

SÉANCE MENSUELLE DU 18 FÉVRIER 1947.

Présidence de M. A. HACQUAERT, président.

Dons et envois reçus :

De la part des auteurs :

- 9587 *Arellano, Alberto R. V.* Datos geologicos sobre la Antigüedad del Hombre en la Guenca de Mejico. Mexico, 1946, 6 pages.
- 9587 *Bryan, Kirk.* Comentario e intento de correlacion la cronologia glacial. Mexico, 1946, 5 pages.
- 9588 *Bryan Kirk.* Cryopedology, the study of frozen ground and intensive frost-action with suggestions on nomenclature. New Haven, 1946, 20 pages et 4 figures.
- 9589 *Hacquaert, A.* Natural Sciences in Belgium during the war. Geology. Gand, 1946, 58 pages.
- 9590 *Lepersonne, J.* La géologie et les problèmes coloniaux d'après guerre. Liège, 1945, 15 pages.
- 9591 *Robert M.* Le Congo physique. Troisième édition. Liège, 1946, 449 pages, 29 planches et 70 cartes et figures.
- 9592 *Stose, Georges W.* Geologic Map of North America. Scale 1: 5.000.000. 1946 (en deux feuilles).

Divers :

L'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège (A.I.Lg.) nous prie de porter à la connaissance de nos membres qu'elle organise, au mois de septembre prochain, un Congrès et une Exposition pour célébrer le Centenaire de sa fondation. Pour informations complémentaires, prière de s'adresser au Secrétariat du Congrès, 31, rue Saint-Gilles, Liège, ou à nous-mêmes.

Communications des membres :

M. E. DENAEYER. — *Les gisements de cone-in-cone de France et de Grande-Bretagne* (Projections lumineuses).

Le texte reproduit ci-après ne comprend que la première partie de la communication de M. M. E. Denaeyer. La seconde partie, qui traite des gisements de Grande-Bretagne, paraîtra dans un prochain fascicule.

M. SNEL. — *Observations sur quelques roches quartzzeuses du Carboniférien à Malonne et à la Basse-Marlagne* (Projections lumineuses). (Texte ci-après.)

Les gisements de cone-in-cone de France et de Grande-Bretagne (*),

par MARCEL-E. DENAEYER.

PREMIÈRE PARTIE

accompagnée d'une carte dressée
par PIERRE-L. MAUBEUGE.

I. — INTRODUCTION.

II. — GISEMENTS FRANÇAIS (**).

RÉSUMÉ. — *Les théories actuelles qui disputent de l'origine de la structure cone-in-cone — théorie dynamique de la traction sous l'influence de causes tectoniques et théorie organo-chimique du concrétionnement autour de centres organiques en décomposition — se rattachent à des théories plus anciennes, perfectionnées de nos jours grâce aux observations plus poussées dans le détail et à des expériences de reproduction. Mais, à la critique, les nouvelles théories apparaissent encore très insuffisantes. Il faut poursuivre les observations objectives sur le terrain et au laboratoire. L'auteur adresse ses remerciements à tous ceux qui lui ont facilité l'étude des gisements de cone-in-cone, en France et en Grande-Bretagne.*

Les cone-in-cone de la Montagne Noire revêtent presque constamment la forme d'ellipsoïdes aplatis, microquartziteux, appelés localement « gâteaux ». Les « gâteaux » sont accompagnés dans leurs gisements de nodules indifférenciés, en majorité siliceux et parfois cloisonnés comme les « septaria ». « Gâteaux » et nodules sont quelquefois fossilifères. En ce cas, les premiers se clivent suivant le plan équatorial dans lequel se localisent les empreintes organiques (Trilobites). Exceptionnellement, les fossiles ont imposé leur morphologie aux « gâteaux » dans quoi ils sont inclus.

On rencontre ces accidents pétrographiques dans les schistes siliceux ou gréseux, depuis le Trémadoc supérieur jusqu'à la fin de l'Ordovicien, avec un maximum de fréquence dans l'Arénig inférieur de l'échelle de

(*) Communication présentée à la séance du 18 février 1947.

(**) La seconde partie (*Gisements britanniques*) paraîtra dans le prochain fascicule.

Cabrières. L'alternance des facies vaseux et sableux des sédiments englobants semble indiquer des ruptures d'équilibre du fond sous-marin pendant le dépôt des formations nodulifères.

