

TERRAIN DEVONIEN DE L'ENTRE-SAMBRE-ET-MEUSE.

LES ILES CORALLIENNES DE ROLY ET DE PHILIPPEVILLE

PAR

M. É. DUPONT,

Directeur du Musée royal d'histoire naturelle.

L'an dernier, j'ai exposé devant l'Académie royale de Belgique les évidences, reposant à la fois sur l'observation directe et sur une étude comparative, qui démontrent l'origine corallienne de nos calcaires devoniens et leur mode de formation conforme à celui des îles et des récifs côtiers construits de nos jours par les coraux dans les mers intertropicales (1). J'établissais que ces calcaires sont formés de coraux ou de leurs débris, que leur disposition, tantôt en bandes allongées le long des côtes, tantôt en petits amas émergeant au milieu des schistes, tantôt en masses affectant une forme annulaire, se parallélisait de point en point avec la disposition des récifs coralliens que les naturalistes-navigateurs nous ont fait connaître. Je montrais que les documents qui nous sont fournis par la stratigraphie sur les rapports entre ces calcaires, les schistes qui les ont envasés et le relief ancien de la mer, dénotaient clairement que ces formations se produisaient suivant les lois si particulières des formations corallienes dans les temps présents.

Le but de ce travail sera de reprendre avec plus de développement quelques-unes de ces questions et principalement de décrire deux groupes d'îles corallienes dont la disposition est particulièrement démonstrative.

Nos calcaires coralliens sont loin de se prêter à une détermi-

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belg.*, 3^e série, t. II, p. 264, 1881.

nation immédiate de leur nature. Sur ce point déjà, ils se montrent analogues à la roche des récifs de coraux. « La structure du corail, dit Darwin, a été généralement très voilée par l'infiltration d'une matière calcaire spathique, et j'ai pu recueillir une série intéressante de spécimens commençant par des fragments de corail inaltéré et finissant par d'autres où il était impossible de découvrir à l'œil nu aucune trace de structure organique. Dans quelques-uns de ces échantillons, j'étais incapable, même avec l'aide d'une loupe et, en les mouillant, de distinguer la ligne de séparation du corail altéré et du calcaire spathique. Beaucoup de ces blocs de corail, qui gisaient isolés sur le rivage, avaient leur partie centrale altérée et infiltrée (1). »

La méthode que j'ai d'abord suivie pour reconnaître la présence des coraux dans nos calcaires, a été décrite dans la notice précitée. La roche fraîche ne donne que l'impression d'un calcaire amorphe, passant par transition insensible à une structure finement saccharoïde. Par une exploration attentive, on peut cependant observer que les parties, exposées pendant quelque temps aux influences atmosphériques, paraissent bréchiformes et on peut s'assurer que ce caractère est dû à la présence de Stromatopores et de Coralliaires, légèrement mis en relief sur un calcaire grenu plus altérable. Le marteau montre alors que la roche est finement saccharoïde dans les parties coïncidant avec les organismes révélés à l'extérieur, et plus grossièrement amorphe pour la partie plus altérable. L'emploi du polissage et l'examen de nombreuses plaques minces confirmaient ce résultat : le tissu organique, avec ses interstices oblitérés par du spath, se dessine alors avec clarté dans la roche voilée à l'état naturel.

L'observation a ainsi une base pratique bien établie et je m'en sers couramment dans mes levés. Dans les cas presque constants où l'oblitération dissimule les caractères organiques, la nature corallienne peut aisément se reconnaître par la seule constatation de masses saccharoïdes au milieu de calcaires grenus. Avec un peu d'habitude, on discerne même les organismes au point de pouvoir rapporter la roche aux types que je distingue dans nos formations coralliennes. Il devint bientôt évident que peu de nos calcaires devoniens ne renferment pas de coraux reconnaissables à ces caractères.

(1) *On the Structure and Distribution of Coral Reefs*, 2^e édit., 1874; traduct. franç. par M. Cosserat, p. 19, 1878.

En outre, des observations micrographiques sur la partie amorphe font observer la présence de fragments de coraux au milieu des grains de la roche, et par le fait la nature corallienne de l'ensemble de ces calcaires ne peut laisser de doutes.

Cependant, pour rendre la démonstration plus complète et pouvoir étudier en détail la structure de ces roches, je fis exécuter l'hiver dernier des plaques minces dont les dimensions atteignent de 20 à 40 centimètres de longueur sur 15 à 25 de largeur. Ces préparations, dont l'exécution est déjà devenue familière à l'un des employés de ma section et qui donnent de véritables vitraux aux dessins élégants et délicats, parfois de couleurs éclatantes, furent pratiquées sur nos diverses espèces de calcaires devoniens. Elles mettent en évidence le fait dont je voulais perfectionner la démonstration, à savoir, dans les uns, la proportion considérable d'organismes coralliens entourés de calcaire amorphe avec de menus fragments de ceux-ci; dans les autres, la prépondérance de l'élément détritique corallien, alors que le calcaire est particulièrement coquillier, souvent avec tribolites, crinoïdes et foraminifères.

Dans ces constatations, nous reconnaissons encore une étroite analogie avec les roches des récifs actuels.

M. Dana observe que les coraux conservent parfois dans la roche leur position primitive de croissance, mais que le calcaire des récifs consiste souvent en débris de coraux consolidés par un ciment calcaire. La grande abondance de la variété plus fine indique que beaucoup de ces roches proviennent de sable et de boue coralliques. Les coquilles y apportent leur contingent avec des restes de poissons, des carapaces de crabes, des piquants et fragments variés d'échinides, des orbitolites et autres restes de la vie organique qui foisonnent autour des récifs (1).

Les récifs coralliens, dit-il ailleurs, relèvent de deux modes d'origine, par la croissance non troublée des coraux avec seule addition de fins matériaux qui remplissent les intervalles, et alors le banc est du calcaire corallien, ou par le broiement des coraux en fragments, sable et boue que produit l'action des vagues, et quand ces détritus renferment beaucoup de coquilles, le banc est appelé calcaire coquillier (2).

Darwin n'est pas moins explicite. Il distingue les calcaires dus à la croissance propre des coraux et les calcaires produits par les

(1) *Coral and Coral Islands*, p. 109, 1875.

(2) *Loc. cit.*, p. 299.

détritus coralliens, les uns et les autres ayant un rôle presque égal dans les récifs.

Nous venons de voir que c'est à la seule condition de séparer nos calcaires en deux catégories semblables qu'on peut leur reconnaître une origine exclusivement corallienne.

Les organismes qui ont créé ces roches, ne sont pas moins de nature à appeler notre attention.

M. Dana fait remarquer qu'en parlant de récifs coralliens, on ne doit pas croire qu'ils soient seulement formés par des polypiers. Les êtres qui, par l'accumulation de leurs squelettes calcaires, construisent ces vastes amas au sein des mers, se rapportent, nous dit-il, à quatre groupes différents d'organismes : les Polypes, qui sont les principaux sécrétaires du corail, les Hydrozoaires, les Bryozoaires et les Algues (1). Si on y ajoute les Coquilles, les Échinodermes, les Foraminifères, les Entomostracés, etc., qui se développent autour des récifs et qui y sont souvent emprisonnés, on aura une idée de l'infinie variété de formes qu'on y rencontre.

Lorsqu'on étudie dans ce sens nos calcaires devoniens, on est bientôt frappé de la circonstance que les Stromatopores tiennent, et en général de beaucoup, la place prépondérante. Ces organismes sont de toutes tailles. Il en est de la grosseur d'une noix ; d'autres atteignent jusqu'à un demi-mètre cube dans les récifs à Calcéoles. D'ordinaire, ils varient des dimensions du poing à celle d'une citrouille dans les récifs de Givet et de Frasne. On se rappellera que leurs affinités restèrent longtemps énigmatiques. Classés tour à tour parmi les Polypes, les Spongiaires et même les Foraminifères, ils semblent pouvoir définitivement prendre place parmi les Hydrozoaires dont plusieurs groupes sont au nombre des principaux constructeurs de récifs (2).

Mais en même temps que ces organismes, Stromatopores vrais, *Diapora* et *Pachystroma*, si nettement caractérisés par la succession répétée de planchers soutenus par des piliers minces qui les font ressembler à une fine dentelle, on en observe d'autres qui n'ont plus d'affinités avec eux que par une tendance à une division en bandes concentriques.

(1) *Loc. cit.*, p. 3. L'auteur donne, page 327, une liste des zoophytes des récifs, établie par M. Verrill.

(2) CARTER, *Ann. and Mag. of Nat. Hist.*, 4^e série, t. XIX, p. 44, 1877; 5^e série, t. I, pp. 298 et 412. — NICHOLSON et MURRIE, *Linnean Soc.*, t. XIV, p. 187, 1878. — ZITTEL, *Handbuch der Palæont.*, t. I, p. 284, 1879.

On doit citer en première ligne l'organisme que j'ai appelé *Stromatactis* (1). Il tient un rang important parmi les coraux du marbre rouge. D'un tissu extrêmement délicat, souvent voilé par une recristallisation, son squelette présente une disposition en bandes parallèles; l'intérieur de celles-ci se divise en chambres irrégulières et perpendiculaires, dont les parois ont une structure rayonnée penniforme. Je suis porté à rapprocher la structure interne des *Stromatactis* de celle que M. Moseley a décrite chez les *Heliopora*, Alcyonaires qui interviennent dans la construction des récifs, mais leurs surfaces sont fort différentes (2).

D'autres êtres, qui ne sont pas sans d'intimes analogies avec le précédent, ont, avec les Bryozoaires du groupe des *Fenestella*, exclusivement formé les récifs de l'étage de Waulsort dans le calcaire carbonifère.

Un autre a construit quelques récifs dans l'étage de Visé du même terrain. Par ses caractères micrographiques, on serait peu porté à le séparer du précédent, tandis qu'il présente sous d'autres rapports des affinités avec les Algues.

Enfin une série d'autres organismes, moins importants comme taille, mais non comme abondance locale dans les calcaires devoiens, ont des affinités plus douteuses encore. Leurs seules analogies avec les Stromatopores sont, outre la grande délicatesse du tissu, la tendance à se constituer en masses à bandes concentriques.

Afin de ne pas subordonner mes recherches sur les récifs devoiens et carbonifères à une étude zoologique et peut-être botanique aussi compliquée, je me suis résolu à adopter provisoirement, à l'exemple de MM. Nicholson et Murrie, le nom collectif de *Stromatoporoïdes* pour tous ces êtres non définis et à tissus délicats, mais réunis par le caractère commun d'être disposés en bandes concentriques et j'ajouterai d'avoir été constructeurs de récifs. Je réserverais en outre, comme M. Dana, le terme de Coraux à tous les organismes qui ont contribué pour une part effective à la construction des récifs en général.

Les Coralliaires ont joué un rôle plus secondaire dans ces constructions. On peut même dire que, sans les Stromatopores et les

(1) *Loc. cit.*, p. 268.

(2) *Philos. Trans. of the Royal Society*, t. CLXVI, part I, p. 91, 1876; *The Zoology of the Voyage of H. M. S. Challenger*. Part VII : *Report on the Corals*, p. 102, 1881.

Stromatoporoïdes, le phénomène corallien eût été peu développé dans nos terrains anciens, tant les autres coraux sont de faible importance relative dans ces récifs.

Les *Cyathophyllum* et leurs alliés sont d'ordinaire disséminés au milieu des Stromatopores et des *Stromatactis*. C'est encore dans les récifs à Calcéoles que l'un d'eux est intervenu sur la plus grande échelle. Dans les récifs à Stringocéphales, le *Cyathophyllum quadrigeminum* est assez abondant, mais sans apporter cependant autre chose qu'un simple appoint à leur construction. On y constate aussi la présence de zones où un Cyathophyllide cylindrique est intervenu plus activement.

Les récifs de l'étage de Frasne nous montrent à leur tour, vers l'un de leurs bords, surtout dans les récifs frangeants septentriонаux, des zones de quelques mètres d'épaisseur, entièrement formées de *Cyathophyllum cæspitosum* agglomérés; puis au contact des schistes d'envasement de la partie méridionale, dans des calcaires déjà impurs, des amas serrés d'un petit Coralliaire qui me paraît être la *Fascicularia cæspitosa* de M. Schlüter (1).

Des masses soudées de *Cyathophyllum* que je crois être le *C. boloniense*, se trouvent assez fréquemment dans le marbre florence et dans le marbre Sainte-Anne.

Les *Acervularia*, caractéristiques, au moins dans l'état de mes recherches, de l'étage de Frasne, se sont associées aux *Stromatactis* et à l'*Alveolites suborbicularis*, pour former les récifs de marbre rouge, mais on les trouve aussi abondants dans le calcaire noduleux d'envasement de cette époque, alors qu'elles font défaut dans les principales formations des récifs — marbre florence, calcaire à *Pachystroma* et calcaire amorphe.

Ce n'est que pour autant que l'on maintienne les Favosites et les Alvéolites parmi les Coralliaires que ceux-ci auraient été des agents réellement actifs dans la formation des récifs devoniens.

MM. Milne-Edwards et Haime, dans leur grande coordination des Coralliaires vivants et fossiles, les ont réunis à leur section des Madréporaires tabulés dont les Millépores sont le type vivant (2). Lorsque Agassiz reconnut que les Millépores sont des Hydrozoaires, il crut que les groupes fossiles qui en avaient été rapprochés,

(1) *Zeitschr. der deutsch. geol. Gesellsch.*, t. XXXIII, p. 103, 1881.

(2) *British fossils Corals*, 1850-1852; *Polypiers fossiles des terrains paléozoïques*, 1851; *Histoire naturelle des Coralliaires ou des Polypes proprement dits*, t. III, p. 223, 1857-1860.

devaient les suivre dans cette autre classe (1). M. Verrill fit ensuite remarquer que le classement des Millépores parmi les Hydrozoaires n'entraînait pas nécessairement la même conséquence pour tout le groupe des Coralliaires tabulés; il est le premier qui ait rangé les Favositides près des Porites (2). M. Lindström, reprenant l'étude de l'ensemble du groupe, considère aussi les Favosites comme une famille des Poritides et les Alvéolites comme devant se répartir entre les Porites et les Bryozoaires (3). M. Moseley y voit des rapports avec les Héliopores qu'il vient de démontrer être des Alcyonaires (4). M. Zittel s'est rallié à l'opinion qui les place près des Porites (5) et M. Nicholson paraît aussi pencher dans le même sens au cours de l'important ouvrage qu'il vient de publier sur la matière (6).

Ces divergences portent sur la signification zoologique propre des Favosites et des Alvéolites. Mais on remarquera que les groupes variés dont on les a rapprochés, appartiennent tous aux organismes qui contribuent le plus activement à la construction des récifs. Les Porites y jouent notamment un rôle capital avec les Astrées et les Millépores.

L'Alveolites suborbicularis et ses alliés sont très abondants dans les récifs des trois âges et prennent parfois d'assez fortes dimensions. Les *Alveolites subaequalis* et leurs analogues, les *Alveolites gracilis*, les Favosites variés (7) constituent avec les Stromatopores le marbre florence, l'une des principales roches corallines des étages de Givet et de Frasne.

Les autres coraux, quelle que soit leur variété de formes, ne se présentent que sporadiquement et avec le rôle de simples auxiliaires accidentels.

Nous avons vu que les roches des récifs devoniens, à l'exemple des récifs actuels, peuvent se diviser en deux groupes : les calcaires construits et les calcaires détritiques. Un autre point de vue les fait

(1) *Amer. Journ. of Sciences and Arts*, 2^e série, t. XXVI, p. 140, 1858; *Boston Society of Nat. Hist.*, t. VI, p. 373, 1859.

(2) *Amer. Journ. of Sciences and Arts*, 3^e série, t. III, p. 187, 1872.

(3) *Ann. and Mag. of Nat. Hist.*, 4^e série, t. XVIII, p. 1, 1876.

(4) *Loc. cit.*

(5) *Loc. cit.*

(6) *On the Structure and Affinities of the Tabulatae corals of the Palæozoic Period*, p. 35, 1879.

(7) Voir les commentaires de M. Gosselet sur les espèces de ce groupe : *Annales de la Société géologique du Nord*, t. III, p. 52, 1876.

aussi classer en calcaires sans stratification et en calcaires stratifiés qui coïncident avec les deux précédents et fournit un moyen facile d'aider à les distinguer.

En effet, les calcaires sans stratification sont la véritable roche construite. Ils sont formés par un agrégat serré de coraux de toutes tailles avec poches peu étendues de calcaire détritique. Celui-ci se présente sous la forme de fines particules avec débris de Stromatopores, des coquilles, des crinoïdes, etc. (1). Dans cette catégorie, prennent place une grande partie des récifs à Calcéoles et, dans les récifs frasnien, le calcaire à *Pachystroma* transformé ou non en dolomie, le calcaire à *Stromatactis* ou marbre rouge et le calcaire à *Diapora* ou marbre Sainte-Anne naturel ou dolomitisé.

On comprend les conséquences de cette structure massive pour l'exploitation. Les marbres rouge et Sainte-Anne sont extraits à l'aide d'une suite d'opérations coûteuses. On creuse au ciseau une fente d'environ 50 centimètres de largeur sur plusieurs mètres de profondeur autour de la masse qu'on veut enlever. On détache ensuite celle-ci de sa base par un jeu de coins — elle pèse parfois 100,000 kilogrammes — et on la débite en blocs transportables, par un sciage en carrière, pour être envoyée aux usines.

Les marbres stratifiés, marbre florence, marbre coquillier, etc., sont au contraire extraits, bancs par bancs, à la manière des pierres de taille.

Les calcaires stratifiés sont ceux où l'élément détritique domine. Ils comprennent donc toujours les calcaires amorphes, grenus ou compactes, noirs, bleus, gris ou violacés, intercalés dans les roches construites ou bordant les récifs. Le microscope les montre formés de détritus coralliques à l'état de grains sableux, empêtant de petits fragments cristallins dont la texture corallienne est encore visible, des coquilles entières ou en débris, des crinoïdes. On y reconnaît aussi parfois quelques centièmes d'argile et des grains de quartz. Les coraux plus entiers y sont rares. Cependant il y a lieu d'y signaler la présence de branches de Favosites.

Il existe ensuite d'autres calcaires stratifiés où les organismes constructeurs abondent. C'est le marbre florence formé de Stromatopores arrondis et de branches d'Alvélolites et de Favosites qui sont dispersées dans des masses de sable corallique. Les Stromato-

(1) « Parmi les coraux agglomérés il existe de profondes cavités dans lesquelles un plomb de sonde s'enfonce à une profondeur de plusieurs braises. » DANA, *loc. cit.*, p. 115.

pores sont nombreux dans la variété que les marbriers nomment grand mélange ; ils manquent ou sont de petite taille dans la variété dite petit mélange. On remarque que, quand la quantité de ces coraux augmente, la stratification du calcaire florence devient proportionnellement plus confuse, au point de disparaître lorsque la roche, prenant les caractères de masse construite, est à peu près constituée par des Stromatopores. De sorte qu'on peut préjuger de la prépondérance plus ou moins grande des coraux ou du sable corallique dans un récif suivant la présence, l'atténuation ou l'absence de stratification.

Lorsque le calcaire détritique n'est pas mélangé aux roches dues à la croissance des coraux, fait observer M. Dana, il se développe en couches compactes. C'est une conséquence de l'action de la vague. Il est déposé comme le sont les grès et les schistes ; seulement les matériaux exposés ici à la dégradation sont des coraux et des coquilles au lieu d'être des roches ordinaires (1).

Nous aurons plusieurs fois l'occasion de revenir sur les roches corallines détritiques dont les allures et les conditions de formation sont très distinctes de la roche corallienne proprement dite, non moins que des matières argileuses qui ont envasé les récifs. Si les détritus coralliens proviennent évidemment du calcaire construit, broyé par la vague et prennent naissance à proximité de lui, ils se montrent aussi avec une disposition sédimentaire qui le soustrait par le fait même à la loi d'une zone bathymétrique étroitement limitée à laquelle la roche construite est assujettie. De ce chef, tout en se développant largement au milieu des masses dues à la croissance des coraux, ils se sont déposés dans les lagunes pendant la formation du récif et nous verrons que c'est principalement à cette circonstance qu'est dû l'exhaussement des alentours de Philippeville par lequel la construction des récifs frasniens y fut rendue possible.

Mais la formation du sable corallique et sa dispersion dans les eaux environnantes persista pendant les périodes d'envasement de nos récifs. Nous le verrons s'y manifester à l'état de nodules calcaieux répandus dans les schistes ou agglomérés en bancs massifs au milieu des matières argileuses qui ont mis fin à la construction des récifs de Couvin et de Frasne et qui ont comblé leurs lagunes. Nous le verrons de même remplir, avec un simple appoint de matières quartzeuses et argileuses, la lagune des récifs

(1) *Loc. cit.*, p. 299.

frangeants à Stringocéphales et les creux des îles Givetiennes de Philippeville.

Ces observations nous amèneront par conséquent à distinguer dans le calcaire corallien détritique celui qui s'est formé pendant la période de construction et qui est resté pur, et celui qui a contribué au remplissage des lagunes ou à l'envasement du bord extérieur des récifs et qui est mélangé à des matières terreuses.

Darwin insiste souvent sur l'accumulation des détritus formés par la vague autour des récifs. N'importe où l'on fit des sondages, dit-il, on trouva invariablement un fond de sable corallique. Il ajoute plus loin que la plus grande partie du fond de beaucoup de lagunes est formée de sédiment corallien. Il cite aussi l'archipel de la Société où, au pied des montagnes centrales, s'étend une bande de terre plate, consistant souvent en alluvions marécageuses d'une grande largeur. « Cette bordure est constituée par du sable provenant de débris coralliques, de détritus rejetés de la lagune-chenal et de limon vaseux enlevés aux collines. C'est un empiètement sur le canal que l'on peut comparer à la partie basse et interne des îlots de beaucoup d'atolls, et qui est formé par l'accumulation de matières venant de la lagune (1). »

M. Dana donne également de nombreux détails sur la formation, les caractères et le gisement des détritus coralliens. Il les décrit comme jouant un rôle capital dans les conditions générales des récifs.

Les conditions qui régissent la formation des récifs coralliens, relèvent de trois ordres de faits bien distincts : la température des mers, la limpidité des eaux et la profondeur à laquelle les coraux constructeurs peuvent vivre.

Ce n'est pas ici le lieu d'examiner la première de ces causes. Une étude de ce genre consisterait à rechercher les éléments du climat que réclameraient des constructions coraliennes aussi complètes. Elle serait donc toute d'induction et celle-ci exige que le phénomène sur lequel elle reposera soit au préalable bien reconnu et élucidé dans ses manifestations principales. C'est le but que je chercherai à atteindre dans cette note et dans celles qui la suivront.

