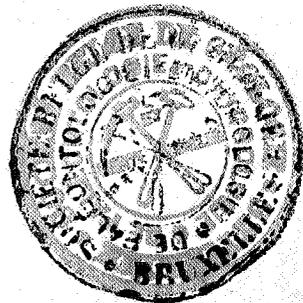


1937

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE
DE PALÉONTOLOGIE & D'HYDROLOGIE

(Procès-Verbaux des Séances et Mémoires)



BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE & D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

(Procès-Verbaux des Séances et Mémoires)

TOME VII

ANNÉE 1893

BRUXELLES

POLLEUNIS ET CEUTERICK, IMPRIMEURS

37, RUE DES URSULINES, 37

—
1893-1894

PROCÈS-VERBAUX

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE & D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

TOME VII

1893

BRUXELLES

POLLEUNIS ET CEUTERICK, IMPRIMEURS

37, RUE DES URSULINES, 37

PROCÈS-VERBAUX

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

A

BRUXELLES

Tome VII. - Année 1893

SÉANCE MENSUELLE DU 31 JANVIER 1893.

Présidence de M. G. Jottrand.

La séance est ouverte à 8 heures quarante.

M. le capitaine *Cuvelier* fait excuser son absence.

Adoption des Procès-Verbaux des séances du 1^{er} semestre de 1892.

L'Assemblée doit approuver non seulement les Procès-Verbaux des séances mensuelles de janvier à juillet 1892, mais encore de celui de la séance de géologie appliquée du 15 mars, contenant les rectifications demandées aux Procès-Verbaux des 15 juillet et 7 août 1890.

M. *Moulan* déclare s'abstenir et motive cette résolution.

M. le *Secrétaire* rappelle que les rectifications annexées aux Procès-Verbaux de la séance du 15 mars 1892 et sur lesquelles l'Assemblée a à se prononcer, ont été rédigées et unanimement approuvées en séance du Conseil.

L'Assemblée approuve les Procès-Verbaux du premier semestre de 1892 et l'annexe rectificative de la séance du 15 mars 1892.

Correspondance.

MM. *Lebrun* et *Wirtgern* adressent leur démission de membre effectif de la Société : M. *O. Sauer* celle de membre associé régnicole.

MM. *Gosselet*, *Hankar*, *Jacques* et *Lancaster* remercient pour leur nomination, votée à l'Assemblée générale de décembre, en qualité de membres du Conseil.

M. *Sturtz*, de Bonn, remercie la Société de l'avoir élu en qualité d'Associé étranger.

M. *Schræder van der Kolk* ayant appris que son mémoire sur le *Diluvium de la région de Markelo, près de Zutphen*, sera publié en français et non en allemand, conformément au manuscrit remis, exprime ses regrets de cette décision, qu'il voudrait voir rapporter.

L'assemblée, consultée, confirme la décision prise par le Bureau et dont les motifs seront exposés à l'auteur.

M. le Prof. *W. C. Brögger*, de Christiania, remercie la Société pour sa nomination en qualité de membre honoraire et annonce l'envoi de ses publications.

M. le Dr *Pergens*, à Maeseyck, prépare un travail avec planches, sur des bryozoaires nouveaux de Maestricht et demande l'autorisation de faire exécuter les planches à Vienne par un spécialiste. — Accordé.

M. *Th. Daumers*, Rédacteur de *l'Enseignement pratique*, offre de mettre à la disposition de la Société 50 exemplaires de la série des numéros de ce journal qui contiendront le *résumé du Cours public de Géologie* que donne, à l'Université, M. L. Dollo; l'Assemblée accepte les conditions exposées dans sa lettre, d'autant plus que la Société restera en possession des clichés que nécessitera la publication de ce cours.

Dons et envois reçus.

De la part des auteurs :

1702 **Bertrand (M.)**. *Les montagnes de l'Écosse*. Extr. in-8°. 27 pages, Paris, 1892.

1703 **Cayeux (L.)**. *Notice sur la Glauconie*. Extr. in-8°, 9 pages, Lille, 1892.

1704 **Daubrée (A.)**. *Application de la méthode expérimentale au rôle possible des gaz souterrains dans l'histoire des montagnes volcaniques*. Extr. in-8°, 27 pages, Paris, 1892.

- 1705 **Gaudry (A.)** *Les Pythonomorphes de France*. Extr. in-4°, et 2 planches, Paris, 1892.
- Id. et **Boule (M.)**. *Matériaux pour l'histoire des temps quaternaires*. 4^{me} fascicule. In-4°, 28 pages et 5 planches, Paris, 1892.
- 1706 **Jannettaz (Ed.)** *Nouvelles recherches sur la propagation de la chaleur dans les corps cristallisés et note sur les grenats noirs des Pyrénées*. Extr. in-8°, 20 pages, Paris, 1892.
- 1707 **Jannettaz (Ed.)** (*Notice sur les travaux scientifiques de*) In-4°, 57 pages, Paris, 1892.
- 1708 **Lang (O.)**. *Beiträge zur Systematik der Eruptivgesteine*. Extr. in-8°, 56 pages, Wien.
- 1709 **Mieg (M.)**. *Une excursion à Kleinkembs-Istein*. Extr. in-8°, 8 pages, Paris, 1892.
- 1710 **Mojsisovics (Dr E. V.)**. *Die Hallstätter Entwicklung der Trias*. Extr. in-8°, 12 pages, Wien, 1892.
- 1711 **Nikitin (S.)**. *Sur la constitution des dépôts quaternaires en Russie et leurs relations avec les trouvailles résultant de l'activité de l'homme préhistorique*. Extr. in-8°, 34 pages, Moscou, 1892.
- 1712 — *Sur les conditions géologiques de l'arrosage des champs dans les gouvernements sud-est de la Russie*. Extr. in-8°, 11 pages, Saint-Petersbourg, 1892.

Tirés à part des publications de la Société, déposés par leurs auteurs :

- 1713 **Dormal (V.)**. *Sur le Devonien dans le bassin de Namur*. 2 exemplaires.
- 1714 **Rutot (A.)** et **Van den Broeck (E.)**. *Résultats géologiques des sondages exécutés entre Bruxelles et le Rupel par les soins de la Commission des Installations maritimes de Bruxelles*. 2 exemplaires.

Périodiques en continuation :

Annales de la Société d'Hydrologie médicale de Paris ; de l'Observatoire royal de Belgique ; des Travaux publics de Belgique ; de la Société royale malacologique de Belgique ; de la Universidad central del Ecuador ; *Annuaire* de l'Académie royale de Belgique ; *Bulletins* de l'Académie royale de Belgique ; quotidien de l'Observatoire de Belgique ; dell' Ufficio meteor. di Roma ; international de l'Académie des sciences de Cracovie ; du Cercle des naturalistes hutois ; de la

Société royale de géographie d'Anvers; de la Société royale belge de géographie de Bruxelles; de la Société belge de microscopie; *Ciel et Terre*; *Communicacoes* di Commiss. geol. de Portugal; *Eclogæ* geologicæ Helvetiæ; *Feuille* des jeunes naturalistes; *Földtani Közlöny*; *Katalog* der Bibliothek; *Memoirs* of the geol. Surv. of New South Wales; *Mittheilungen* aus dem Jahrb. d. Kön. Ungar. geol. Anstalt; *Procès-verbaux* de la Société royale malacologique de Belgique; *Revue* universelle des mines; *Sprawozdanie* Akademia Krakowie; *Travaux* de la Société des naturalistes de Saint-Pétersbourg; *Verhandlungen* der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin; *Zeitschrift* der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Élection de nouveaux membres.

Sont élus membres effectifs, par le vote unanime de l'Assemblée.

MM. Charles BRANTS, Secrétaire Communal d'Etterbeek, 5, rue Dekens, à Etterbeek-lez-Bruxelles.

CHARLIER, Ingénieur, 10, rue Philippe-le-Bon, Bruxelles.

Communications des membres.

M. E. Van den Broeck fait une communication orale sur les *Nummulites*, qu'il étudie à divers points de vue : historique, géologique, stratigraphique, etc. Il s'étend particulièrement sur le phénomène du dimorphisme chez ces intéressants rhizopodes, et il a envoyé pour le Procès-Verbal la rédaction suivante de cette partie de sa communication.

ÉTUDE

SUR LE

DIMORPHISME DES FORAMINIFÈRES ET DES NUMMULITES EN PARTICULIER

PAR

Ernest Van den Broeck.

En étudiant la distribution des *Nummulites* dans les terrains tertiaires de la Hongrie, M. Max von Hantken, qui a établi une échelle de répartition stratigraphique de ces organismes, les groupant en même temps d'après leurs affinités zoologiques, a reconnu dans leur distribution une curieuse loi d'association, qui peut se résumer ainsi : Les

Nummulites apparaissent et sont distribuées *par couples*. Chacun de ces couples est formé de deux espèces du même groupe zoologique et de grandeur inégale; la grande est sans chambre centrale appréciable; la petite en a toujours une nettement visible.

Ce fait a bientôt été reconnu général et seule la différence, parfois considérable, de proportion numérique entre les représentants des deux formes a pu faire croire à tort que la loi était en défaut.

Étudiant, en 1880, les *Numm. lævigata*, *planulata*, *variolaria* et *irregularis*, M. Munier-Chalmas (1) a reconnu l'exactitude du fait mis en lumière par M. von Hantken. Toutefois, au lieu d'admettre l'association constante de deux espèces distinctes, le naturaliste français signale le fait curieux que l'on se trouve ici en présence d'un cas de *dimorphisme*, donnant lieu à deux facies distincts d'une même forme spécifique. Ce dimorphisme est, dit-il, soit initial, soit amené au cours du développement.

N'ayant pu constater, malgré ses recherches, l'état jeune de la grande Nummulite dépourvue de chambre centrale, et trouvant tous les exemplaires jeunes munis, sans exception, d'une grande chambre centrale, M. Munier-Chalmas n'admet pas le dimorphisme initial.

Pour en expliquer l'apparition au cours du développement, l'auteur émet l'hypothèse que, parvenue à une certaine taille dans la croissance, la *plus petite* Nummulite, dans chaque couple, **résorbe sa loge centrale et la remplace ensuite par une spire interne, qui se raccorderait exactement aux tours de spire entourant la chambre centrale.** La petite Nummulite à grande loge centrale serait donc l'état *primitif* par lequel auraient passé toutes les *grandes* Nummulites sans loge centrale visible.

L'auteur repousse, sans examen, l'idée que le dimorphisme puisse représenter les caractères différentiels de la sexualité, qu'il n'admet pas chez ces êtres inférieurs. D'ailleurs la sexualité, cela est certain, implique le fait de l'existence de *jeunes* Nummulites, à loge centrale non visible, c'est-à-dire représentant l'état non adulte de la grande Nummulite sans grande loge centrale et, malgré les recherches consciencieuses auxquelles plusieurs spécialistes se sont livrés, on n'a pu en découvrir jusqu'ici.

MM. Munier-Chalmas et Schlumberger (2) ont, de 1883 à 1887, confirmé, et appliqué à toutes les espèces qu'ils ont étudiées, le dimor-

(1) *Bull. Soc. Géol. de France*, série 3, vol. VIII, 1880, pp. 300-301.

(2) Voir surtout : *Comptes rendus*, vol. XCVI, 1883, pp. 862-866; pp. 1598-1601, et *Bull. Soc. Géol. de France*, série 3, vol. XIII, 1885, pp. 273-323.

phisme des Nummulites et de plus ils ont étendu ce phénomène à de nombreux types de Foraminifères, notamment à tous les genres et espèces qu'ils ont pu examiner de la famille des *Miliolidæ*.

Grâce à leurs patientes et consciencieuses études, le dimorphisme a été reconnu chez diverses espèces déjà des genres *Biloculina*, *Triloculina*, *Dillina*, *Idalina*, *Adelosina*, *Quinqueloculina*, *Pentellina*, *Heterillina*, *Lacazina*, de la famille des *Miliolidæ*, ainsi que dans les genres *Dentalina*, *Cristellaria*, *Nodosaria*, *Siphogerina*, *Rotalina*, *Alveolina*, *Amphistegina*, *Fabularia* et *Orbulina*.

Outre le caractère de la dualité de taille et d'aspect offert par la loge centrale, ou initiale — que ces auteurs désignent, pour plus de facilité, sous les noms de *mégasphère* et de *microsphère* (caractérisant respectivement les formes *A* et *B*, c'est-à-dire à grande loge centrale et à petite loge centrale d'une même espèce) — ils ont montré qu'il y a, notamment parmi les *Miliolidæ*, des différences considérables, quoique absolument invisibles à l'extérieur des coquilles, dans le *plan de groupement* et de *disposition des premières loges* formées autour de la loge initiale. Chez les *Biloculines*, par exemple, tandis que les coquilles de taille ordinaire et celles de petite taille, toujours munies de la mégasphère au centre, conservent pendant tout le temps de la croissance le mode de groupement par loges alternes et opposées qui les maintient constamment sous forme de vraies *Biloculines* typiques, on constate que, à l'intérieur des exemplaires de grande taille, munis d'une microsphère, il y a eu un stade primitif de groupement des premières loges qui a dû donner à l'organisme l'apparence caractéristique d'une *Quinqueloculine*, puis d'une *Triloculine*, avant que les progrès de la croissance l'eussent amenée aux caractères de la *Biloculine* typique.

Chez ces Foraminifères par conséquent, le phénomène du dimorphisme de la loge initiale et de la différence de la taille adulte de l'individu se complique d'un dualisme bien caractérisé dans le mode de la croissance et dans le groupement des loges formant les débuts de l'accroissement.

Il semble aussi, d'après les observations de M. Schlumberger, qu'un autre dualisme s'observerait fréquemment dans la répartition bathymétrique des deux formes *A* et *B* de certaines *Miliolidées*. La forme *B* ou de grande taille à microsphère, paraît caractériser les eaux profondes, tandis qu'elle serait rare dans les zones côtières ou littorales, où la forme *A*, c'est-à-dire de petite taille et à mégasphère, constitue l'immense majorité des exemplaires. C'est là, si elle se confirme en se généralisant, une observation importante au point de vue biologique et il convient de ne pas la perdre de vue.

Le dimorphisme chez les Foraminifères, au moins parmi d'importants groupes et divers types de ces êtres souvent microscopiques, est un fait nettement établi et qui ne sera bientôt plus contesté par personne. Comment se fait-il cependant que d'éminents spécialistes, tels que MM. von Hantken et de la Harpe l'aient combattu et que les rhizopodistes anglais n'ont — à en excepter peut-être dans les derniers temps feu H. B. Brady — paru accepter qu'avec réserve, sinon avec de sérieux doutes, la thèse de dimorphisme, si bien mise en lumière par M. Munier-Chalmas, d'abord seul, puis avec son collaborateur M. Schlumberger.

Il faut attribuer cette circonstance au fait que l'hypothèse émise par ces deux naturalistes pour *expliquer* le dimorphisme des Foraminifères, et des Nummulites en particulier, est malheureusement inadmissible. En la combattant, très victorieusement d'ailleurs, MM. de la Harpe et von Hantken ont cru combattre en même temps le dimorphisme des Foraminifères et là fut leur erreur; erreur qui a amené de la part des rhizopodistes, au sujet de la thèse du dimorphisme, une réserve qui a retardé sans aucun doute l'adoption générale et justifiée de celle-ci.

M. de la Harpe a en effet démontré, au nom de M. von Hantken et au sien (1), que la thèse par laquelle M. Munier-Chalmas voulait expliquer le dimorphisme, est incompatible avec des faits observés et aisément vérifiables par tous. Si l'on admet, dans le cas des Nummulites, que la mégasphère se dissout lorsque l'organisme est arrivé à un certain degré de développement et se trouve ensuite remplacée, dans la partie interne et centrale de la coquille par une spire minuscule venant précisément se raccorder aux premiers tours de spire qui entouraient la mégasphère, on devrait être amené, en examinant l'intérieur de nombreuses Nummulites, à constater divers stades bien reconnaissables de ces processus successifs de résorption et de réédification. Or jamais, dit avec raison M. de la Harpe, on n'a rien observé de pareil, et MM. Munier-Chalmas et Schlumberger n'ont pu signaler aucun fait précis de ce genre. De plus, et ceci est sans réplique, en examinant avec soin de nombreux couples de Nummulites, MM. de la Harpe, von Hantken et également avec eux M. R. Tournouer (2), ont nettement constaté que la *région centrale*, c'est-à-dire des 8 ou 10 premiers tours de spire, *des deux formes A et B d'un couple*

(1) DE LA HARPE. Sur l'importance de la loge centrale chez les Nummulites. *Bull. Soc. Géol. de France*, série 3, vol. IX, 1881, pp. 171-176.