Les cone-in-cone de Lorraine constituent le plus souvent des lits discontinus ou des couches lenticulaires, de nature calcaire et fibreuse; on les appelle localement « nagelkalk » ou « calcaire à clous ». Plus rarement, ils revêtent la forme de nodules libres ou de bancs noduleux. Dans quelques cas, ils enveloppent des noyaux calcaires indifférenciés ou des « septaria ». Ils voisinent avec des nodules : « ovoïdes » ou « miches » calcaires, phosphatés ou ferrugineux sans structure spéciale. Ces nodules sont fréquemment fossilifères. Les lits de « nagelkalk » se divisent suivant des surfaces de séparation compliquées, hérissées de cônes, ou bien suivant un délit plan passant par un lit sédimentaire indifférencié de nature sableuse ou argileuse ou encore suivant un délit déterminé par des empreintes de fossiles.

Le « nagelkalk » et les nodules qui l'accompagnent sont connus en Lorraine dans les sédiments vaseux (marnes ou argiles marneuses) depuis le Trias (Muschelkalk et Keuper moyen) jusqu'à la fin du Jurassique inférieur (Lias, du Lotharingien au sommet du Toarcien) et dans l'Oxfordien, avec une fréquence maximum dans le Toarcien. Au cours de ces périodes, de nombreuses ruptures d'équilibre des fonds sous-marins ont été reconnues et, de plus, les gisements de « nagelkalk » coïncident souvent avec des zones anticlinales ou des dômes.

Les points où l'on peut les étudier présentement, in situ, en relation avec les sédiments encaissants, sont les suivants :

Blainville et Gerbéviller (Muschelkalk supérieur);

Saulxures-Essey et Cense Bedon (Lotharingien supérieur);

Jeandelaincourt (Domérien moyen);

Gélaucourt, Champigneulle et Saint-Mard (Toarcien).

I. — INTRODUCTION.

THÉORIES ANCIENNES ET THÉORIES ACTUELLES DE LA STRUCTURE CONE-IN-CONE. — Les travaux anciens concernant les formations à structure cone-in-cone ne dépassent généralement pas le stade de la description macroscopique des spécimens. Ils fournissent aussi des indications sur leur mode de gisement. Quant aux données micrographiques, lorsqu'elles existent, elles sont le plus souvent incomplètes ou superficielles.

Aussi les diverses hypothèses formulées jadis pour expliquer la genèse de cette structure sont-elles assez sommaires.

Elles se rattachent toutes à l'un des groupes suivants :

A. — THÉORIES ORGANIQUES :

a) Les cone-in-cone sont des « pétrifications » (URE, DAVREUX, HILDRETH, MURCHISON, QUENSTEDT);

b) Ils se sont édifiés grâce à l'échappement des gaz provenant de la destruction des matières organiques (YOUNG).

B. — THÉORIES DYNAMIQUES : les cone-in-cone sont des cristallisations conditionnées par l'état des contraintes jouant à la compression (RICHARDSON, TWENHOFFEL, CAYEUX).

C. — THÉORIES CHIMIQUES : les cone-in-cone sont des cristallisations, concrétions ou dépôts formés :

a) sans l'intervention de pressions (SORBY, DAINTREE, JUDD, REIS, NEWBERRY, COLE, GEIKIE, LINCK);

b) avec intervention de pressions (MARSH, DAWSON, GRESLEY, TARR).

D. — THÉORIES PHYSIQUES : elles font appel à une variation de volume (DAVIES, TARR, SHAUB).

*
**

Les théories actuelles se situent, elles aussi, dans ce cadre; mais elles paraissent reposer sur des observations beaucoup plus poussées dans le détail et — fait nouveau — les auteurs ont cherché une confirmation de leurs hypothèses dans des expériences de laboratoire. Ils ont répondu ainsi au vœu formulé en 1935 par L. CAYEUX, qui, le premier, ouvrit la voie aux observations micrographiques minutieuses.