Les deux autorités qui ont guidé l'étude parallèle des récifs actuels et de nos récifs devoniens, accordent une égale importance aux deux autres causes.

Darwin considère la présence de particules terreuses dans la

(1) *Loc. cit.*, édit. franç., pp. 35, 39, 65, etc.

mer comme nuisant à la croissance des coraux plus encore qu'un mélange d'eau douce. Cette circonstance explique même, à ses yeux et aussi pour M. Dana, le fait, étrange à première vue, que les récifs frangeants laissent entre eux et la côte une lagune libre, parce que l'eau est souvent trouble à proximité des rivages.

Nous possédons les preuves incontestables à la fois que cette condition de limpidité se rencontrait dans nos mers devoniennes à l'époque de la construction des récifs et que l'existence de leurs coraux n'était pas compatible avec la présence de matières argileuses en quantité notable dans les eaux.

La décomposition des calcaires, sous l'action des agents atmosphériques, donne généralement lieu à une argile grossière, rouge ou jaune, devenant charbonneuse au contact de la roche. Le fait est si constant que la présence de cette argile dénote à coup sûr au stratigraphe que le calcaire se trouvera à une faible profondeur.

Cette observation présente un caractère bien saillant sur le calcaire carbonifère, surtout dans ses parties non construites. Souvent la sonde y traverse plus de 50 centimètres d'argile jaune, avant d'arriver au calcaire, et, plus souvent encore, il s'y trouve de grandes poches de cette argile au milieu de la roche massive. Aussi ne peut-on en faire le levé détaillé sans réservé à ces produits de décomposition une place dans la légende, tant ils prennent de l'extension.

Mais, dès que l'on passe à nos calcaires devoniens, on est frappé de la rareté de ces amas argileux. C'est à peine si dans les fentes, élargies par l'action des eaux superficielles, on en trouve des traces, et la tarière touche fréquemment le roc, sans que l'argile jaune s'y présente. Il n'en est plus ainsi quand des lits schisteux s'intercalent entre les bancs calcaires; l'argile de décomposition se montre nettement. Mais aussi la présence de ces schistes indique, comme nous le verrons, que le calcaire n'appartient plus à la période de la construction du récif et qu'il doit être rapporté au calcaire noduleux, essentiellement impur, formé pendant la période de l'envasement du récif.

On peut dire d'une manière générale que la roche de nos récifs coralliens, celle où l'on constate des Coralliaires et des Stromatopores agglomérés, même lorsque le calcaire détritique est abondant, est remarquablement pure, et qu'au contraire, le calcaire intercalé dans les schistes recouvrant cette roche renferme une forte proportion de matières terreuses.

Nous sommes autorisé à en conclure à la limpideur des eaux marines pendant la construction des récifs, limpideur qui avait disparu pendant la formation des calcaires impurs, lorsque l'envasement des récifs se produisit. Aussi y a-t-il lieu de donner à la manifestation de ces phénomènes une valeur chronologique définie, qui sera d'emploi précieux dans les travaux stratigraphiques.

On peut du reste faire subir à la question une contre-épreuve.

Dès que l'élément argileux, sous la forme de schistes, commence à apparaître contre le calcaire massif et pur, les polypiers se présentent d'une manière toute différente. Si, dans les schistes à Calcéoles, on rencontre encore de loin en loin quelques gros Stromatopores, et l'on n'est même pas certain qu'ils ne préexistaient pas, les organismes de cette sorte et leurs analogues se montrent, tant dans le Givetien que dans le Frasnien, exclusivement dans les calcaires non argileux. C'est un fait caractéristique, vu le rôle considérable de ces organismes dans nos récifs. La plupart des Coralliaires font de même. Je n'ai pas rencontré dans les schistes, ni dans les calcaires qui y sont intercalés, de *Cyathophyllum quadrigeminum*, ni le *C. boloniense*, ni le *C. cæspitosum*. Les Alvéolites et les Favosites branchus ne se trouvent de même pas dans ces dépôts hétérogènes. Au contraire, la *Fascicularia cæspitosa* abonde souvent aux bords mêmes du récif, quand le calcaire commence à devenir argileux. Les *Alveolites basaltica* et *Goldfussii*, des *Cyathophyllum* solitaires sont nombreux dans les calcaires impurs et dans les schistes qui entourent les récifs de Couvin. L'*Alveolites suborbicularis*, les *Acerularia*, le *Cyathophyllum helianthoides*, le *C. Reimeri* et quelques autres sont souvent en nombre considérable dans le calcaire noduleux et les schistes qui entourent les récifs à *Rhynchonella cuboïdes*.

Mais on ne peut s'y méprendre : les grands amas de coraux forment les calcaires massifs où l'observation n'annonce pas une proportion sensible d'impuretés. La présence de l'élément argileux coïncide toujours avec la disparition du développement des organismes constructeurs.

Cette corrélation est l'une des plus précises que l'étude de ces époques corallines ait fournie. L'autre facteur de la formation des récifs est la profondeur étroitement limitée où les coraux constructeurs peuvent se développer pour édifier les vastes amas qui sont de nos jours le phénomène organique le plus saillant des mers intertropicales.

La première notion de la croissance de ces coraux à une faible

profondeur dont la conséquence fit naître la vaste conception de Darwin sur la subsidence de l'Océan Pacifique, est due à Quoy et Gaimard (1). Alors que régnait la croyance que les coraux élevaient leurs constructions du fond des abîmes de l'Océan, qu'on était même allé jusqu'à penser qu'ils menaçaient de former de leurs dépouilles un cercle équatorial solide, ces naturalistes observèrent que la zone bathymétrique de construction est très restreinte. Ils admettaient même qu'elle ne pût guère dépasser 20 à 30 pieds.

L'exploration de la mer Rouge amena Ehrenberg à l'estimation de profondeurs également très faibles. Darwin, à la suite d'un long examen, en abaissa la limite à 20 ou 30 brasses, soit de 37 à 55 mètres. M. Dana ne l'évalue qu'à 20 brasses. M. Murray, dans l'expédition du *Challenger*, la porte à 30 ou 40 brasses.

Quelles que soient les variantes sur le chiffre exact de la hauteur de la zone, le fait de la croissance des coraux constructeurs dans une limite bathymétrique très restreinte, est considéré comme incontestable et essentiellement caractéristique de la formation de ces énormes masses calcaires.

Dans ma notice de l'an dernier, j'ai indiqué les raisons qui me portaient à croire que des circonstances analogues avaient présidé à la formation de nos récifs devoniens. L'importance du sujet m'a engagé depuis lors à un complément d'études qui me permettront de préciser la question.

La disposition des masses coraliennes en ceinture d'une largeur variable autour de la côte schisteuse de l'Ardenne, la présence des îles coraliennes dispersées dans des plaines de schistes de formation postérieure, l'abondance de ces îles dans le voisinage des récifs côtiers qui prennent le plus de largeur et leur absence ou leur rareté le long des récifs côtiers étroits, le rapport entre les dimensions de ces récifs frangeants et la pente de la côte indiquée par l'épaisseur des sédiments d'envasement, sont autant de circonstances qui établissent d'intimes relations avec les conditions des récifs des mers actuelles. Elles font préjuger avec les plus sérieuses probabilités que, à l'instar de ces récifs, des règles bathymétriques étaient de nature essentielle et que la zone de construction en profondeur était alors également restreinte à d'étroites limites.

Darwin et Dana insistent sur la relation entre la disposition et la

(1) *Mémoire sur l'accroissement des Polypes lithophytes considéré géologiquement* (ANN. DES SCIENCES NAT., t. VI, p. 273, 1825).

largeur des récifs frangeants et l'inclinaison des côtes qui leur servent de soubassement. « On a remarqué depuis longtemps, écrit Darwin, même du temps de Dampier, qu'il existe, à un haut degré, une relation entre l'inclinaison de la partie de la terre qui est sous l'eau et celle de la partie qui est au-dessus. » « Sur les côtes où la mer devient brusquement très profonde, ajoute-t-il ailleurs, les récifs sont beaucoup plus étroits et la limite de leur extension dépend nécessairement de la grande inclinaison de la pente sous-marine (1). »

Si nous appliquons cette relation à nos récifs côtiers, nous sommes conduit à déduire de la largeur et de la complication des lignes frangeantes sur le bord Sud de l'ancienne mer, que la côte y était faiblement inclinée. De même, de l'étroitesse et de la simplicité des lignes frangeantes sur le bord Nord du bassin méridional et sur les deux bords du bassin de Namur, nous concluons à une forte inclinaison de la côte.

Or, nous trouvons une confirmation formelle de ces déductions dans la distribution des dépôts qui ont suivi l'ère des récifs.

Lorsque nous examinons sur la carte de Dumont la disposition des terrains devonien et carbonifère dans le Condroz, la Famenne et l'Entre-Sambre-et-Meuse, c'est-à-dire dans le bassin méridional, nous remarquons qu'il se divise en deux moitiés Nord et Sud à peu près égales suivant la nature des terrains qui les forment, au moins jusqu'à la latitude de Walcourt.

La moitié Sud, bordée par de larges lignes de récifs côtiers, a une largeur, du Sud au Nord, de 8 à 20 kilomètres. Elle est uniquement constituée par des schistes frasnien et famennien, au milieu desquels se trouvent des archipels coralliens ou des îlots solitaires de même origine, les uns et les autres étant devoniens. D'où la conséquence que ces schistes ont suffi dans cette région pour combler le lit de la mer, et, par le fait même que celle-ci avait une profondeur relativement faible.

Au contraire, la moitié Nord, bordée au Nord par d'étroits récifs côtiers et possédant une largeur de 12 à 20 kilomètres, offre la répartition suivante : les schistes de Frasne longent le récif de bord avec une largeur de 20 à 30 mètres ; les schistes de la Famenne et les psammites du Condroz, c'est-à-dire tout le devonien supérieur viennent ensuite avec une largeur de 400 à 1,500 mètres ; puis apparaissent sur une largeur de 10 à 17 kilomètres de nombreuses

(1) *Loc. cit.*, édit. franç., pp. 72 et 84.

bandes alternantes de calcaire carbonifère et de psammites du Condroz avec intercalation de plusieurs petits bassins de schistes houillers inférieurs dans le calcaire carbonifère. Les psammites du Condroz vont enfin joindre les schistes famenniens de la moitié Sud.

Le calcaire carbonifère est donc distant du récif côtier du Nord d'environ 400 à 1,500 mètres, alors qu'il l'est de 8 à 20 kilomètres du récif côtier Sud.

Il en résulte que le lit de la mer était dans la moitié Nord du bassin beaucoup plus profond que dans la moitié Sud, puisque aux schistes frasniens et famenniens durent s'adjoindre les psammites du Condroz, le calcaire carbonifère et même des schistes houillers pour en effectuer le remplissage.

Un raisonnement et des conclusions analogues s'appliquent sur une plus grande échelle encore dans le bassin de Namur où une énorme masse de dépôts houillers complète en outre la série précédente.

Les couches n'ont pas, il est vrai, partout la même épaisseur. J'ai même montré que la plupart sont uniformément en puissance décroissante du Sud vers le Nord (1). Mais quand on envisage l'ensemble des formations énumérées, le fait ici énoncé sur des profondeurs plus grandes dans les régions septentrionales reste dans tous les cas hors de contestation.

L'analyse de cette double donnée fournit des résultats qui permettent d'établir d'intéressants rapprochements avec l'allure des récifs actuels et leur règle bathymétrique.

Si les larges intervalles entre les groupes d'îles coraliennes qui parsèment la moitié Sud du bassin, sont remplis exclusivement par des schistes frasniens et famenniens et démontrent que cette partie de la mer devonienne était beaucoup moins profonde que la moitié Nord, la présence même de ces îles coraliennes, leur ceinture de schistes de Frasne à laquelle succèdent des amas de schistes famenniens (voir pl. VII), démontrent de leur côté à l'évidence que la profondeur de la mer n'y était pas uniforme pendant la construction des récifs.

Dans ces conditions, nous sommes en droit de conclure que si des récifs se sont construits à l'état d'îles coraliennes sur le fond de cette mer, c'est qu'il y existait des hauts-fonds situés dans une

(1) *Sur la constitution du calcaire carbonifère en Belgique et dans le Hainaut français* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELG., 2^e série, t. XV, p. 130, 1863).

limite bathymétrique propre à la croissance des coraux, tandis qu'à côté, la profondeur, atteignant, d'après l'épaisseur des schistes, un chiffre plus élevé, dépassait la limite requise.

Le profil du bord extérieur d'une île corallienne est, en effet, décrit par tous les auteurs comme présentant contre le récif une plage ou terrasse sous-marine étroite et à pente douce, puis s'enfonçant brusquement à de grandes profondeurs. Cette terrasse est située à une profondeur où la croissance des coraux n'a pas lieu. Elle existe dans nos îles devoniennes. C'est elle qui est recouverte par les schistes d'envasement à *Rhynchonella cuboïdes* ou schistes frasniens dont l'épaisseur peut rarement être évaluée à 100 mètres, comme nous le verrons plus loin.

Après avoir décrit la coupe classique de l'atoll Keeling, Darwin entre dans de longs détails sur le profil des atolls. « La forme du fond, telle qu'elle est donnée par le capitaine Beechey dans ses coupes des atolls du Bas-Archipel, coïncide exactement avec ce qui a été dit plus bas à propos de l'atoll Keeling : il descend en pente douce, à environ 20 brasses de profondeur et à une distance de 100 à 200 mètres environ du bord du récif, et plonge ensuite sous un angle de 45° à d'insondables profondeurs... La pente autour de l'atoll Noël, décrit par Cook, est bien moins considérable; à environ un demi-mille du bord du récif, la profondeur était d'environ 14 brasses avec un fond de sable fin, et à 1 mille elle atteignait seulement 20 à 40 brasses. C'est sans doute à cette faible pente qu'il a dû d'avoir vu s'accroître la bande de récif qui entoure sa lagune, à la largeur extraordinaire de 3 milles... Je ne connais aucun autre exemple d'une telle largeur dans le récif d'un atoll (1). »

Les données de la moitié Nord de notre bassin primaire ne sont pas moins significatives. Le récif côtier y est étroit; ses lignes, séparées par d'étroites lagunes, n'ont qu'une largeur de 200 à 400 mètres, sauf à l'Ouest, au lieu de 3,000 à 4,000 mètres que peuvent atteindre celles du récif frangeant de l'Ardenne. Il est exceptionnellement accompagné d'îlots et alors ils serrent la côte de près.

Ce n'est pas tout. Nous voyons la côte de ce récif de bord s'abaisser rapidement et jusqu'à des profondeurs abyssales à partir de la côte corallienne, en ce sens que, en certains points, à une distance de 2 kilomètres seulement du récif, les schistes houillers affleurent, et par conséquent que les schistes frasniens et famen-

(1) *Loc. cit.*, édit. franç., p. 33.

niens, les psammites du Condroz, le calcaire carbonifère et des schistes houillers, le tout d'une épaisseur de 1,200 à 1,500 mètres, furent nécessaires pour combler cette partie de la mer.

Les récifs frangeants de l'île Maurice ont servi de type à Darwin pour confirmer la loi sur le rapport entre la largeur du récif de bord et la pente sous-marine (1). C'est là également qu'il a fait ses principales observations pour déterminer les phénomènes de développement des coraux en profondeur. Aussi la relation précitée est-elle une sorte de corollaire évident, une conséquence, liée par un rapport d'effet-à cause de la loi bathymétrique.

Nous conclurons de même que la relation de l'étroitesse de notre récif côtier septentrional avec une pente rapide de la côte et de la largeur du récif côtier méridional avec une pente douce, démontre que le pouvoir constructeur des coraux était limité en profondeur. Et, en admettant que, de la similitude d'effets, on puisse légitimement remonter à une similitude de cause, il ressortirait, de l'intime ressemblance de la relation entre les dimensions du récif et la pente du rivage anciennement et de nos jours, que les lois bathymétriques de croissance corallienne devaient être elles-mêmes bien voisines aux deux époques.

Dans l'étude spéciale des archipels, qui va suivre, j'aurai l'occasion de préciser ces questions sur des faits plus localisés. Cette occasion se renouvellera du reste, en apportant chaque fois des documents précis, au fur et à mesure que j'aurai à exposer les résultats du levé géologique de nos récifs tant devoniens que carbonifères.

Après avoir établi que nos calcaires devoniens, tous d'origine corallienne, doivent s'être formés suivant les deux lois fondamentales d'une eau limpide et d'une profondeur limitée auxquelles les récifs de même nature sont aujourd'hui étroitement assujettis, il reste, dans cet examen sommaire de leurs conditions, à examiner s'ils se sont de même formés suivant les deux modes de dispositions caractéristiques des récifs de nos jours, c'est-à-dire s'ils présentent les caractères essentiels des récifs frangeants et des îles coraliennes.

Cette division en récifs frangeants ou de bord et en îles coraliennes est celle de M. Dana, et elle me paraît, sinon plus rationnelle, au moins plus pratique que la classification en trois groupes plus généralement adoptée, les récifs-barrières pouvant d'ordinaire

(1) *Loc. cit.*, édit. franç., pp. 77 et 121.

être répartis entre les autres catégories, suivant qu'ils affectent plus ou moins les caractères des récifs côtiers ou qu'ils prennent plus particulièrement ceux des récifs de pleine mer.

Les conditions différentielles des récifs frangeants et des îles coralliennes sont nettement tranchées.

Les récifs frangeants, serrant la côte de plus ou moins près, sont, dans tous les cas, séparés de celle-ci par une lagune étroite et peu profonde lorsque le récif est franchement côtier, large et d'ordinaire plus profonde quand le récif se rapproche des récifs-barrières. Cette lagune est due à la circonstance que l'eau est trouble près des rivages (1). Elle est donc le résultat de l'incompatibilité de la vie des coraux dans les eaux impures. Les îles coralliennes répondent, au contraire, au type atoll. Elles affectent la forme annulaire avec lagune peu profonde au centre et un ou plusieurs chenaux à travers le récif. Cette disposition arrondie provient d'une croissance plus rapide du bord extérieur à cause d'une plus grande quantité de nourriture pour les coraux. Ceux-ci s'en trouvent moins pourvus à l'intérieur et en outre les courants, dus au retrait des marées par les chenaux qui font l'office de canaux de décharge, entraînent les organismes morts et le sable corallique; d'où la production et le maintien d'une lagune centrale (2).

Nos récifs devoniens, se répartissant aussi, comme j'y ai déjà fait allusion, en récifs frangeants et en îles coralliennes, se présentent absolument avec les mêmes conditions que les récifs et les îles de nos océans dont je viens de rappeler sommairement les caractères.

Les récifs frangeants de l'époque devonienne bordent non seulement la côte de devonien inférieur qui s'offrait à eux, mais en sont de même séparés par une bande de dépôts avec même faune conchyliologique que la leur et qui représente la lagune intérieure du récif.

Extérieurement au beau récif frangeant de l'âge des Calcéoles, qui se développe au Sud de l'Entre-Sambre-et-Meuse, se trouve une bande de schistes, souvent avec nodules calcaires dont la faune dénote le même âge. Ces calcaires et schistes ont été réunis en conséquence en une même époque par les stratigraphes qui les ont étudiés depuis vingt-cinq ans. La bande calcaire, constituant le

(1) DARWIN, *loc. cit.*, édit. franç., pp. 80 et 136. — DANA, *loc. cit.*, p. 117.

(2) DARWIN, *loc. cit.*, édit. angl., p. 134. — MURRAY, *On the Structure and origin of Coral Reefs and Islands* (PROC. OF THE ROY. SOC. OF EDINBURG, t. X, p. 511, 1880).

récif frangeant, a été considérée comme reposant, entre la frontière du Hainaut français et Couvin, directement sur les schistes à *Spirifer cultrijugatus* (1). Cette opinion n'est pas absolument exacte. En réalité, partout où l'observation a été possible, j'ai pu reconnaître qu'une étroite bande de schistes, avec les caractères les plus distinctifs de la faune à Calcéoles, vient s'intercaler entre les couches à *Spirifer cultrijugatus* et le récif frangeant, de sorte que celui-ci est entouré de schistes de même âge, intérieurement par une bande étroite, extérieurement par une bande plus large.

Nous venons de voir que les coraux constructeurs ne peuvent vivre aujourd'hui que dans l'eau limpide, et c'était une condition aussi indispensable à nos coraux devoniens.

Il en résulte que les schistes à Calcéoles, tant intérieurs qu'extérieurs, sont plus récents que la construction du récif frangeant de Couvin qu'ils entourent. Par conséquent, la bande intérieure de schistes représente le remplissage, par des sédiments argileux, d'une lagune qui séparait la côte de son récif de bord pendant la formation de celui-ci. De même la bande de schistes extérieurs correspond à la zone externe du récif dont la profondeur sous-marine n'excédait pas, du côté de la pleine mer, l'épaisseur des sédiments qui se déposèrent pendant l'envasement du récif, à l'époque des Calcéoles.

Cette disposition, résultat immédiat du mode de croissance des masses coraliennes, donne naissance au phénomène stratigraphique étrange par lequel deux groupes dont la formation s'est succédé sans production de couches intermédiaires, sont néanmoins séparés dans leurs gisements par l'intercalation d'un troisième groupe d'origine plus récente, alors que des dislocations ne sont pas intervenues dans un arrangement aussi anormal.

Le récif frangeant de l'époque du Stringocéphale, le plus continu de tous, présente le même cas, mais sa lagune intérieure a été comblée différemment.

Cette époque ne s'est pas, en effet, terminée par l'arrivée de grands dépôts vaseux. Ainsi que je le mentionnais déjà l'an dernier, on n'a

(1) C'est ainsi que le contact est figuré sur la carte du Sud de l'Entre-Sambre-et-Meuse de M. Gosselet jusqu'à Pétigny près de Couvin. Mais à partir de ce village, où le calcaire ne se trouve plus qu'à l'état d'îlots interrompus, les schistes à Calcéoles sont représentés en contact avec les schistes à *Spirifer cultrijugatus*. M. Dewalque, dans sa note de 1861 dont il sera question plus loin, dit avoir constaté depuis long-temps que des schistes avec Calcéoles se rencontrent non seulement au-dessus du calcaire à Calcéoles de Couvin, mais encore au-dessous.

jamais cité de bandes schisteuses extérieures appartenant à cet âge et, pour ma part, je n'en ai pas rencontré dans mes levés pour la Carte géologique du royaume.