(2) *Bull. Soc. Géol. de France*, série 3, vol. IX, 1881, pp. 171-176.

déterminé, est absolument différente, tant au point de vue du nombre, de la hauteur et du rapprochement des loges, que de l'écartement des tours de spire et de l'épaisseur de la lame spirale. Cette différence ne pourrait se produire dans l'espace, relativement limité, d'une mégasphère disparue, et ultérieurement rempli par un noyau de spire se raccordant, à une petite distance du centre, à une spire préexistante; c'est une différenciation complète et absolue des caractères des loges et de la spire; ce qui impliquerait, dans l'hypothèse de MM. Munier-Chalmas et Schlumberger, une *reconstruction complète* de tout le dispositif constituant la coquille.

L'objection est d'une valeur telle qu'il n'a pu y être répondu; mais, je le répète, elle a dépassé son but, parce que, combattant ce qui paraissait être la seule *explication* possible du dimorphisme, elle a enrayé l'essor qu'aurait dû prendre l'intéressante constatation de ce phénomène.

Ce qui a aussi dû effrayer quelque peu les paléontologues descripteurs, dans la thèse du dimorphisme, c'est qu'en l'acceptant ils étaient forcés de remanier profondément la nomenclature et la synonymie de nombreuses formes qu'ils s'étaient accoutumés à considérer comme *des espèces distinctes*, alors qu'elles ne constituent que deux facies d'un même organisme. Le nombre de Nummulites *spécifiquement distinctes* doit naturellement être réduit de *moitié* s'il est démontré que chaque espèce est représentée par deux formes, c'est-à-dire si le dimorphisme est chez ces Rhizopodes une règle incontestée et d'application générale.

De telles craintes toutefois ne doivent pas nous arrêter et puisque l'existence du dimorphisme est mise hors de doute, la nomenclature et la synonymie devront en subir les conséquences. Mais laissons de côté, pour le moment, le principe et la cause du dimorphisme des Nummulites et des Foraminifères et voyons, afin de n'avoir plus à revenir sur l'*explication* qu'en ont proposée MM. Munier-Chalmas et Schlumberger, si d'autres arguments encore ne pourraient pas être opposés à la thèse d'une résorption de la mégasphère de la forme A des Nummulites, suivie de la formation d'une nouvelle spire centrale à noyau microsphérique.

Tout d'abord, étant donné que le test calcaire ou autre des organismes inférieurs, à corps mou, tels que les mollusques, les rhizopodes, etc., constitue avant tout un dispositif de consolidation, un squelette extérieur de *protection*, on pourrait se demander pourquoi la Nature, qui en pareille occurrence n'agit jamais en aveugle, ni en prodigue, chercherait à protéger, à l'aide d'une série spiralée de logettes supplémentaires, la partie interne, *la mieux protégée* par conséquent,

du sarcode, et cela précisément au moment où l'organisme, ayant acquis une certaine taille, se trouve avoir amené ses parties initiales et internes sous la protection d'une multitude d'épaisses murailles calcaires, qu'il ne possédait pas au début de son existence? Si l'on admet, comme on le verra plus loin, que la coquille d'une Nummulite peut être considérée, non comme la sécrétion d'une individualité unique, mais d'une colonie, dont chaque loge représente un individu, l'hypothèse d'une adjonction ultérieure de spire interne devient absolument inadmissible à tous égards.

La petite spire intérieure remplaçant, dans l'hypothèse de MM. Munier-Chalmas et Schlumberger, la mégasphère de la forme *A*, — devenue ainsi, au moment de ce processus et après un certain temps de croissance supplémentaire la forme *B*, — aurait-elle, comme point initial de sa formation la *partie centrale* de la mégasphère, ou bien sa *partie périphérique*, c'est-à-dire le commencement de la spire calcaire entourant la dite mégasphère disparue? S'il y avait lieu d'admettre la première de ces hypothèses il va de soi que l'on constaterait aisément, en examinant avec soin la partie centrale des grandes Nummulites à microsphère, le *raccord* qui certes se verrait aussi bien dans la lame spirale que dans la succession des loges. L'absolue régularité de la spire des Nummulites jouant le rôle de la grande espèce dans les couples où la spire est régulière par elle-même s'oppose formellement à une telle interprétation. Si c'est la seconde hypothèse qu'il faut prendre en considération, nous aurions à admettre que la croissance du dispositif squelettique, c'est-à-dire de la spire formée par la succession des loges, aurait été d'abord *centrifuge* et ensuite *centripète*! Rien des faits acquis par l'étude de la Nature ne permet d'admettre la possibilité de pareilles aberrations de croissance.

On voit donc que, de toutes manières, la thèse de l'apparition tardive d'une petite spire interne appelée à remplacer la mégasphère résorbée se heurte contre les lois normales de la nature, tout comme elle s'est heurtée contre la démonstration de faits fournie par MM. de la Harpe, von Hantken et Tournouer. D'ailleurs s'il fallait considérer la petite forme *A* à mégasphère comme le stade jeune de la grande forme *B* à microsphère, sans autre portée de différenciation biologique que deux états successifs dans l'évolution individuelle, c'est-à-dire dans la croissance, comment expliquer l'étonnant défaut de proportion numérique généralement constaté entre les représentants des deux aspects successifs d'un même organisme? On sait en effet que dans les couples des Nummulites, la forme *A* ou de petite taille, avec mégasphère, représente parfois jusque 90 à 95 p. c. des exemplaires. On a même cité des

cas où cette proportion s'élève à 99 et à 99 1/2 p. c. du nombre total des exemplaires constituant le couple.

Comment aussi concilier cette thèse de la substitution des parties centrales avec le fait, signalé plus haut, de la localisation bathymétrique des Biloculines ou Miliolidées, suivant qu'elles appartiennent aux formes A et B ?

Si au lieu de *différences d'âges*, thèse que les données ci-dessus ne peuvent laisser admettre, on essaie de se rejeter sur une question d'*arrêt de développement*, on éprouvera tout autant de peine à comprendre que précisément aux points et dans les couches où la prolifération des Nummulites est la plus grande, c'est-à-dire lorsqu'elles se présentent, non dispersées dans les sédiments, mais en bancs massifs, comme en Belgique par exemple, le couple dimorphique *N. planulata* et *elegans* dans l'Ypresien, le couple *N. Heberti* et *variolaria* dans le Ledien, le couple *N. wemmelensis* et *Orbignii* dans le Wemmelien et à la base de l'Asschien, c'est généralement la petite forme A, à mégasphère qui est, de beaucoup, la plus abondante. Là où les conditions du milieu sont visiblement les plus favorables à la multiplication des Nummulites, il faudrait invoquer pour les représentants de cette prolifération un arrêt de développement !

Lors d'un entretien que j'ai eu l'avantage d'avoir avec M. Munier-Chalmas pendant la correction des premières épreuves du présent travail, il m'a signalé l'influence que peuvent avoir sur les organismes marins *les courants*, qui parfois, et surtout après la mort des êtres munis de coquilles, classent et trient par catégories de grosseur ces vestiges organiques, pour en faire les bancs fossilifères que nous retrouvons aujourd'hui localisés au sein des couches.

Des courants marins auraient pu, d'après lui, suffire à fausser, gîte par gîte, la véritable proportion des formes A et B d'une espèce donnée et amener jusqu'à la disparition absolue des exemplaires de l'une ou l'autre de ces formes.

Certes on ne peut nier l'action de triage naturel produit par *certaines* courants dans *des circonstances déterminées*, mais il me paraît difficile de baser sur ce fait la généralisation absolue qu'en tire M. Munier-Chalmas. En bien des gîtes d'ailleurs, où se trouvent réunies les formes A et B d'un même Nummulite, le triage mécanique du dépôt montre la réunion d'exemplaires de tailles les plus dissemblables, et il serait quelque peu subtil d'essayer d'expliquer que, par suite de leur forme et de leur section plus mince, les *petits exemplaires* de la forme B (Nummulites à microsphère) auraient été seuls enlevés mécaniquement, alors que de plus petits et minuscules exemplaires jeunes de la

forme A, de forme et de section plus globuleuse, seraient néanmoins restés en place.

Une opposition flagrante à la thèse d'une résorption de la mégasphère, suivie de la formation de logettes à loge centrale microsphérique a d'ailleurs, dans un cas particulier, été exposée avec une absolue loyauté par M. Schlumberger, dans ses observations sur l'*Adelosina polygona* (1). Cette espèce présente ceci de particulier que — à l'encontre de ce qui se passe chez les Miliolidées (les Spiroloculines excepté) — la forme extérieure permet de distinguer à première vue les exemplaires de la forme A (à mégasphère) de ceux de la forme B (à microsphère). En effet, ceux-ci, dans l'*A. polygona*, sont toujours *quadrangulaires* et présentent d'autres caractères spéciaux, tandis que ceux de la forme A sont *triangulaires* et présentent toujours nettement visible une côte saillante appliquée sur la mégasphère.

De plus, ce ne sont pas les exemplaires les plus grands qui sont de la forme B à microsphère, ce sont au contraire les plus petits; tandis que les grands échantillons (environ 8 fois plus rares que les autres) appartiennent à la forme A, à mégasphère.

Ici l'hypothèse de MM. Munier-Chalmas et Schlumberger, relative-ment à l'évolution interne qui ferait de la forme B un stade postérieur de croissance de la forme A, rencontre une impossibilité absolue d'application.

« En effet, comme l'avoue M. Schlumberger, si la forme B était le résultat d'une résorption de la mégasphère de la forme A, on devrait trouver de grands individus de la forme B ayant au moins le dernier cycle de loges triangulaires, tandis qu'ils sont tous quadrangulaires. »

« De plus, ajoute l'auteur, si dans presque toutes les espèces de Miliolidées, ce sont les individus de plus grande taille chez lesquels on trouve la microsphère, *ici ils sont plutôt de taille moindre que ceux de forme A*, et on en trouve de très petits n'ayant qu'un cycle de loges disposées en carré. »

Si nous passons maintenant aux Foraminifères tels que les Nodosaires, Dentalines, etc., où le dimorphisme a également été reconnu et qui montrent en tout temps leur loge initiale bien visible, mégasphérique dans la forme B, microsphérique dans la forme A, nous constatons, cette fois encore, *la persistance absolue*, pendant toute la durée du développement, *de l'état primitif différent des loges initiales*.

Il me paraît inutile d'insister et de fournir d'autres arguments pour

(1) Note sur l'*Adelosina polygona*, par C. SCHLUMBERGER. Bull. Soc. Zool. de France, tome XV, p 139, séance du 8 juillet 1890, pp. 144-157.

combattre l'hypothèse d'une résorption de la mégaspère et son remplacement par une spirale interne. **Cette hypothèse doit être définitivement abandonnée**, et cela sans préjudice pour la thèse du dimorphisme, dont elle a vainement essayé d'expliquer l'origine et les manifestations.

Je ne crois pas, pour des raisons qui sont plutôt fondées sur des analogies avec certains phénomènes encore obscurs de reproduction constatés chez les organismes inférieurs, voisins des Foraminifères, tels que les Rhizopodes d'eau douce, phénomènes constatés aussi chez les Infusoires ; je ne crois pas, dis-je, que l'on soit en droit de rejeter d'une manière *absolue* le phénomène de la sexualité — du moins d'une sexualité *moins définie que celle des animaux supérieurs* — pour expliquer le dimorphisme des Foraminifères et des Nummulites en particulier. Il a été constaté dans certains actes et préliminaires de la conjugaison de certains Rhizopodes d'eau douce (Arcelles, etc.), un parallélisme tel avec les phénomènes de la sexualité proprement dite qu'il se pourrait que, d'une part, l'imperfection de nos méthodes d'investigation dans l'étude des tissus sarcodiques n'ait pas fait dire encore à celle-ci son dernier mot et que, d'autre part, il existât dans les relations mutuelles des êtres inférieurs, au point de vue de leur reproduction, des modes spéciaux de sympathisation, de localisations organiques et de conjugaison particulière offrant, dans ce microcosme, une image affaiblie, et dont nous n'avons pas encore une idée nette, des phénomènes de la sexualité proprement dite des animaux supérieurs.

Quoi qu'il en soit de cette hypothèse, je ne la mentionne ici que pour signaler qu'elle reste peut être plus soutenable qu'on a pu le croire jusqu'ici et, dans une certaine mesure, elle pourrait assez bien rendre compte d'une partie des faits actuellement acquis dans l'étude du dimorphisme des Foraminifères.

Je crois toutefois pouvoir offrir à la discussion scientifique une manière de voir que je crois plus fondée et qui joint à une certaine simplicité l'avantage de s'adapter indistinctement à tous les Foraminifères, en admettant, comme cela est probable, que l'intéressante loi du dimorphisme soit chez eux d'application générale. De plus, cette thèse est fondée sur des lois biologiques complètement vérifiables par des faits hors de contestation, observables chez des organismes inférieurs, voisins des Foraminifères ; et enfin ceux-ci ont déjà fourni, dans une certaine mesure, la confirmation d'une partie au moins des phénomènes auxquels je compte faire appel. Dans ces conditions et bien que je n'ai encore pu réunir tous les éléments nécessaires pour établir la confirmation de ma manière de voir, je crois utile de la faire

connaître sans retard et d'en provoquer ainsi l'examen et la critique scientifiques (1).

En quoi consiste le dimorphisme chez les Foraminifères, vivants et fossiles? En la coexistence, sous forme de couples apparus et distribués ensemble, et par conséquent assez étroitement unis par leur distribution dans le temps et dans l'espace, de deux formes caractérisées à première vue par des différences sensibles de taille, et dont la loge initiale, dans le genre *Nummulite* et dans l'immense majorité des autres également, se présente sous des aspects absolument différents : celle de la grande forme étant à peine perceptible, même sous un fort grossissement, tandis que celle de la petite forme est constituée par une chambre sphérique de grandes dimensions (2). Les affinités zoologiques tirées des caractères structuraux et de l'extérieur montrent, dans les Nummulites — car c'est surtout de ce genre que nous nous occupons dans le présent travail — d'étroites relations morphologiques entre les deux éléments de chaque couple, tandis que les caractères de la *spire* et des *cloisons*, et par conséquent du nombre et de la forme des loges, — c'est-à-dire les caractères *de la croissance proprement dite*, — montrent des divergences assez sensibles. Il ne faut perdre de vue que dans certains groupes de Foraminifères, chez les *Miliolidaë* par exemple, ces derniers caractères se différencient au point même que, dans les premiers stades de la croissance, le mode de groupement des premières loges de la grande forme subit une déviation profonde, qui disparaît ensuite entièrement avec les progrès de l'accroissement adulte.

(1) Pendant la correction des épreuves du présent travail, un voyage à Paris m'a permis d'exposer les vues qui vont suivre à M. Gustave Dollfus, qui m'a signalé que lui-même, dans le tome VII (année 1870) de l'*Annuaire géologique universel*, au chapitre Foraminifères (pp. 1099-1111) avait déjà développé l'idée — que j'ignorais avoir été émise — d'un double mode de reproduction chez les Foraminifères pouvant constituer la clef du dimorphisme de ces êtres microscopiques.

M. Dollfus lui-même, après avoir en 1892 (date de la publication de l'*Annuaire* de 1890) exposé ses vues, a retrouvé le principe et la première énonciation de l'hypothèse d'un *double processus reproducteur* dans un mémoire de M. FISCHER, publié en 1870 et intitulé : *Bryozoaires, Echinodermes et Foraminifères marins du Département de la Gironde et des côtes du Sud-Ouest de la France*. — ACTES Soc. LINNÉENNE DE BORDEAUX, vol. XXVII, 1870, pp. 377-397.

Malgré cette double constatation, qui, si elle m'enlève la priorité de publication de la thèse ici défendue, a l'avantage de me fournir des alliés inattendus, je n'ai guère modifié la rédaction de mon travail dans les pages qui vont suivre. On y trouvera intercalées toutefois, aux points voulus, les considérations que j'ai pu utilement tirer des faits et renseignements récemment portés à ma connaissance.

(2) On a vu par ce qui précède que chez *Adelosina polygona*, Schlumberger, les échantillons de la forme A (à mégasphère) sont au contraire plus grands que ceux de la forme B (à microsphère).