1. *Théorie de la traction* (DENAËYER, 1939-1945). — Les études que j'ai publiées en Belgique et en France développent le point de vue suivant, exprimé de façon complète sous la forme condensée que je reproduis ci-dessous [8, p. 143] ⁽¹⁾ :

« La structure cone-in-cone a été engendrée par l'étirement de roches primitivement vaseuses et plastiques, — interstratifiées en couches lenticulaires ou en lentilles dans des sédiments relativement indéformables, — sous l'effet de forces de traction déclanchées par des mouvements tectoniques différentiels de très faible amplitude, pénécontemporains de la sédimentation. »

Cette théorie se range donc sous la rubrique : « théories dynamiques »; mais, contrairement aux opinions reçues, elle fait essentiellement appel à des forces de traction. Elle assigne à ces forces une origine tectonique et invoque des effets de voûte. Elle requiert en outre la plasticité primitive des roches défor-

(1) Les chiffres gras renvoient aux travaux cités à la fin de la Première partie.

mées coniquement et leur adhérence aux couches qui les encadrent. Dans ces hypothèses, la majeure partie des faits observés et des détails structuraux paraissent s'ordonner logiquement de façon simple. L'auteur a pu reproduire mécaniquement certains caractères de la structure conique en étirant une matière plastique entre deux plans rigides.

2. *Théorie organo-chimique* (BONTE et GAY, 1942-1946). — Cette théorie part d'un point de vue complètement différent. Elle rappelle assez fidèlement l'ancienne « théorie organique » de J. YOUNG (1885), mais poussée à un plus haut degré de précision.

La théorie est fondée sur l'observation de la distribution particulière des cônes principaux à la surface de certaines concrétions à Trilobites de l'Arénigien de la Montagne Noire (Hérault) [2] et de l'Acadien de Langlade [3].

Les cônes y sont groupés de manière à épouser de façon parfaite la morphologie de la carapace des Trilobites qui s'y trouvent inclus; ils s'alignent dans la direction des sillons axépèvres et des segments; ils se localisent aussi sur les yeux. A. BONTE voit dans cette distribution l'action des gaz s'échappant par les orifices du test au cours de la fermentation putride qui suit la mort de l'animal. Il envisage la croissance des cônes comme une concrétion s'opérant sous l'influence de phénomènes de diffusion en milieu basique (anaérobie) à partir des centres organiques. La croissance des cônes serait centripète.

Dans des recherches expérimentales sur les fronts de précipitation des électrolytes par diffusion ionique, R. GAY a pu préciser [10] les conditions dans lesquelles il est possible d'imiter l'allure d'une concrétion « ouverte » de type conique. Il est obligé de faire intervenir pour cela une notion théorique : celle du réactogène ou « combinaison inactive par elle-même [sécrétée par le centre d'activité biochimique], mais capable de donner le réactif par une décomposition plus ou moins spontanée ».

Dans le cas des cone-in-cone calcaires, la rencontre d'un champ de diffusion linéaire d'ions Ca^{++} et d'un champ de diffusion sphérique d'ions CO_3^{--} peut donner naissance à un front de précipitation conique, à condition que le champ de diffusion des ions Ca^{++} n'atteigne pas le centre d'émission des ions CO_3^{--} . Dans le cas contraire il se produit des formes « fermées » assimilables à des oolithes.

Insuffisances de ces théories. — Je ne ferai que les indiquer très sommairement. La critique des deux théories actuellement en compétition nécessiterait des développements que le bref exposé qui précède ne permet pas d'aborder ici.

1. La théorie « mécaniste » de la traction cadre bien avec les caractères structuraux des cone-in-cone et — en particulier — avec la structure singulière des films à gradins enveloppant coniquement les cônes élémentaires. J'ai pu suivre pas à pas dans mes lames minces le développement de cette structure.

Toutefois, l'origine des forces de traction admise par cette théorie semble devoir être recherchée ailleurs que dans des déformations tectoniques à l'échelle régionale (plissements différentiels à grand rayon de courbure). J. GOGUEL, dont la compétence en matière de mécanique de l'écorce terrestre est bien connue, pense que « de tels effets de voûte entraîneraient d'énormes pressions horizontales qui n'auraient pas manqué de déformer les assises qui les subissaient » (2).