Mais on observe entre la bande extérieure des schistes à Calcéoles et le calcaire à coraux avec faune givetienne, un ordre de faits particuliers. D'ordinaire, un amas de 1 à 3 mètres de calcaire à Stromatopores s'étale sur les schistes à Calcéoles. Il renferme des Stringocéphales. Une série de roches, épaisse de 20 à 100 mètres au moins, lui succède et le sépare du récif proprement dit. Ces roches sont, dans la partie orientale du bassin, du poudingue, du grès, des schistes et calschistes grossiers, du calcaire noduleux très impur et des bancs de calcaire amorphe moins impur (1). Dans la partie occidentale et méridionale, au contraire, depuis les environs d'Hotton jusqu'au Hainaut français, ces roches variées se réduisent à un peu de grès et à des masses de calcaire amorphe, souvent impur, parfois oolithique. Les Stringocéphales y abondent au point de former fréquemment des lumachelles ; les Murchisonies, les *Macrocheilus* et autres coquilles caractéristiques y sont aussi très nombreux, ainsi qu'un organisme rapporté aux Entomostracés, les Cypridines.

Nous devons voir dans cet ensemble de roches l'indication d'une action de remplissage où le sable corallique, transporté par le vent, s'est mélangé à l'Est à des sédiments quartzeux et argileux amenés de la côte par des cours d'eau, tandis qu'au Sud, l'accumulation du détritus corallique était moins modifiée par l'apport de substances continentales. Dans aucun cas, on ne peut considérer ces roches comme construites et les réunir par communauté d'origine au récif qui les limite. Mais leurs affinités avec les roches d'envasement du récif à Calcéoles et avec celles que nous allons examiner pour les récifs à *Rhynchonella cuboïdes*, bien que voilées par les produits d'une action éolienne en prépondérance, sont assez évidentes pour qu'on n'hésite pas à assimiler leur rôle. L'existence d'une lagune intérieure dans les récifs frangeants à Stringocéphales s'établit donc clairement.

Ces récifs sont presque partout bordés par une autre ligne très

(1) Ce caractère des roches au côté intérieur de la partie Nord-Est du récif à Stringocéphales a été mentionné précédemment à plusieurs reprises : FIRKET, *Ann. de la Soc. géol. de Belg.*, t. II, p. cxxv, 1875; DEWALQUE, *ibid.*, p. cxxviii; GOSSELET, *Bull. de l'Acad. roy. de Belg.*, 2^e série, t. LI, p. 1314, 1876 et *Ann. de la Soc. géol. du Nord*, t. VI, p. 27, 1878.

interrompue de récifs souvent accompagnés d'innombrables îlots de même âge. La seule présence du *Spirifer Verneuili* les range dans une troisième époque, sans qu'il soit même besoin, pour déterminer celle-ci, de faire appel aux autres espèces caractéristiques de l'époque frasnienne.

Comme la roche et les coraux de cette troisième ligne côtière sont généralement à peu près les mêmes que ceux du récif à Stringocéphales parallèle, leur distinction est au premier abord assez difficile. M. Gosselet avait déjà commencé à les séparer près de Givet, en 1876, par l'étude de leurs coquilles (1). Depuis lors, il s'est rallié à une généralisation de ce fait (2), destiné à compléter la démonstration de la théorie corallienne pour les trois lignes de récifs de notre côte méridionale.

On peut observer dans tous les points où les roches sont suffisamment à nu, qu'il existe une bande de schistes avec calcaire noduleux entre les récifs frangeants à Stringocéphales et à *Spirifer Verneuili*. Cette bande atteint une largeur de 40 mètres et davantage, mais je l'ai vue réduite à 4 mètres de schistes et à 5 mètres de calcaire noduleux à Givet et même à moins près de Chimay. Elle renferme toujours la faune de Frasne, comme les sédiments extérieurs des récifs de cet âge.

En appliquant à ces observations le raisonnement qui vient d'être exposé à propos des schistes à Calcéoles, on conclut à l'existence d'une lagune libre entre la côte représentée par le récif givetien et le récif côtier frasnien, lagune comblée plus tard par les schistes qui, de leur côté, représentent aujourd'hui l'espace occupé par les eaux intérieures.

De la coordination de cet ensemble de données, il ressort avec évidence que la disposition des récifs frangeants par rapport à la côte, pendant leurs trois époques successives de formation, fut exactement la même que celle des récifs actuels : une lagune étroite les séparent de la terre ferme.

Darwin signale aussi un autre trait distinctif dans les récifs frangeants ; c'est « d'être toujours ébréchés en face des cours d'eau, même en face de ceux qui sont à sec pendant la plus grande partie de l'année. » « Beaucoup d'auteurs, dit-il plus loin, ont attribué

(1) *Bull. de la Soc. géol. du Nord*, t. III, p. 48, 1876; *Bull. de l'Acad. roy. de Belg.*, 2^e série, t. LI, p. 1311, 1876.

(2) *Bull. de l'Acad. roy. de Belg.*, 3^e série, t. II, p. 264, 1881; *Bull. de la Soc. géol. du Nord*, t. IX, p. 45, 1882.

cette particularité à l'action nuisible de l'eau douce, même sur les points où elle pénètre dans la mer en petite quantité et pendant une partie de l'année seulement. Sans doute l'eau saumâtre pourrait, jusqu'à un certain point, retarder ou empêcher la croissance des coraux; mais je crois que le limon et le sable, déposés par les petits cours d'eau pendant les inondations, présentent un obstacle beaucoup plus efficace (1). »

Nos récifs frangeants présentent aussi des brèches en plusieurs endroits. Ce sujet réclamant un long examen pour déterminer exactement les causes qui ont produit des solutions de continuité, je dois me borner en ce moment à mentionner le fait et réservier sa démonstration aux descriptions détaillées que je serai appelé à donner pour nos formations coralliennes côtières.

Les îles coralliennes, ainsi que nous l'avons vu, affectent dans nos océans une allure toute différente. La tendance à prendre une forme annulaire est leur trait caractéristique et le phénomène le plus remarquable des formations coralliennes en général.

J'ai déjà mentionné les agglomérations de masses isolées de calcaires coralliens au milieu de la plaine de schistes, à une distance notable des récifs frangeants. Elles apparaissaient *à priori* comme pouvant par le fait être rapprochées des récifs actuels de pleine mer.

De ce nombre sont les massifs de Philippeville et de Roly. Comme je pus bientôt m'en convaincre, ils n'avaient encore été l'objet que de levés généraux, et les figurés que nous en possédions étaient loin de permettre de juger de leur véritable structure. Il était évident que si on pouvait espérer rencontrer les allures caractéristiques des îles coralliennes dans nos calcaires devoniens, c'était là qu'il fallait les rechercher. J'exécutai donc l'an dernier le levé de la région de Philippeville et je l'étendis ce printemps à la région de Roly.

Le présent mémoire est destiné à démontrer que ces deux groupes d'amas calcaires reproduisent les traits essentiels des archipels formés par les coraux. Il complétera ainsi l'assimilation du phénomène corallien à l'époque devonienne en Belgique et à notre époque dans les mers intertropicales. Ce sera un nouvel exemple saillant de la persistance des lois organiques à travers les phases les plus distantes de l'histoire de la terre.

Un tel résultat avait été pressenti, avec un sens véritablement génial, par M. H. Milne-Edwards dès 1860. En terminant son

(1) *Loc. cit.*, édit. franç., pp. 80 et 99.

traité général sur les Coralliaires, après la mort de son collaborateur Jules Haime, il conclut des rapports zoologiques entre les polypiers paléozoïques et ceux dont se composent les récifs et les îles coraliennes des mers tropicales, qu'on peut s'attendre à voir cette corrélation s'étendre jusqu'à des manifestations semblables de leur activité vitale; que, dès la période silurienne, les coraux ont dû jouer en Angleterre, en Scandinavie et dans l'Amérique du Nord un rôle analogue à celui des Astréens, des Millépores et des Poritides dans nos mers les plus chaudes. Au moment où je me crois en mesure d'établir l'identité de ce phénomène géologique dans le passé et dans les temps présents, il est de toute justice de rappeler combien les prévisions de l'illustre savant tendaient sûrement vers les réalités (1).

La plaine des Fagnes.

Les bandes de calcaires coraliens qui constituent le massif de Philippeville, se rapportent aux horizons du Stringocéphale et de la *Rhynchonella cuboides*, soit aux étages givetien et frasnien de M. Gosselet. Elles se groupent en séries annulaires concentriques et allongées avec un cortège d'innombrables îlots coraliens détachés, gris et rouge, à faune frasnienne. Des masses de schistes pénètrent entre elles et les entourent: ils renferment de même la faune qui caractérise la *Rhynchonella cuboides*. Ces schistes sont, de leur côté, limités, à peu de distance, par d'autres schistes, les schistes de la Famenne dont M. Gosselet nous a fait connaître récemment la faune particulière et où la *Cyrtia Murchisoniana* se fait remarquer par son abundance.

Les îlots de Roly, disposés en anneau interrompu ou *atoll*, avec une vingtaine d'îlots accessoires sur ses bords, sont de l'époque frasnienne seule et entourés de schistes dans les mêmes conditions que les précédents.

Le massif de Philippeville présente un fort relief par rapport à la plaine des Fagnes qui s'étend au Sud jusqu'aux récifs frangeants de l'Ardenne. De ces îles coraliennes, on peut jouir d'une magnifique vue de la première ligne de ces récifs frangeants, de même que de ceux-ci on suit l'allure des groupes annulaires de Merle-

(1) *Histoire naturelle des Coralliaires ou Polypes proprement dits*, t. III, p. 477.
1860.

mont et de Vodelée, émergeant brusquement de la plaine schisteuse.

Cette plaine est assez ondulée. Ses collines sont formées par des terrains de nature bien distincte : les unes sont les masses coraliennes de Roly ; les autres, plus nombreuses et moins élevées, sont constituées par des termes de la série famennienne que caractérisent l'abondance de lits psammitiques et la *Rhynchonella Dumonti*. Les schistes famenniens paraissent souvent y alterner avec des bandes étroites de schistes fissiles à *Cardiola retrostriata* (*Cardium palmatum*), par suite de l'existence de nombreuses failles, de peu d'extension, qui en compliquent extrêmement l'étude.

Nous avons déjà eu l'occasion de parler des trois lignes de récifs frangeants qui limitent la plaine au Sud. La disposition de cette côte a été figurée, après André Dumont, par M. Gosselet en 1874, dans sa *Carte géologique de la bande méridionale des calcaires devoniens de l'Entre-Sambre-et-Meuse* (1). Cette carte est à la même échelle que celle jointe à la présente étude. Comme il est en outre facile d'en combiner les légendes, le rapprochement des deux cartes permettra de saisir les connexions de ces deux ensembles de constructions coraliennes.

Au Nord du massif de Philippeville, la série géologique est plus étendue, car elle comprend la suite de nos couches primaires jusqu'à la base du terrain houiller inclusivement. A une distance de 3 kilomètres, le calcaire carbonifère apparaît déjà et se développe, avec plusieurs intercalations de petits bassins houillers, en bandes alternatives avec le devonien supérieur, sur une largeur de 15 à 20 kilomètres, jusqu'à ce que de nouveaux récifs frangeants plus étroits reparaissent pour border les schistes du devonien inférieur de la crête du Condroz.

Dans ma notice sur l'*Origine des calcaires devoniens*, j'ai esquissé l'importance de ces dispositions contrastantes qui nous permettront de reconstituer les traits orographiques principaux de l'ancienne mer.

On sait combien nos terrains ont été affectés par des dislocations après la période houillère. Leurs couches sont inclinées, fracturées, généralement plissées. Cependant ce phénomène s'est peu manifesté dans le massif de Philippeville, moins encore dans le massif de Roly. Les relations mutuelles des amas calcaires et leurs formes y sont restées très reconnaissables et les bouleversements saillants

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belg.*, 2^e série, t. XXXVII, p. 81, 1874.

y constituent de rares exceptions. Les masses centrales des anneaux ont été légèrement arquées dans l'archipel de Philippeville; les bandes qui les entourent en forme de barrières, sont inclinées généralement sur ces masses sans montrer d'autres dislocations.

Nous n'aurions ainsi à tenir compte de ces perturbations que dans une mesure secondaire, si elles ne permettaient de formuler, ainsi que je le ferai plus loin, deux corollaires aux lois de la stratigraphie des amas coralliens, quand ceux-ci n'ont pas conservé leurs dispositions primitives par suite de soulèvements.

La notion de l'existence d'importantes masses calcaires aux environs de Philippeville fut introduite dans la science par d'Omalius d'Halloy, en 1808, dans le célèbre mémoire qui créa définitivement la géologie belge.

André Dumont fit le levé des contours généraux de ces masses dès le début de ses opérations, antérieurement même, à ce qu'il semble, à 1836, année d'où date sa mission gouvernementale. Il n'y revint guère qu'une vingtaine d'années après pour observer principalement les filons de pyrite et de galène. Il réunissait les diverses bandes calcaires en un grand massif, légèrement arqué vers le Sud avec de grandes échancrures à l'extrémité Ouest, sans tenir compte des bandes de schistes qui le traversent. On remarquera que la forme de croissant qu'il donne à l'ensemble, représente bien les contours extérieurs des groupes associés d'anneaux concentriques figurés planche VII.

Les cartes de Dumont raccordent le massif, sous la notation E³ (Eifelien supérieur) aux calcaires qui bordent l'Ardenne et dans lequel il ne distinguait pas d'horizons successifs. L'observation de schistes inférieurs au calcaire, près de Merlemon et de Sautour, l'engagea aussi à en faire l'équivalent des schistes E², soit des dépôts qu'il considérait comme antérieurs au calcaire. Les schistes qui entourent le massif étaient uniformément rangés dans l'horizon C¹ (Condrusien inférieur) dans lequel rentrent les schistes famenniens.

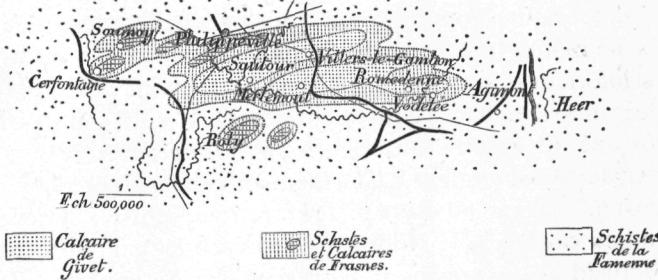
Les amas calcaires de Roly sont représentés par Dumont avec une exactitude bien voisine de la réalité. On ne peut rectifier son levé qu'en isolant les deux grandes îles, qu'il avait rejointes partiellement par une sorte d'isthme et en multipliant les îlots accessoires. Quant au figuré des petites îles qui complètent le cercle atollique et de la passe qui servait de principal canal de décharge, il reproduit les dispositions réelles des éléments constitutifs qu'on y relève par un levé détaillé.

En 1860, M. Gosselet, démontrant définitivement que, comme

I'avaient pensé MM. Roemer et de Koninck, nos calcaires devoniens se classent en trois groupes successifs et qu'aux plus anciens et aux plus récents sont subordonnés des schistes avec mêmes faunes conchyliologiques, fit quelques recherches dans le massif de Philippeville pour déterminer l'âge de ses calcaires et pour se rendre compte de sa structure. Il n'y reconnut que le calcaire de Frasne alternant avec des bandes répétées de schistes et constata l'existence de plusieurs voûtes qui lui firent interpréter la disposition générale du massif comme résultant d'une série de plis à bords parallèles (1).

Une note de M. Dewalque, qui a paru peu de temps après, adhérant à ces vues sur le classement des calcaires devoniens et de leurs schistes. Elle complétait les données sur le massif de Philippeville par les mentions suivantes : « Sans pouvoir donner une coupe complète de ce massif, j'ai été plus heureux que mes prédécesseurs : outre une voûte de calcaire à *Terebratula cuboïdes*, j'en ai constaté une autre de calcaire de Givet avec *Stringocéphales*, et j'en soupçonne une seconde. C'est une question qui sera prochainement éclaircie (2). »

En 1879, M. Dewalque publia une carte géologique à l'échelle du 500,000^e (3), destinée à mettre partiellement au courant des récentes recherches l'une des cartes de Dumont (4). Les calcaires de Philippeville et de Roly y reçoivent le figuré planimétrique suivant.



(1) *Mémoire sur les Terrains primaires de la Belgique, des environs d'Avesnes et du Boulonnais*, p. 80, 1860.

(2) *Sur la Constitution du système eifélien dans le bassin anthraxifère du Condroz* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELG., 2^e série, t. XI, p. 83, 1861).

(3) *Carte géologique de la Belgique et des provinces voisines*. 1879; feuille in-pl.

(4) *Carte géologique de la Belgique et des contrées voisines*. 1850 et 1855; feuille in-pl., échelle au 800,000^e.

M. Gosselet fit connaître récemment la continuation de ses recherches sur le massif de Philippeville. Elles ne lui avaient pas encore fourni la faune à Stringocéphales, mais il y déterminait l'existence de cinq voûtes disposées en échelons et donnant lieu à la forme de croissant déterminée par Dumont, de sorte que, en quelque point qu'on traversât le massif, on ne recoupait pas plus de quatre voûtes à la fois. Une esquisse au 160,000^e représente cette allure générale. On peut y reconnaître l'ébauche des chenaux séparatifs des masses annulaires figurée sur notre planche VII (1).

Une suite d'explorations dans le massif de Philippeville, exécutées en 1880 pour le Service de la Carte géologique du royaume, me montra que, en même temps que tous ses calcaires sont formés de coraux ou de leurs débris, ils sont en bandes étroites séparées et même coupées par des zones répétées de schistes. Je me suis demandé si cette hétérogénéité du massif ne résultait pas de dispositions annulaires, telles qu'on les observe dans les récifs d'aujourd'hui. Si cette prévision se vérifiait par un levé détaillé, nous étions mis en possession d'une donnée décisive pour la connaissance, non seulement de nos calcaires devoniens, mais de tous nos calcaires paléozoïques d'origine corallienne. Aussi consacrai-je à cette opération dès l'année suivante tout le temps que d'autres levés, réclamés pour la marche régulière du Service, me laissèrent disponible, et, à la fin de l'an dernier, mes observations, mises au net et coordonnées, retracraient l'allure si remarquable figurées sur la carte à échelle réduite ci-jointe.

Cependant, au moment de publier cette esquisse, il me parut que des recherches complémentaires sur les schistes qui comblent les lagunes et les chenaux ou qui envasent les bords extérieurs des groupes coralliens, étaient nécessaires pour déterminer dans certaines limites les profondeurs relatives autour des récifs. Leur exécution m'amena à y adjoindre le levé des amas calcaires de Roly dont la disposition en atoll vrai vint apporter un important contingent à la démonstration que je me propose de donner..

Mes recherches antérieures, aidées par la nombreuse suite de travaux que M. Gosselet a publiés sur les mêmes terrains, m'avaient muni d'un ensemble de données établissant en détail la série des horizons calcaires et schisteux qui en constituent les groupes stratigraphiques. Il s'agissait, en conséquence, dans les travaux du levé,

(1) *Cinquième note sur le Famennien* (ANN. DE LA SOC. GÉOL. DU NORD, t. VIII, p. 176, 1881).

de rapporter, d'une manière précise, à l'un des termes de cette série préalablement établie, chacun des affleurements qui étaient rencontrés. Le nombre de ces affleurements est très considérable dans nos calcaires devoniens. L'échelle du 20,000^e, adoptée pour notre Carte géologique, n'est que suffisante pour les figurer avec leurs raccordements et leurs notations, sans devenir confuse. Chaque chemin et ravin de la région fut parcouru attentivement pour y relever le calcaire ou les schistes qui s'y montrent au jour. Puis, comme la constatation de la présence des bandes schisteuses, alternant avec les bandes calcaires, a une importance particulière pour déterminer leurs contours avec la précision désirable ici plus que dans tout autre cas, dans les endroits où les roches sont recouvertes par des terres détritiques ou par des alluvions, on sondait, à l'aide d'une tarière de 80 centimètres de longueur, le sol de 100 mètres en 100 mètres et aussi dans tous les points où on soupçonnait un changement de nature. La tarière suffisait généralement pour atteindre la roche calcaire ou les schistes. Cependant il fut assez souvent nécessaire de recourir à l'appareil de sondage imaginé par MM. Rutot et Van den Broeck, géologues du Service, et au moyen duquel je pus atteindre la profondeur de 4 à 6 mètres qui ne dut pas être dépassée.

Par ces moyens, les données d'observation sont si rapprochées les unes des autres que nous pouvons presque les considérer comme l'équivalent d'un sous-sol entièrement mis à nu, et leur levé comme procédant par voie de continuité visible des couches. La réduction ci-jointe des tracés à l'échelle du 20,000^e peut donc être présentée comme exprimant l'allure réelle des terrains figurés et non comme un diagramme destiné à représenter l'allure théorique des couches.

Îles coralliennes de Roly.

Ces îles sont au nombre de vingt, disposées de telle sorte que l'une des deux grandes est continuée vers le Nord-Est sur 1 kilomètre et demi par une chaîne de six îles plus petites suivant une courbe bien prononcée; puis, après une solution de continuité de 850 mètres, se place une grande île, un peu oblique par rapport à la première, tout en s'en rapprochant de près. Autour de ces huit îles et extérieurement, il existe onze îlots accessoires et un douzième au centre.

Nous nous trouvons donc devant un anneau un peu allongé, aplati au bord Nord et coupé par sept ouvertures.

Toutes ces îles sont de l'époque frasnienne.

La grande île septentrionale, ou île du Bois Cumont (1), est formée surtout de calcaire gris à *Pachystroma* non stratifié et souvent transformé en dolomie, avec zones intérieures de calcaire bleu stratifié. Sur son bord Sud, se présente ensuite un amas d'innombrables *Acervularia Goldfussii* et d'*Alveolites suborbicularis*, puis, en plusieurs points, au contact du calcaire noduleux, une petite zone de *Favosites boloniensis* (2), d'*Alveolites subæqualis* et de *Cyathophyllum cæspitosum* serrés les uns contre les autres et accompagnés d'*Atrypa reticularis*, de *Merista plebeia*, etc.

La grande île méridionale, ou île du Bois Jean Mouton, est aussi formée de calcaire non stratifié à *Pachystroma*, localement dolomitisé et de calcaire bleu et lilas stratifié. Au bord extérieur, on exploite du calcaire à Stromatopores, Alvéolites et Favosites mélangés; un banc renferme de grands *Macrocheilus* (3). Au contact du calcaire noduleux, se présente la zone de *Favosites boloniensis* et *Alveolites subæqualis* de l'autre récif.

Les deux premiers îlots qui la continuent à l'Est, ou îlots d'Ingremez, sont du calcaire bleu grenu, amorphe, stratifié, contenant, outre la *Fascicularia cæspitosa*, l'un des fossiles de l'étage frasnien les plus caractéristiques par sa constance, le *Chonetes armata*. On y a exploité, il y a quelque vingt ans, la pyrite et la galène sur une assez grande échelle.

Le cinquième îlot de cette chaîne de récifs, celui du Tienne à Gays, est constitué au centre par du calcaire lilas à *Pachystroma* et *Favosites* surmonté de 2 à 3 mètres de dolomie. Celle-ci est elle-même entourée de calcaire lilas et bleu amorphe, stratifié, contenant l'*Orthis striatula*, le *Productus subaculeatus*, la *Merista plebeia*. On y a aussi extrait des minéraux. La disposition de cette suite de

(1) Voir planche VIII, fig. 2.