Laisant de côté toute espèce d'hypothèse ou d'interprétation, laissant aussi de côté certains phénomènes non constants dans le dimorphisme des Foraminifères et dans ceux qui accompagnent les premières phases du développement de l'organisme, tels que le *polymorphisme initial* constaté dans les débuts du groupement, comme dans la dimension des premières loges, de la forme à grande sphère initiale, nous constatons un fait primordial et pour ainsi dire général : *la dualité profonde de l'état initial*, c'est-à-dire la présence d'une *mégasphère* au sein de la petite coquille (forme *A*) et d'une *microsphère* au sein de la grande coquille (forme *B*). C'est là un fait essentiel, qui s'est vérifié, à l'exception près de l'*Adelosina polygona*, chez tous les Foraminifères vivants et fossiles chez lesquels le dimorphisme a été observé.

Malgré certaine objection (la non constatation d'un état très jeune de la forme *B*), qui sera relevée en son temps — et par des faits, j'espère, plutôt que par de simples considérations — le dimorphisme peut donc être considéré avant tout comme *un caractère différentiel de l'état initial*.

Quelle est la valeur de cet état différentiel ? La mégasphère et la microsphère n'étant l'une et l'autre que l'enveloppe sphérique et calcaire de la loge initiale, occupée par la masse sarcodique d'où est dérivé tout l'organisme, nous ne pouvons, à part l'épaisseur des parois, trouver d'autre divergence que celle du diamètre de ces loges centrales, ce qui nous fournira **la différence de volume du sarcode initial**.

Si nous nous reportons à l'une des figures fournies par MM. Munier-Chalmas et Schlumberger reproduisant, vues avec le même grossissement, *la plus grande microsphère* et *la plus petite mégasphère* qu'ils ont pu constater dans *Idalina antiqua* — ce qui tend à *réduire aux moindres limites* les différences de diamètre — nous n'en constatons pas moins que le diamètre minimum de la mégasphère représente *onze fois et demie* le diamètre maximum que peut offrir la microsphère. En volume, cela représente pour le sarcode initial une proportion de **un à quinze cent vingt et un !**

Chez les Nummulites l'extrême ténuité de la microsphère exige un mesurage soigneux, que je n'ai encore pu faire, d'autant plus que l'observation nette de la partie centrale des grandes spires à microsphère n'est pas toujours aisée dans la plupart des espèces. J'ai toutefois pu constater, dans les Nummulites que j'ai examinées, que la proportion des diamètres est constamment supérieure à celle d'un dixième. En prenant ce chiffre 10 comme un minimum assuré nous voyons que la mégasphère d'une forme *A* de Nummulite, comparée à la microsphère de la forme *B* correspondante, établit **une différence de volume sarcodique initial de mille contre un au moins**.

Il semble que chez les *Assilines* cette différenciation soit plus sensible encore.

Or, peut-on admettre qu'un pareil contraste puisse exister dans les proportions *d'une même forme d'état jeune* d'un organisme quelconque? Autant cela est impossible et contraire à ce que nous montre tout processus génératif déterminé dans la série des êtres supérieurs et inférieurs, autant s'impose avec une irrésistible conviction la thèse que nous sommes ici en présence de la manifestation *de deux modes reproducteurs distincts, qui seraient donc la base et la raison d'être du dimorphisme des Foraminifères.*

Devant cette proportion ou, pour mieux dire, cette disproportion d'état initial de l'organisme, représentée par le minimum différentiel d'un à mille, une question s'impose immédiatement à l'esprit. Ne sommes-nous pas en présence d'un *processus génératif par fissiparité ou ectogène* et d'un *processus génératif par gemmiparité ou endogène*? Et serait-ce là une simple hypothèse, découlant seulement des faits précis qui viennent d'être rappelés et qu'il faudrait chercher à adapter pour les besoins de la cause aux lois biologiques régissant les protozoaires? Non pas; car, grâce aux observations faites par de nombreux auteurs qui se sont adonnés à l'étude des divers groupes d'organismes inférieurs constituant ce que certains naturalistes considèrent comme formant le Règne des Protistes, il est hors de doute que dans ce microcosme, dont font partie les Foraminifères et par conséquent les Nummulites, la *multiplicité et la diversité des processus de la génération* constituent une loi, sinon encore reconnue comme universelle, du moins très générale et formant la règle; en opposition à ce qui se passe chez les animaux supérieurs, où la perfection et la localisation des éléments de l'organisme assurent la reproduction de l'espèce par l'application d'un *seul processus*, dû à l'intervention du *phénomène sexuel.*

Rappelons brièvement ce qui s'observe chez les organismes inférieurs des deux Règnes ou, si l'on veut, chez ceux constituant le règne intermédiaire des Protistes.

Chez les DIATOMÉES, la reproduction s'opère généralement par *fissiparité* avec déboîtement et séparation des deux parties de la coque ou frustule siliceux, en forme de boîte, qui contient le protoplasme. Après que chaque moitié de la Diatomée primitive s'est reconstituée un nouveau demi frustule siliceux et s'est ainsi complétée, le même processus reprend pour les deux Diatomées jumelles ainsi produites et, après une série de cas de fissiparité par déboîtements successifs, le test siliceux des générations ainsi formées diminue forcément de taille et conduirait l'espèce à une véritable dégénérescence, si la nature n'avait

doté ces organismes de la précieuse faculté connue sous le nom de *conjugaison*. Par la conjugaison, deux frustules de Diatomées s'enkystent et donnent lieu, comme résultat final, à des frustules nouveaux, *de taille double des frustules primitifs*, qui recommencent la série des phénomènes proliférateurs par fissiparité, et ainsi de suite (1). Nous voici donc en présence de deux processus proliférateurs dont l'un, le plus simple, est la fissiparité et dont l'autre est un mode particulier de génération ayant pour but de réagir contre la diminution constante de taille qu'implique l'exercice de la fissiparité. Ce dernier processus a donc pour objet de maintenir les caractères de l'espèce.

Chez les DESMIDIÉES les phénomènes de fissiparité et de conjugaison ne s'observent pas moins nettement.

Voyons ce qui se passe chez des microzoaires d'un ordre tout à fait supérieur, tels que les INFUSOIRES par exemple. Ici nous avons affaire à des organismes formés d'une cellule très différenciée, puisque nous sommes en présence de localisations organiques telles que des nucléus, vésicules pulsatiles, vacuoles, telles que des ouvertures anale et buccale, des suçoirs cils, soies et cirrhes. Or, chez les Infusoires, on constate non moins nettement, comme processus reproducteurs, la fissiparité, la conjugaison et le bourgeonnement ou la gemmiparité. Ils présentent aussi le phénomène de l'enkystement, bien que celui-ci, dans la très grande majorité des cas, ne soit pas accompagné de division et soit plutôt réservé à la préservation de l'organisme luttant contre un milieu défavorable. Ce sont là des faits bien connus, sur lesquels il est inutile de s'appesantir. Du haut en bas de l'échelle des organismes inférieurs, ou Protistes, nous voyons donc que la nature a assuré la prolifération de ces microorganismes par une multiplicité de moyens et de processus reproducteurs dont la *fissiparité* constitue un élément constant.

Les RADIOLAIRES, sont encore peu connus dans leurs phénomènes reproducteurs.

Certains d'entre eux présentent cette particularité curieuse qu'ils peuvent donner naissance à des *microspores* et à des *macrospores* qui paraissent indiquer des processus divers du phénomène de reproduction; en effet, il y a des Radiolaires qui forment des colonies par multiplication fissipare d'un premier individu : ce sont les *Collozoum* et les *Sphærozoum*, qui donnent aussi naissance à des zoospores flagellés qui peuvent être de deux sortes, des cristallospores et des homospores;

(1) Une diatomée unique, réduite de taille par le processus de la fissiparité, peut également s'enkyster et, constituant alors une *auxospore*, peut donner naissance, sans que le phénomène de la conjugaison intervienne, à un frustule de grande taille.

celles-ci peuvent être de deux sortes aussi, des macrospores et des microspores, beaucoup plus petites. On ne sait s'il y a copulation de ces dernières.

Rapprochons-nous maintenant des Foraminifères et voyons ce qui se passe chez les RHIZOPODES D'EAU DOUCE, groupe intimement lié à celui des Foraminifères. Le sarcode de certains d'entre eux, tels que les *Gromidæ*, est caractérisé, comme celui des Foraminifères, par l'absence de formes définies ou fixes et par la production de pseudopodes multilobés; ce sarcode, divisé en un endosarc, limité par l'ectosarc, n'offre d'autre différenciation organique que la présence d'un nucléus, de vacuoles et d'une ou de plusieurs vésicules pulsatiles. Bien que le nucléus, sans doute par suite de l'imperfection de nos méthodes d'investigation, n'ait encore été constaté que rarement chez les Foraminifères, c'est essentiellement la présence des vésicules pulsatiles qui semble fournir la principale base de différenciation entre les Rhizopodes d'eau douce et les Foraminifères proprement dits, très intimement liés aux premiers par de multiples affinités.

Or, chez les Rhizopodes d'eau douce, la *fissiparité* est un fait d'autant mieux connu que chez les genres munis d'une coque solide, comme les *Arcelles*, les *Difflugies*, les *Euglyphes*, etc., le phénomène reste dénoncé à l'observateur par le processus de formation des coques.

Chez *Arcella*, par exemple, on a pu observer la copulation, la division par fissiparité et la formation de petites spores reproductrices nées par bourgeonnement. D'ailleurs la conjugaison et, chez certains Rhizopodes d'eau douce (*Arcella*), le bourgeonnement ou gemmiparité, sont également des processus générateurs bien connus montrant, avec ce qui précède, que chez les Protozoaires le phénomène de la *fissiparité*, si bien en rapport avec leur simplicité organique constitue *le processus générateur normal* de la prolifération de ces micro-organismes; mais il est généralement accompagné d'autres modes générateurs (enkystement, conjugaison, bourgeonnement) ayant pour but, soit de permettre à l'organisme de traverser des phases critiques dues à l'ambiance, soit, comme chez les Diatomées, de garantir l'espèce contre l'inévitable dégénérescence de taille due au fonctionnement du phénomène de la fissiparité.

Cette revue rapide de ce qui constitue le multiple processus reproductif des Protozoaires peut à elle seule être considérée comme un éloquent plaidoyer en faveur de la thèse ici défendue sur l'origine du dimorphisme, non pas seulement chez les Nummulites, mais chez les Foraminifères en général. Il est à remarquer d'ailleurs que toute explication qui n'eût pu s'appliquer qu'aux Nummulites seules n'avait guère

de chance d'être admissible. Ici, au contraire, nous pouvons entrevoir que ce phénomène du dimorphisme, si bien mis en lumière par MM. Munier-Chalmas et Schlumberger chez les *Nummulitidæ*, chez les *Miliolidæ* et aussi chez divers genres très variés des *Perforata* et des *Imperforata*, s'étendra sinon peut-être à tous les Foraminifères, du moins aux groupes et aux genres où la prolifération est abondante, c'est-à-dire où le nombre de spécimens accumulés dans un même gisement ou habitat est considérable (Fusulines, Alvéolines, Orbitoïdes, Orbitolites, etc.).

Quels sont maintenant les faits acquis sur le phénomène de la reproduction chez les Foraminifères, faits pouvant servir à étayer l'explication du dimorphisme par **une dualité initiale dûment constatée chez eux dans leur processus reproducteur**.

Tout d'abord il convient de dire que l'on ne sait pas grand chose au sujet de la reproduction des Foraminifères. Cependant un certain nombre de faits, dûment constatés par Brady, Bütschli, Carpenter, Parker, Schlumberger, Semper, Max Schultze et Wright ont démontré à l'évidence pour les genres *Cristellaria*, *Orbitolites*, *Rotalia*, *Triloculina*, *Quinqueloculina*, *Spirillina*, que ces Foraminifères se reproduisent par endogenèse ou bourgeonnement. A plusieurs reprises on a trouvé des coquilles jeunes à l'intérieur des loges maternelles, coquilles montrant même, outre la loge initiale, un commencement d'évolution. Aux points précis (loges extérieures ou périphériques) où certains observateurs, tels que Brady, ont trouvé des coquilles embryonnaires (Orbitolites), d'autres, comme Bütschli, avaient déjà observé de petits nucléus, qu'il serait difficile de ne pas considérer comme le point de départ et le noyau de ces embryons testacés.

La sortie des jeunes individus paraît devoir s'effectuer tantôt avec libre évacuation par l'orifice de la dernière loge, tantôt par éclatement des parois des loges maternelles extérieures ayant contenu les embryons.

Voici donc, bien établi, le processus reproducteur par endogenèse.

Voyons maintenant si certains faits ne militent pas en faveur de la fissionarité.

Si l'on considère par exemple la belle figure que donne Max Schultze de l'organisme sarcodique qui s'appelle *Polystomella strigillata* — le représentant d'un genre vivant intimement lié aux Nummulites et appartenant à la même famille — on sera frappé de voir, à peine reliés par de minimes filets capillaires au reste du réseau pseudopodique, de véritables îlots massifs de sarcode, presque isolés de la substance interne

enfermée dans la coquille et qui semblent n'être retenus que par quelques fils tenus à ce protoplasme intérieur de la Polystomelle.

L'idée de la *séparation* de tels îlots de sarcode et de la possibilité de leur mise en liberté par voie de fractionnement maternel comme point de départ d'un nouvel être, d'une nouvelle coquille, dont ces globules de sarcode seraient, après s'être revêtus de test, les loges initiales, cette idée, dis-je, vient infailliblement à l'esprit; mais tenant compte du résultat des curieuses expériences de Grüber et de Verworn sur la division artificielle des Amibes, on ne saurait toutefois admettre que la fissiparité des Foraminifères pourrait s'effectuer au dehors de la coquille sans intervention directe de la subdivision nucléaire. Balbiani a d'ailleurs prouvé expérimentalement, chez les Infusoires, que la fissiparité sans subdivision corrélative du noyau aboutit fatalement à la mort de l'organisme.

La faculté que présente le sarcode des Foraminifères de constituer au dehors de la coquille des îlots de protoplasme, dont la libération serait éventuellement le point de départ d'une individualité nouvelle n'est, quelque intéressante qu'elle soit, pas l'hypothèse la plus séduisante que l'on puisse émettre en faveur de la possibilité du phénomène de fissiparité.

On sait que divers auteurs ont, avec de très sérieuses apparences de raison, considéré les Foraminifères non comme des êtres uniques mais comme des sortes de colonies, d'agrégats d'individualités distinctes, dont chaque loge représente et contient un être, qui est en somme la répétition, exacte et complète par elle-même, de l'être qui l'a précédé et qui se trouve reproduit à son tour par celui qui suit.

La nature nous offre, chez certains Protistes à noyaux multiples, tels que les *Opalina*, *Pelomyxia*, *Actinosphaerium*, etc., des dispositifs de ce genre, dans lesquels des individualités distinctes concourent à la construction d'une véritable colonie, que la nomenclature et la classification scientifiques nous ont accoutumés à considérer pratiquement comme un organisme unique ou individuel.

Il est certain que, tout au moins dans l'important groupe des *Perforata*, chez les Foraminifères, auquel appartiennent les Nummulites, chaque loge, depuis la chambre initiale ou centrale, si profondément cachée qu'elle soit au centre de l'épaisse coquille adulte, se trouve, par un double réseau de canaux et par des tubuli d'une extrême multiplicité, mise en *communication directe avec l'extérieur*, de manière à en tirer sa nourriture et à vivre, *sans devoir recourir à l'intervention du protoplasme des loges voisines*.

Qu'est-ce qu'un *Dentalina*, un *Nodosaria* par exemple, sinon une

succession de coquilles « lagénoïdes » restées adhérentes sous forme de colonie linéaire; de même les Marginulines, les Frondiculaires, les Vaginulines, les Cristellaires etc., seraient des formes, voisines des premières, ayant constitué des colonies analogues, mais où le groupement et la disposition des loges sont quelque peu différents.

L'accroissement formé par la sécrétion d'une loge serait un cas de fissiparité de l'individu contenu dans la dernière loge, mais dans lequel cas il n'y aurait point séparation. Lorsque la colonie aurait atteint son état normal de développement, la fissiparité s'accompagnerait de la mise en liberté des individus ainsi formés par division protoplasmique et ceux-ci, dans le cas des *Dentalina* par exemple, représenteraient le point de départ de nouvelles colonies à loge initiale mégasphérique, coquilles que l'on constate effectivement en compagnie des exemplaires de *Dentalina* débutant par une loge microsphérique — et qui, dans la présente hypothèse, représenteraient le produit de la génération par endogenèse (1).