Même si l'on faisait bon marché de cette objection, l'influence de déformations de faible amplitude n'apparaîtrait comme possible que dans le cas des couches à structure cone-in-cone d'une certaine extension horizontale (bancs lenticulaires), mais elle ne constituerait pas une explication suffisante du cas, si fréquent, des nodules ellipsoïdaux de petites dimensions (0,1 à 2 m de diamètre) dont les cônes latéraux sont couchés dans le plan équatorial, ni de celui — plus exceptionnel — des nodules dont la structure cone-in-cone ne se développe qu'à la périphérie d'un noyau parcouru de fissures béantes, ayant tous les caractères des septaria [9]. Il semble plutôt que ce soit dans les variations de volume accompagnant les phénomènes diagénétiques dont de tels nodules sont le siège qu'il faille rechercher l'origine des forces de traction responsables de l'édification de la structure cone-in-cone.

D'autre part, il faut reconnaître que les idées de plasticité de la substance primitive des nodules, de rigidité relative des roches encaissantes et d'adhérence à celles-ci de la matière plastique constituent plutôt des pétitions de principe de la théorie, ou, si l'on veut, des hypothèses accessoires (suggérées d'ailleurs par certains faits d'observation), mais destinées à étayer l'hypothèse principale : celle de la traction.

(2) Extrait d'une lettre de M. J. Goguel à l'auteur, datée du 7 novembre 1946.

Les objections indiquées ci-dessus me paraissent plus fondamentales que les critiques formulées par A. BONTE [1 et 2, p. 475]. Ces critiques se rapportent plutôt à des difficultés d'interprétation de certains détails morphologiques, difficultés qu'à tout prendre il ne paraît pas impossible d'éliminer. La plus grave est, selon moi, celle qui a trait à la différence entre l'ouverture angulaire des cônes principaux (cônes-enveloppes) et celle des cônes élémentaires. On sait que cette dernière est généralement plus petite que la première. Dans sa théorie, A. BONTE interprète cette obliquité des génératrices des deux catégories de cônes par l'existence de « surfaces coniques fictives de discontinuité cristallogénique » [2, p. 471]. La différence d'ouverture des deux sortes de cônes pourrait aussi s'expliquer, selon moi, par la différence de résistance mécanique entre une trame primitive plastique et les filets phylliteux interstratifiés, les deux sortes de matières ne se déformant pas avec la même facilité.

2. La théorie organo-chimique de A. BONTE et R. GAY, très séduisante à première vue, est de nature à emporter l'adhésion des géologues qui attachent — à juste titre d'ailleurs — une grande importance au rôle des actions biochimiques dans la diagenèse.

On peut cependant reprocher à cette théorie son adaptation par trop étroite au cas exceptionnel des « gâteaux » si particuliers de la Montagne Noire et de Langlade. Il est sans doute indéniable que les Trilobites inclus ont imposé leur forme à ces « gâteaux » et joué un rôle directeur dans leur morphogénèse. Mais il ne me paraît pas plus légitime de supposer que c'est au dégagement des gaz de la fermentation qu'est dû ce rôle directeur, qu'à une répartition des contraintes en relation avec la morphologie de la carapace de l'animal.

D'autre part, la théorie organo-chimique paraît impuissante à expliquer de façon rationnelle la forme si constante en « miche » ou ellipsoïde de révolution aplati de la plupart des nodules à structure cone-in-cone. Elle paraît impuissante aussi à expliquer pourquoi, en l'absence de restes organisés manifestes, — ce qui constitue le cas de loin le plus fréquent, — ces nodules réalisent la structure cone-in-cone d'une manière parfaite. Dire que, dans ce cas, « une vase organique donnera une infinité de centres de diffusion élémentaires » et qu'« on ne pourra donc inférer, de l'absence de tout reste organisé, à

l'insuffisance de la théorie » [2, p. 469] est encore une pétition de principe. On serait fondé alors à s'étonner que la structure cone-in-cone ne soit pas de règle dans les vases organiques actuelles.

Je négligerai intentionnellement et dans le même esprit que plus haut, d'exposer les critiques que je pourrais présenter à la manière dont A. BONTE interprète des détails structuraux tels que les gradins, les cônes latéraux, l'obliquité des cônes élémentaires sur les surfaces des cônes-enveloppes, etc. Je me bornerai à rappeler mon désaccord [9] avec cet auteur au sujet, non tant de son interprétation du mécanisme de la formation des gradins par glissement et arrachement [1], que de l'origine qu'il assigne à la matière de remplissage des gradins. Il voit dans cette matière un apport secondaire venant combler la lumière créée entre deux cornets contigus suivant une « surface de discontinuité cristallogénique ». Il est difficile de souscrire à cette manière de voir quand on a présente à l'esprit l'ordonnance géométrique si spéciale des lamelles phylliteuses, parfois très cristallines, qui, dans beaucoup de cas, constituent les gradins des films-enveloppes [8, 152] et quand on sait qu'elles font partie intégrante de la roche associée ou de parties indifférenciées d'un nodule (par exemple dans les septaria à enveloppe de cone-in-cone).