(2) Cette forme me paraît avoir été séparée avec raison par M. Gosselet des *Favosites dubia* et *cervicornis* (*Ann. de la Soc. géol. du Nord*, t. III, p. 52, 1876; t. IV, p. 271, 1877; *Esquisse géologique du Nord de la France et des contrées voisines*, pl. IV, fig. 22, 1880).

(3) C'est au moins à ce genre que je suis disposé à rapporter en ce moment un gastéropode turbiné d'assez forte taille et paraissant concorder avec la *Loxonema sinuosa* de Phillips (*Palæozoic Fossils of Cornwall, Devon and West Somerset*, p. 99, fig. 182, 1841). Il se rencontre assez fréquemment dans le calcaire à Stromatopores de l'étage de Frasne.

roches affecte la forme d'un dôme allongé et aplati; l'inclinaison des couches est très faible.

A 50 mètres de distance, un petit îlot de calcaire à *Pachystroma*, accompagné du *Spirifer Verneuili*, s'étend dans un sens perpendiculaire au précédent.

Le septième îlot est profondément échancré. La masse est du calcaire rouge à *Stromatactis*, sauf la proéminence Nord qui se compose de calcaire gris. Il est possible que cette disposition soit le résultat de deux récifs distincts; mais, dans ce cas, la lagune qui les sépare doit être très étroite, car la tarière n'a pas rencontré entre eux de lit de schistes.

Le huitième îlot sur lequel le village de Villers-en-Fagne est bâti, est aussi du calcaire rouge à *Stromatactis* avec revêtement de calcaire gris à crinoïdes, *Stromatoporoïdes*, *Alveolites suborbicularis*, *Rhynchonella cuboïdes*, *Atrypa reticularis*, etc.

Des douze îlots accessoires qui servent de cortège à ce groupe annulaire, trois bordent extérieurement le récif du Bois Cumont. Ceux de l'extrême Est sont l'un en calcaire bleu grenu à crinoïdes et *Rhynchonella cuboïdes*, recouvrant du calcaire gris à *Stromatoporoïdes*; l'autre en calcaire à *Pachystroma*. Celui du côté Ouest offre aussi du calcaire non stratifié.

Un quatrième, situé en face du village de Roly et où les habitants ont établi un pittoresque sanctuaire, est oblong, admirablement en relief dans la plaine et formé également de calcaire gris non stratifié.

Sept autres îlots extérieurs sont disposés au Sud des récifs du Bois Jean Mouton et d'Ingremez. Trois se trouvent à l'extrême Ouest du premier de ceux-ci; l'un est en forme de croissant et accompagné de deux très petits îlots. Ils sont encore tous en calcaire gris à *Stromatoporoïdes*.

Le huitième est un petit îlot de calcaire rouge, serrant de près la côte du récif du Bois Jean Mouton.

Un peu plus loin et approximativement à 200 mètres de cette côte, se présente le neuvième, ayant la forme d'un tumulus et caché dans le bois. La roche est de même du calcaire gris non stratifié.

Le dixième porte dans le pays le nom de Rond-Tienne qui y est souvent appliqué aux récifs tumuliformes se détachant nettement du milieu des schistes. Mêlées à ses *Stromatoporoïdes*, on observe d'assez nombreuses coquilles dont voici les principales espèces :

<i>Cypricardia elongata</i> , Arch. et Vern.	<i>Atrypa reticularis</i> , L.
<i>Terebratula sacculus</i> (1).	<i>Rhynchonella acuminata</i> , Mart.
<i>Spirigera concentrica</i> , de Buch.	— <i>pugnus</i> , Mart.
<i>Merista plebeia</i> , Sow.	— <i>cuboïdes</i> , Sow.
<i>Spirifer Verneuili</i> , Murch.	<i>Pentamerus brevirostris</i> , Phill.
— <i>bifidus</i> , Rœm.	<i>Leptæna interstrialis</i> , Phill.
— <i>simplex</i> , Phill.	<i>Orthis tetragona</i> , Rœm.

Le onzième îlot accompagne extérieurement l'île d'Ingremez. Il se montre aussi en calcaire gris à Stromatoporoïdes.

Le douzième est situé dans l'intérieur de la lagune du groupe. Nettement saillant et oblong, il présente du calcaire gris où j'ai constaté une grande abondance de *Stromatactis*.

L'examen des schistes et des calcaires impurs qui entourent ces vingt îles, fournit d'intéressantes données sur la corrélation de leurs éléments constitutifs et nous démontre que leur groupement répond de point en point à la définition d'un atoll.

Les matières d'envasement sont composées essentiellement de schistes et de calcaires en nodules.

Les schistes sont grossiers et vert-foncé dans leur état naturel, bruns par décomposition, ou noirs, tantôt fissiles souvent comme l'ardoise, tantôt se délitant en fragments plus épais.

Ils renferment tous des nodules calcaires en plus ou moins grande quantité. Ces nodules se présentent sous l'aspect d'un calcaire gris sale et très impur. Leur examen micrographique montre de rares petits fragments de coraux ou de coquilles et des grains transparents solubles avec effervescence dans les acides, le tout enveloppé dans un réseau de matières schisteuses.

L'origine du calcaire renfermé dans ces nodules est donc clairement indiquée; elle n'est autre que la matière détritique du récif due à l'action de la vague et transportée dans des eaux chargées de substances argileuses où elle se concrétonnait.

M. Dana donne des détails sur plusieurs récifs en voie d'envasements analogues: « A l'Ouest des grandes îles Fidji, dans les chenaux joignant les îles centrales, les sondages indiquaient ordinairement un fond de boue formée des substances de la roche des montagnes et elle était fréquemment rapportée par nos dragues.

(1) Ce nom a été donné par Martin en 1809 à une espèce du calcaire carbonifère du Derbyshire. A. Röemer fut le premier à l'appliquer à une espèce du Harz. Il a été imité par MM. Davidson et Kayser. Je crois cependant que l'assimilation ne se maintiendra pas.

Sur la côte Nord de Vanua Lebu, un cours d'eau a tellement rempli de ses détritus le vaste chenal dans lequel il se déverse, que la profondeur qui est dans le voisinage de 12 à 20 brasses y est seulement de 2 à 3 brasses et que non moins d'une demi-douzaine de milles carrés a été ajoutée à la côte par cette source de produits; quoique ce dépôt soit principalement dû aux matériaux de l'île volcanique, la barrière corallienne voisine a probablement ajouté dans quelque mesure à ces accumulations; l'œil pouvait découvrir un peu de sable corallique dans le limon, mais la proportion en était certainement très petite... Lorsque les matériaux de la côte terreuse et du récif sont mélangés, la proportion de l'un et de l'autre dépendra nécessairement de la proximité des embouchures du cours d'eau, de la largeur des eaux intérieures ou chenal, de la direction et de la force des courants de marée (1). »

Dans nos couches, les nodules calcaires s'agglomèrent au point de former des bancs de calcaire de plusieurs mètres d'épaisseur; d'autres fois, les nodules sont entourés de pellicules de schistes, ou bien leurs bancs sont séparés par des lits de schistes, l'une ou l'autre substance prenant la prédominance; ou bien ils sont disséminés dans les schistes et souvent allignés en plans parallèles, ou bien enfin ils y sont rares et isolés.

Les nodules sont d'ordinaire oblongs, de forme assez régulière et d'une grosseur moyenne comparable à celle d'un œuf de poule. On peut alors les utiliser comme premier indice qu'on se trouve dans les schistes de Frasne et non à la base des schistes de la Famenne où ils sont plus impurs encore, plus allongés et irréguliers. Il en est de plus grands, en forme de gâteaux de cire et ayant jusqu'à 1 pied de diamètre; ils caractérisent alors un horizon frasnien particulier.

La structure du schiste et l'abondance des nodules permettent de noter dans ces matières d'envasement, des niveaux successifs, d'autant plus que leurs variantes sont généralement accompagnées de modifications dans le caractère paléontologique. Quoique les faciès, dépendant des conditions de formation, y jouent forcément un rôle important, on ne peut leur refuser une valeur stratigraphique assez définie.

En règle ordinaire, des amas de calcaire noduleux recouvrent le bord du récif, avec ou sans interposition et intercalation de bandes de schistes. C'est le niveau à peu près spécial de la *Receptaculites Neptuni*; c'est aussi, avec le calcaire rouge, le niveau principal des

(1) *Loc. cit.*, p. 120.

Acervularia, qui y prennent souvent des dimensions considérables, de la *Rhynchonella cuboïdes* et de nombreuses autres coquilles.

De même, ordinairement, viennent ensuite des schistes avec nodules ou schistes à *Camarophoria* de M. Gosselet. C'est le niveau des *Camarophoria formosa* et *megistana*; puis leur succèdent des schistes grossiers avec peu ou point de nodules. Dans la région Sud et dans les lagunes de l'archipel de Philippeville, leur fossile caractéristique est le *Chonetes Armata*; dans la région Nord de la Famenne et de l'archipel de Philippeville, ce sont les grands *Spirifer Verneuili*, allongés ou oblongs.

Enfin la série se termine, au Sud d'une ligne tirée de Han-sur-Lesse à Cerfontaine (archipel de Philippeville), par des schistes noirs très fissiles à *Cardiola retrostriata* (*Cardium palmatum*), *Cypridines*, etc. Ce niveau, que M. Gosselet fut le premier à reconnaître et qu'il a désigné sous le nom de *Schistes de Matagne*, est un guide précieux pour la stratigraphie de cette région. Il y est fréquemment surmonté de schistes noirs plus grossiers, à gros nodules en forme de gâteaux de cire où la *Camarophoria tumida* abonde (1).

Quand la série sédimentaire se continue, les schistes redeviennent grossiers, de couleur en général moins foncée, avec nodules calcaieux de formes irrégulières et bandes de psammites. On trouve alors également d'abondantes coquilles se rapportant aux espèces dont nous devons aussi la connaissance à M. Gosselet (2) et où la *Cyrtia Murchisoniana* joue un rôle prédominant à la fois par sa fréquence, ses traits distinctifs faciles à reconnaître et son absence totale dans les schistes de Frasne. Nous avons dès lors affaire à un horizon bien distinct des précédents : ce sont les schistes de la Famenne ou partie inférieure du devonien supérieur.

L'échelle des schistes de Frasne, que je viens d'exposer, ne se présente pas uniformément autour de l'ensemble de nos récifs. On ne peut la considérer que comme une série normale dont le développement souffre de fréquentes exceptions, ainsi que nous pourrons du reste le voir en plusieurs occasions.

Il ne pouvait en être autrement. Les deux éléments d'origines

(1) M. Gosselet a donné un aperçu monographique, pratiquement conçu, du genre *Camarophoria* de notre devonien (*Ann. de la Soc. géol. du Nord*, t. IV, p. 317, 1877).

(2) *Ibid.*, p. 311.

très distinctes qui les ont formés, n'étaient dans le cas d'associer leurs apports mutuels qu'avec une constance relative. C'est un phénomène que nous devons chercher à analyser, à cause de ses relations avec le phénomène corallien et des variantes qu'il a introduites dans les caractères stratigraphiques des dépôts schisteux.

Les éléments étrangers aux récifs coralliens, c'est-à-dire les importantes masses de schistes apportées à un moment donné dans les eaux, peuvent se définir stratigraphiquement par l'observation que ces schistes sont partout à l'état grossier, mais que, dans la partie méridionale, leurs feuillets s'amincissent graduellement pour arriver à l'état de feuillets ardoisiers.

• L'aspect faunique varie, comme je l'ai dit, au fur et à mesure que la grosseur des feuillets de schistes change : les *Camarophoria formosa* et *megistana*, l'*Atrypa reticularis*, la *Spirigera concentrica*, l'*Orthis striatula*, les gros *Spirifer Verneuili*, etc., se trouvant dans les schistes les plus grossiers, les plus rapprochés des récifs et les plus abondants en nodules ; la *Stropholosia productoides*, puis le *Chonetes armata*, le *Nucleospira lens*, les *Fenestella* dans les schistes moins grossiers ; la *Cardiola retrostriata*, les *Goniatites*, les *Bactrites*, les *Cypridines* dans les schistes les plus fins ; la *Camarophoria tumida* dans les schistes plus grossiers qui surmontent la série.

Les éléments détritiques des récifs, fragments de coraux et sable corallique, transportés à la même époque dans la mer au milieu des matières argileuses, sont sujets à une généralisation analogue : très abondants contre les récifs, ils diminuent graduellement avec l'augmentation de la masse d'envasement. Je donnerai plus loin l'énumération des fossiles dans les masses où ils prédominent. Cette corrélation explique la série stratigraphique esquissée plus haut et ses anomalies.

Il est malheureusement difficile d'évaluer, même approximativement, l'épaisseur des schistes de Frasne, par suite de deux circonstances qui interviennent fréquemment : leurs séries s'enchevêtrant souvent dans le même endroit, tantôt parce que des îlots se présentent dans le voisinage de la côte, tantôt parce que des récifs sous-marins ou brisants ont fait subir leur influence dans la succession des dépôts le long de la côte.

D'autre part, ces dépôts schisteux, s'ils ne sont qu'accidentellement plissés, sont si généralement découpés à très faibles distances par de petites failles, comme M. Gosselet y a insisté à plusieurs

reprises, que dès qu'ils se présentent en coupe sur quelque longueur, on n'a guère d'exemple que des déchirures ne s'observent pas. J'aurai à traiter plus loin ce sujet avec détails.

Néanmoins, par une suite d'estimations, je suis disposé à admettre qu'une épaisseur moyenne de 80 à 120 mètres s'écarterait peu des réalités.

Après ces considérations générales, si nous abordons l'examen des dépôts qui ont mis fin aux constructions coraliennes dans les îles de Roly, nous observons que ces îles sont entourées de calcaires noduleux en grandes masses, de schistes grossiers noduleux et sans nodules, et de schistes noirs fissiles et grossiers avec ou sans nodules.

Pour en étudier la distribution, il importe de diviser les espaces occupés par la mer pendant la construction des récifs et envasés ultérieurement, en lagune intérieure, en passes ou chenaux et en plages extérieures.

La lagune offre deux régions. Étroitement resserrée entre les deux grandes îles et y prenant la forme d'un chenal de 100 à 200 mètres de largeur pour déboucher à leurs extrémités à gauche, elle s'élargit à droite jusqu'à 900 mètres et ne se trouve alors limitée que par six petites îles laissant entre elles des brèches étroites dont celle du Nord a seule la plus grande largeur de la lagune.

Les sédiments qui l'ont comblée se ressentent de cette disposition en forme d'entonnoir par des accumulations plus ou moins grandes de calcaire noduleux contre les côtes. Une bande de ce calcaire, ordinairement de moins de 10 mètres, borde les îles dans la partie étroite; elle atteint souvent plus de 150 mètres dans la partie large sur les deux bords de la lagune.

Les six petites brèches de la partie Est sont uniformément obstruées par de grandes masses de calcaire noduleux, généralement très fossifère comme le précédent. Les *Acervularia Goldfussii* et les *Alveolites suborbicularis* de grande taille y abondent parfois contre les récifs. Les coquilles avec la *Receptaculites Neptuni* sont localement très nombreuses dans la masse même du calcaire noduleux. En voici une liste partielle qui, par sa confrontation avec les fossiles cités plus haut dans les récifs adjacents, confirmeront, une fois de plus, la concordance établie par M. Gosselet, entre les calcaires et les schistes de Frasne, concordance telle que, sans les lois spéciales de la stratigraphie des formations coraliennes que j'expose ici, on serait impuissant à y tracer une succession chronologique.

Liste des fossiles du calcaire noduleux dans la lagune et les passes de l'atoll de Roly.

- | | |
|---|--|
| <i>Spirigera concentrica</i> , de Buch. | <i>Rhynchonella acuminata</i> , Mart. |
| <i>Merista plebeia</i> , Sow. | — <i>cuboïdes</i> , Sow. |
| <i>Spirifer Verneuili</i> , Murch. | <i>Camarophoria formosa</i> , Schnur. |
| — <i>Archiaci</i> , Murch. | — <i>megistana</i> , Le Hon. |
| — <i>pachyrhynchus</i> , M. V. K. | <i>Pentamerus brevirostris</i> , Phill. (1). |
| <i>Cyrtina heteroclitia</i> , Defr. | <i>Leptæna interstrialis</i> , Phill. |
| <i>Nucleospira lens</i> , Schnur. | <i>Orthis striatula</i> , Schloth. |
| <i>Atrypa reticularis</i> , Linné. | <i>Chonetes armata</i> , Bouch. |
| <i>Productus subaculeatus</i> , Murch. | |

Dans la partie large de la lagune, à une distance de la côte toujours supérieure à 100 mètres, on observe des schistes grossiers à nodules. Puis paraissent les schistes noirs fissiles avec d'innombrables *Nucleospira lens* et *Cardiola retrostriata*. Ils renferment souvent de grands nodules calcaires aplatis qui ne sont parfois autres que des *Goniatites intumescens* atteignant jusqu'au diamètre de 30 centimètres.

Tout l'intérieur de la lagune, à en juger par l'ensemble des affleurements, est constitué uniformément par ces schistes à Cardioles; ils entourent même directement l'îlot interne de calcaire à *Stromatactis*.

La brèche Nord, large de 850 mètres, est bordée à gauche par d'assez fortes masses de calcaire noduleux qui s'appuient sur l'île du Bois Cumont; à droite, à une distance de 200 mètres de Villers-en-Fagne, un petit amas arrondi de calcaire noduleux affleure sur une centaine de mètres. Mais, à partir de ce point jusqu'au bord noduleux gauche, les affleurements montrent des schistes à nodules et des schistes à Cardioles, soit sur environ 150 mètres.

Cette distribution de matière sédimentaire semble susceptible d'une interprétation qui rendra plus évidente encore la similitude du groupement des îles coralliennes de Roly avec les atolls ou îles-lagunes.

(1) M. Davidson a réparti les Pentamères devoniens de la Grande-Bretagne en deux espèces : *P. brevirostris*, Phill. et *P. biplicatus*, Schnur. (*British devonian Brachiopoda*, p. 72, 1864-1865). M. Gosselet paraît admettre la distinction de ces deux formes. M. Kayser, dans sa révision approfondie des Brachiopodes de l'Eifel, les réunit, au contraire, au *P. galeatus*, Dalm. comme simples variétés (*Zeitschrift der deutsch. geol. Gesellsch.*, t. XXIII, p. 537, 1871) et y apporte de sérieux motifs. J'ai adopté provisoirement la première opinion.

Nous venons de voir que toute la côte de la lagune est bordée de calcaire noduleux. Nous avons remarqué qu'on ne doit pas attribuer à ce dépôt une épaisseur dépassant notablement 10 mètres. Il en résulte que sa présence, en affleurements superficiels, indique une faible profondeur de la plage sous-marine lorsqu'il longe la côte des récifs, ou l'existence de brisants lorsqu'il est éloigné de la côte.

Du fait que le calcaire noduleux a suffi pour combler les trouées entre les îles Sud-Est, nous sommes en droit de conclure que ces îles étaient reliées entre elles par des récifs sous-marins, situés à une profondeur de 10 mètres au maximum. En cela, nous reconnaissons une première connexion étroite avec les atolls dont les parties émergées ne sont que des îlots saillants sur une chaîne corallienne sous-marine.

De même, la masse arrondie de calcaire noduleux qui se met en travers de la brèche Nord, jointe aux amas de même nature contre les îles qui limitent cette trouée, indique que les côtes de ces îles étaient peu profondes et que celles de l'île de Villers-en-Fagne étaient même accidentées, à une distance de 200 mètres, par un mamelon voisin de la surface. Mais la présence de schistes fins au milieu de la trouée et au centre de la lagune démontre que ces points étaient plus profonds, et dès lors cette trouée se présente comme le canal de décharge des eaux à chaque marée, canal dont l'action est d'empêcher la lagune de s'obstruer par l'accumulation du sable et de la boue coralliques.

« Sir C. Lyell a remarqué, dit Darwin, que les formations coralligènes ont une tendance à obstruer tous les canaux qui coupent le récif, à l'exception de ceux qui sont maintenus ouverts par la décharge des eaux pendant le reflux (1). » Ces canaux sont considérés comme un caractère essentiel des atolls.

Comme nous l'avons vu, la lagune se rétrécit entre les deux grandes îles du Bois Cumont et du Bois Jean Mouton, au point de n'avoir plus que 200 mètres à droite, 100 mètres au centre et 300 mètres à sa sortie à gauche. Bordée d'une étroite bande de calcaire noduleux, elle est comblée par des schistes verts grossiers, rarement noduleux, plus développés que dans la partie élargie de la lagune. Au centre, dans la partie même la plus rétrécie, on observe une petite masse de schistes à Cardioles qui se retrouvent aussi au milieu de l'ouverture à gauche.

(1) *Loc. cit.*, édit. franç., p. 44.

Nous en concluons à une profondeur notable de cette lagune-chenal dans tout son parcours et à l'endroit où elle débouchait dans la mer.

L'analyse des dépôts d'envasement à l'extérieur de l'atoll fournit des éléments complémentaires qui n'ont pas moins d'intérêt.

La bordure de calcaire noduleux à énormes *Acervularia* s'y prolonge d'une manière continue ; mais, sauf à la pointe Nord-Est de l'île du Bois Cumont et à la pointe Sud-Est du Bois Jean Mouton, elle n'a guère qu'une largeur de 30 à 60 mètres.

Elle est immédiatement recouverte, à quelques exceptions près, par les schistes noirs à Cardioles et à *Goniatites intumescens* qui, en certains points, contiennent quelques bancs d'articles de Crinoïdes et qui se terminent par des schistes plus grossiers à *Camarophoria tumida*, *Nucleospira lens* et *Spirifer simplex*.

Entre les îlots extérieurs de l'extrémité gauche de l'île Jean Mouton, des schistes à nodules m'ont fourni :

<i>Spirigera concentrica</i> , de Buch.	<i>Atrypa reticularis</i> , Linné.
<i>Merista plebeia</i> , Sow.	<i>Rhynchonella cuboides</i> , Sow.
<i>Spirifer pachyrhynchus</i> , M. V. K.	— <i>pugnus</i> , Mart.
<i>Nucleospira lens</i> , Schnur.	<i>Orthis tetragona</i> , Rœm.

C'est sensiblement la faune du calcaire noduleux de la lagune.

Sur les onze îlots accessoires qui s'étendent autour de l'atoll, neuf sont directement entourés par les schistes à Cardioles, sans interposition de calcaire noduleux. C'est la reproduction du fait signalé pour l'îlot qui se trouve dans la lagune. Une couche de 2 ou 3 centimètres de grès argileux sert de séparation entre le récif et les schistes fissiles dans l'îlot du Sanctuaire situé en face de l'ouverture de la lagune-chenal.