La Nummulite, non seulement par le développement de son système vasculaire, mais encore par la structure de sa proche parente, bien représentée dans la nature actuelle : la Polystomelle, appuie la vraisemblance de la thèse qui y verrait une colonie plutôt qu'une individualité unique; et dans ce cas, tout accroissement des éléments sarcodiques, après la croissance complète de la coquille serait, comme pendant l'élaboration de celle-ci, un processus de développement par fissiparité du dernier « individu » de la colonie, mais avec cette différence que, par suite de la non aptitude du squelette colonial à grandir indéfiniment, la fissiparité devient effective, c'est-à-dire se trouve accompagnée

(1) M. le Prof. Dr A. Lameere, de l'Université de Bruxelles, à l'amabilité duquel je suis redevable de divers renseignements utilisés dans le présent travail, me fait remarquer qu'un Foraminifère peut être considéré comme une colonie du moment qu'il renferme plusieurs noyaux; mais il ne s'ensuit pas que chaque loge doive pour cela représenter un individu. L'individu est constitué par un noyau entouré d'une certaine partie de sarcode et dans les cas connus les noyaux ne correspondent nullement aux loges.

M. F. E. Schulze, ajoute M. Lameere, a trouvé un seul noyau chez *Quinqueloculina fusca* et chez *Polystonella striatopunctata*; M. R. Hertwig a observé un seul noyau chez la Globigerine, quel que fût le nombre des loges, et il en a constaté de un à sept chez *Spiroloculina hyalina*. En règle générale le nombre des noyaux est de beaucoup inférieur à celui des loges.

Tout en reconnaissant le bien fondé de cette observation, je me demande si la multiplicité des noyaux observés dans un Foraminifère donné ne peut pas aussi provenir d'un processus de subdivision nucléaire et de bourgeonnement en voie de formation, au sein du sarcode maternel? (Note ajoutée pendant l'impression.)

du détachement des éléments sarcodiques appelés à devenir le point de départ d'une nouvelle colonie ou coquille de Nummulite.

Cette thèse de l'*individualité* des segments des Foraminifères « polythalamés » n'est nullement liée à celle de la fissiparité : toutefois si elle se justifiait elle fournirait un appoint précieux à cette dernière et c'est à ce titre que je crois utile d'attirer également la discussion sur ce point si intéressant pour la biologie des Foraminifères.

En résumé, nous venons de voir que du haut en bas de l'échelle des êtres inférieurs qui ont été réunis sous le nom de Protistes, **la multiplicité des processus reproducteurs constitue une loi générale bien établie**. Parmi ces processus la *fissiparité*, particulièrement bien adaptée à la simplicité d'organisation de ces êtres, est le plus constant et semble même le plus fréquemment employé. Aussi, en vue d'obvier à la dégénérescence de taille pouvant être amenée, après quelques générations dues à ce processus, la nature a mis à la disposition de certains organismes inférieurs, comme chez les Diatomées, un procédé spécial de reproduction, qui a pour but, et comme effet incontesté d'ailleurs, de rétablir les formes spécifiques dans leur intégrité de taille et de caractères normaux.

Chez les Foraminifères il serait inadmissible, surtout lorsqu'on se reporte à ce qui se passe chez leurs proches alliés les Rhizopodes d'eau douce, de ne pas admettre qu'une certaine forme de fissiparité existe et, d'autre part, le processus reproducteur par endogenèse a été dûment constaté chez divers types appartenant aux familles si différentes des *Perforata* et des *Imperforata*.

Devant un tel ensemble de considérations et de faits précis, n'est-ce pas un puissant argument, il faut le reconnaître, qui est fourni par la dualité initiale de dimensions — cause du dimorphisme des Foraminifères — de la loge primordiale des Nummulites et des autres Foraminifères dimorphes.

Un état initial et des conditions de volume de l'élément sarcodique tels que le protoplasme du type à mégasphère représente *au moins mille fois* la quantité de protoplasme, point de départ du type à microsphère : voilà bien un fait que seule la dualité d'un processus génératif par fissiparité et d'un processus par endogenèse peut logiquement amener.

Telle est donc la thèse que j'ai désiré soumettre à la discussion scientifique, et dès maintenant, bien que je n'ai pas encore réuni les éléments nouveaux d'observation sur lesquels j'espère pouvoir étayer

celle-ci, je crois encore utile d'exposer rapidement quelques considérations complémentaires.

Toutefois il me reste à signaler la note de M. G. Dollfus, rappelée précédemment et dans laquelle cet auteur rattache, comme je viens de le faire ici, la thèse du dimorphisme à celle d'un double mode de reproduction des Foraminifères.

M. Dollfus dit, en parlant de ceux-ci « qu'ils paraissent en effet se reproduire par un œuf interne, sorte de viviparité, par endogenèse, et aussi par une segmentation externe, par rupture d'un petit fragment de matière pseudopodique de protoplasme granulé, reproduction ectogène. »

... « La reproduction endogène ovo-vivipare, semble donc un fait général dans les diverses familles des Foraminifères, bien distinct des phénomènes de reproduction protoplasmique, fissipare, ectogène signalés par Carpenter et par les auteurs, et qui produirait la forme B, à petite cellule centrale, forme généralement la plus commune et qui serait le mode le plus ordinaire de reproduction. »

Cette dernière assertion est plus que discutable, et ne pourrait guère s'appliquer aux Nummulites par exemple; mais nous voyons que M. Dollfus fait débiter la fissiparité par le détachement de la très petite particule sarcodique qui est l'origine des formes B à microsphère tandis qu'il rattache le phénomène d'endogenèse à l'origine des formes A à mégasphère.

Personnellement, j'étais assez disposé, en commençant ces recherches préliminaires sur le dimorphisme, à défendre des vues différentes. Je pensais qu'il y avait lieu de rattacher au phénomène de la fissiparité la production des gros globules sarcodiques ayant formé la mégasphère de la forme A, tandis que je ne voyais pas d'obstacle à rattacher au phénomène d'endogenèse la microsphère de la forme B.

Toutefois il faut reconnaître que dans les divers cas d'endogenèse signalés par les auteurs, c'est bien la forme A à mégasphère qui se trouvait représentée par des *jeunes*, parfois très abondants au sein du sarcode maternel.

M. Schlumberger m'a montré tout récemment une préparation de Quinqueloculine de l'île Samoa, dans laquelle j'ai pu moi-même m'assurer que le phénomène d'endogenèse donne lieu à des coquilles à grande loge centrale ou à mégasphère.

Il en résulterait, contrairement à ma première impression, que le phénomène de fissiparité devrait plutôt se rattacher à la production des organismes de la forme B ou de grande taille et à microsphère.

Si cela devait réellement se vérifier par la suite nous trouverions

chez les Foraminifères une exception aux lois exposées plus haut, au sujet des Diatomées, et ensuite desquelles la génération par fissiparité est surtout, chez ces organismes inférieurs, celle qui tend à amoindrir la taille des représentants de l'espèce.

Quoi qu'il en soit des relations précises des formes A et B des Foraminifères et des Nummulites en particulier avec les différents processus générateurs, la *dualité* de ceux-ci me paraît devoir être considérée comme un fait acquis et comme l'*explication du dimorphisme des Foraminifères* (1).

Pour en revenir maintenant aux considérations complémentaires que j'annonçais plus haut comme utiles à exposer en vue d'une discussion approfondie de la question, je signalerai les suivantes :

1^o On a opposé à la thèse du dimorphisme *initial* des Nummulites et Foraminifères le fait, généralement admis comme établi, que jamais chez ces organismes l'on n'a rencontré, à l'état absolument jeune, la grande forme à microsphère. Ce fait qu'en examinant l'intérieur d'un très grand nombre de très petites Nummulites, *on ne trouve jamais que les états jeunes de la petite forme à mégasphère*, cette objection, plutôt, offre certainement une certaine gravité qu'on ne saurait se dissimuler. M. G. Dollfus en conteste toutefois, d'après les observations qu'il aurait faites, le caractère absolu. Je crois aussi, étant donné que la thèse de la résorption de la mégasphère et de son remplacement dans un certain stade de croissance par une spire interne complémentaire s'est montrée insoutenable et force à admettre le principe du *dimorphisme initial*, qu'il reste à se demander si l'on a observé avec assez de soin et surtout de méthode pour pouvoir *affirmer l'inexistence absolue* des états jeunes à microsphères? Que l'on ne perde pas de vue que la proportion des formes adultes A et B, c'est-à-dire à mégasphère et à microsphère chez les Nummulites est souvent comme 90 et comme 95 est à 100, qu'elle s'élève parfois même à 99 et 99 1/2 p. c., et l'on sera logi-

(1) Pour M. le Dr Lameere, qui n'accepte pas la thèse de la fissiparité chez les Foraminifères, le dualisme du phénomène reproducteur pourrait se réduire, comme chez les Radiolaires mentionnés tantôt, à la coexistence de deux modes de bourgeonnement : l'un donnant lieu à la formation des mégasphères, l'autre à celle des microsphères. Les mégasphères, dans cette hypothèse, seraient des bourgeons se recouvrant d'un squelette au sein de la cellule maternelle, les microsphères étant de petits bourgeons doués peut-être du pouvoir d'émigrer, voire même de s'unir deux à deux, par copulation, avant de se recouvrir d'un squelette protecteur? Il y a là dans ces vues de M. Lameere, une idée intéressante que je me permets de reproduire ici au simple titre d'hypothèse à étudier et comme élément de discussion ultérieure.

(Note ajoutée pendant l'impression.)

quement amené à admettre qu'il faut examiner un nombre considérable, *au moins plusieurs centaines, d'états jeunes* d'une Nummulite donnée pour espérer pouvoir rencontrer *un exemplaire ou deux* de l'état jeune de la forme à microsphère (1).

Il faut compter aussi avec certains phénomènes encore peu connus, qui font que dans beaucoup de gisements fossilifères, riches en exemplaires adultes de coquilles, par exemple, *l'état jeune* fait absolument ou presque totalement défaut. Qui songera cependant à nier, en pareil cas, que l'état jeune a dû exister !

Les Biloculines et les Miliolidées des dépôts littoraux, côtiers et peu profonds se montrent, dans l'immense majorité des cas, paraît-il, d'après M. Schlumberger, de la forme A à mégasphère. Parce que l'on n'y retrouve pas la forme B à microsphère, aurait-on pu avec raison, — avant les dragages en eau profonde qui y ont fait découvrir les grands exemplaires représentant cette forme B — nier l'existence de ceux-ci comme type complémentaire de la forme A, naguère seule connue ?

Quel exemple curieux ne nous fournissent pas ces niveaux fossilifères tels que certains de nos horizons du Crétacé supérieur, en Belgique, où l'on ne rencontre, en fait de tests de coquilles, que des *Pecten*, des *Ostrea*, des *Inoceramus*, etc. L'observateur non au courant des phénomènes chimiques particuliers qui, postérieurement à la fossilisation, ont dissous le test d'autres genres, notamment des gastropodes, dont la structure est souvent différente (dont par exemple le carbonate de chaux est constitué, non comme chez les premiers par de l'aragonite, mais par de la calcite, plus aisément attaquable par l'acide carbonique des eaux d'infiltration) cet observateur, dis-je, pourrait se croire en droit d'affirmer qu'avec ces *Pecten*, ces *Ostrea* et ces *Inoceramus* n'a jamais coexisté une faune de gastropodes, alors que dans le sein du même dépôt il a suffi de quelques phénomènes locaux de concrétionnement en bancs durcis pour montrer, *chaque fois que le concrétionnement en banc dur s'est produit*, que de nombreux gastropodes ont invariablement accompagné les susdits lamellibranches. Les coquilles des gastropodes ne sont pas plus conservées dans les bancs durcis qu'ailleurs, au-dessus et au-dessous ; mais le durcissement

(1) Dans l'hypothèse émise par M. Lameere (voir la note de la page précédente) ce contraste s'expliquerait aisément, car, si la génératrice de la forme B est une zoospore très petite, émigrante, destinée à disséminer ou à faire émigrer l'espèce, elle sera vraisemblablement d'une pullulation moindre que la génératrice ordinaire de la forme A, qui se forme sur place dans les conditions normales de la reproduction rhizopodique, favorisée par l'ambiance et les conditions du milieu.

(Note ajoutée pendant l'impression.)

du dépôt, antérieur au phénomène de dissolution des coquilles, a permis à *l'empreinte* des gastropodes de se conserver intacte, et c'est sous forme de moulages au sein de la roche durcie que le fait de leur existence nous est révélé.

La forme *A* des Nummulites, tout en étant plus petite de taille que la forme *B*, offre généralement une coquille plus lenticulaire, plus bombée, et chez les petites espèces elle présente un *umbo* épais et solide; par conséquent elle est *essentiellement plus résistante* que les exemplaires, plus aplatis, plus minces, de la forme *B*. Ceux-ci, à l'état jeune, pouvaient donc être moins aptes à résister, dans le processus de la fossilisation, aux causes éliminatoires, voire même aux agents chimiques de dissolution, que les épaisses petites coquilles jeunes de la forme *A*.

Je ne prétends pas, toutefois, que l'état jeune des grandes Nummulites à microsphères aurait ainsi toujours disparu artificiellement dans les gisements où se trouvent seulement les formes plus grandes ou adultes; mais j'ai tenu à montrer, par le cas précis des gastropodes crétacés, que le fait de la *non observation* d'une chose ne peut être considéré, en science, comme une démonstration de sa *non existence*.

Chez les Foraminifères vivants, comme chez les Miliolidées, où le dimorphisme a été constaté, ces arguments paléontologiques ne peuvent être mis en avant et, dans ce cas, c'est exclusivement au nombre trop restreint des observations faites sur les individus d'une même espèce provenant d'un même habitat, qu'il faudrait attribuer la non observation de l'état jeune de la forme *B* à microsphère.

Ne perdons pas de vue toutefois la relation, indiquée par M. Schlumberger, entre les conditions bathymétriques et la répartition des deux formes *A* et *B* chez les Biloculines. Des recherches approfondies devront être faites dans cette voie et fourniront peut-être l'une des causes, au moins, de la différenciation de l'état initial et par conséquent du phénomène dimorphique.

Je ne me dissimule pas toutefois, d'après les renseignements que m'ont fournis MM. Schlumberger et Munier-Chalmas, que les études de ces naturalistes ont porté, tant en fait de Nummulites qu'en fait de Miliolidées diverses, sur un nombre d'exemplaires assez considérable pour donner un grand poids à leurs conclusions si déroutantes.

Je compte toutefois répéter et étendre ces études statistiques à de nombreux matériaux et j'espère que, grâce à des observations nombreuses et méthodiques j'arriverai à confirmer la thèse de l'état initial dimorphique des Foraminifères et notamment des Nummulites, par la démonstration de l'existence d'un nombre suffisant d'organismes jeunes à microsphères, pour que ce point ne puisse plus être considéré comme un obstacle invincible à l'admission du dimorphisme initial.

2° Peut-on trouver dans la thèse du dimorphisme initial produit par la dualité du processus de la génération, l'explication de la disproportion qui paraît constante dans l'abondance des deux formes *A* et *B* : la forme *B*, ou à microsphère initiale étant généralement la moins abondante ?

Peut-on expliquer par cette thèse un fait dont une observation rapide semble démontrer le bien fondé, au moins pour la Belgique, et qui peut-être se vérifiera encore ailleurs ; savoir que lorsque nos Nummulites se trouvent en accumulations serrées, en bancs épais, c'est-à-dire avec les caractères d'une abondante prolifération et de conditions de milieu très favorables, c'est la petite forme à mégasphère qui se montre de beaucoup la plus abondante, tandis que dans ceux de nos gisements où les Nummulites sont relativement rares et clairsemées, la grande forme à microsphère semble prédominante et même exclusive au premier examen.

La réponse à cette question serait aisée si l'on pouvait admettre, comme je l'avais pensé tout d'abord, que c'est la fissiparité qui donne naissance aux formes *A* à mégasphère.