De même que, dans l'opinion de A. BONTE, je n'ai « jamais obtenu dans mes expériences... que les étranglements classiques des essais de traction des matériaux » [2, p. 475] ⁽³⁾, de même, dans ses expériences si ingénieuses de précipitation par diffusion ionique, R. GAY — de son propre aveu — n'a « réussi à reproduire ni la périodicité de la structure, ni la véritable forme conique, mais seulement une forme apparentée au cône, ayant même orientation et même disposition par rapport au centre de diffusion ionique des cone-in-cone [10, p. 145].

Il est naturellement facile de critiquer les auteurs des tentatives de reproduction des phénomènes naturels qui, pour atteindre à un résultat qu'ils s'imposent à l'avance, sont obligés de simplifier les données des expériences et d'introduire dans les calculs des hypothèses difficilement vérifiables, comme celle du « réactogène ». Je me garderai bien de céder à cette facilité, mais ce n'est pas diminuer le réel intérêt de la thèse de R. GAY

(3) Cet auteur néglige de citer la reproduction, à l'échelle microscopique, de la structure en « chevron ».

que de faire observer que si les oolithes gemellées et les cone-in-cone étaient, comme il le croit, deux formes dues au mécanisme réactogène, il est étonnant que l'observation des faits n'ait pas encore fourni un seul exemple d'association de ce genre.

D'autre part, si, comme R. GAY semble l'admettre, le mécanisme de la formation de la structure cone-in-cone est le même, qu'il s'agisse de formations cristallisées (carbonates...) ou colloïdales (silice...), il est surprenant que — dans le dernier cas — la silice n'ait pas plutôt réalisé par diffusion (comme la calcite) une de ses formes fibreuses. A moins de supposer que les cone-in-cone microquartziteux, tels que nous les connaissons, résultent de la silicification confuse, et sans souvenir de la structure fibreuse de la calcite primitive, d'anciens cone-in-cone carbonatés.

*
**

Je viens d'esquisser à grands traits l'état actuel du problème des cone-in-cone. Il est sans doute possible de réaliser un accord sur certains points de détail, mais les deux théories en présence s'opposent si radicalement quant à leur point de départ et dans leurs développements, qu'il serait déraisonnable d'accorder plus de crédit à l'une qu'à l'autre. Toutes deux présentent de graves défauts que j'ai tenté de mettre en lumière et, à tout instant, de nouvelles découvertes peuvent venir modifier les points de vue de leurs protagonistes.

En cette matière, il faut savoir à point nommé faire abstraction de ses préférences personnelles et revenir constamment à l'observation objective. C'est dans cet esprit et dans le but de confronter les hypothèses avec les faits que j'ai entrepris de visiter un certain nombre de formations à structure cone-in-cone, en France et en Grande-Bretagne, avec l'appui du Fonds National de la Recherche Scientifique.

Dans ce premier Mémoire, je me propose de décrire, dans l'ordre stratigraphique, les caractères extérieurs de ces formations ainsi que les particularités de leurs gisements, en m'efforçant de ne laisser dans l'ombre aucune donnée utile à la solution du problème. La tâche me sera singulièrement facilitée grâce à la documentation qui a été publiée à ce sujet, soit antérieurement à mes observations personnelles, soit entre l'époque où je les ait faites et la date de ma communication.

J'exposerai dans d'autres Mémoires les résultats de mes observations micrographiques et, s'il y a lieu, des conclusions.

*
**

J'éprouve une grande satisfaction en adressant, ici, mes vifs remerciements et l'expression sincère de ma reconnaissance à tous ceux, collègues, confrères et amis, qui ont bien voulu m'aider dans ma tâche avec un empressement et un dévouement dont je suis très touché, soit en m'accompagnant sur le terrain, en me permettant de consulter les collections de leurs Instituts ou Laboratoires, ou en me documentant d'une façon ou d'une autre, soit en m'offrant leur hospitalité, leurs moyens de transport personnels ou autres facilités de travail et d'information.