Or, nous devons observer qu'aucun de ces îlots accessoires n'atteint la hauteur des récifs de l'atoll. Il s'en faut souvent de 20 mètres.

Nous avons à en déduire qu'ils étaient à l'état de brisants profonds, car cette disposition en contre-bas est l'un de leurs caractères constants dans tout le pays, et l'absence de calcaire noduleux autour de leurs bords dans l'atoll de Roly nous dénote que cette roche, essentiellement côtière, n'y couvre pas le fond des lagunes et des plages immergées. Cette indication aura son utilité pour la construction de la coupe diagrammatique figurée plus loin.

Les schistes à Cardioles s'étendent autour de l'atoll sur une largeur de 300 à 900 mètres. Puis obliquement à la passe de Villers-en-Fagne, ils forment une langue allongée jusqu'à Sart-en-Fagne, soit sur 2,500 mètres. Vers le milieu de son bord Nord, une sorte de tertre isolé est constitué par une voûte surbaissée de calcaire noduleux à *Acervularia* qui dégénère à gauche en schistes noduleux interposés dans les schistes à Cardioles. A droite, près de Sart-en-Fagne, il y a deux petits récifs de calcaire rouge dont l'un a un revêtement de calcaire bleu amorphe et qui sont entourés de calcaire noduleux peu épais à *Atrypa reticularis* (1).

Tout autour de cette zone, se présente la plaine ondulée, à fonds marécageux des Fagnes et les schistes grossiers à nodules calcareux et à bandes de psammites avec *Cyrtia Murchisoniana* ou schistes de la Famenne.

Mais le contact des deux terrains est tourmenté par une suite de petites failles, principalement à la partie Est. La plaine est, de son côté, affectée du même phénomène, de sorte qu'on y trouve des alternances répétées de schistes à Cardioles et de schistes à *Cyrtia Murchisoniana*.

Dans la carte à échelle réduite, jointe au présent travail, j'ai cru devoir faire abstraction de ces déchirures et représenter la plaine des Fagnes comme recouverte uniformément de schistes famenniens.

La succession des dépôts extérieurs de l'atoll nous permet de déterminer avec une sérieuse approximation l'allure des côtes vers la pleine mer, en y appliquant le système de raisonnements dont nous avons fait usage pour la lagune.

Ces côtes s'inclinent plus rapidement qu'à l'intérieur dans la partie élargie de la lagune, vu la faible largeur du calcaire noduleux. La profondeur y croissait ensuite faiblement sur une largeur de 300 à 900 mètres, c'est-à-dire sur l'espace occupé par les schistes de Frasne. Mais alors la profondeur devient telle que l'adjonction de sédiments famenniens a été nécessaire pour que l'envasement se produisît jusqu'au niveau d'émergence.

Et là encore, on observe que la pente sous-marine était variée à son tour, car le niveau inférieur des schistes famenniens ou zone à *Rhynchonella Omaliusi* de M. Gosselet a une largeur d'affleurement tantôt de 70 à 80 mètres, tantôt de plusieurs centaines de

(1) C'est par oubli que ces deux petits îlots n'ont pas été figurés sur la planche VII.

mètres, avant l'apparition de la zone à *Rhynchonella Dumonti* (1) qui la suit et qui forme le centre de la plaine.

Ces circonstances établissent une corrélation de plus entre ces récifs devoniens et les atolls du Pacifique. Il est, en effet, de règle constante que la plage d'un atoll, après avoir présenté une faible inclinaison sous-marine sur une distance limitée, s'enfonce brusquement à de grandes profondeurs. C'est un de leurs caractères qui ont le plus frappé l'attention des naturalistes-navigateurs et nous nous rappellerons qu'il avait créé l'opinion avant Quoy et Gaimard, que les constructions des coraux s'élevaient du fond des abîmes océaniques.

Cet ensemble de faits concordants entre des calcaires coralliens d'âges aussi distants nous met en droit de conclure à l'identité du phénomène. Ils seront rendus plus sensibles par les comparaisons graphiques qui seront figurées plus loin.

Il ne sera cependant pas superflu d'aller au-devant d'une objection qui viendra certainement à l'esprit. Les terrains que vous décrivez, dira-t-on, ont été disloqués, plissés et fracturés, au point que les massifs primaires belges sont fréquemment cités comme des exemples saillants des perturbations mécaniques que les couches ont pu subir. Les calcaires de Roly sont situés au centre de ces massifs et leur disposition en anneau ébréché n'est-elle pas le simple résultat de plissements intenses compliqués par un réseau de failles?

Que la région de Roly ait participé aux mouvements du sol qui ont disloqué nos massifs primaires après la formation des dépôts houillers, on peut en effet non seulement l'affirmer *à priori*, parce qu'elle fait partie de ces massifs, mais surtout par l'observation directe qui dénote des caractères que les soulèvements seuls produisent. Nous avons constaté déjà que les matières argileuses ont subi une schistosité très prononcée et que les schistes sont affectés d'une multitude de petites failles sensiblement parallèles à la stratification. En outre, nous allons voir quelques faibles contournements très localisés dans le calcaire noduleux.

Mais vraiment là se bornent les indices incontestables de perturbations mécaniques. Les parties des récifs de l'atoll où il existe du calcaire amorphe, c'est-à-dire du sable corallique consolidé, présentent seules des masses stratifiées. Ce calcaire y est assez rare et je n'y ai observé que des inclinaisons variant entre 10° et 30°. Le calcaire noduleux et les schistes de la lagune et des plages

(1) *Ann. de la Soc. géol. du Nord*, t. IV, p. 303, 1877; t. VIII, p. 178, 1881.

extérieures ont donné les mêmes résultats. A Ingremez seulement, le clinomètre indiqua 40° à 45° et de faibles contournements s'y manifestent dans le calcaire noduleux. Mais dans les parties schisteuses découpées par les failles, et je ne les ai observées que dans le voisinage du contact du famennien, l'inclinaison va jusqu'à 60° et 80° et dès lors s'accorde avec ce phénomène de dislocation.

Élie de Beaumont a déduit d'expériences que les dépôts sédimentaires peuvent avoir lieu sur des pentes qui ne dépassent pas une inclinaison de 30° . Darwin, rappelant cette donnée, en fait application pour expliquer les accumulations de sable corallique sur les bords des récifs (1). Les chiffres relevés plus haut montrent qu'à Roly ils ne sont pas supérieurs à ceux qui permettent un dépôt.

Du reste, là où la stratification montre la structure des îles de Roly, on la voit former des anticlinaux très surbaissés et réguliers, comme dans le récif du Tienne à Gays.

En dehors donc de la schistosité, des failles extérieures et de petites ondulations isolées, on n'aurait pas d'indices que cette région ait subi les effets des pressions latérales que produisent les soulèvements. On ne peut donc attribuer à ceux-ci aucun rôle dans la disposition atollique que prennent les îles coraliennes de Roly. On doit seulement admettre un rétrécissement fort restreint du Nord au Sud, dénoté par la schistosité des couches à Cardioles. Nous verrons plus loin, par contraste, dans l'archipel de Philippeville des dislocations bien prononcées.

Afin de résumer clairement le parallélisme entre les atolls tropicaux et l'atoll de Roly, j'ai mis en regard, dans la planche VIII, l'atoll Keeling décrit par Darwin et notre atoll devonien.

L'atoll Sud Keeling fait partie des îles des Cocos. C'est lui qui a servi de type à l'illustre savant dans son exposé des phénomènes des îles coraliennes, et dont l'étude détaillée comprend tout le premier chapitre de son œuvre. Il le figure en planimétrie (2), mais à une échelle un peu trop petite pour la comparaison que j'ai en vue. J'ai en conséquence fait reproduire une réduction photographique au cinquième de la carte de l'Amirauté (3). Elle est figurée planche VIII et accompagnée d'un profil établi sur les données de

(1) *Loc. cit.*, édit. franç., p. 35.

(2) *Loc. cit.*, pl. I, fig. 10.

(3) *Cocos or Keeling Islands, surveyed by captain Robert Fitzroy, R. N. 1836. A few additions by J. G. C. Ross, proprietor, 1860-1865. Soundings in fathoms. Natural scale 1/37300.*

la carte et sur l'explication du profil partiel que Darwin a inséré dans son ouvrage.

J'ai reproduit de son côté une seconde fois l'atoll de Roly, sorte de miniature de l'atoll Keeling, afin de pouvoir indiquer la distribution du calcaire noduleux, qui n'avait pu être introduite sur la planche VII à cause de la petitesse de l'échelle pour la représentation de l'archipel compliqué de Philippeville. Enfin la coupe théorique de cet atoll a été dressée en tenant compte de la signification des données stratigraphiques envisagées au point de vue de la théorie corallienne, comme elles l'ont été plus haut.

On remarquera qu'entre les termes de comparaison, la seule différence à noter consiste dans la présence de nombreuses petites îles sur le bord extérieur de l'anneau de Roly, au lieu de se trouver sur le bord intérieur comme dans l'atoll Keeling et dans beaucoup d'autres îles coralliennes actuelles, à en juger par les cartes de l'Amirauté que j'ai examinées. Comme le cas de Roly se reproduit, au contraire, dans l'archipel de Philippeville et partiellement dans celui de Beaumont, on pourrait en conclure que dans notre mer devonienne la croissance avait lieu plus activement vers le centre que sur les bords et que le contraire se produit souvent aujourd'hui. On pourra dans l'occurrence rapprocher cette donnée des observations faites par Darwin et MM. Dana et Murray sur les circonstances qui favorisent la croissance des coraux constructeurs.

Les îles coralliennes de Philippeville.

Si les îles de Roly rappellent exactement par les conditions de leur groupement la disposition des îles océaniques auxquelles on a appliqué le nom d'atolls, au point de pouvoir nous servir de type pour nos îles coralliennes anciennes à l'égal de l'atoll Keeling pour les îles coralliennes d'aujourd'hui, on rencontre dans les amas calcaires de Philippeville, avec une même origine, des allures étranges et compliquées dont je recherche vainement un terme de comparaison précis dans les cartes de nos océans.

La région qui se trouva sous l'action du phénomène corallien dans le massif de Philippeville, comme nous l'a fait apprécier la présence à la fois des calcaires et des schistes frasniens qui les ont envasés, va dans sa plus grande longueur de Cerfontaine à Heer, soit 32 kilomètres et elle atteint aujourd'hui 5 kilomètres dans sa plus grande largeur.

Outre de nombreux îlots solitaires, les récifs coralliens de Philippeville présentent sept groupes annulaires allongés, serrés les uns contre les autres, tantôt juxtaposés, tantôt disposés en échelons. Leur direction respective est telle que, d'abord infléchis à gauche vers le Sud-Ouest, ils se redressent vers le centre pour s'infléchir légèrement vers le Sud-Est, d'où résulte la forme générale de croissant surbaissé, déjà reconnue par Dumont et conservée par M. Gosselet. Pour pouvoir les décrire, je dénommerai les sept groupes par le village qui y est compris.

Quatre groupes ont pour centre autant de masses de calcaire à Stringocéphales aux contours accidentés et souvent compliqués de longs appendices. Ces masses sont entourées concentriquement par de longues îles de calcaires frasnien, souvent à plusieurs rangées. Composées de marbre florence et de calcaire amorphe, elles sont stratifiées et leurs bancs sont fréquemment disposés en anticlinal à faible courbe, parfois légèrement ondulée ; il arrive aussi que les deux bords sont inclinés dans le même sens. Sauf au moulin de Franchimont, où des contournements violents se présentent à l'extrémité de l'une d'elles, ces voûtes ne présentent pas de dislocations prononcées. Les îles frasnien sont souvent renversées vers ces centres, de manière à compléter le caractère anticlinal des agglomérations.

Deux des autres groupes ont pour centres des masses détachées de calcaire frasnien autour desquelles se développent également des îles frasnien allongées. Le septième, celui de Merlemon, a une allure moins régulière, sans qu'un centre isolé s'y dessine nettement ; toutes les couches à inclinaison visible paraissent y pencher vers le Nord.

A l'extrême Ouest de cet archipel complexe, on remarque plusieurs îles de calcaire de Frasne à Stromatopores ; elles ne semblent pas en corrélation directe avec ces anneaux.

Enfin plus de deux cents petits îlots, la plupart de calcaire rouge, entourent principalement le bord Sud ou pénètrent dans les chenaux séparatifs des anneaux.

Le calcaire à Stringocéphales, quoique présentant exclusivement des amas stratifiés, semble devoir se répartir, par le mode de formation, en deux classes distinctes. L'une, beaucoup plus développée, en constitue presque toute la masse. Elle est composée de zones étroites et alternantes de calcaire grenu cimentant des coraux, et de calcaire foncé, bleu ou noir, grenu ou subgrenu, assez fréquemment schistoïde. L'association des coraux est celle du

marbre florence : des Stromatopores de tailles variées, atteignant quelquefois 50 centimètres de diamètre, plus souvent celle du poing ou moins encore; des rameaux de Favosites et d'Alvéolites en quantités innombrables avec des Cyathophyllides, notamment des masses céphalaires de *Cyathophyllum quadrigeminum*.

L'autre classe est représentée par du calcaire gris-foncé, subcompacte. De menus fragments de coraux y sont révélés par l'examen microscopique. En plusieurs points, ce calcaire est associé à du calcaire finement oolithique. Enfin, dans l'île de Vodelée, il renferme de minces couches arénacées qui rappellent la bordure interne de même âge le long de l'Ardenne.

L'origine corallienne de ces îles allongées n'est donc pas douteuse, et leur examen ne réclamerait pas d'autres commentaires, s'il n'y avait lieu de déterminer la signification des deux classes de roches dont il vient d'être question.

La partie des calcaires remplis de coraux se présente à l'évidence comme un récif où les détritus coralliques sont très développés. C'est du reste la roche normale de tous nos récifs frangeants à Stringocéphales. Mais ceux de l'autre classe appelaient déjà mon attention par leur ressemblance avec les calcaires amorphes de la lagune des récifs frangeants, quand j'y découvris des oolithes et les petites bandes de grès qui viennent d'être citées.

Ces circonstances sont, à mes yeux, suffisantes pour donner lieu de croire que l'intérieur de trois au moins de ces îles était creux à l'époque de la formation des récifs et qu'il aurait été rempli par les éléments de ces roches, à la manière des lagunes du récif de bord, pendant l'époque des Stringocéphales, fossiles que j'y ai observés.

La faune givetienne est clairement caractérisée dans les quatre îles et s'y rencontre en de nombreux points.

Les calcaires frasnien qui composent le reste de l'archipel, répondent à trois types coralliens généraux qui souvent se traduisent par trois formes différentes d'îles. Ce sont le calcaire à Stromatopores, le calcaire à *Pachystroma* et le calcaire à *Stromatactis*, auxquels il convient d'adoindre le calcaire amorphe lilas, bleu et noir ou sable corallique.

Le calcaire à Stromatopores ou marbre florence est principalement formé par l'association de Stromatopores et de branches de Favosites et d'Alvéolites dispersées dans du sable corallique que dénonce du reste généralement *à priori* la présence d'une stratification prononcée. Il diffère de celui à Stringocéphales que nous venons d'examiner, par une épaisseur plus grande des zones

alternatives à coraux et par la couleur fréquemment grise à reflets lilas de ses zones amorphes qui passent cependant au noir à Villers-deux-Églises.

Les coquilles y sont très rares. J'y ai recueilli des *Spirifer Verneuili* et le *Macrocheilus? sinuosus*. On se rappellera que cette dernière espèce a été signalée dans le calcaire florence d'un des récifs de l'atoll de Roly. Elle se trouve aussi dans la même roche près de Durbuy et ailleurs. Je la considère comme caractéristique des calcaires frasnien.

Ce calcaire à Stromatopores est ordinairement recouvert extérieurement de calcaire bleu grenu avec Favosites épars ou de calcaire lilas compactes à grains fins. Dans le premier cas, les coquilles sont abondantes et annoncent la faune de Frasne.

Le calcaire à *Pachystroma* est d'un gris clair, sans stratification apparente, à grains extrêmement fins où on ne discerne d'ordinaire aucun tissu corallique. Mais, par l'emploi de plaques transparentes, on y observe une telle agglomération d'organismes qu'il peut être considéré comme un des bons exemples de calcaire construit. La finesse du grain est due à la prédominance des *Pachystroma* dont le tissu est beaucoup plus serré que dans les Stromatopores proprement dits (1). Entre les coraux, il existe fréquemment des poches remplies de sable corallique où les coquilles et les fragments de crinoïdes abondent. On se rappellera que ce sont autant de caractères communs avec la roche construite des récifs actuels.

Voici une liste partielle des fossiles du sable corallique de cet horizon :

<i>Bronteus flabellifer</i> , Goldf.	<i>Atrypa reticularis</i> , L.
<i>Capulus trigonus</i> , Goldf.	<i>Rhynchonella acuminata</i> , Mart.
<i>Cypricardia lamellosa</i> , Sandb.	— <i>pugnus</i> , Mart.
<i>Terebratula sacculus</i> , Mart.	— <i>cuboïdes</i> , Sow.
<i>Merista plebeia</i> , Sow.	<i>Pentamerus brevirostris</i> , Phill.
<i>Spirifer Verneuili</i> , Murch.	— <i>biplicatus</i> , Schnur.
— <i>bifidus</i> , Rœm.	<i>Leptæna interstitialis</i> , Phill.
— <i>muralis</i> , M. V. K.	<i>Orthis striatula</i> , Schloth.
— <i>hians</i> , de Buch.	— <i>tetragona</i> , Rœm.
<i>Cyrtina heteroclitia</i> , Defr.	<i>Productus subaculeatus</i> , Murch.

(1) J'avais espéré pouvoir joindre à ce travail des planches représentant ces organismes constructeurs, leur agencement dans la roche et la composition du calcaire grenu. Mais ces représentations pouvant difficilement s'obtenir d'une manière satisfaisante par le dessin, j'ai pensé à une exécution héliographique que je fais expérimenter. Ces roches ne pourront donc être figurées qu'ultérieurement.

L'*Alveolites suborbicularis* se trouve souvent au milieu des *Pachystroma* et incrusté par eux. Son tissu plus grossier s'y trahit d'ordinaire. Cependant, lorsque son oblitération est intense, il est transformé en un calcaire bleu assez foncé, finement saccharoïde; mais l'examen micrographique fait encore reconnaître les éléments du squelette. Des Favosites et d'autres coraux s'y réunissent encore comme simple appoint.

Ce calcaire est rarement exploité. Il l'a été près de Vodelée où il renferme beaucoup d'*Alveolites suborbicularis* associées à quelques grands Stromatoporoïdes dont les couches concentriques se fondent insensiblement en une masse cristalline.

Le calcaire à *Pachystroma* n'est pas moins caractérisé par sa fréquente transformation en dolomie. Il fournit dans le massif de Philippeville toute la dolomie qui y appartient par le fait exclusivement à l'étage de Frasne. On voit les deux roches passer de l'une à l'autre au point que des amas de calcaire sont restés intacts au milieu de puissantes masses de dolomie, comme on peut notamment le voir sur le chemin de fer au Nord de Merlemon où cette roche est exploitée pour balast.

La présence de la magnésie dans les coraux des récifs du Pacifique est un fait connu depuis longtemps. Silliman et d'autres auteurs ont observé que des spécimens en renferment des quantités notables. M. Dana fait remarquer que l'eau de mer contient en quantités sensibles à la fois du sulfate de chaux et des sels de magnésie dont les proportions ont été déterminées par Bischof, et par conséquent il est inutile de recourir à d'autres causes pour chercher l'origine première des carbonates de chaux et de magnésie dans les roches corallliennes (1).

La distribution de la dolomie dans l'archipel de Philippeville est intéressante. Confinée dans les grandes îles, on la voit former quelques amas, tantôt intérieurs, tantôt extérieurs, de dimensions restreintes dans le tiers Ouest de l'archipel où le calcaire à Stromatopores prédomine; c'est l'indice que le calcaire à *Pachystroma* se trouvait enchevêtré dans ce dernier. Au centre de l'archipel, elle prend plus de développement; elle y constitue des îles presque entières, comme à Merlemon, au Sud de Franchimont et à Gros-Frâne. Mais dans les récifs de l'Est, formés cependant en majeure partie de calcaire à *Pachystroma*, elle manque absolument.

Comme les récifs à Stromatopores, les récifs à *Pachystroma* sont

(1) *Loc. cit.*, pp. 75 et 306.

souvent bordés latéralement de calcaires bleus, grenus, assez fossilières et stratifiés.

Le troisième type de calcaire frasnien est peut-être mieux caractérisé encore. C'est le calcaire rouge des îlots qui parsèment les chenaux séparatifs des groupes annulaires ou les bords Ouest, Sud et Est de l'archipel. La pâte de ce calcaire est seule rouge (1). Elle renferme parfois 10 % d'oxyde de fer. Elle contient aussi beaucoup de coquilles entières ou en débris, des Foraminifères et des Crinoïdes. Traversée par de nombreux filets de spath calcaire, elle présente des taches et des rubans d'un gris plus ou moins foncé que l'examen micrographique montre être des *Alveolites suborbicularis*; de petites masses de calcaire saccharoïde, d'un blanc de neige, fréquemment semblable au marbre de Carrare — ce sont des *Acervularia*; et principalement des amas allongés, zonaires, spathiques, à structure rayonnée, d'un blanc moins pur passant concentriquement au bleu pâle et constitués par des *Stromatactis*. Des Favosites et des *Cyathophyllum cæspitosum* isolés s'y montrent accessoirement. Dans le grand îlot au Sud de Gochenée, les *Cyathophyllum helianthoides* sont abondants par places et facilement déterminables au simple examen de la roche.

Comme le calcaire à *Pachystroma*, le calcaire rouge n'est pas stratifié. Ses îlots sont souvent recouverts de calcaire bleu grenu stratifié et surtout de calcaire gris-bleu rappelant le calcaire à *Pachystroma* et comme lui sans stratification.

Alors que les calcaires des deux premières classes forment les récifs allongés de l'époque de Frasne dans les groupes annulaires et les grandes îles solitaires de Soumoy, de Cerfontaine et du Sud de Neuville, le calcaire à *Stromatactis* constitue exclusivement de petits amas tumuliformes dispersés non pas dans les groupes annulaires, mais dans leurs chenaux séparatifs et sur les bords Ouest, Sud et Est de l'archipel dont les côtes septentrionales sont ainsi seules à n'en pas posséder.