Il semblerait alors que, la grande abondance, constatée au moins dans nos formations nummulitiques belges, de la petite forme à mégasphère devant être considérée comme une conséquence logique de la prédominance — incontestable chez les organismes inférieurs — du processus reproductif de la fissiparité, si simple et si bien adaptée à de tels êtres. La reproduction par gemmes pouvant intervenir, comme chez les Diatomées, pour éviter la dégénérescence physique causée par la fissiparité, n'aurait alors qu'un rôle accessoire à remplir dans la prolifération spécifique. Ce n'est que lorsque les conditions vitales dues à l'ambiance, à l'influence du milieu se montreraient peu favorables à la pullulation de l'espèce, que le phénomène de la gemmiparité, essentiellement supérieur et conservateur de la race, resterait persister et deviendrait prépondérant par le fait même de l'absence de concurrence génétique due à la fissiparité. Ce rôle de préservation de l'espèce, soumise à des influences critiques ou défavorables, serait doublement tenu, dans cette manière de voir, par les grandes formes à microsphères, car ce sont précisément elles qui présentent la *prépondérance squelettique ou de test protecteur* comparée au volume sarcodique inclus dans la coquille. La forme *A* ou grande loge initiale est, au contraire, celle où, sans parler de la prépondérance sarcodique centrale, due à la présence de la mégasphère, les caractères de la spire ; écartement des lames spirales, espacement des cloisons transversales, hauteur et dimensions des loges, fournissent,

surtout à la coquille adulte, un *minimum de résistance* qui, en cas d'influences critiques, doit la rendre moins apte à la survie dans la lutte pour l'existence.

Nous aurions donc là une remarquable corrélation entre l'explication que fournit la thèse de l'origine du dimorphisme et la répartition proportionnelle des formes *A* et *B* dans les divers cas constatés, même dans celui de la localisation, dans les grands fonds, des grandes Biloculines de la forme *B*, à microsphère, peu ou point représentées dans les dépôts littoraux, ou à conditions plus normales.

Cette explication, je le répète, n'a de valeur que pour autant que l'on puisse admettre la fissiparité comme étant en rapport avec la production des formes *A* à mégasphère; je ne la mentionne donc qu'au point de vue documentaire pour la discussion contradictoire qu'il conviendrait de voir s'élever sur cet intéressant sujet (1).

D'après ce que m'a renseigné M. Munier-Chalmas pendant la correction des présentes épreuves, ce ne seraient cependant pas toujours les petites formes à mégasphère d'une espèce donnée de Nummulite qui se trouvent en plus grande abondance au sein des bancs nummulitiques, et d'ailleurs ce savant rhizopodiste n'attache guère d'importance au pourcentage des formes *A* et *B* dans un gisement donné. Comme il a été dit plus haut, il se peut que les courants marins, avec leurs phénomènes mécaniques de classement et de triage, aient influencé très directement la répartition des représentants des formes *A* et *B* des Nummulites, formes qui varient non seulement par la taille mais surtout par leur minceur, leur épaisseur, en un mot par leur section transversale : élément important, suivant M. Munier-Chalmas, lors du transport de l'accumulation de ces organismes sous l'influence des courants.

Afin d'élucider cette question, à laquelle me paraît attribuée une influence que je n'admets guère aussi considérable, il conviendrait, semble-t-il, de faire dans diverses contrées, dans les divers bassins de la formation nummulitique, dans les divers gîtes d'un même bassin, une enquête sur la répartition proportionnelle des formes *A* et *B* des Nummulites d'un niveau stratigraphique déterminé. Cette enquête permettra de s'assurer jusqu'à quel point les courants ont l'influence toute spéciale que leur attribue M. Munier-Chalmas, *en dehors de la*

(1) Voir (note de la p. 25) l'explication différente que pourrait fournir de ce contraste numérique des deux formes *A* et *B*, l'hypothèse émise par M. le Dr Lameere au sujet de la signification d'origine de la mégasphère et de la microsphère.

(Note ajoutée pendant l'impression.)

taille des organismes, et au point de vue de la répartition locale des formes A et B, et elle permettra ainsi, si cette influence existe réellement, de se rendre compte, par suite des compensations qui doivent forcément s'observer dans des gîtes voisins, de la véritable proportion relative des formes A et B d'une même espèce de Nummulite.

3. Peut-on expliquer aussi, dans la manière de voir ici exposée ici, la remarquable inversion qui existe si généralement, chez les Nummulites comme chez tous les Foraminifères dimorphes étudiés jusqu'ici, (*l'Adelosina polygona* excepté) dans le rapport des volumes des mégasphères et des microsphères des formes A et B d'une même espèce et celui des coquilles elles-mêmes. Pourquoi, en un mot, les Nummulites ou les Foraminifères à grande loge initiale sont-ils toujours les plus petits; pourquoi la forme à microsphère est-elle si constamment celle qui atteint la plus grande taille ?

Pour pouvoir répondre affirmativement à cette question et trouver aisément la solution de ce problème, encore non soulevé jusqu'ici, il suffit de se rappeler que dans la nature aucun être, si simple, ou bien si compliqué que soit son organisation, ne jouit d'un pouvoir d'accroissement indéfini.

Chaque forme spécifique a ses écarts normaux de variation de taille, et même ses aberrations naines et géantes restent dans des limites déterminées. Il en est de même des colonies qui, chez certains invertébrés et animaux inférieurs, construisent par une action commune, des squelettes calcaires, siliceux ou autres.

En ce qui concerne le groupe des Protozoaires et en particulier des Rhizopodes, après qu'une individualité (la coquille étant considérée indifféremment comme une colonie ou comme le produit d'un seul individu) a atteint la taille qui lui est propre à l'état adulte, c'est la prolifération, soit endogène, soit ectogène, qui intervient et qui représente le processus de la continuité vitale assurant la conservation de l'espèce. Donc, *une somme déterminée de protoplasme*, fixée entre des limites relativement étroites, représente le maximum d'extension en volume que peut atteindre une Nummulite.

Le fait de la dualité d'origine des deux formes A et B, impliquant forcément non seulement une différence de un à mille au moins dans l'état initial de volume du sarcode central ou de la première loge, mais encore une prédominance sarcodique dans tout l'ensemble du développement de l'une des deux formes, ne rend-il pas tout naturel que celui des deux types de Nummulites ou de Foraminifères en général *qui a consacré aux premières phases de sa croissance une*

proportion considérable de matière sarcodique, ne saurait plus être apte à atteindre le maximum de développement que peut atteindre l'autre forme, ayant débuté par un « état jeune » mille fois moins volumineux? et par une croissance ayant fait prédominer la partie squelettique sur l'élément protoplasmique.

Le constant rapport inverse qui — à de très rares exceptions près, comme dans *Adelosina polygona* — existe entre la taille des formes *A* et *B* des Nummulites et des Foraminifères dimorphes et celle de leur loge initiale devient donc, dans la manière de voir défendue ici au sujet de l'origine du dimorphisme, une conséquence naturelle et logique de ce phénomène (1).

4° Si l'on examine *la nature des différences* qui, outre la question de taille et de loge initiale, distinguent la forme *A* de la forme *B* dans les Nummulites, différences qui, jointes aux premières, ont fait admettre que les couples étaient, non des facies dimorphiques d'une même espèce, mais deux espèces distinctes, on sera, sans difficulté, amené à reconnaître que ces divergences de caractérisation sont uniquement dues aux conséquences de la différenciation en volume de l'état initial du sarcode. En effet, l'amincissement de la lame spirale et des cloisons, la plus grande hauteur des tours de spire, l'espacement plus grand des cloisons séparant les loges, la taille plus grande de celles-ci dès les premiers tours entourant la mégasphère, tous ces caractères indistinctement : les seuls qui, avec la taille différente de la coquille et le contraste de volume de la loge initiale, différencient les Nummulites de la forme *A* de celles correspondantes de la forme *B*, sont essentiellement des caractères de *quantité d'accroissement*, ou plutôt, dans la thèse d'un agrégat colonial de loges à individualité distincte, des conséquences toutes naturelles des conditions différentes dans l'accroissement de masses protoplasmiques offrant le contraste initial que présentent la mégasphère et la microsphère d'un même type de Nummulite.

Si, comme il est peu douteux, il y a lieu d'admettre la présence d'un noyau ou nucléus au sein de la masse protoplasmique de la mégasphère comme dans celle de la microsphère, rien ne nous autorise à admettre que le volume des noyaux suive la proportion de un à mille existant dans le volume des masses protoplasmiques; il est même

(1) Il est à remarquer que, ici encore, la constatation faite ci-dessus s'expliquerait aisément dans l'hypothèse de M. Lameere, d'après laquelle les zoospores, ou génératrices de la forme *B*, s'uniraient par copulation.

(Note ajoutée pendant l'impression)

probable que le volume des noyaux, dérivant d'une part d'un simple dédoublement du noyau, d'autre part d'une division, répétée deux, trois ou quatre fois, du nucléus maternel, ne doit varier que dans des limites assez étroites, d'un à seize en volume par exemple (1). Il en résulterait que la proportion de sarcode disponible chez l'organisme à mégasphère serait tellement différente de ce qu'elle doit être dans l'organisme à microsphère que tout naturellement le volume des premières loges formées de part et d'autre autour de la loge initiale offrirait des différences telles que tous les caractères de la spire devraient s'en ressentir, dans le sens spécial indiqué plus haut, et les observations faites à ce sujet auraient pu être prévues d'avance comme une conséquence de la thèse ici défendue.

5° Le fait, constaté chez les *Miliolidæ*, et si bien mis en évidence par MM. Munier-Chalmas et Schlumberger chez les Biloculines par exemple, que le dimorphisme de ces Foraminifères se caractérise, outre la différence de taille des coquilles et des loges initiales, par une évolution graduelle dans le *groupement* des loges voisines du centre et représentant l'état jeune de la coquille à microsphère, s'explique avec la plus grande facilité par un contraste entre les quantités possibles d'accroissement des deux types non parvenus à un développement voisin de l'état adulte.

Dans l'état jeune de la petite forme de Biloculine à mégasphère, *l'importance de la masse protoplasmique disponible* pour la formation d'une première loge d'accroissement est *telle que cette loge peut être embrassante* et s'appliquer sur toute la superficie d'une moitié au moins de la loge mégasphérique initiale. Les coupes minces qu'a faites M. Schlumberger montrent cela très nettement. Elles montrent aussi que, dès l'origine, le type normal d'accroissement par voie de loges alternes embrassantes est assuré et l'organisme se présente dans tous ses états de développement sous forme d'une Biloculine typique.

Il est aussi aisé de vérifier, dans les coupes si nettes exécutées et publiées par le même auteur, que dans l'état jeune de la grande forme de Biloculine à microsphère, sa masse protoplasmique initiale si minime, dont il faut encore déduire le nucléus interne, ne peut guère fournir qu'un lobe de croissance minuscule, non embrassant et que, l'observation au microscope montre ne couvrir qu'une minime partie de la surface entière de la microsphère. Un second lobe naît ensuite

(1) Ce chiffre limite serait en tout cas d'accord avec le nombre maximum de jeunes Miliolidées que montrent par transparence les Quinqueloculines de Samoa.

en face, par suite de la loi de disposition alterne des *Miliolidæ*, un troisième sur le côté, puis un quatrième à peu près en face et enfin un cinquième, déjà un peu plus recouvrant. Le résultat de ces adjonctions de loges adventives, *trop petites pour être recouvrantes*, est, que la jeune Biloculine à microsphère présente extérieurement l'aspect d'une Quinqueloculine. Avec les progrès de la croissance et plus l'organisme sarcodique s'éloigne de son état initial d'indigence sarcodique, plus les logettes alternes et opposées s'étendent, deviennent enveloppantes, comme dans le type *A* de la Biloculine à mégasphère, et après avoir passé par les facies Quinqueloculine, Quadriloculine et Triloculine, l'organisme acquiert son type normal de croissance alterne et embrasant pour devenir une Biloculine, qui, sauf la taille et les caractères internes ci-dessus rappelés, ne diffère en rien par ses caractères spécifiques et externes de la Biloculine de plus petite taille *A* à grande loge initiale.

Il en résulte que dans le curieux cas des *Miliolidæ*, où le dimorphisme paraissait, à première vue, se compliquer d'une mystérieuse loi de modification dans le groupement des loges, altérant absolument, dans le jeune âge de la forme *B* à microsphère, les caractères et l'aspect extérieur de la coquille, c'est encore une fois à la *différence de volume du sarcode de l'état initial*, combinée avec ses relations sur le mode d'accroissement des loges par voie d'alternance, qu'est due une disposition qui, toute naturelle qu'elle soit dans la thèse ici exposée, a pu paraître jusqu'ici des plus énigmatiques.

Il ne sera pas inutile, comme corollaire de ce qui précède, de faire remarquer que l'état jeune des *Miliolidæ* de la forme *B* à microsphère est représenté non par des Biloculines de petite taille, comme c'est le cas pour l'état jeune de la forme *A*, mais par des Foraminifères qu'il n'est pas possible de différencier des Quinqueloculines, des Triloculines, etc. Voici donc des états jeunes en regard desquels il eut été impossible de retrouver des représentants adultes jusqu'au moment où le dimorphisme spécial des *Miliolidæ* a été étudié. Si l'on avait naguère nié l'existence d'un état adulte bien distinct de ces petites soi-disant Quinqueloculines et Triloculines de minime taille, ne fût-on pas tombé dans la même erreur que celle où les rhizopodistes pourraient verser actuellement en niant l'existence de l'état jeune des grandes Nummulites à microsphère.

6° Si l'on voulait opposer à la thèse dualistique qui fait des formes *A* à mégasphère un élément essentiellement différent dans son origine des formes *B* à microsphère et prétendre, par exemple, qu'il

n'y a là que des passages graduels, de simples différences de quantité, sans contraste de processus originaire, il suffirait de considérer une série un peu nombreuse de sections de Nummulites d'une même espèce avec ses formes *A* et *B* pour se convaincre qu'il n'existe point de passages ni de transitions entre les échantillons à mégasphère et le échantillons à microsphère. Cela est hors conteste. D'ailleurs, MM. Schlumberger et Munier-Chalmas ont déjà fait observer, en ce qui concerne les *Miliolidæ*, que si le volume des mégasphères dans une même espèce subit certaines variations (1) jamais ces variations, examinées dans de nombreux individus de la forme *A* d'une même espèce, ne paraissent pas avoir montré des minima de taille pouvant donner lieu à confusion avec les dimensions de la loge initiale des formes *B* ou à microsphère. C'est même à ce propos que, comme démonstration de ce fait, les auteurs susdits ont figuré à un même grossissement de 35 diamètres *la plus petite* mégasphère et *la plus grande* microsphère qu'ils ont pu constater chez *Idalina antiqua*. C'est précisément ce dessin, où la proportion des diamètres des deux sortes de loges initiales est dans la proportion de 1 à 11 1/2, qui m'a fourni le chiffre de différenciation des volumes respectifs signalé tantôt de *quinze cent vingt et un* contre *un* ! Devant un pareil contraste, obtenu dans les conditions les plus défavorables à sa mise en lumière on comprend que la microsphère et la mégasphère ne peuvent représenter de simples différences de volumes d'un même état embryonnaire, pouvant se relier par des transitions graduelles et admettre une origine commune, mais doivent bien constituer la représentation d'états initiaux distincts et dus à des processus reproducteurs différents.

7. On a souvent constaté chez les Nummulites, mais sans paraître y attacher l'importance que le fait comporte peut-être, un phénomène assez curieux, qui, à mon avis, pourrait être mis en relation avec la reproduction de ces Rhizopodes.

Presque dans aucun gisement, jusqu'ici, dans aucune formation, en aucun pays, les observateurs qui ont étudié les Nummulites n'en ont signalées avec les dernières loges, ou du moins la dernière loge et la bouche, *intactes*. Quelque étrange que puisse paraître ce fait il est généralement établi. Pourtant M. Munier-Chalmas m'a montré

(1) Dans l'hypothèse, si séduisante, mais assez difficile à défendre actuellement, de la fissiparité, origine des organismes à mégasphère, cette variation relative de volume de la mégasphère dans une même espèce devient logiquement la conséquence du processus fissipare, qui admet la séparation de parties de volume variables provenant du sarcode maternel.

récemment des Nummulites des sables de Cuise, paraissant intactes et ne montrant même, à première vue, aucune espèce d'ouverture terminale. Certes on peut admettre que la grande fragilité des parois des dernières loges ait été, en général, un obstacle à la bonne conservation de ces parties de la coquille et, de fait, on constate, même dans les bancs compactes à Nummulites gisant dans des sédiments fins et doux, comme par exemple le « couple dimorphique » *N. planulata* et *elegans* dans l'Ypresien supérieur de notre pays, que la plupart des échantillons sont plus ou moins usés ou abîmés sur les bords par des effets mécaniques datant de l'époque de la sédimentation. Toutefois je pense que l'on est aussi en droit d'attribuer à la sortie des embryons enfermés au sein des dernières loges, l'état de délabrement des dernières loges des Nummulites en général. Il est facile de s'assurer que, en admettant pour la bouche externe des Nummulites (qui doit avoir existé, bien qu'on n'en ait jamais décrite d'intacte) des dimensions analogues à celles des ouvertures de la base des cloisons des loges, faisant communiquer celles-ci ensemble, jamais la masse sarcodique de la mégaspère, revêtue de son enveloppe calcaire, n'aurait pu sortir d'une pareille ouverture. Si les Nummulites n'ont pas présenté d'ouverture terminale à l'état adulte, analogue à celle qui se trouve à la base des cloisons de toutes les loges internes, alors le bris du test maternel s'imposera avec plus de force encore.

