clairement dans un terrain voisin, plus propice à son étude.

Voilà la riche moisson de données fournies par nos calcaires et schistes frasniens pour restaurer l'un des modes les plus curieux de la formation des terrains.