Il faut signaler un autre contraste. A peu d'exceptions, dont l'îlot de la carrière Mousti à Neuville est l'exemple le plus frappant, les tertres de marbre rouge, comme les îlots accessoires de l'atoll de Roly, n'atteignent souvent qu'une hauteur de 20 à 25 mètres, inférieure à celle des grands récifs voisins. C'est du reste leur règle

(1) Darwin, décrivant le sable corallique consolidé en une roche cohérente dans l'atoll Keeling, remarque : « Cette masse cimentée est généralement blanche, mais, sur quelques points, la présence d'une matière ferrugineuse lui donne un aspect rougeâtre. » (*Loc. cit.*, édit. franç., p. 18.)

générale autour des autres îles corallières et des récifs frangeants du pays.

Une différence aussi constante peut difficilement être considérée comme n'ayant pas de signification propre. Dans plusieurs cas, ayant pu m'assurer que ces tertres sont encore recouverts par des schistes de l'époque d'envasement, j'ai été amené à penser qu'ils sont des récifs qui n'arrivaient pas à fleur d'eau comme les précédents. Je me suis même demandé s'ils ne représenteraient pas le récif fondamental que les *Pachystroma* et leur cortège de coraux surélevaient ou sur lequel venaient s'accumuler le sable corallique et le calcaire à Stromatopores. Des évidences directes nous montrent le tertre de calcaire rouge recouvert parfois à son sommet par du calcaire gris-bleu où les *Acervularia* ne se rencontrent plus et qui n'est pas sans ressemblance avec le calcaire à *Pachystroma*. On reste en outre frappé du caractère exclusif de l'association des coraux qui ont formé ces récifs de calcaire rouge et on se demande aussi s'il n'est pas dû de son côté à des capacités bathymétriques différentes, car les observateurs admettent que, dans leurs zones d'édification déjà si étroites, les coraux diffèrent quant à la faculté d'y construire à une égale profondeur.

Si cette interprétation venait à se vérifier, on y trouverait l'explication de l'existence d'un certain nombre de tertres isolés, semblables à ceux du marbre rouge, et situés aussi en contre-bas des lignes de récifs, mais constitués par du calcaire gris-bleu, dont le récif de Falgeotte près de Soulme, une dizaine d'autres dans l'Est de l'archipel et presque tous les récifs accessoires de Roly nous donnent des exemples. Ce seraient des récifs dans un état de formation plus avancé que les récifs de marbre rouge.

Cependant on ne peut méconnaître une autre relation assez inattendue de ces derniers.

Nous avons vu quels sont les coraux qui les constituent. L'*Alveolites suborbicularis* est abondante à la fois dans le marbre rouge, dans le calcaire à *Pachystroma* et dans le calcaire noduleux. Les *Stromatactis* sont exclusifs au marbre rouge, sauf dans de petits tertres de calcaire gris-bleu où on les trouve parfois. Comme tous les Stromatopores et leurs analogues, ils n'ont pas supporté les eaux chargées des principes terreux. Mais les *Acervularia* qu'on ne rencontre jamais dans les calcaires à Stromatopores, à *Pachystroma* et à *Diapora* (1), existent, au contraire, en grande abon-

(1) Je viens cependant d'en observer un exemplaire dans le marbre Sainte-Anne

dance dans les calcaires et schistes noduleux au contact des lignes de récifs. Il en est de même du *Cyathophyllum helianthoides*.

Il semble donc que, si l'*A. suborbicularis* se développait aussi bien dans les zones à *Stromatactis* et à *Pachystroma* et dans les sédiments argilo-sableux, les *Acervularia* et le *C. helianthoides* ne pouvaient prospérer que dans les zones où se construisaient les récifs à *Stromatactis* ou bien sur la plage corallienne quand le récif commençait à être envasé. Quelle que soit la signification de ces coïncidences, la présence de ces organismes dans des milieux aussi différents est un des phénomènes intéressants que nous offre la distribution des coraux dans cet ensemble de formations.

Les premières matières qui ont envasé les récifs rouges sont souvent du calcaire et des schistes noduleux, mais les nodules, au lieu d'être gris comme au voisinage des autres récifs, y sont rougeâtres eux-mêmes, ce qui prouve encore que le calcaire des nodules provient directement des récifs contre lesquels ils s'appuient, par ablation du roc corallique.

Dans la recherche de carrières, on se guide souvent dans le pays sur la présence de ces nodules rouges qui font préjuger de la proximité du marbre à *Stromatactis*. J'ai relevé cent trente à cent quarante îlots de celui-ci dans le seul archipel de Philippeville. Si on considère les amas isolés de nodules rouges comme un indice suffisant de l'existence en sous-sol de cette sorte de récifs, le nombre ci-dessus doit être porté à deux cents au moins (1).

Il donne une idée des énormes ressources qu'offre cette région restreinte pour l'exploitation de ces précieux matériaux de construction. La salle dite de Marbre du Palais des Académies à Bruxelles a reçu un revêtement de ce calcaire rouge. L'ornementation est d'un riche effet par le brillant de la pâte et les réseaux capricieux de *Stromatactis*, qui s'en détachent. On pourra encore en observer de grandes surfaces aux Galeries Saint-Hubert où les *Acervularia* sont abondantes. Il y a de même lieu d'en citer les colonnes monolithes à la gare du Luxembourg. On peut s'étonner

près de Thy-le-Château. C'est le seul cas de ce genre qui se soit encore présenté à mes yeux, malgré de longues observations de ce calcaire dans les marbreries et dans les habitations où il est fort employé pour les cheminées et les tablettes de fenêtres.

(1) Cette quantité d'îles détachées ne doit pas surprendre. Elle est toujours considérable dans les archipels coralliens. M. Dana (*loc. cit.*, p. 130) cite comme exemple le titre suivant porté par le roi des Maldives : « Sultan Ibrahim, roi des trente Atollons et des douze mille îles », chiffre, ajoute-t-il, que le capitaine Owen ne trouve pas exagéré.

que ce beau marbre ne reçoive pas plus d'applications dans nos monuments et dans les habitations de luxe.

Voici une liste partielle des fossiles autres que les coraux qui viennent d'être cités dans le calcaire rouge, en y comprenant ceux des nodules de même couleur qui l'accompagnent.

<i>Bronteus flabellifer</i> , Goldf.	<i>Atrypa reticularis</i> , L.
<i>Euomphalus laevis</i> , Arch. et Vern.	<i>Rhynchonella acuminata</i> , Mart.
<i>Cypricardia elongata</i> , Arch. et Vern.	— <i>pugnus</i> , Mart.
<i>Lucina rugosa</i> , Goldf.	— <i>cuboïdes</i> , Sow.
<i>Terebratula juvenis</i> , Sow.	— <i>lummatoiensis</i> , Dav.
<i>Spirigera concentrica</i> , de Buch.	<i>Pentamerus brevirostris</i> , Phill.
<i>Spirifer Verneuili</i> , Murch.	— <i>biplicatus</i> , Schnur.
— <i>aperturatus</i> , Schloth.	<i>Leptana depressa</i> , Dalman.
— <i>bifidus</i> , Rœm.	— <i>interstrialis</i> , Phill.
— <i>deflexus</i> , Rœm.	<i>Orthis striatula</i> , Schl.
— <i>muralis</i> , M. V. K.	<i>Chonetes cr. nulata</i> , Rœm.
<i>Cyrtina heteroclita</i> , Defr.	<i>Productus subaculeatus</i> , Murch.
<i>Nucleospira lens</i> , Schnur.	<i>Receptaculites scyphoides</i> , Quenst.

Résumant ces données sur les calcaires frasnien, nous voyons que les récifs à Stromatopores sont particulièrement développés dans la partie Ouest de l'archipel où ils constituent, outre quelques îles isolées, larges et allongées, presque toute la masse des longues bandes disposées concentriquement autour d'un centre de même nature, que s'ils sont pauvres en coquilles, ils enclavent des amas de calcaire coquillier à *Pachystroma*, de la dolomie et du calcaire amorphe également coquillier, soit autant de moyens supplémentaires de déterminer leur âge.

Le calcaire à *Pachystroma* est avec le calcaire amorphe le principal élément constitutif des bandes frasnien dans les groupes annulaires à l'Est, avec cette distinction qu'ils ont subi une transformation étendue en dolomie au centre de l'archipel et aucune dans la partie droite.

Enfin les récifs de marbre rouge et quelques récifs de calcaire gris, les uns et les autres en forme de tertres et n'atteignant pas la hauteur des récifs précédents, sont dispersés autour des groupes annulaires, sauf sur le bord Nord de l'archipel, où ils font défaut.

On remarquera l'absence du calcaire à *Diapora* ou marbre Sainte-Anne dans ces îles. On la constate aussi dans le récif frangeant de

l'Ardenne. Il forme, au contraire, par parties à peu près égales avec le calcaire à Stromatopores, le récif frangeant septentrional du bassin. Il est déjà très développé dans les îles coraliennes de Beaumont, situées sous un parallèle un peu plus septentrional que l'archipel de Philippeville.

Groupe annulaire de Vodelée.

Sa longueur est de 8 kilomètres sur moins de $1 \frac{1}{2}$ kilomètre dans sa plus grande largeur.

Le centre est une île de calcaire à Stromatopores et de calcaire amorphe avec Stringocéphales, *Murchisonia coronata*, *Macrocheilus arculatus* et *Cyathophyllum quadrigeminum*. A l'extrémité Ouest, d'autre calcaire amorphe, noté sur la carte G2b, renferme les petits lits gréseux dont il a été question et qui portent à croire que le récif était creux. On remarquera aussi que le bord Nord présente un long appendice séparé du récif principal par une bande de schistes de Frasne et que le bord Sud est visiblement dentelé entre Vodelée et Romedenne.

Il est possible que le calcaire de revêtement de cette île et des trois autres de l'archipel de Philippeville soit aussi de l'époque frasnienne. Mais je n'ai pu encore élaborer suffisamment les matériaux que j'ai recueillis, pour pouvoir l'affirmer d'une manière positive.

Les récifs disposés concentriquement ont des formes très variées. Ils restent très morcelés à droite où le calcaire est à peu près constamment amorphe. Ils se continuent vers la gauche, par de longues lignes généralement doubles de beau calcaire à *Pachystroma*, en se recourbant deux fois à l'extrémité Ouest de l'île centrale; le calcaire amorphe devient alors encore très abondant.

L'île centrale est un anticlinal dont les pentes sont toujours plus fortes que celles de l'atoll de Roly. Le bord septentrional a un pendage au Nord de 40° à 80° ; l'autre bord a, vers ses extrémités, une inclinaison Sud de 60° à 65° , mais au milieu les couches plongent encore au Nord de 55° à 70° . L'appendice incline uniformément au Nord.

Les îles frasnienne entourantes montrent plus d'irrégularité. L'une d'elles a même une disposition synclinale, phénomène assez rare dont nous chercherons plus loin l'interprétation. Celles du bord Sud étant en calcaire construit, c'est-à-dire non stratifié, on ne peut déterminer le sens de leur pendage. Dans la partie gauche

où plusieurs récifs se sont soudés et contournent le récif central avec une forme courbe, on observe distinctement une inclinaison anticlinale. Les récifs Nord tendent, au contraire, à incliner au Sud et même à présenter par des inclinaisons contrariées une sorte de torsion.

Les îlots accessoires sont nombreux. L'un d'eux, bien connu des géologues, est au delà de la Meuse. C'est celui de Heer, ainsi décrit par Dumont (1) : Le schiste qui s'étend au Nord de Givet « renferme un petit massif isolé de marbre bigarré, formé de polypiers de couleur grise, dont la texture organique est presque entièrement effacée, de parties rouges à texture compacte, de parties blanches lamellaires ou subcompactes (2) et de parties vertes schistoïdes. Les parties qui entourent ce marbre sont composées de polypiers en plaques, gris et rouges, de crinoïdes et de quelques coquilles, entremêlés de schiste verdâtre et de schiste rougeâtre. Enfin le schiste gris-verdâtre qui enveloppe le tout, renferme des noyaux ovalaires de calcaire argileux d'un gris verdâtre sombre, qui deviennent quelquefois terreux par altération. »

Les petits récifs de cette sorte, tantôt rouges, tantôt gris-bleu, sont échelonnés au nombre de cinq depuis cette localité jusqu'au groupe annulaire de Vodelée. Deux autres débordent celui-ci à son extrémité Nord-Est, tandis que tout le long du bord Sud, ils se présentent en petits groupes dont l'un est constitué par les belles buttes du Grand-Mont et du Petit-Mont au Sud-Ouest de Vodelée. A partir de Romedenne, ils serrent la côte au nombre de sept et sont très petits. Plusieurs enfin se trouvent à l'entrée du chenal de Wez-de-Chine et l'un d'eux a même pénétré dans celui-ci jusqu'à la hauteur de Surice.

Groupe annulaire de Surice.

Sa longueur est de $6 \frac{1}{2}$ kilomètres et sa largeur en moyenne d'environ 600 mètres. Ce groupe possède également un îlot central, à formes nettement anticlinales et formé de calcaire à Stromato-

(1) *Mémoire sur le terrain rhénan*, p. 220 (MÉM. DE L'ACAD. ROYALE DE BELGIQUE, t. XXII, 1848).

(2) Ces parties blanches subcompactes sont probablement des *Acervularia*, les polypiers de couleur grise, des *Stromatactis* et des *A. suborbicularis*, les parties blanches lamellaires, des fissures remplies de spath.

pores, ce qui m'avait fait soupçonner qu'il pourrait appartenir aussi à l'âge des Stringocéphales. Mais la présence du *Spirifer Verneuili* et de l'*Aviculopecten Neptuni* indique un âge postérieur, sans qu'il soit cependant définitivement démontré que son noyau ne soit pas plus ancien.

La ceinture de récifs frasnien est fort compliquée et d'un levé difficile. Ils offrent la particularité de se souder aux extrémités Est et Ouest, de manière à y former d'importantes masses et à dessiner nettement la disposition annulaire. Ils se composent d'un peu de calcaire à *Stromatopores*, de plusieurs masses de calcaire à *Pachystroma* et de beaucoup de calcaire amorphe.

Le sens et le degré d'inclinaison des récifs y est des plus variables. On observe en un point une allure anticlinale sur un récif étroit; les autres ont un seul pendage, mais il n'a pas de régularité.

Séparé par un étroit chenal du groupe précédent, le groupe de Surice ne représente pas au Sud d'îlots accessoires. Sous son extrémité droite, on a exploité deux beaux récifs de calcaire rouge dont le plus grand renferme localement une quantité inaccoutumée de *Cyathophyllum helianthoides*. Son bord Nord est limité par le large chenal de Wez-de-Chine, Omezée, Soulme, avec une dizaine d'îles dont la moitié sont allongées et toutes, sauf une, en calcaire gris à *Pachystroma*. Au Sud de Gochenée, sur le plateau appelé Campagne de Vodelée, le sous-sol est recouvert par 3 à 5 mètres de limon et de terrain détritique et sa nature dut être déterminée par des sondages. Au Sud du moulin de Gochenée, sur l'Hermeton, plusieurs récifs présentent à leur base une sorte de terrasse à allure anticlinale qui pourrait représenter la plage sous-marine de la masse corallienne dont nous avions déjà induit l'existence uniforme par l'étude de la distribution des matières d'envasement.

Groupe annulaire de Merlemon.

La direction des couches y est Sud-Ouest-Nord-Est, alors que celle des deux groupes précédents était, à gauche surtout, presque Est-Ouest, ce qui accentue l'indépendance de ces amas concentriques.

La longueur est d'environ 8 kilomètres et la largeur ordinaire de 500 mètres. On n'y distingue pas de centre anticlinal. Comme il est principalement formé de calcaire à *Pachystroma* transformé presque tout entier en dolomie, les inclinaisons des couches ne

pouvaient être relevées que dans les parties constituées par le calcaire amorphe. On remarque que le pendage le plus ordinaire a lieu vers le Nord. La disposition annulaire y est néanmoins bien marquée.

Aucun de ces récifs n'est de l'époque des Stringocéphales.

Les masses de dolomie de Merlemont présentent, dans la tranchée du chemin de fer, une allure indiquant qu'elles sont en surplomb à leur partie supérieure. Ce caractère rapproche encore nos calcaires coralliens des récifs d'aujourd'hui. Dans une figure qui sera reproduite plus loin, Lyell montre des récifs se terminant en chapiteau. M. Dana insiste sur ce développement latéral qu'il appelle disposition en champignon. M. Murray la considère comme le résultat d'un plus grand apport de nourriture pour les coraux quand les récifs s'approchent de la surface. On pourrait interpréter par cette allure en surplomb les parties des récifs qui s'étalent en plis synclinaux peu évasés et dont l'archipel de Philippeville donne plusieurs exemples.

Excepté à son bord droit, les îles accessoires sont très nombreuses autour de ce groupe. On en compte près de cinquante, toutes de marbre rouge, tandis que nous avons vu que celles des deux groupes de l'Est se partageaient en nombres à peu près égaux en îlots de marbre gris et en îlots de marbre rouge.

Ces petits récifs longent la côte de Wez-de-Chine à Merlemont, puis ils s'en éloignent, présentent des groupes distincts qui séparent même les schistes de la Famenne et encombrent le chenal qui s'étend entre les groupes annulaires de Merlemont et de Sautour.

Groupe annulaire de Sautour.

Sa longueur est de près de 11 kilomètres sur $\frac{1}{2}$ à 1 kilomètre de large. A l'extrémité Nord-Est, il tend à se confondre avec le groupe de Villers-le-Gambon.

L'île centrale est formée de calcaire à Stromatopores et de calcaire amorphe avec faune givetienne, et dans son milieu on rencontre d'autres calcaires, amorphe ou oolithique, analogues à ceux de la lagune du récif frangeant à Stringocéphales. Sa structure est un anticlinal surbaissé, mais près du point où la route de Philippeville à Givet recoupe le récif, le pendage est uniformément au Nord.

Cette île centrale est enveloppée par une double ligne de récifs

frasniens qui tendent à se réunir aux extrémités de manière à accentuer la disposition annulaire. Ceux du bord Sud inclinent au Nord vers leur milieu et au Sud vers les extrémités. Le long promontoire de Sautour est en anticlinal. Les récifs du bord septentrional sont en pendage Nord.

Les îles frasniennes commencent à gauche par être formées de calcaire à *Stromatopores* qui prédomine, comme nous l'avons vu, dans la région Ouest de l'archipel. Le calcaire amorphe vient ensuite assez abondamment. Le calcaire à *Pachystroma* y constitue partiellement des masses assez importantes qui sont rarement dolomitisées.

Nous avons cité les nombreux îlots de calcaire rouge du chenal qui au Sud isole ce groupe du groupe de Merlemon. Ces îlots sont particulièrement abondants sur le prolongement du promontoire Ouest où, sur moins de 4 kilomètres, ils constituent un archipel secondaire qui est l'un des traits intéressants de cet ensemble corallien. Deux îles un peu plus grandes, à disposition anticlinale et composées de calcaire à *Stromatopores*, s'y étalement et autour d'elles près de cinquante îlots de marbre rouge. Un profond et étroit chenal, rempli par des schistes famenniens, sépare cette agglomération annexe du groupe concentrique du Nord et s'étend entre celui-ci et le groupe de Sautour avec un encombrement d'îlots rouges, jusqu'au chemin de fer du Grand Central, au moins égal à celui que nous avons vu dans le chenal Sud.

Groupe annulaire de Villers-le-Gambon.

Il se développe sur une longueur de non moins de 20 kilomètres et une largeur de $\frac{1}{2}$ kilomètre à $1\frac{1}{2}$ kilomètre, en passant à gauche d'une direction Ouest-Sud-Ouest à une direction Est-Ouest à droite.

Son île centrale est moins régulière et offre la particularité d'une échancrure vers son milieu et d'un appendice allongé à son extrémité droite. Elle est composée de calcaires givetiens à *Stromatopores* ou amorphes avec deux petites masses intérieures allongées de calcaire amorphe ou oolithique de lagunes. La disposition en anticlinal ondulé y est constante et la pression que le calcaire a subie, s'y manifeste parfois par un véritable gaufrage des couches (Senzeilles) et par un double pli à fortes courbes (Franchimont).

La faune que j'y ai recueillie près de Neuville, se compose de :

Murchisonia coronata, Arch. et Vern. *Spirifer undiferus*, Rœm.
Stringocephalus Burtini, Detr. *Atrypa reticularis*, L.
Cyathophyllum quadrigeminum, Goldf.

Les récifs de Frasne sont généralement moins complexes que dans les groupes précédents. A l'Ouest et sur tout le bord Sud, ils forment dans leurs grandes lignes une ceinture simple avec îles plus ou moins étendues dans la lagune qui la sépare de l'île centrale. Au bord Nord, à partir de la latitude de Neuville, la rangée devient uniformément double; les îles se développent en longs rubans minces, de 5 à 10 kilomètres de longueur, et, dès que l'une d'elles disparaît, après une étroite passe libre, une autre en reprend la continuation avec un changement d'axe. Le dernier récif septentrional à gauche, avec une largeur de 50 à 80 mètres, se courbe vers l'extrémité de l'anneau, puis se plie en angle aigu pour reprendre une direction parallèle et enclore une série de petites îles allongées. L'allure de cette partie de l'archipel peut s'observer clairement sur le plateau au Nord d'omezée où l'on voit les lignes de récifs s'étaler en relief vers l'Est et couvertes de buissons entre de petites dépressions schisteuses cultivées. La disposition angulaire peut aussi facilement s'observer.

L'inclinaison de ces rubans coralliens suit d'ordinaire celle de l'anticlinal du récif médian.

A gauche, les lignes de récifs frasniens sont en calcaire à Stromatopores et en calcaire amorphe avec des masses locales de dolomie. Vers le milieu, le calcaire à *Pachystroma* prend la place du calcaire à Stromatopores comme prépondérance. A droite, c'est le calcaire bleu amorphe. Les îles allongées de l'intérieur sont principalement formées de calcaire à *Pachystroma*.

Quant aux îlots de calcaire rouge, très nombreux dans le chenal Sud, ils sont beaucoup plus rares dans le chenal Nord.

Groupe annulaire de Gros-Frâne.

Clairement délimité à droite par une ligne courbe et fermée de récifs frasniens, il enchevêtre ensuite ses rubans coralliens dans les longues lignes du groupe de Villers-deux-Églises et du bord Nord du groupe de Villers-le-Gambon.

Nous avons déjà observé une tendance analogue entre les extré-

mités Est de celui-ci et du groupe de Merlemon. Il en résulte une seconde disposition qui achève de donner sa physionomie générale à l'archipel. En effet, à ces extrémités, la largeur combinée des trois groupes est de 1 $\frac{1}{2}$ kilomètre; ils rayonnent ensuite en s'infléchissant vers le Sud-Ouest et l'arc, réunissant leurs autres extrémités, à une longueur de 4 kilomètres. Les groupes de Vodelée et de Surice s'infléchissent en sens inverse; d'où la forme de croissant que revêt l'ensemble.