Le bris des cloisons maternelles d'un Foraminifère, pour permettre l'évacuation des masses sarcodiques revêtues de test calcaire enclavé dans les loges externes de la coquille, n'est nullement une hypothèse. C'est un fait déjà constaté chez les Orbitolites par feu H. B. Brady, qui l'a décrit récemment avec tous les détails montrant la parfaite exactitude de son intéressante constatation (1), et des observations,

(1) J'ai eu l'occasion d'examiner chez M. Schlumberger et avec M. Munier-Chalmas un exemplaire de l'*Orbitolites laciniata* envoyé par Brady et tout garni de jeunes dans les loges de la périphérie; je ne me refuse pas à admettre, d'après l'aspect de cette coquille, que des phénomènes d'amincissement et par conséquent de résorption du test pourraient avoir accompagné et sans doute précédé le bris des cloisons ainsi amincies.

Le phénomène de la résorption, qui s'effectue non seulement chez les organismes les plus inférieurs mais encore chez les mollusques par exemple, n'est nullement contestable par lui-même; il s'agit toutefois de ne pas le faire intervenir sans raison probante, comme dans la prétendue résorption de la mégaspère.

Dans le cas de l'Orbitolite, et peut-être même dans celui des Nummulites, le phénomène de la résorption et de l'amincissement graduel qu'elle provoque dans les parois de la coquille enfermant les embryons serait parfaitement acceptable comme *phase préparatoire* à l'éclatement final de ces parois, lors de la sortie des embryons testacés.

moins précises, de Max Schultz l'avaient déjà fait reconnaître chez le genre *Rotalia*. Les sphérules ou œufs en vue de développement que M. Wright a signalés dans des *Truncatulina* avaient un diamètre plus que décuple de la loge initiale habituelle des *Truncatulina*. Ils n'auraient donc pu s'échapper, comme le fait remarquer M. G. Dollfus, sans rupture des loges où ils étaient renfermés. J'ajouterai, qu'en ce qui concerne les Nummulites, comme pour l'*Orbitolites laciniata* étudiée par Brady, la forme de jeune âge ou de période embryonnaire représentée par la mégasphère est constamment de dimension telle, chez les diverses espèces que j'ai examinées à cet effet, qu'elle a pu toujours se trouver enclose très aisément dans les loges de la périphérie de la coquille. Cette observation montre donc la vraisemblance de l'hypothèse que j'é mets ici, à l'instar de ce qui se passe chez l'*Orbitolite*, et d'après laquelle les masses sarcodiques entourées des parois de la mégasphère qui avaient à se libérer de la prison maternelle, ne pouvaient le faire qu'en *brisant la ou les dernières loges externes de la Nummulite adulte*, et que c'est surtout à cette circonstance, jointe probablement à l'usure naturelle de ces petites coquilles, que nous devons sans doute de ne point mieux connaître encore l'état normal et absolument intact de la dernière loge des divers espèces de Nummulites adultes.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Les points que j'ai exposés dans la présente note sont les suivants :

A. Le dimorphisme des Nummulites et, en général, des Foraminifères vivants et fossiles est un phénomène définitivement acquis à la science et dont les manifestations, si elles ne devaient pas être reconnues chez tous les Foraminifères, se retrouveront vraisemblablement constantes dans tous les types rhizopodiques à grande prolifération, c'est-à-dire très abondantes dans les gisements, ou habitats, dont l'ambiance se montre franchement favorable à l'épanouissement de la vie rhizopodique.

B. Le dimorphisme des Foraminifères est, dans son essence, *d'origine absolument initiale et en relation avec les origines mêmes de la vie*; ce n'est le résultat ni d'évolutions diverses au cours de la croissance, ni de modifications postérieures à un premier stade commun d'accroissement non différencié.

C. La caractéristique du dimorphisme des Foraminifères est, en règle générale, fournie par le contraste existant entre les dimensions de la taille adulte des deux formes d'une même espèce et les dimensions, *en sens opposé* et infiniment plus accentuées, de la taille des loges centrales ou initiales :

Comme l'ont reconnu, les premiers, MM. Munier-Chalmas et Schlumberger, parallèlement à une forme A adulte, de *petite taille* et dont la spire débute par une grande loge ou mégasphère, on observe, ayant apparu et vivant généralement de compagnie avec celle-ci, une forme B, de *plus grande taille* à l'état adulte et dont la spire commence par une loge minuscule, voire même souvent imperceptible à la loupe, ou *microsphère*. La différence de volume de la mégasphère et de la microsphère des formes A et B d'une même espèce peut atteindre et dépasser même la proportion de mille contre un.

D. Par la similitude des caractères extérieurs des deux formes A et B, par leur ressemblance générale, basée sur l'aspect général, la forme, l'ornementation de la coquille, de même que par certains détails de la structure interne, il est aisé de s'assurer que ces deux formes A et B, non seulement appartiennent nettement et constamment à un même groupe ou subdivision zoologique d'un même genre, mais encore à la *même espèce*.

L'idée d'une association de *deux espèces*, étroitement liées dans leur apparition et dans leur distribution, sous forme de *couple zoologique*, doit être définitivement abandonnée et les conséquences de cette manière de voir, au point de vue de la classification et de la synonymie, doivent former l'objet de recherches et de décisions spéciales, de la part des nomenclateurs.

E. Quant à la différence de taille des deux formes à l'état adulte, quant aux caractères différentiels internes des deux spires en présence, aussi bien les caractères de grandeur, de forme et de nombre de loges, lorsqu'il s'agit de Nummulites ou de Foraminifères spiralés, que les caractères de forme, de dimensions et de disposition ou groupement des premières séries de loges entourant la chambre centrale, comme dans les Miliolidées ils ne constituent jamais que des variations secondaires.

Nous pouvons regarder ces variations comme logiquement dues à *la divergence de volume* de l'état sarcodique initial et à l'influence de celui-ci sur les *quantités d'éléments protoplasmiques disponibles* pour concourir à l'établissement des premiers stades successifs d'accroissement, lesquels sont indiqués, dans la coquille, par le volume et par la disposition des premières loges.

F. La différence de l'état initial, point de départ de tous les autres caractères dimorphiques des Foraminifères, paraît due au fait que, conformément à ce qui se passe chez tous les autres Protozoaires, de même que chez les représentants inférieurs du règne végétal, *les Foraminifères se reproduiraient par deux processus distincts*, dont l'un

serait sans doute la *fissiparité* et l'autre la *gemmiparité*, ou autrement dit par *ectogenèse* et par *endogenèse*.

Dans cette manière de voir il semblerait assez naturel d'admettre que le premier de ces processus aurait donné naissance aux formes A de taille adulte petite, avec mégasphère comme loge initiale au centre : le second aux formes B, qui, à l'état adulte, atteignent une plus grande taille et sont munies d'une microsphère comme loge initiale.

Cette thèse voit toutefois s'élever contre elle le fait que dans les états embryonnaires, représentant le processus par endogenèse, qui ont été observés jusqu'ici à l'intérieur du sarcode maternel des Foraminifères, c'est la forme A, ou à mégasphère, qui semble avoir été constamment observée. Les observations de ce genre ont été peu nombreuses il est vrai, mais elles semblent concluantes, on ne peut le méconnaître.

Le processus fissipare ou de reproduction ectogène serait alors à mettre en relation avec de la forme B, à microsphère.

Le débat reste entièrement ouvert sur ce point, dont la solution définitive réclame tout un programme d'études et d'observations en divers sens, dont les Foraminifères vivants devront naturellement faire les principaux frais.

G. En attendant que le dualisme du processus reproducteur soit matériellement démontré pour les Foraminifères on peut déjà faire les remarques suivantes :

1° Le processus par *endogenèse* a été nettement constaté, à plusieurs reprises et par divers auteurs, dans des types variés de ce groupe.

2° Les processus par *ectogenèse* ou *fissiparité* est tout au moins bien probable, attendu que :

a) Il est bien connu et hors de discussion chez les proches parents des Foraminifères, les Rhizopodes d'eau douce (Amibes, Arcelles, Euglyphes, Diffflugies, etc.)

b) On constate, d'une part, l'identité organique et structurale du protoplasme et des loges successives de la coquille des Foraminifères et, d'autre part, les relations pseudopodiques et nutritives de chaque loge individuellement — même les plus internes — avec l'extérieur.

c) Plusieurs biologistes se montrent convaincus de l'individualité propre de la masse sarcodique de chaque loge des Foraminifères. D'après cette opinion, qui reste toutefois une simple hypothèse, la coquille de ceux-ci serait une véritable colonie, dont l'individu de chaque loge successive serait, par une sorte de fissiparité, le produit du dédoublement de la précédente, tout en restant rattaché au squelette colonial par un test non libéré. L'état adulte de la colonie serait ainsi obtenu, après une certaine période d'opérations fissipares sans déhis-

cence ou séparation; la continuation des fonctions vitales, devenues spécialement reproductives, serait alors due à la fissiparité avec déhiscence; le phénomène s'opérerait concurremment avec le processus de reproduction par endogenèse.

H. Soit que les caractères différentiels, signalés dans la coquille des Foraminifères dimorphes aient rapport à la taille et à la disposition interne des loges et cloisons ou aux caractères externes, soit que ces caractères aient rapport à la spire, à la forme, au nombre et même au groupement des loges dans les formes A et B d'une même espèce, ou bien encore qu'on tienne compte des conditions respectives d'abondance de ces formes A et B dans un même habitat ou gisement, nous devons constater, en faveur du principe du dimorphisme initial, que ces caractères différentiels trouvent sans peine et sans artifice de raisonnement, leur raison d'être précisément *dans les conséquences toutes naturelles du dimorphisme initial* dû au contraste des processus reproducteurs.

I. La seule objection qu'on puisse encore actuellement opposer à cette interprétation, consiste dans le fait que, pour justifier deux états initiaux d'une même espèce, il faudrait pouvoir constater — ce qui ne semble pas encore avoir été fait nettement jusqu'ici — l'existence d'états embryonnaires ou du moins *très jeunes* montrant, comme les formes A et B plus grandes et surtout adultes, la divergence en mégasphère et en microsphère, de leur loge initiale.

Des observations rapportées par les rares auteurs qui ont, depuis peu, étudié cette question, il semble au contraire résulter cette constatation, peu attendue, que, chez les Nummulites, comme chez les Miliolidées, tous les exemplaires vraiment jeunes ont distinctement montré la mégasphère caractéristique de la forme A au centre de la spire. C'est même ce résultat — de caractère tout négatif qu'il soit — qui a engagé MM. Munier-Chalmas et Schlumberger à repousser l'idée du dimorphisme initial des Foraminifères.

Mais j'ai montré que l'on peut invoquer plusieurs raisons pour croire que l'observation n'est pas complète sur cette question.

Les rapports numériques réels entre les individus de très jeune âge pour les deux formes A et B doivent — lorsqu'on n'opère pas très méthodiquement et sur de très grandes quantités de spécimens — être d'autant plus difficiles à observer, que le nombre des représentants des formes A et B, cela est établi, est en disproportion très accentuée à l'état adulte.

Dans les conditions de fossilisation et de préservation des organismes à test calcaireux, des influences chimiques ou autres, encore insuffisam-

ment connues, amènent souvent la disparition de certains tests, surtout pour les individus jeunes. Rien ne dit que de nouvelles recherches ne viendront pas changer les données actuellement recueillies au sujet de la prétendue non-existence des états jeunes de la forme B à microsphère.

J. Il semble que l'on pourrait raisonnablement rattacher au phénomène de l'expulsion, hors des dernières loges externes des Nummulites, des masses protoplasmiques à mégasphère, le fait que jamais jusqu'ici l'on n'a signalé ou figuré des Nummulites adultes, entières et intactes, présentant une bouche ou ouverture extérieure préservée.

Le bris des loges maternelles externes, dont l'ouverture n'aurait pu être suffisante pour livrer passage aux jeunes coquilles ou loges initiales déjà formées, est, grâce surtout aux observations de feu H. B. Brady, *un fait acquis* en ce qui concerne le genre *Orbitolites*. Aussi, en remarquant, chez les Nummulites, la structure éminemment vasculaire et peu résistante de la partie périphérique, plus ou moins carénée, des loges — structure à laquelle est due la curieuse propriété de fissilité des Nummulites — pourrait-on se demander si cette structure n'est pas une disposition organique ayant pour but de permettre, sous la pression des embryons testacés formés dans les dernières loges, l'éclatement plus facile de la partie terminale périphérique du test nummulitique? Ce serait d'autant plus plausible que cette région terminale paraît constamment se présenter à l'observation dans un état de délabrement irrégulier, que la seule usure de la coquille ne semble pas toujours pouvoir justifier.

K. Tant au point de vue de la dualité du processus des Foraminifères qu'à celui de l'appui que trouverait la thèse de la fissiparité dans la manière de voir individualisant le contenu de chaque loge de Foraminifère, l'importance qu'il faut attribuer à *la question du nucléus chez les Foraminifères* réclame, de son côté, un complément d'observations.

Après avoir systématiquement nié l'existence de noyaux ou nucléus chez les Foraminifères on en a découvert dans plusieurs genres et familles bien distincts; on en a trouvé dans diverses loges et en nombre variable.

Nous voyons tout récemment un biologiste de haute compétence (1) affirmer que les *Foraminifères*, comme tous les Protozoaires, *doivent être nucléés* et il n'est pas douteux que les progrès constants de nos moyens d'investigation ne procurent encore bien des découvertes. Il

(1) *Die Zelle und die Gewebe* von Prof. Dr OSCAR HERTWIG, Iena, 1893. Voir chap. III, n° III, p. 46. « Giebt es Kernlose Elementarorganismen? »

est au moins admissible que les éléments nucléaires des Foraminifères ne deviennent, sans réactifs spéciaux, visibles à la simple inspection microscopique que dans des circonstances déterminées, dont la raison d'être nous échappe encore et qui sans doute n'affectent qu'une partie à la fois des nucléus existant dans la coquille d'un Foraminifère.

Il est possible enfin, et c'est là un des *desiderata* que je signale en terminant, qu'un jour on parviendra à reconnaître, comme confirmation de la thèse de l'individualisation des masses sarcodiques remplissant une coquille de Foraminifère, l'existence corrélatrice d'autant de centres nucléaires distincts que de loges. Ce serait là, pour la thèse du processus de la génération fissipare ou ectogène, un argument d'une certaine valeur, et pour celle du dimorphisme initial un appui précieux, en admettant que, d'ici là, l'observation directe n'ait pu trancher définitivement la question, sous forme de la découverte, définitivement acquise, d'états très jeunes de la forme B, à loge initiale microsphérique, des Nummulites et des Foraminifères chez lesquels le dimorphisme aura été constaté.

En livrant à la publication une première série de considérations sur le dimorphisme des Foraminifères j'avais eu tout d'abord comme but d'exposer une thèse, que je croyais nouvelle, sur les relations du phénomène avec un double mode de reproduction de ces organismes; je croyais aussi qu'il était assez aisé de défendre la thèse que l'un de ces modes de reproduction : la fissiparité, donnait naissance aux formes A ou à mégasphère. Ce double espoir s'est trouvé infirmé : d'une part, puisque M. G. Dollfus vient d'exposer peu avant moi l'idée de cette corrélation du dimorphisme avec la dualité des phénomènes reproducteurs, déjà mentionnée elle-même dès 1870 par M. Fischer; d'autre part, puisque de l'ensemble des observations réunies jusqu'ici sur l'état embryonnaire des Foraminifères il semble que c'est la forme A à mégasphère qui serait le résultat du processus endogénésique.