En France, ce furent :

MM. les Professeurs CH. JACOB, Membre de l'Institut, A. ABRARD (Muséum, Paris), G. DENIZOT (Faculté des Sciences, Montpellier), J. ORCEL (Muséum, Paris), M. ROUBAULT (Faculté des Sciences, Nancy) et M. THORAL (Faculté des Sciences, Lyon);
M^{lle} S. CAILLÈRE (Muséum, Paris) et M^{me} MAUBEUGE (Nancy);
MM. BOLFA (Faculté des Sciences, Nancy), M. DREYFUS (Faculté des Sciences, Montpellier), R. FURON (Muséum, Paris), B. GEZE (Collège de France, Paris), P. MAUBEUGE (Faculté des Sciences, Nancy), MERCIER (Faculté des Sciences, Nancy), MILLOT (Faculté des Sciences, Nancy) et DEJEAN (Adjoint au Maire, Cabrières).

De plus, j'ai eu de fructueuses conversations sur l'objet de mes recherches avec M. le Professeur J. BOURCART (Faculté des Sciences, Paris) et MM. A. BONTE (B.R.G.G., Paris) et R. GAY (Paris).

En Grande-Bretagne, je citerai :

MM. les Directeurs du Geological Survey of Great Britain, Dr. W. F. P. MC. LINTOCK (Londres) et T. H. WHITEHEAD, Esq., F. R. S. E. (Scottish Office, Edinburgh);

le Professeur et Mrs. A. HOLMES, F. R. S. (University, Edinburgh), le Professeur W. Q. KENNEDY (University, Leeds), le Professeur et Mrs. H. P. LEWIS (University of Wales, Aberystwith) ⁽⁴⁾, les Professeurs TRUMAN (University, Glasgow) et H. H. READ, F. R. S. (Imperial College, Londres);

⁽⁴⁾ Le Prof^r Lewis est décédé en janvier 1947. Je prie Mrs. Lewis et ses fils d'accepter, avec ma profonde sympathie, le témoignage de la gratitude que je dois au Prof^r LEWIS.

le Docteur Lady E. CURRIE (University, Glasgow);
 les Docteurs E. M. ANDERSON (Geological Survey, Edinburgh), A. J. BUTLER, Esq. (Geological Survey, Londres), DAVIS (Imperial College, Londres) et ELLIS (British Museum, Natural History, Londres), le Docteur et Mrs. J. E. HEMMINGWAY (University, Leeds), le Docteur et Mrs. W. M. HOPKINS (University, Durham), le Docteur W. D. LANG, F. R. S. (Charmouth), le Docteur et Mrs. J. E. RICHEY, F. R. S. (Edinburgh), les Docteurs P. A. SABINE (Geological Survey, Londres), W. Campbell SMITH (British Museum, Natural History, Londres), G. W. TYRREL (University, Glasgow), H. C. VERSEY (University, Leeds) et G. WILSON (Imperial College, Londres).

Je me plais à remercier aussi M. L. W. BRIDGES, Délégué adjoint du British Council (Bruxelles), qui a eu l'obligeance de s'intéresser personnellement à mes projets et de m'en faciliter l'exécution à certains égards.

II. — GISEMENTS FRANÇAIS.

En France, la structure cone-in-cone est bien connue dans le Silurien de la Montagne Noire, depuis le Trémadoc supérieur jusqu'à l'Ordovicien supérieur. Elle existe aussi dans les Schistes à Calymènes (Llandeilo) du Calvados. Elle est très répandue dans le Trias et le Jurassique lorrains. Elle a aussi été signalée dans le Trias de l'Hérault et de l'Ardèche et dans un niveau probablement jurassique du département de Tarn-et-Garonne.

1. Gisements siluriens de la Montagne Noire.

Dans un Mémoire récent, M. THORAL consacre tout un chapitre aux roches et aux nodules des formations paléozoïques de cette région [13, pp. 24 à 36].

J'en résume ci-après les principaux passages.