L'île centrale est du calcaire à Stromatopores et du calcaire amorphe avec *Murchisonia coronata*, par conséquent de l'époque givetienne. Sa disposition est franchement synclinale.

Les lignes concentriques de récifs frasniens sont surtout du calcaire amorphe, des masses de dolomie et un peu de calcaire à *Pachystroma*. Leur inclinaison correspond à celle des bords du récif central. La disposition angulaire à droite peut être directement et facilement observée.

Le chenal qui sépare ce groupe du groupe de Villers-le-Gambon est peu large et sans îlot de marbre rouge. Au Nord, au contraire, par l'allure indépendante de l'île dolomitique de Gros-Frâne, un large chenal échancre le groupe à l'Est et trois îlots de calcaire rouge, déjà observés en partie par M. Gosselet, y prennent place.

Groupe annulaire de Villers-deux-Églises.

Il présente aussi une île médiane allongée, de petite dimension et formée de calcaire à Stromatopores et de calcaire foncé amorphe (1). On pouvait croire qu'elle remontait à l'époque des Stringocéphales. Mais je n'ai pu y recueillir que des *Spirifer Verneuili* et des exemplaires d'une Lucine rapportable à la *Lucina rugosa*. Cette dernière est signalée dans l'Eifel et particulièrement à Bensberg qui est un gîte bien caractérisé de l'étage des Stringocéphales. Je l'ai rencontrée dans le calcaire rouge à *Rhynchonella cuboïdes* au Sud de Neuville, de sorte qu'elle viendrait ici confirmer la signification du *Spirifer Verneuili*. Du calcaire noduleux, reposant directement sur le récif, m'a fourni l'*Euomphalus Goldfussii*, le *Spirifer aperturatus* et de grosses *Atrypa reticularis*.

Les lignes de récifs frasniens s'enchevêtrent, comme je l'ai fait remarquer, avec celles du groupe de Gros-Frâne, de façon à

(1) La carte indique par erreur une disposition anticlinale pour ce récif. Son bord Sud a un pendage Nord comme le bord opposé, qui a une tendance à onduler.

empêcher de délimiter avec précision les deux ensembles à leur jonction. On aurait pu croire qu'ils ne formaient qu'un seul groupe avec deux îles centrales distantes; mais, en suivant la direction du chenal à îlots de marbre rouge qui sépare les groupes de Villers-deux-Églises et de Villers-le-Gambon, on remarque qu'il débouche au Nord de l'île centrale à Stringocéphales du groupe de Gros-Frâne, ce qui porte à admettre l'indépendance de celui-ci. Au surplus, la question n'est que d'importance secondaire.

Les récifs qui enveloppent l'île centrale du groupe de Villers-deux-Églises sont réguliers au Sud, irréguliers et interrompus au Nord. Des îlots allongés s'étendent au dedans de la ligne extérieure.

A droite de Philippeville, une ligne de récifs s'écarte en divergeant de la direction des autres; formée de dolomie et de calcaire bleu grenu, elle est difficile à observer par suite du petit nombre d'affleurements. On doit remarquer la faible largeur de son envasement frasnien, ce qui produit sa séparation de l'archipel par un chenal rempli par les chistes de la Famenne, à l'égal de la partie Ouest des chenaux séparatifs des groupes annulaires. En fait, cette ligne de récifs est distincte des sept ensembles concentriques du massif de Philippeville.

Les rangées annulaires du groupe de Villers-deux-Églises sont constituées par le calcaire à Stromatopores, le calcaire amorphe et le calcaire à *Pachystroma* localement dolomitisé et souvent riche en coquilles d'espèces peu variées du reste.

Un chenal profond avec quelques îlots de marbre rouge sépare ce groupe du groupe de Villers-le-Gambon. A son extrémité Ouest, il se prolonge par deux îles, l'une de marbre rouge, la plus grande de ce genre que j'ais encore rencontrée dans mes levés, l'autre de calcaire à Stromatopores avec disposition anticlinale. Au bord Nord, il n'y a plus d'îlots accessoires; la mer y prenait rapidement une grande profondeur.

Île de Cerfontaine.

Cette île, d'une superficie d'environ 140 hectares, est en anticlinal ondulé et elle est constituée par du calcaire à Stromatopores avec un peu de dolomie. Son bord Nord n'a pu être défini que par une suite de sondages de 2 à 4 mètres de profondeur. Son bord Sud, dentelé, se détache clairement de la plaine.

Quelques îlots de marbre rouge se présentent à l'Ouest.

Envasement de l'archipel de Philippeville.

Si l'on admet, comme je crois l'avoir démontré dans l'atoll de Roly, que les points recouverts par les schistes de Frasne étaient moins profonds que ceux qui sont recouverts par les schistes de la Famenne, la disposition sous-marine de la région où s'étalent les innombrables récifs de Philippeville, apparaît clairement. Ici du reste les évidences directes ne font pas plus défaut. En effet, il est incontestable que les calcaires qui viennent d'être décrits, sont tous d'origine corallienne, qu'ils sont disposés concentriquement et en bandes étroites, avec des caractères si analogues aux caractères essentiels des îles coralliennes de nos océans qu'une plus grande complication dans l'agencement des îles en est la seule différence saillante. Les rapports entre les deux formations, malgré l'énorme distance chronologique qui les sépare, sont donc aussi intimes qu'on peut le réclamer pour des évidences matérielles.

Or, sans s'appesantir de nouveau sur la circonstance significative que la profondeur ne croît actuellement qu'à une distance sensible de la côte du récif, on admettra comme hors de doute que les masses coralliennes de Philippeville sont antérieures aux schistes qui les enveloppent, la vie corallienne étant incompatible autrefois comme aujourd'hui avec des eaux boueuses, et par le fait même ces masses calcaires se présentaient comme une côte au moment où des eaux chargées de matières terreuses vinrent les envaser.

D'un autre côté, il ressort de l'observation que des sédiments schisteux du seul âge de Frasne entourent uniformément tous ces récifs grands et petits et qu'à une distance, variant de 40 mètres à $1\frac{1}{2}$ kilomètre, les schistes subséquents de la Famenne se déposèrent à leur tour contre et sur les premiers schistes d'envase-
ment. Nous sommes dès lors fondés à conclure que la côte corallienne avait une inclinaison sous-marine assez prononcée pour qu'à peu de distance du récif la profondeur devint notable, et nous pouvons nous faire une idée définie de ces accroissements de profondeur par l'épaisseur et la succession des schistes qui recouvrent cette côte.

Que la puissance des schistes de Frasne soit elle-même variable d'un point à un autre, on peut le déduire *à priori* du fait que deux éléments d'origine distincte ont, ainsi que je l'ai démontré plus haut, concouru à leur formation, l'un de ces éléments provenant des sédiments argileux dont la mer se chargea à cette époque,

l'autre provenant d'ablations de la matière du récif et étant composé de sable corallique transporté dans ces eaux argileuses. Il est manifeste que ce dernier élément surtout ne peut être en quantité constante. Au surplus, il manque d'ordinaire dans les chenaux étroits de l'archipel de Philippeville; ailleurs il se présente en masses variables.

J'ai déjà fait remarquer combien la mesure de l'épaisseur des schistes de Frasne peut rarement s'effectuer dans des conditions qui donnent la certitude que le dépôt n'a pas été influencé par des protubérances sous-marines. Des indices de celles-ci s'annoncent quand la série d'envasement tend à se répéter parallèlement à la côte. Ainsi la série normale étant : récif, schistes et calcaire noduleux, schistes noduleux, schistes grossiers, schistes fissiles, si dans les termes de cette série des termes inférieurs se représentent, il y a lieu d'en conclure à la présence en profondeur d'une protubérance corallienne qui a troublé la régularité sériaire du dépôt. Cette conclusion est légitime, car de telles répétitions existent constamment quand un îlot se trouve près de la côte corallienne.

Une autre cause relève des failles qui déchirent fréquemment ces schistes et qui donnent également naissance à des répétitions des termes de la série.

On peut admettre comme se rapprochant de la réalité, que l'épaisseur de ces masses d'envasement autour de l'archipel de Philippeville oscille entre 40 et 100 mètres, sans qu'on doive adopter une mesure moyenne.

Nous avons remarqué que les lagunes-chenal des récifs de cet archipel se présentent sous deux caractères : les chenaux intérieurs des groupes annulaires qui ne renferment jamais de tertres de calcaire rouge, et les chenaux qui séparent ces groupes et qui présentent généralement un grand nombre de ces tertres.

Les chenaux intérieurs ne montrent du calcaire noduleux que quand ils s'élargissent. Tel est le cas notamment au Nord de Sautour où s'observent de fortes masses de cette roche riche en fossiles parmi lesquels je distingue les formes suivantes :

- Spirigera concentrica*, de B.
- Spirifer muralis*, M. V. K.
- Cyrtia heteroclitia*, Defr.
- Nucleospira lens*, Schnur.
- Atrypa reticularis*, L.
- Rhynchonella pugnus*, Mart.
- Pentamerus brevirostris*, Phill.

- Orthis striatula*, Schloth.
- *tetragona*, Roem.
- Strophalosia productoides*, Murch.
- Acervularia Davidsoni*, M.-E. et H.
- Alveolites suborbicularis*, Lam.
- Smithia Hennahii*, Lonsd.
- Receptaculites Neptuni*, Goldf.

Lorsque les chenaux intérieurs sont plus étroits, ils sont uniformément comblés par des schistes verts grossiers ou des schistes demi-fissiles à surface luisante.

Par opposition, les chenaux séparatifs sont bordés ou remplis par les mêmes sédiments que les bords de l'archipel tournés vers la pleine mer. Le calcaire noduleux, les schistes noduleux, les schistes grossiers, parfois les schistes à Cardioles y sont représentés par des masses plus ou moins larges. Outre cette analogie et celle que nous venons de rappeler, de la présence d'îlots de marbre rouge, on doit en signaler une autre qui porte avec elle sa signification. Les schistes famenniens pénètrent dans ces chenaux jusqu'à une distance de plusieurs kilomètres de leur embouchure Ouest, en d'autres termes les chenaux séparatifs avaient une profondeur telle que les schistes de Frasne, malgré le rétrécissement du canal par les îlots de marbre rouge, n'ont pas été suffisants pour les combler entièrement.

Les différences minéralogiques des masses d'envasement dans les deux sortes de chenaux soulèvent une question sérieuse. Ces masses sont-elles de même âge? Les calcaires et les schistes noduleux, qu'ils soient dans les lagunes-chenal intérieures ou dans les chenaux séparatifs ou qu'ils bordent l'extérieur des récifs vers la pleine mer sont ordinairement très fossilifères et ont une faune analogue que caractérisent principalement la *Receptaculites Neptuni*, les *Acerularia Goldfussii*, *pentagona* ou *Davidsoni*, la *Rhynchonella cuboides*, les *Camarophoria formosa* et *megistana*, etc. Dès les premières explorations, le doute n'est plus possible sur l'identité stratigraphique de leurs couches.

La difficulté était plus grande pour les schistes verts grossiers ou demi-fissiles peu fossilifères des lagunes-chenal intérieures ou de l'extrémité des chenaux extérieurs. Je suis cependant parvenu, au printemps de cette année, par une suite de recherches attentives, à y recueillir des fossiles sur un nombre de points suffisant pour être en mesure d'affirmer qu'ils se rapportent de même aux schistes de Frasne. Ce sont tantôt de rares *Cardiola retrostriata* que M. Gosselet nous a démontrées être caractéristiques en Belgique de la partie supérieure des schistes frasniens, tantôt et plus fréquemment le *Chonetes armata* et la *Nucleospira lens* associés à des Cypridines, à des *Fenestella* et autres. Or ces formes sont particulièrement distinctives des schistes extérieurs qui séparent les schistes noduleux à grandes *Camarophoria* des schistes à Cardioles.

Au bord Nord de l'archipel, la difficulté était d'une autre nature. M. Gosselet a tracé avec raison la limite entre les schistes frasniens

et famenniens à la partie supérieure des schistes à Cardioles. Quand ceux-ci existent, la question est souvent vite tranchée. Mais ils disparaissent à la hauteur de Vodelée et de Neuville ou au moins ne se présentent plus qu'en quelques petits affleurements sporadiques. Au Nord de cette ligne, les schistes de Frasne se terminent par des schistes grossiers, fréquemment d'un vert très pâle et accompagnés de rares nodules. Ils se trouvent ainsi en contact avec les dépôts famenniens formés aussi de schistes grossiers, et l'observateur demeure alors d'autant plus perplexe, qu'à la base ces schistes sont eux-mêmes d'un vert pâle et renferment dans leurs conditions normales des nodules calcaieux. Un peu plus haut, ils présentent, il est vrai, des bandes de grès et de psammites, mais la limite stratigraphique entre les deux étages et la détermination des affleurements vers le contact restent dans beaucoup de cas très épineuses. Il n'y a alors d'autre moyen que la recherche des fossiles et c'est par son emploi prolongé que M. Gosselet a établi si solidement la série stratigraphique de la plupart de nos horizons paléozoïques. Malheureusement c'est là un procédé peu pratique pour des levés géologiques détaillés. Outre que la recherche exige beaucoup de temps, les fossiles manquent fréquemment ou sont en trop mauvais état pour une détermination positive. Cependant, malgré les inconvénients de cette méthode de raccordement, on parvient, après s'y être appliqué pendant un temps suffisant, à classer les affleurements de ces schistes dans leur étage propre, grâce surtout aux gros *Spirifer Verneuili* caractéristiques des schistes de Barvaux et parfois très abondants dans les schistes vert-pâle frasniens du Nord de l'archipel et à la grande fréquence de la *Cyrtia Murchisoniana* dans les schistes également vert-pâle famenniens.

La planche VII était gravée, lorsque j'ai pu explorer en détail la Famenne elle-même qui m'a permis de préciser ce contact des deux étages en l'absence des schistes à Cardioles. Aussi je ne puis affirmer que les langues de schistes verts de Soulme, d'Agimont et même de Gros-Frâne, que j'ai figurées comme famenniennes, ne soient pas en partie formées par les couches supérieures des schistes de Frasne. Ces points seront vérifiés avant la publication des feuilles de la carte géologique où ils se trouvent. Au bord Sud et dans les chenaux séparatifs, le même doute ne peut exister.

Si nous observons maintenant les différences de largeur des bandes frasniennes d'envasement autour de cet ensemble d'îles, nous remarquons que leur étendue est beaucoup plus grande aux bords Sud, Est et Ouest, tandis qu'elle est très faible au bord sep-

tentrional. Nous en concluons, par application des déductions développées plus haut, à des différences correspondantes dans l'inclinaison des côtes, plus encore qu'à une diminution proportionnelle des matières déposées.

Ces remarques nous ramènent à la question du profil des récifs et de l'existence de profondeurs marines croissant rapidement au Nord de l'archipel de Philippeville. Nous nous rappellerons donc que, si le talus côtier est sur ce bord Nord à pente tellement prononcée que généralement moins de 100 mètres de schistes frasnien ont pu y trouver place en affleurement, il s'enfonçait ensuite rapidement que les schistes de la Famenne et les psammites du Condroz lui succèdent sur une longueur de 2,500 mètres et que de puissantes masses de calcaire carbonifère n'ont pu qu'avec un appoint de schistes houillers,achever de combler le gouffre de 1,200 à 1,500 mètres qui séparait l'archipel de Philippeville du récif frangeant de la crête silurienne du Condroz. On se trouve par le fait devant un contraste saillant, lorsque nous nous reportons à l'examen du fond de mer qui s'étendait au Sud du même archipel jusqu'aux récifs frangeants de la côte ardennaise. Là les seuls schistes famenniens ont pu remplir les profondeurs. Aussi la plaine qu'ils forment est-elle souvent parsemée d'îles coraliennes de l'époque de Frasne.

Nous avons observé plus haut combien cette plaine des Fagnes est découpée par de nombreuses petites failles. Déjà reconnues sur plusieurs points par M. Gosselet, elles sont si fréquentes qu'elles constituent en quelque sorte le trait stratigraphique spécial de la région. Dès que les couches s'y montrent en coupe sur quelque longueur, on les voit crevassées et comme déchirées par ces cassures. Celles-ci n'ont jamais une grande amplitude verticale. Je pense que la dénivellation n'atteint généralement pas 25 mètres. Leur principale action est de ramener au jour les schistes fissiles à *Cardioles* et de les insérer par petits paquets dans les schistes à *Cyrtia*. La partie Nord de la tranchée de Senzelles, la ligne de raccordement de la station de Romerée à la station de Romedenne, surtout la grande tranchée au Sud-Est de cette dernière et la tranchée de Doische offrent des exemples marquants de couches réellement hachées. Dans la tranchée de Romedenne à Doische, j'ai relevé sur 700 mètres non moins de onze alternances de schistes à *Cardioles* et de schistes à *Cyrtia*, soit autant de petites failles distinctes. Elles sont peut-être encore plus rapprochées à l'Est de la station de Doische.

Ces dispositions étant dues à des actions indépendantes du dépôt, je rappellerai encore que je ne les ai pas représentées sur la carte, planche VII, où la plaine est figurée comme recouverte uniformément de schistes famenniens, ainsi qu'elle l'était à l'époque où la mer quitta ces lieux.

Dislocations de l'archipel de Philippeville.

Il n'est pas contestable que cette région ait subi des dislocations plus violentes que l'atoll de Roly. Tandis que, sauf en un point, nous n'avons pu relever dans celui-ci des inclinaisons de couches supérieures à 30°, nous observons dans les récifs de Philippeville des degrés fort supérieurs, souvent même jusqu'à la verticale, pour les masses d'origine sédimentaire.

Néanmoins les exemples de dislocations intenses n'y sont pas communs. Au moulin de Franchimont, l'extrémité du récif à Stringocéphales se replie deux fois sur une longueur de 9 mètres, et le récif frasnien, situé au Nord, est également contourné à la manière du calcaire carbonifère dans ses fortes dislocations. De même les schistes de lagunes sont crevassés, à gauche de ce point, par trois petites failles. Les schistes famenniens du chenal séparatif au moulin de Sautour sont aussi plissés en V. Le récif central du groupe de Surice est disposé en anticlinal à courbe bien prononcée. A Senzelles, le calcaire noir, intercalé dans le calcaire à Stromatopores, est comme gaufré.

Mais en dehors de ces cas, on ne peut guère mentionner de grandes perturbations mécaniques dans l'archipel de Philippeville. Les anticlinaux qu'on peut suivre sur une longueur notable à Cerfontaine, sont largement ondulés. Celui qui se montre à l'Ouest de Sautour, est de son côté loin de présenter les caractères des grands plissements.

Je pense que, pas plus que dans l'atoll de Roly, il ne viendra à l'esprit de personne, en visitant ces localités, d'attribuer l'origine de la disposition compliquée des longues bandes de calcaires coralliens à une série de plis dont le centre correspondrait à l'île médiane, du reste disposée en anticlinal et dont les sommets eussent disparu. Si on ne voulait interpréter la structure de la région par des plis, il faudrait supposer une alternance des anticlinaux visibles avec des synclinaux très accentués ou des failles puissantes pour changer le sens des pendages. Ce sont des hypothèses qui

s'évanouissent devant l'observation. Mais l'étude des bandes concentriques longues et étroites de calcaires frasniens donne lieu à une suite de considérations qui nous mettent en mesure de compléter les lois de la stratigraphie des récifs coralliens, que j'ai définies au commencement de ce travail.

Pour les terrains sédimentaires, on admet qu'une couche inférieure à une autre ne peut être plus récente que celle-ci que dans le cas d'un renversement de stratification à la suite d'un soulèvement violent.

Dans les formations corallliennes, l'obligation d'une eau limpide arrivant en première ligne, quand un dépôt argileux, paléontologiquement de même âge, entoure le récif, ce dépôt sera plus récent que le récif.

Si, en outre, par suite d'une dislocation postérieure, le récif vient à être renversé sur les schistes de l'un de ses bords, ces schistes n'en seront pas moins toujours de formation plus récente, sans qu'on doive recourir à des plissements avec couches à bords parallèles ou à des failles de contact.

D'un autre côté, on conçoit que de larges masses comme celles des îles centrales à Stringocéphales aient pris une disposition synclinale ondulée sous l'action d'un refoulement, alors que ce refoulement faisait surtout sentir ses effets sur les matières argileuses enveloppantes qu'il comprimait et déchirait. Mais les longues et étroites bandes de calcaire qui contournent les récifs médians, ne pouvaient offrir la même résistance que ceux-ci et tendaient à se renverser soit vers le récif central comme c'est le cas ordinaire, soit en sens inverse en se tordant.

J'ai reproduit ici le profil d'un récif figuré par Lyell (1). Quoiqu'il représente une île corallienne avec ses îlots intérieurs telle que l'un des atolls des Maldives, il s'applique avec une si étonnante concordance à nos groupes annulaires de Philippeville que vraiment il peut leur servir de représentation théorique primitive. Il suffirait même de tracer dans la masse *a b* des traits anticlinaux ondulés et de faire pencher les îlots vers cette masse, pour que la figure, donnée par l'illustre savant, fournisse la coupe diagrammatique de la moitié de l'un ou de l'autre ensemble concentrique que nous venons de décrire.

(1) *Principes de géologie*, édit. franç., t. II, p. 752, 1873.

Coupe partielle d'une île corallienne d'après Lyell.

ab. — Partie habitable de l'île.

bb'. — Pente extérieure, plongeant avec un angle de 45° à une profondeur de 450 mètres.

cc. — Portion de la lagune.

dd. — Ilots composés de coraux et formant des masses surplombantes qui ressemblent à des chapiteaux de colonnes.

Si l'on accepte ce parallélisme en ce sens qu'une action qui aurait donné au récif principal la disposition d'une voûte ondulée, eût en même temps renversé les îlots adjacents, à profils en forme de colonnes, vers elle ou en sens opposé, il restera évident que plus l'inclinaison de ces îlots sera voisine de l'horizontale, plus leur déplacement aura été considérable. De sorte que, par l'observation de l'inclinaison des bords de nos récifs étroits enveloppant une île centrale, et en admettant que leur axe était primitivement vertical, nous pouvons nous rendre un compte assez exact de l'importance de leur déplacement, et dès lors de l'intensité de la dislocation qui les a affectés.

C'est absolument l'opposé pour les terrains sédimentaires. Il est de règle constante que plus les couches d'un dépôt sont redressées, plus le déplacement a été intense.

Nous déduisons de ces considérations que, dans les récifs frasniens longs et étroits qui s'étalent autour des récifs grivetiens dans l'archipel de Philippeville, on ne peut préjuger de l'amplitude de leurs dislocations par l'application des règles sur les couches sédimentaires redressées. Ce serait s'écartier des réalités que de croire que, quand leurs bords sont voisins de l'horizontale, leur dislocation a été faible. Nous devons, au contraire, admettre que, dans ce cas, ils ont subi un renversement presque complet, tandis qu'ils ont éprouvé d'autant moins de déplacement sur leur base, que leurs bords sont plus rapprochés de la verticale.