Si ma thèse n'est pas, dans son essence, aussi nouvelle que je le croyais, elle a l'avantage d'avoir ainsi trouvé des alliés non espérés lors de son élaboration, et c'est une circonstance dont je suis plutôt porté à me réjouir. J'ai cru utile, malgré cette circonstance, d'entrer dans les considérations assez détaillées qui précèdent parce qu'elles fourniront j'espère, dans l'étude contradictoire qui ne peut manquer de s'ouvrir sur l'intéressante question traitée ici, des matériaux utiles pour la discussion et quelques points de vue personnels et nouveaux, dont profitera sans nul doute l'intéressant problème du dimorphisme des Foraminifères.

L'heure avancée ne permettant pas d'aborder les autres sujets mis à l'ordre du jour, ils sont reportés à la séance de février et la séance est levée à dix heures quarante.

ANNEXE

AU PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE DU 31 JANVIER

(TRADUCTIONS ET REPRODUCTIONS)

L'intérêt tout particulier que présente, pour l'étude du régime hydrologique de nos formations calcaires, le travail publié dans *Ciel et Terre* par M. E. Lagrange, sur les *terrains calcaires et les explorations des cavernes*, justifie amplement la reproduction, demandée par plusieurs membres de la Société, de cette remarquable étude, dans les publications de la Société.

LES TERRAINS CALCAIRES ET LES EXPLORATIONS DES CAVERNES (1)

PAR

E. Lagrange

Capitaine du Génie, Professeur à l'Ecole militaire.

I

Nous avons publié sous ce titre, dans le t. X de *Ciel et Terre* (année 1889-1890), une étude sur les formations souterraines si curieuses de la Carniole et de l'Istrie ; nous y faisons connaître en même temps les explorations de M. Martel, qui ont ouvert une voie nouvelle, et qui, poursuivies avec méthode et persévérance, étaient destinées à éclaircir d'une manière complète les mystères de la circulation des eaux souterraines dans les Causses.

Depuis cette époque, M. Martel, non seulement ne s'est pas arrêté dans cette voie féconde, mais il a élargi le domaine de ses recherches.

(1) Extrait de *Ciel et terre*, Revue populaire d'Astronomie, de Météorologie et de Physique du Globe. Bruxelles, 13^e année, 1892, pp. 252, 437 et 469.

Après avoir pendant les deux campagnes de 1890 et 1891 complètement résolu le problème des sources et des abîmes des plateaux calcaires du sud de l'Auvergne, il s'est rendu en Grèce à l'effet d'étudier et de résoudre aussi la question des Katavothres du Péloponèse. Ici l'intérêt scientifique était corrélatif d'un intérêt humanitaire et les travaux de M. Martel auront, pour les habitants de ces régions, des conséquences immenses : ils ne serviront à rien moins qu'à transformer des régions malsaines et enfiévrées en campagnes fertiles et prospères. Mais n'anticipons pas. Le but de cet article est de mettre nos lecteurs au courant des nouvelles recherches de l'intrépide et savant avocat à la cour de Paris. Les documents qu'il a bien voulu nous communiquer nous ont permis de reprendre l'étude de ses travaux, au point où nous les avons laissés en automne 1890.

La troisième campagne (9-23 septembre 1890) sous les Causses fut consacrée par M. Martel à l'achèvement de l'exploration de la rivière souterraine de Padirac et à l'exploration complète et méthodique du Causse de Gramat, qui sépare la Dordogne du Lot, et dont les nombreux *avens* furent tous visités. Le grand résultat de cette campagne réside dans l'étude complète de la rivière souterraine de Padirac, qui offre un intérêt tout particulier pour le géographe ; cette rivière possède, chose curieuse, un cours entièrement souterrain : elle naît dans les profondeurs du sol, y circule et y meurt. Nous nous y arrêtons un instant.

Le gouffre de Padirac est situé en plein Causse, à l'est de Rocamadour et il ouvre à la surface plane du sol un trou sombre de 35 mètres d'ouverture dont les parois surplombantes forment à la base un cercle d'environ 60 mètres de diamètre. Le fond du gouffre est occupé par une montagne conique de débris de 45 mètres de hauteur environ, dont le sommet est à 54 mètres au-dessous du niveau du Causse. Sous une arcade gigantesque qui occupe l'un des côtés de ce gouffre à sa base, on voit sortir un ruisseau qui, pénétrant sous le talus de débris, se perd. En face de cette arcade et de l'autre côté du talus, se présente l'ouverture d'un petit puits de 11 mètres de profondeur, qui conduit à une grotte, dans le sol de laquelle on trouve un second puits de 28 mètres. Au fonds de ce puits le ruisseau reparait et, beaucoup plus puissant que tantôt, s'étale d'abord sous une vaste galerie de 370 mètres de longueur, pour former ensuite une véritable rivière à cours très lent, interrompue de distance en distance par des *gours*, tantôt s'élargissant, tantôt si étroite que les canots en toile imperméable de l'explorateur risquaient de s'écraser entre les parois rapprochées. De temps en temps, des expansions de la rivière forment des lacs plus ou moins

profonds, dont les salles sont tapissées des merveilleuses draperies que leur tissent les dépôts calcaires. La longueur totale de ce merveilleux cours d'eau souterrain qui, comme nous le disions tantôt, naît, et vit meurt au sein de la terre, est de trois kilomètres environ. L'extrémité est formée par un lac fermé de toutes parts, et dont les eaux ne sortent que par lente infiltration, pour reparaître, selon toutes probabilités, à environ deux kilomètres plus loin, aux sources de Gintrac qui suintent, sur une couche d'argile, à 100 mètres au-dessus du niveau de la Dordogne.

Disons, pour terminer, que le *trou* a été acheté par un grand propriétaire du pays, qui se propose d'y faire des travaux d'aménagement qui permettront aux touristes la visite de ces merveilles nouvelles.

Le Causse de Gramat est un causse d'un caractère spécial : il ne ressemble pas du tout aux Causses Noir, Méjean ou de Sauveterre, arides et désolés, d'une altitude moyenne assez grande (700 à 1000 mètres). Sa hauteur moyenne au-dessus de la mer est d'à peu près 350 mètres ; il forme entre la Dordogne et le Lot un carré calcaire mesurant 40 à 50 kilomètres de côté, dont la surface offre des champs cultivés et des bois verdoyants. Seule la partie centrale de ce causse est privée d'eau. C'est dans cette région que s'ouvrent une centaine d'*avens* qui portent ici les noms de *cloups* et *igues* ; quant au gouffre de Padirac, il est à l'angle nord-est du plateau.

Dans la région située au sud-est du gouffre de Padirac, un certain nombre de ruisseaux parcourent le sol même du plateau ; mais au bout de quelques kilomètres, ils disparaissent tous dans des cavernes plus ou moins vastes. L'exploration complète du Causse de Gramat devait s'achever par l'étude de ces *avens* et de ces cavernes.

Au long de la route qui, de Rocamadour conduit à Padirac, se trouve le gouffre du Réveillon, qui engloutit le ruisseau de Salgue, après un kilomètre de parcours. Ce gouffre, ou plutôt cette caverne légèrement inclinée, s'ouvre dans une falaise à pic, haute de 53 mètres, par un portail de 30 mètres sur 40. Au bout d'une belle salle de 60 mètres de longueur, commence une galerie inclinée de 340 mètres de long et de 5 à 10 mètres de haut sur 4 à 8 mètres de large, qui forme le lit d'une rivière souterraine. A l'extrémité, les eaux ne peuvent s'écouler que par infiltration. Il est à remarquer que, dans ces cavernes, les eaux continuent à s'écouler sur les argiles imperméables du lias qui forment leur lit à l'extérieur ; ces rivières sont d'ailleurs souvent à sec. Les autres pertes de ruisseaux ont offert des particularités semblables.

Après les gouffres, parlons des *igues* ou *cloups*. Les cinq ou six pre-

miers explorés par M. Martel ne présentaient rien de particulier ; c'étaient de simples excavations verticales de 50 à 100 mètres de profondeur, mais ne donnant accès à aucun cours d'eau souterrain, au grand chagrin des habitants, qui espéraient avoir dans chaque commune un Padirac à exploiter. Seul l'igue de Bar, au nord de Marcillac, présente de l'analogie avec le gouffre de Padirac ; un premier puits d'érosion de 33 mètres de profondeur conduit par une pente rapide à un second puits de 10 mètres, puis à une salle de 300 mètres. Plus loin, on rencontre d'autres salles et de petits laçs, mais pas de cours d'eau réel.

L'ensemble de ces explorations a prouvé qu'un *aven* ne ressemble pas à un autre : les uns peuvent conduire à des rivières souterraines, mais ce sont évidemment des exceptions ; il n'existe aucune relation nécessaire entre le cours d'eau inférieur et les *avens*. La rivière est due à des sources intérieures qui s'écoulent sur les strates imperméables des argiles au contact des calcaires supérieurs ; l'*aven* est formé, ou bien par érosion, grâce aux eaux sauvages supérieures, ou bien par éboulement interne d'une salle de grotte créée par les eaux ; il peut présenter ainsi deux caractères bien distincts. Imaginez que le plafond de la salle du dôme de la grotte de Han s'écroule, et vous aurez l'exemple d'un *aven* creusé par le bas, tandis que nous n'avons pas en Belgique d'exemples d'*avens* ou puits creusés par en haut.

La campagne de 1891 donna à M. Martel des résultats plus intéressants encore. L'abîme de la Crousate près de Reilhac, profond de 90 mètres, communique par un conduit vertical de quelques centimètres de diamètre avec un ruisseau souterrain que l'on entend distinctement, mais qu'il est impossible d'atteindre, dans l'état actuel des choses. Par ce conduit, lorsque les eaux souterraines sont abondantes, elles viennent remplir le fond du gouffre en formant donc une véritable source intermittente, comme le témoignent les niveaux divers marqués par les eaux sur les parois du fond. L'ensemble de l'abîme se compose de trois étages réunis par plusieurs puits à pic, et, chose bizarre, un pont de bois est jeté au-dessus du plus grand de ces puits pour accéder de l'autre côté à deux petites salles sans issue. Nul ne sait à quelle époque il remonte et dans quel but il a été établi.

L'abîme de la Crousate est donc, d'après ce que nous avons dit plus haut, du même genre que celui de Padirac. En dehors du plateau de Gramat, M. Martel a exploré un *aven*, celui du Tindoul de la Veisière, qui lui réservait les mêmes surprises que l'abîme de Padirac. Il conduit à une puissante rivière souterraine, que l'habile explorateur remonta pendant un kilomètre, au bout duquel les éboulements l'arrê-

tèrent. Comme pittoresque, elle est bien inférieure, d'après M. Martel, à la rivière de Padirac, qui reste sans rival le plus beau et le plus curieux des cours d'eau souterrains.

II. — *Les katavothres du Péloponèse.*

Le Péloponèse est formé d'un plateau central d'une altitude moyenne de 600 à 750 mètres et, tout autour de ce plateau, de plaines basses s'étendant jusqu'aux diverses mers qui l'entourent. Ce plateau central ne peut être comparé à une terrasse étendue et plane, comme les Causses du sud de l'Auvergne : il est, au contraire, formé d'une série de vallées supérieures, de bassins particuliers, séparés les uns des autres par des montagnes qui les dominent de 200 à 1800 mètres. C'est là la région qui forme l'Arcadie antique, région bénie des dieux et où la nature avait rassemblé tout ce qui fait le charme et la félicité de la vie champêtre. Aujourd'hui, la réalité est loin de ces souvenirs chantés par les poètes de la Grèce et de Rome. Les eaux qui circulent à la surface de ces bassins fermés n'en peuvent sortir pour suivre leur cours vers la mer, et elles y forment des lacs nombreux, dont les seuls orifices d'écoulement consistent en des gouffres nommés *katavothra*, qui en absorbent le trop-plein lorsque les pluies ont élevé leurs niveaux. Que ces *katavothra* soient bouchés par les débris que les eaux elles-mêmes apportent, et le lac débordé persiste, semant les fièvres tout autour de ses bords. Ajoutons de suite que les eaux, épurées par leur passage au travers des roches, reparaissent au pied des talus du plateau central, en formant des sources abondantes que l'on nomme *képhalaria* et qui donnent naissance à toutes les rivières qui se déversent dans la mer Ionienne, comme dans le golfe de Corinthe, la mer Égée, le golfe de Laconie et celui de Coron. L'Eurotas, qui arrose l'antique Sparte; le Ladon; l'Alphée, qui baigne Olympie; le Styx, où l'imagination des poètes a vu un fleuve infernal, naissent de ces sources, dont ils amènent les eaux aux quatre points cardinaux.

Comment l'Arcadie, de poétique mémoire, est-elle devenue une région où les fièvres sévissent presque en permanence, et où quelques journées seulement de séjour sont dangereuses à l'étranger? Élisée Reclus va nous le dire en décrivant le système orographique de la Morée :

« Les roches calcaires de l'intérieur du Péloponèse ne sont pas moins riches que la Béotie et que les régions occidentales de toute la péninsule des Balkans en *katavothres* où s'engouffrent les eaux. Les uns sont de simples cribles du sol rocheux, difficiles à reconnaître

sous les herbes et les cailloux ; les autres sont de larges portes, des cavernes où l'on peut suivre le ruisseau dans son cours souterrain... De l'autre côté des montagnes, l'eau qui s'était engloutie dans les fissures du plateau reparait en sources ou *képhalaria*. La géographie souterraine de la Grèce n'est pas assez connue pour qu'il soit possible de préciser partout à quels *katavothres* d'en haut correspondent les *képhalaria* d'en bas. Les anciens avaient grand soin de nettoyer ces entonnoirs naturels, afin de faciliter l'issue des eaux et d'empêcher ainsi la formation de marécages insalubres. Ces précautions ont été négligées pendant les siècles de barbarie qu'a dû plus tard subir la Grèce, et l'eau s'est accumulée en maints endroits aux dépens de la salubrité du pays. Au lac Phonia, dit la légende antique, Hercule avait creusé un canal pour assainir la plaine et dégorger les entonnoirs ; maintenant, on se contente de placer des grillages à l'entrée des gouffres pour arrêter les troncs d'arbres et autres gros débris entraînés par les eaux. Le *katavothre* unique qui sert d'issue au lac Stymphale, intermittent, s'ouvre au fond même du lac. Toute une série d'autres bassins d'origine lacustre sont également parsemés de marécages et de cavités humides où s'amassent des lacs temporaires. La plus grande de ces plaines, la fameuse campagne de Mantinée, où se livrèrent tant de batailles, est aussi, au point de vue hydrologique, un des endroits les plus curieux du monde, car les eaux qui s'y amassent vont s'épancher vers deux mers opposées : à l'est, vers le golfe de Nauplie ; à l'ouest, vers l'Alphée et la mer Ionienne ; peut-être aussi, comme le croyaient les anciens Grecs, quelques ruisseaux souterrains se dirigent-ils au sud vers l'Eurotas et le golfe de Laconie. »

On peut distinguer sur le plateau central de la Morée sept vallées fermées de toutes parts, sept *Kesselthäler*, sept cuvettes dont les eaux s'échappent par des *katavothres*. Nous les indiquerons en quelques traits. Ces bassins sont : 1° celui du lac Phonia, qui est dominé par des montagnes atteignant jusque 2374 mètres à l'est, alors que son altitude est seulement de 753 mètres ; 2° le bassin du lac Zaraka ou Stymphale ; 3° celui, très petit, de Klimendi ; 4° de Bongiaty ; 5° d'Orchomène l'antique ; 6° de Tripolis, le plus grand et le plus important, qui contient les ruines de Tégée et de Mantinée ; 7° de Franco-Vrysi.

Outre ces sept bassins principaux, il en existe encore beaucoup d'autres moins importants, par exemple ceux qui forment toute la presqu'île à droite du golfe de Laconie, pour le spectateur tournant le dos au golfe.

L'intérêt qui appelait M. Martel dans le Péloponèse n'était pas seulement celui de rechercher à quel *katavothre* d'en haut correspond

une source donnée, mais aussi d'aider puissamment à une œuvre utile entre toutes, celle de l'assainissement de la Morée, à laquelle le gouvernement grec s'est attaché depuis plusieurs années déjà. Les eaux des bassins, comme nous l'avons dit, n'ont d'autre issue que les katavothres, souvent bouchés et obstrués; il s'ensuit que les pluies d'automne, très abondantes, font varier le niveau des lacs, inondent les régions voisines et y amènent des fièvres paludéennes; lorsque les conduits, s'étant débouchés, permettent de nouveau l'écoulement, les champs noyés se découvrent et les marécages formés se dessèchent lentement en infectant le voisinage. La question vitale pour ces régions est le bon entretien des orifices des katavothres; mais, malgré tous les soins pris, l'étroussure des conduits souterrains est parfois si grande que les inondations ne s'en produisent pas moins. Une exploration interne de ces abîmes pouvait donc faire espérer une régularisation plus ou moins aisée du régime d'écoulement. C'est cette exploration que, pendant sa campagne de 1891, M. Martel a tentée pour les bassins de Franco-Vrysi et de Tripoli. Nous nous contenterons de suivre l'auteur dans ses aventures au katavothre de Taka, qui vide les eaux du lac du même nom, situé dans le bassin de Tripoli. Elles ont été partagées par un ingénieur grec, M. Sidéridès, qui poursuit actuellement seul les études commencées avec M. Martel.

« Le 19 septembre 1891, raconte M. Martel, malgré l'orage de la veille, le lac de Taka était complètement à sec; presque plein tout l'été, il s'était, quelques semaines auparavant, vidé subitement en fort peu de temps. Au grand trot d'excellents chevaux, nous traversâmes vivement, M. Sidéridès et moi, sur le sol d'argile craquelé, mais solide, formant le fond du marais, les deux kilomètres qui séparent le village de Berbati de la bouche du katavothre; ayant déjà visité deux autres petits gouffres dans la matinée, nous étions arrivés aux heures chaudes de la journée, et l'ardeur du soleil était telle que nous trouvâmes absolument frais les 22° centigrades marqués par le thermomètre à l'ombre et sous l'encorbellement du grand portique naturel qui constitue l'entrée de la caverne; la forme en est simple, une voûte en cul de four, un quart de sphère, si l'on préfère, évidé dans l'escarpement vertical du mont Kravari, large de 40 mètres à l'ouverture, haut et profond de 25 à 30 mètres et tourné droit vers le nord; en travers de cet antre colossal, et pour éviter l'engorgement du gouffre, une digue artificielle a été construite; au milieu, on a ménagé une coupure pour le passage des eaux, et cette coupure elle-même est pourvue d'une grille en mauvais état destinée à arrêter les troncs d'arbres; dans le marais même s'est creusé un sinueux canal de drainage, large de

4 mètres, profond de 1^m,50, à sec aujourd'hui comme tout le reste et dont les berges aussi sont tout en argile craquelée. Altitude du sol du marais auprès de la digue, 657 mètres, d'après les levés de précision de M. Sidéridès, qui a profité de la sécheresse pour faire enlever les boues puantes qui encombraient canal, digue, grille et caverne. Aussi le katavothre se présente-t-il dans les meilleures conditions pour la descente que nous allons y tenter; seulement, la pluie d'hier a délayé les argiles, revivifié les miasmes sans doute, et l'odeur qui s'en dégage est presque aussi fétide que les exhalaisons ptomaiques des fonds d'avens, où l'on jette, dans les Causses, les bestiaux morts! Je suis bien sûr d'attraper la fièvre dans ce bel endroit, insalubre au premier chef, mais qu'importe! Je veux connaître le mystère de Taka.

» Franchissant la digue, nous descendons dans le lit du canal qui draine Taka; le katavothre se creuse et la voûte du portique s'abaisse devant nous jusqu'à un trou, dans l'angle sud-ouest, qui forme la véritable entrée du souterrain, à 10 mètres sous le niveau du marais; trois ou quatre paysans grecs qui nous accompagnent bénévolement en curieux ont eu soin de retirer leurs vestes brodées et leurs fustanelles, et pénètrent dans la grotte en caleçon; c'est peu difficile d'ailleurs; une simple galerie descendante, inclinée à 30°, large de 2 mètres, haute de 2 à 6 mètres, sans stalactites ni suintement, forme le prolongement intérieur du canal de Taka. Après 40 ou 50 mètres de parcours, nous atteignons un carrefour (30 à 35 mètres sous le niveau du marais); le magnésium, dont la lueur surprend fort nos compagnons indigènes, nous montre là un petit trou devant nous, une galerie à gauche et une à droite; le trou a 25 centimètres de diamètre et est percé en plein rocher, les pierres y roulent assez loin, mais on ne pourra y passer sans la dynamite. La galerie de gauche n'a que 50 à 60 centimètres de diamètre; moi seul et un des Grecs sommes assez maigres pour nous y engager. M. Sidéridès et les autres essayent en vain d'y pénétrer. Elle monte un peu d'abord, puis redescend (en même temps que sa voûte se relève jusque 2 ou 3 mètres), pour aboutir, après 35 mètres de longueur, à une vasque d'eau fermée par la roche et de 5 mètres de diamètre; elle est surtout pleine de cailloux et presque sans vase; le niveau de son extrémité est à peu près celui du carrefour; c'est un cul-de-sac, une galerie latérale que l'érosion interne aura délaissée après avoir trouvé une autre crevasse d'épanchement; volte-face, et pour sortir, nous recommençons à ramper la tête la première, à plat ventre même en certain endroit, au beau milieu d'une flaque d'eau. En me voyant ressortir de ce boyau à rat, M. Sidéridès acquiert une haute idée de l'agrément que procure l'exploration des

cavernes et je lui en promets bien d'autres pour ses recherches futures. A la galerie de droite maintenant : elle est montante, plus haute et plus large, celle-là, mais coupée au bout de 10 mètres par une nappe d'eau de 6 mètres de diamètre sous une voûte de 5 mètres de haut ; parois à pic et pas de bateau ; ceci ne m'embarrasse point, puisque je me suis déjà complètement trempé dans l'autre couloir ! En me cramponnant aux saillies de la muraille gauche, j'atteins l'autre bord ; personne n'a voulu me suivre dans l'eau, bien que j'aie fortement vanté à M. Sidéridès les charmes du barbotage souterrain. Un petit trou me mène dans une chambre exiguë, et c'est tout ; encore un cul-de-sac ! Rocher partout ; l'issue des eaux n'est point là... J'ai vu tout ce qu'on peut voir au katavothre de Taka et indiqué à M. Sidéridès le point qu'il faut élargir pour assurer le dégagement du marais ; c'est le trou du milieu au carrefour. Et puis j'ai constaté aussi que ce trou étant situé à 35 mètres environ au-dessous du lac de Taka, soit à 622 mètres d'altitude, les eaux qu'il absorbe ne sauraient en aucune façon ressortir aux sources de Franco-Vrysi, qui sont à 654 mètres. Donc il est absolument faux de considérer soit Taka, soit le Saranda Potamos comme la source de l'Alphée ; *ceci est une erreur géographique à rayer de tous les livres.* »

En résumé, on voit que l'exploration du katavothre de Taka, moins intéressante évidemment, comme pittoresque, que celle du Bramabiau, de Padirac, dont nous avons parlé, s'est traduite par un résultat pratique et utilitaire incontestable. M. Sidéridès a fait élargir à la dynamite, à la fin de 1891, le trou qui avait arrêté les explorateurs au carrefour. M. Martel ne s'était pas trompé : là était bien le véritable exutoire du Taka, que M. Sidéridès put explorer au delà jusqu'à une nappe d'eau étendue à 45 mètres sous le niveau du marais. Grâce aux travaux de dynamite de l'ingénieur grec, le marais de Taka ne s'est pas reformé en automne, l'écoulement ayant pu se produire facilement. Il s'est reformé en mars de cette année, ce qui prouve que l'élargissement est encore insuffisant et qu'il faudra descendre encore plus bas dans le katavothre pour rechercher et agrandir les rétrécissements lointains qui sont cause de tout le mal.

Nous ne pouvons suivre les autres explorations de katavothres qui ont été faites dans ces régions sur les indications de M. Martel ; disons seulement que celle du katavothre de Verzova a eu des résultats complètement satisfaisants. L'élargissement des galeries à la dynamite a eu pour résultat l'écoulement complet des eaux du plateau de Verzova, voisin du Taka. Voilà pour toujours une contrée malsaine et enfiévrée rendue à la santé, et en même temps des terrains de superficie consi-

dérable, autrefois périodiquement inondés, acquis à l'agriculture. M. Martel peut se féliciter à juste titre du résultat de ses travaux : entré dans cette voie nouvelle de recherches hydrologiques, en savant et en curieux, il a réussi aujourd'hui, par les applications utilitaires qu'il en a faites, à acquérir aussi bien l'estime du monde de la science que la reconnaissance, peut-on dire, de toute une population ; car, si les explorations des katavothres de la Morée sont continuées avec persévérance, elles conduiront certainement à l'assainissement du pays tout entier.

III. — *Mode de formation des cavernes.*

Les explorations nombreuses entreprises par M. Martel et ses collaborateurs ont confirmé une opinion qui était de croyance générale chez les géologues, c'est que les excavations souterraines de dimensions considérables sont relativement rares, même dans les terrains calcaires. Autrefois, l'on croyait à l'existence de cavernes immenses répandues un peu partout dans le sous-sol ; ces croyances anciennes, qui se lient au mythe de l'enfer plutonien des Romains et des Grecs, ont survécu pendant tout le moyen âge à la disparition des légendes religieuses de l'antiquité, et il a fallu les travaux des géologues modernes pour les renverser complètement pendant les époques récentes de l'histoire. Ils ont montré, en outre, que, généralement, les excavations souterraines sont restreintes aux terrains calcaires et même aux calcaires d'une compacité spéciale ; M. Martel a réduit, enfin, ces cavernes à leurs vraies dimensions, et, tout en apportant à notre imagination éveillée des aliments nouveaux, a restreint ses écarts et guidé ses pas.

Nous voudrions, pour terminer notre étude sur les travaux du savant explorateur français, aborder un sujet sur lequel il a jeté une vive lumière : c'est celui du mode de formation et de la configuration des cavités souterraines, dans leur liaison avec la disposition des calcaires. Il a montré, dans un mémoire présenté à la Société géologique de France, en 1890, que l'on peut, au point de vue de la forme, diviser les excavations pratiquées dans les calcaires en trois classes : 1^o les puits creusés par en haut, auxquels on donne les noms d'avens, igues, tindouls, bétoires, dolines, trichter, katavothre, etc... ; 2^o les grottes proprement dites, qui suivent la pente générale de la stratification ; et 3^o les puits d'éboulement creusés par en bas, très rares. On se rappellera le puits de Padirac, dont nous avons parlé.

Il est clair que les érosions produites par les eaux sont les causes actives de ces formations, mais, en même temps, ces érosions n'ont

pu se produire qu'à la condition première que ces eaux aient pu s'introduire dans les masses calcaires. Quelles sont donc les voies d'accès premières offertes aux eaux ?

Les terrains calcaires sont toujours stratifiés, c'est-à-dire qu'ils ont été formés par des dépôts successifs, séparés par des époques plus ou moins longues ou bien par des dépôts qui se sont suivis immédiatement. Dans ces deux cas, on observe aux faces de contact de deux dépôts successifs, du moins dans les calcaires supérieurs, des fissures nombreuses. En outre, que les dépôts soient restés horizontaux ou qu'ils aient été plissés par des actions latérales consécutives, ils présentent d'autres cassures parallèles entre elles, et dont chaque série fait avec les plans des strates un angle constant. La masse calcareuse totale est ainsi divisée en parallépipèdes, et les chemins d'accès des eaux dans l'intérieur sont constitués par les intervalles des strates ainsi que les deux systèmes de cassures que nous nommerons *diaclasses*.

Ces points bien acquis, et la représentation des masses calcareuses ainsi divisées bien présente à notre esprit, nous pouvons aborder l'explication du mode de formation des cavernes et excavations.

Parlons d'abord des avens. Sur un plateau formé de strates horizontales (c'est le cas dans les Causses), considérez une diaclase verticale formant fissure. Les eaux torrentielles s'y précipitent, entraînent des cailloux durs et quarizeux qui creusent le calcaire plus tendre. La diaclase s'élargit et le fond se remplit de l'argile ferrugineuse que contient le carbonate de chaux ; ce fond est ordinairement constitué par la surface d'une strate sur laquelle les eaux ont trouvé un chemin praticable. Il arrive aussi que les eaux, retenues sur cette strate, ont pu, en profitant d'une diaclase perpendiculaire, creuser au fond de l'aven une véritable grotte, comme c'est le cas à l'abîme de Rabanel (Hérault) et à l'igüe de Bar (Causse de Gramat). Le tournoiement des eaux descendantes a rendu les avens plus larges à la base qu'au sommet : c'est ce que l'on remarque à peu près partout.

Les grottes en terrains peu inclinés sont dues à des effets différents. Nous pourrions prendre comme exemple la grotte de Padirac, dont la longueur totale est de trois kilomètres environ. Imaginons une série de strates légèrement inclinées, coupées par des diaclasses ; les eaux s'écoulent dans ce cas sur la surface d'une strate et dans une diaclase, que nous supposerons verticale ; elles formeront ainsi une galerie beaucoup plus haute que large et dont la voûte et le fond seront formés par deux strates. Si la diaclase de cheminement se ferme, les eaux s'étalent sur la strate de fond et forment une galerie plus large que haute entre les deux strates ; enfin, si elle rencontre une diaclase faisant

un angle avec la direction de la première, elles s'y introduisent et donnent lieu à des coudes brusques de la rivière souterraine.

Tous ces détails et ces conséquences de la structure du terrain sont des plus nets à Padirac. En général, la rivière souterraine de 3 kilomètres y suit une diaclase dirigée au nord, avec quelques coudes suivant des diaclases perpendiculaires à la première. Les strates de fond appartiennent au bajocien à *Pecten pumilus*, et la rivière disparaît par infiltration à la surface des strates, inférieures aux précédentes et plus dures du calcaire du lias. On sait qu'elle réapparaît au jour sur les escarpements de la Dordogne, au-dessus de Gintrac, et au niveau supérieur des argiles à *Ammonites bifrons*.

Enfin il nous reste à parler des grottes en strates très inclinées. Celles-ci nous intéressent spécialement, car nous avons en Belgique une curiosité naturelle très remarquable, la grotte de Han, qui peut être considérée comme le type le plus complet de ce genre de formation. Le terrain où elle s'est creusée est en effet constitué par des calcaires dévoniens à couches plissées et fracturées. Ces calcaires appartiennent à l'assise de Givet et sont compris entre deux bandes schisteuses de l'Eifélien et du Frasnien.

Les eaux de la Lesse, au lieu de contourner la montagne, pénètrent entre les strates inclinées du calcaire givétien, et s'y perdent entièrement au trou de Belvaux. On ne peut d'ailleurs les suivre, car elles remplissent entièrement la cavité.

Il est à remarquer qu'en aval de la perte de Belvaux se trouvent deux autres trous entre strates, par lesquels autrefois la rivière pénétrait à l'intérieur de la montagne.

Les strates où le trou de Belvaux se perd sont inclinées à 45° au Sud-Ouest, mais la rivière entre à proprement parler dans les masses calcaires par une diaclase perpendiculaire à leur direction. On trouve d'ailleurs, à l'intérieur de la grotte, deux types de galeries, les unes suivant les strates, les autres suivant les diaclases, avec formation de salles aux coudes de croisement. Les galeries suivant les strates ont leurs côtés inclinés et parallèles, tandis que les galeries en diaclases sont, ou rectangulaires, ou en haut couloir, ou en tunnel, comme l'entrée et la sortie de la Lesse. C'est la combinaison de ces deux espèces de galeries qui a donné lieu à la formation du réseau que l'on nomme à Han le labyrinthe. Lorsque le travail des eaux est plus complet, l'enlèvement ou l'effondrement des masses donne lieu à une salle comme celle du Dôme, dont le plafond est une strate inclinée à 30° environ, ou encore comme celle de la Sentinelle et de la Place d'Armes.

Dans les cavernes calcaires, ainsi que le fait remarquer M. Martel, le côté pittoresque est surtout dévolu aux formations dites stalactites ou stalagmites, qui tombant du sommet des voûtes fissurées en minces colonnettes, et s'élevant du sol en masses mamelonnées peuvent, par leurs formes variées et capricieuses, donner lieu aux aspects les plus fantastiques.

Nous terminons ici cet aperçu rapide des études et des explorations de l'intrépide savant. Il nous a mené jusqu'au commencement de 1892 ; mais, dans une lettre récente, il nous apprend que l'année actuelle n'a pas été perdue pour ses travaux. Nous aurons bientôt probablement l'occasion d'en parler aux lecteurs du *Ciel et Terre*.

(A suivre.)