D'autre part, nous avons vu qu'à côté des calcaires construits se trouvent et des dépôts de schistes et des amas de calcaire amorphe s'identifiant avec le sable corallique et par là, lorsqu'ils étaient transportés dans la mer, se déposant à la manière du sable et de l'argile. Ces dépôts sont soumis aux règles ordinaires de dislocation des terrains sédimentaires.

Une association aussi complexe de récifs à capacité bathymétrique limitée et de lagunes remplies de sédiments donne lieu par elle-même à un enchevêtrement des plus compliqués et à des allures variées. L'archipel de Philippeville suffirait seul à le prouver. Pour combler la mesure, des dislocations sont venues s'y ajouter, de manière à changer en sens divers les dispositions primitives des roches construites et des roches sédimentaires. Aussi ne pourra-t-on s'étonner de ne pas voir figurer ici des coupes de cet ensemble corallien. Quoique, dans les pages précédentes, nous ayons reconnu les circonstances principales qui ont concouru à la production des récifs de pleine mer et à leur envasement, leur application à la reconstitution en profondeur de masses disloquées, par un moyen aussi précis que le procédé graphique, offre encore en ce moment trop d'éléments aléatoires dans les détails pour être tentée avec des chances de succès durable dans une telle région. A cause de l'insuffisance de leur profondeur, les vallées n'y fournissent pas de profils définissant l'allure verticale des récifs et de leurs lagunes, et ainsi toute la tâche est livrée à l'induction. J'ai donc cru devoir différer la publication de tels figurés, avec d'autant plus de raison que, dans mes dernières recherches, je pense avoir découvert en Famenne un point où la disposition complète d'une lagune en profondeur peut être observée directement; je désire le soumettre au préalable à une étude approfondie. Mais j'ai cherché à suppléer à cette lacune dans le présent travail, d'une part en indiquant sur la carte, planche VII, le sens du pendage des bords des récifs afin de compléter les données d'observation sur leur allure, et, d'autre part, en figurant plus haut, d'après Lyell, la coupe d'une île corallienne qui s'adapte d'une manière surprenante à la représentation idéale des récifs de Philippeville.

La question de la Subsidence dans l'archipel de Philippeville.

Nous n'aurions pas épuisé les renseignements que cet ensemble d'îles coraliennes peut nous offrir, si nous n'y recherchions les indices du phénomène que Darwin considère comme inséparable des îles coraliennes de nos Océans. Je veux parler de la théorie de la subsidence, l'une des plus grandioses conceptions dont la physique des mers ait été l'objet.

On se rappellera que, partant de l'observation que les coraux constructeurs ne peuvent vivre que dans une zone bathymétrique étroitement limitée, et se basant sur la considération qu'on ne

peut admettre qu'il se trouvât une suite de protubérances sous-marines, correspondant aux innombrables îles coraliennes des mers tropicales et dont les sommets fussent à point nommé dans cette zone bathymétrique, Darwin en arriva à conclure en 1836, après un voyage scientifique de circumnavigation, à un abaissement lent du fond de l'océan qui submergeait graduellement des pics volcaniques; autour de ces pics, les coraux établissent leurs constructions annulaires, en récifs-barrières si le pic dépasse le niveau de l'océan, en atoll si le pic est submergé. Lyell vient bientôt prêter le concours de son imposante autorité à cette théorie par son adhésion et les développements qu'il apporta, et M. Dana, après d'autres navigateurs, s'y est rallié à son tour dans l'ouvrage auquel j'ai eu à faire de fréquents emprunts. La conception de la subsidence prit ainsi place parmi les doctrines géogéniques les plus accréditées.

Cependant des objections se firent jour. M. Semper rencontra dans l'archipel Pelew de grandes difficultés à appliquer les vues de Darwin (1).

M. Rein publia, quelques années plus tard, une interprétation qui contredit les mêmes vues et qui semble se rapprocher de celles dont il va être question.

M. Murray vient d'opposer à la subsidence une théorie qui, par sa simplicité et son adaptation immédiate aux phénomènes qui se passent dans les océans, pourrait être appelée prochainement à remplacer son aînée (2).

M. Murray admet que les coraux constructeurs ne vivent pas à une profondeur plus grande que 30 à 40 brasses, mais il croit inutile, pour expliquer l'existence si étendue de cette condition, non plus que les principaux phénomènes des récifs et des îles de coraux, de faire appel à de grandes et générales subsidences. Il remarque d'une part que les sondages en mer démontrent la présence de collines à des profondeurs variées et surtout de volcans sous-marins, et de l'autre que la vie est si abondamment répartie à la surface des mers tropicales que des filets de 12 pouces et demi de diamètre, traînés aussi près que possible de la surface sur une longueur d'un demi-mille, ramènerent une quantité d'organismes dont les seuls squelettes calcaires pesaient en moyenne près de 2 kilogrammes

(1) *Zeitschr. für wissensch. Zoologie*, t. XIII, p. 563, 1863.

(2) *Proceed. of the Roy. Soc. of Edinburg*, t. X, p. 505, 1880. On pourra voir aussi un exposé contradictoire sommaire des deux théories dans le récent ouvrage de M. Geikie (*Text Book of Geology*, p. 464, 1882).

et demi. Si, ajoute l'auteur, ces organismes étaient aussi abondants jusqu'à 100 brasses de profondeur, ils donneraient au delà de 16 tonnes de carbonate de chaux sur une surface de 1 mille carré. Ces squelettes, après la mort de l'animal, tombent au fond et vont par leur accumulation exhausser les élévations profondes, de sorte qu'à travers les temps, celles-ci finissent par arriver à la hauteur de la zone de construction des coraux.

L'archipel de Philippeville nous montre que des îles corallliennes nombreuses et étendues se sont formées à côté les unes des autres, mais avec la circonstance bien remarquable que cette formation a eu lieu distinctement à deux époques successives et assez distantes pour que la faune des Stringocéphales fût remplacée par la faune à *Rhynchonella cuboides*. Quatre grandes îles ont seules été produites pendant la première époque ; de nombreuses lignes de récifs, formant barrière autour d'elles, et un nombreux cortège d'îlots extérieurs s'établirent à la seconde époque.

Puisqu'on doit reconnaître que les coraux devoniens ne pouvaient, à l'instar des coraux actuels, édifier leurs constructions qu'à une profondeur limitée, quatre points restreints de la mer, à l'époque des Stringocéphales, étaient donc seuls, au voisinage de Philippeville, à présenter les conditions bathymétriques requises. Mais à l'époque suivante, ces conditions s'étendaient à une surface plus étendue autour des premiers récifs.

Ce phénomène est-il dû à une subsidence, à cet affaissement lent auquel Darwin a fait un magistral appel dans le grand Océan ?

La solution de la question n'a pas une simple importance locale ; car nous venons d'établir que les îles de coraux devoniennes et actuelles se sont constituées sous l'action de lois d'une identité parfaite, et, pour plus de similitude encore, dans les deux cas, se présente la même nécessité d'expliquer l'occurrence d'une série de collines sous-marines dans une zone déterminée voisine de la surface de la mer. Si cette difficulté se résout actuellement par une subsidence, nous devons, par la rigueur des faits, la résoudre de même pour l'époque devonienne.

Nous nous trouvons ici devant une circonstance spéciale. Les récifs de Philippeville, quoique coordonnés suivant des dispositions concentriques, sont de deux époques successives, alors que, même dans les archipels les plus compliqués du Pacifique et de la mer des Antilles, on considère, par hypothèse peut-être gratuite, les îles corallliennes comme étant toutes de la même époque.

C'est cette circonstance qui va nous donner le moyen de faire dans notre région l'étude du problème.

Pour pouvoir y faire appel à une subsidence dans l'explication du phénomène, il faudrait admettre que l'archipel de l'époque givetienne fut d'abord plus étendu et qu'il aurait subi un affaissement à l'exception des points où les quatre îles ont persisté. En effet, si ces dernières avaient participé au mouvement supposé de subsidence, elles auraient été ramenées sous l'eau : les coraux y eussent nécessairement continué leurs constructions en y emprisonnant des coquilles frasniennes. Dès lors ces îles ne nous apparaîtraient plus comme de l'âge des Stringocéphales.

Il faudrait donc concevoir un système de subsidence partielle et nous le trouverions dans un phénomène de plissements entre les deux époques. Ces plissements auraient laissé émerger dans leurs parties anticlinales les quatre tronçons encore visibles de l'archipel et replacé sous les eaux dans leurs parties synclinales les bandes situées entre ces tronçons. Ainsi les quatre récifs à Stringocéphales dont nous constatons la présence, persistaient sans se recouvrir de constructions frasniennes, et, dans les creux intermédiaires, s'édifiaient seulement les lignes concentriques de celles-ci sur les récifs à Stringocéphales affaissés par la courbe synclinale des plis. Une disposition planimétrique analogue à celle qui est figurée planche VII, n'est pas sans se rencontrer fréquemment dans les terrains plissés. En l'appliquant ici, nous rentrerieons dans un cas particulier de subsidence qui, à première vue, rend parfaitement compte des faits.

Cette argumentation serait néanmoins en flagrante contradiction avec les réalités. La région a participé au soulèvement subi par nos massifs primaires après la formation du terrain houiller et nous en avons étudié plus haut les effets. Si une partie de l'archipel avait été affectée par le plissement préalable qui vient d'être indiqué et qui aurait dû être assez prononcé pour qu'une suite d'ondulations eût émergé des protubérances et amené des submersions latérales, il en résulte forcément une allure propre d'une partie de la masse, qui serait l'un des traits caractéristiques de l'archipel : les dépôts d'envasement frasniens qui reposent sur les côtés de ces protubérances, indiquerait, par l'absence de parallélisme des couches, ce plissement antérieur. Tout y démontre, au contraire, que les dérangements des masses ont obéi à un seul mouvement postérieur à la formation de l'ensemble de l'archipel. Puis la cristallinité du calcaire à Stringocéphales serait plus accentuée que celle des calcaires adjacents de Frasne, puisqu'ils auraient subi deux soulèvements et le caractère de la texture de ces roches se présente sous le même aspect.

Qu'on envisage donc la subsidence sous quelque côté que ce soit, partielle ou totale, elle est contraire aux évidences matérielles.

Une action lente de relèvement entre les deux groupes de constructions ne serait guère plus admissible. Elle expliquerait, il est vrai, dans une certaine mesure, que les bords sous-marins des premiers récifs, qui étaient situés trop bas pour permettre la formation de chaînes corallliennes à l'époque des Stringocéphales, eussent été amenés dans la zone de construction.

Cette interprétation n'a pour elle que des improbabilités et se heurte aux invraisemblances mêmes qui ont donné naissance à la théorie de la subsidence océanique. En effet, les îles corallliennes sont nombreuses en Famenne et surtout dans les Fagnes; toutes sont du calcaire de Frasne, sauf les îles à Stringocéphales de Philippeville qui sont les affleurements les plus anciens de ces deux régions. Dans l'hypothèse d'un relèvement, on devrait par conséquent faire intervenir un mouvement général d'élévation sur une surface aussi étendue, le concevoir tel qu'il se soit borné, en chaque endroit où il existe des îles frasniennes, à relever le fond de la mer précisément de la hauteur requise séparément par chacun d'eux pour mettre les protubérances sous-marines dans la zone de construction, sans que ce point critique fût jamais dépassé. Une hypothèse aussi compliquée n'est pas de celles qui se font admettre.

Mais, en appliquant à la question la donnée fondamentale des vues de M. Murray sur l'exhaussement des protubérances sous-marines du Pacifique, la difficulté d'expliquer les deux formations successives et juxtaposées des récifs de Philippeville est beaucoup moindre, car nous ne devons pas appeler à notre aide d'autres causes que les phénomènes qui se produisaient nécessairement dans la mer des Fagnes.

Que le fond de la plaine des Fagnes fut accidenté à l'époque où elle était mer ouverte, c'est une circonstance peu contestable devant les données que l'observation nous a fournies plus haut. Or si ses ondulations sous-marines étaient encore profondes à l'époque des récifs à Calcéoles, comme ceux-ci furent suivis de l'apport de nombreux sédiments vaseux dans la mer, on y trouve un premier élément d'exhaussement des protubérances immergées, dans leur dépôt sur le sommet de celles-ci, en même temps que sur les bas-fonds eux-mêmes.

Dès l'époque suivante, des récifs se sont établis aux environs de Philippeville; ce serait, dans cette manière de voir, l'indication qu'il s'y trouvait des collines assez peu profondes pour que cet exhaussement eût suffi à éléver leurs sommets dans la zone exigée

par les coraux. Le sable corallique, produit d'ablation par la vague, était jeté, suivant la règle constante, aux abords de ces récifs et en exhaussait à son tour la côte sous-marine déjà située aux faibles profondeurs qui entourent d'ordinaire les amas coralliens; les coraux constructeurs s'y établissaient à l'époque frasnienne dans toutes les parties ayant atteint la zone déterminée, sans que nous ayons à faire appel à d'autres causes, même à la précipitation des parties solides des organismes de surface, pour que les conditions bathymétriques puissent être atteintes.

Je pense donc que si, à la suite de l'expédition du *Challenger*, M. Murray a pu substituer, à l'hypothèse d'une subsidence du Pacifique, une théorie plus directement en rapport avec les agents qui sont en jeu dans l'Océan, l'examen analytique des faits que notre mer devonienne nous a fournis, nous amène à des conclusions semblables et démontre que les conditions étroitement définies des constructions coralliennes ne relèvent pas de mouvements du sol.

On fera sans doute la remarque que la description des récifs de Roly et de Philippeville méritait plus de développements que ceux que j'ai donnés. Mais on ne doit pas perdre de vue qu'en entrant dans cette voie, mon travail eût fait double emploi avec les notices explicatives qui accompagneront la carte géologique du royaume.

Après avoir exposé sommairement l'an dernier le résultat général de mes études sur la question, j'avais à en reprendre chaque partie avec la somme de détails strictement nécessaire pour une démonstration de l'intime connexion de nos calcaires devoniens avec le phénomène corallien des Océans et pour l'indication des méthodes que j'ai suivies en vue d'arriver à cette démonstration. Ma deuxième notice devait s'attacher au phénomène corallien des îles de pleine mer et prouver qu'à nos époques anciennes, les lois de ces étonnantes formations étaient les mêmes qu'aujourd'hui.

Il me restera à exposer, dans des notices subséquentes, les lois qui régissent les récifs frangeants, à en discuter l'application aux principales parties de nos ceintures devoniennes et carbonifères. Il en ressortira, avec une évidence aussi complète, la conclusion que les diverses manifestations de l'activité vitale des organismes constructeurs de récifs ont persisté avec identité à travers les temps géologiques dès la période primaire, et qu'il est indispensable d'appliquer aux amas de calcaires construits des règles et méthodes stratigraphiques spéciales, bien distinctes de celles que réclame la stratigraphie des roches sédimentaires.

Terrain devonien de l'Entre-Sambre-et-Meuse

RÉCIFS CORALLIENS DE PHILIPPEVILLE

ET DE ROLY

PAR M. É. DUPONT.



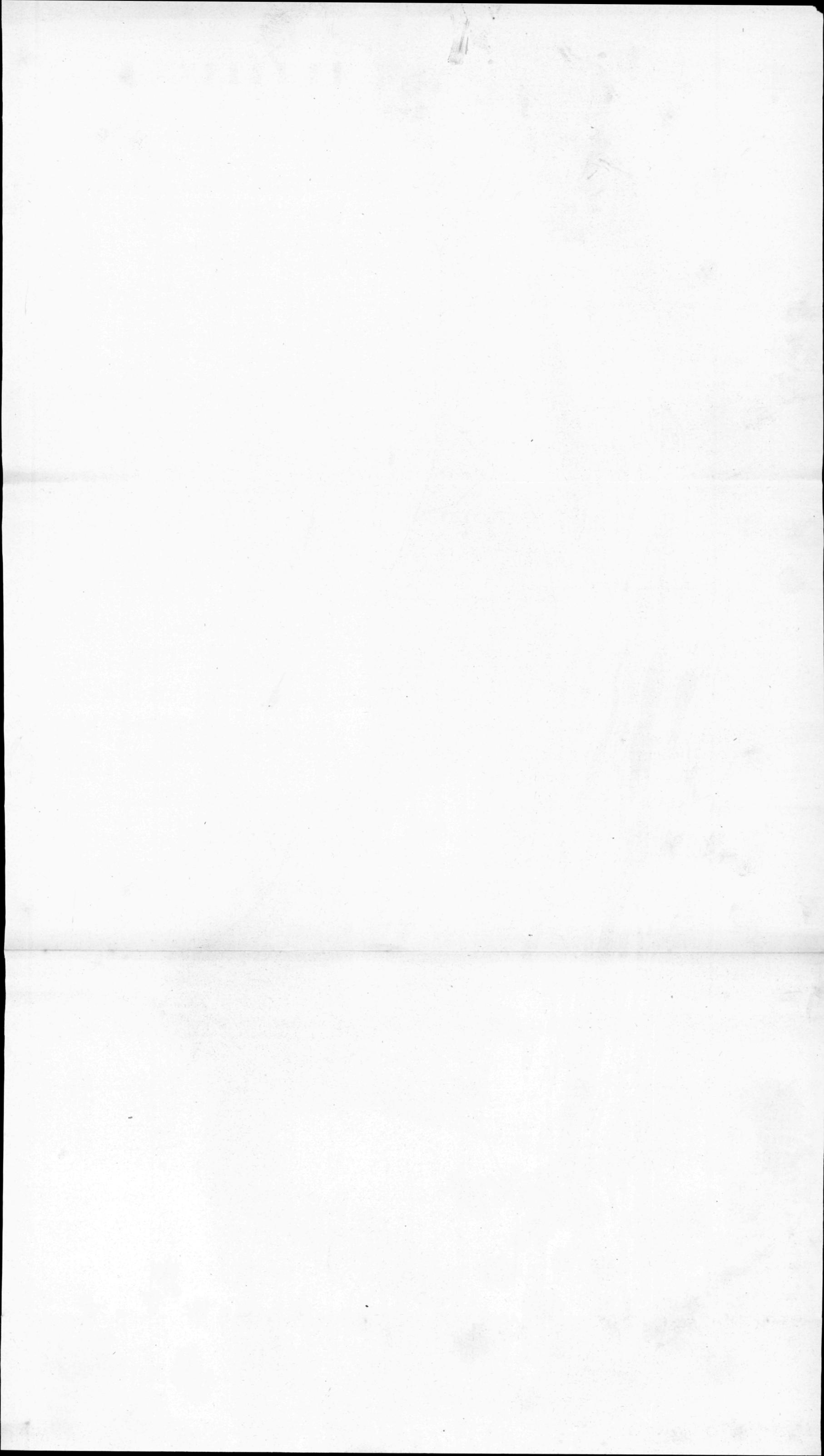
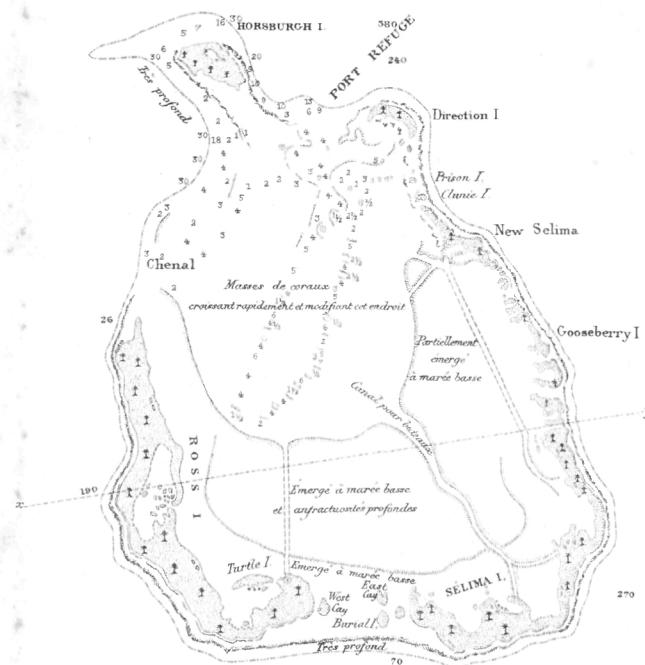
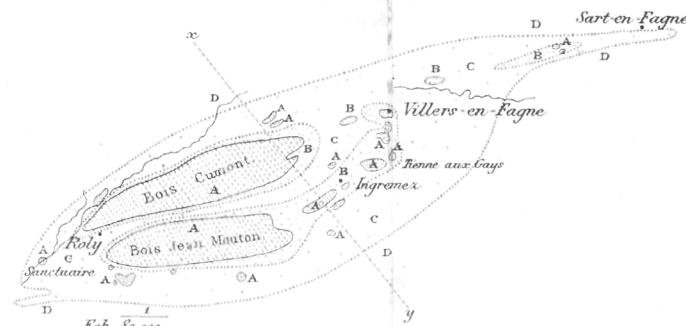


Fig. 1. Atoll Keeling.



Reduction au 5^e de la carte
de l'Amirauté au 37 300^e

Fig. 2 Atoll de Roly



- A Récifs frasnien.
- B Calcaire noduleux frasnien
- C Schistes frasnien
- D Schistes fammeniens

Fig. 3. Coupe de l'Atoll Keeling, suivant x y

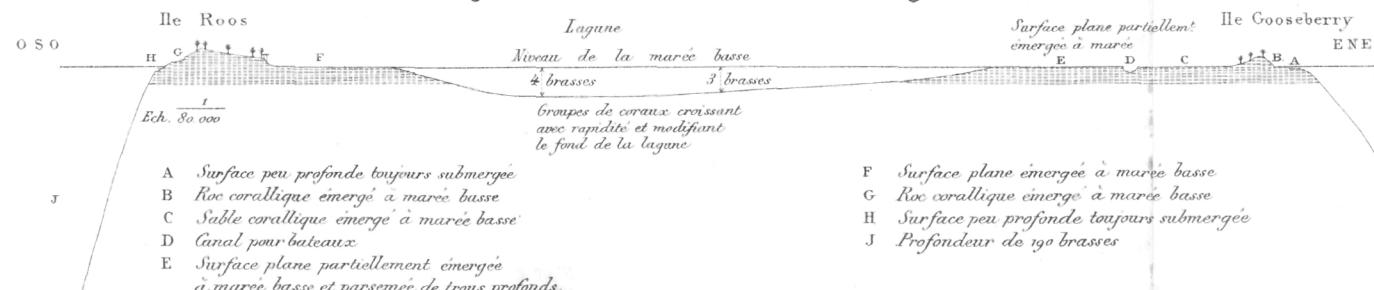


Fig. 4. Coupe de l'Atoll de Roly, suivant x y