Le Silurien de la Montagne Noire forme un complexe schistogréseux. Les schistes, à grain très fin, siliceux, « procèdent d'anciennes vases quartzieuses » et les grès présentent toutes les variétés granulométriques « depuis des poudingues à éléments fins et ciment argilo-siliceux jusqu'à... des microquartzites ». « Le tout a été plissé ensemble sans disharmonies importantes et avec une souplesse remarquable ».

Les nodules répandus dans le Silurien sont essentiellement siliceux. Ceux du Trémadoc sont « de forme ovoïde ou sphé-

rique » et ne dépassent pas 15 cm dans leur plus grande dimension. « Dès les couches de passage à l'Arénig, il en existe de beaucoup plus gros : quelques-uns commencent à s'entourer de la structure cone-in-cone et deviennent de véritables gâteaux ». M. THORAL note aussi l'existence, dans les Monts de Lacaune, de gros nodules sphériques dont la masse interne est parcourue par un réseau de fissures béantes. D'après la description qu'il en fait, je pense que ces nodules sont en tous points comparables aux septaria par leur structure. L'auteur signale en outre des concrétions analogues « dans le facies schisteux des grès à Lingules de la moyenne vallée de l'Orb, au Sud de Roquebrun, et dans les schistes à *Didymograptus* des environs de Cabrières ». A peu de distance au Sud-Est de cette localité « sur la rive gauche de la Boyne, dans les schistes à Graptolithes, se voient des nodules énormes subsphériques, atteignant 50 à 60 cm de diamètre », qu'il n'a pu débiter.

M. THORAL estime que les faits résumés ci-dessus « plaident en faveur de la nature calcaréo-siliceuse du sédiment originel très fin, puis d'une substitution rapide de la silice colloïdale au calcaire avec évolution ultérieure vers le type microquartzite par recristallisation du ciment siliceux ».

A l'appui de cette hypothèse, il indique qu'« à côté de ce type fondamental... on en connaît d'un peu différents. Dès l'Arénig inférieur, il arrive que la présence de calcaire dans les nodules soit encore évidente : le test des fossiles est en calcite plus ou moins pure »... « La ténacité de la roche est encore grande, mais la cassure n'a plus tout à fait le même aspect que dans les nodules siliceux. La concrétion n'éclate pas sous le marteau, mais elle s'écrase un peu; il s'en détache des fragments sur lesquels miroitent les facettes de clivage de la calcite. De tels nodules sont connus dans l'Arénig tout à fait inférieur, près du Col des Châtaigniers d'Assignan et en divers points le long du Causse nummulitique; ils sont nombreux et de grande taille au toit des grès à Lingules, près de la source Foulon; on en retrouve de-ci de-là dans les schistes du Ladayran, dans les schistes à *Didymograptus deflexus* du Nord de Cabrières. Quand ils deviennent plus nettement calcaires, ils rentrent dans la catégorie des nodules calcaires qui mènent aux nodules franchement calcaires. »

Quant aux nodules offrant la structure cone-in-cone ou « gâteaux », « ils sont célèbres à cause de leur grande taille et de la découverte, à vrai dire assez exceptionnelle, dans leur

sein de Trilobites de grande taille bien conservés. Leur forme varie depuis le nodule aplati en galette mince jusqu'au sphéroïde, mais la plupart sont des ovoïdes ou des ellipsoïdes aplatis. Leur taille varie de moins de 1 décimètre — rarement — à 7 décimètres et quelquefois plus ». Certains « atteignent le mètre dans leur plus grande dimension ».

En plus des nodules classiques qui seront décrits plus loin, M. THORAL signale des bancs de grès psammitique pouvant acquérir progressivement la structure cone-in-cone sur les deux faces. L'épaisseur de la partie affectée de cette structure étant variable, « le banc ainsi modifié peut être transformé en chapelets ou en nappe de pseudo-nodules, jointifs ou non, que l'érosion isolera. Cette disposition était particulièrement nette dans la vallée d'un petit ruisseau entaillant la plaine du Cadenas, en amont de Cabrières ».

Résumant les théories actuelles ayant trait à la genèse de la structure cone-in-cone, l'auteur fait très justement remarquer « qu'il faudra que l'hypothèse acceptée soit compatible avec la répartition géographique limitée des gâteaux ».

J'ajouterai qu'elle devra aussi être compatible avec leur distribution stratigraphique. Bien que les découvertes de cone-in-cone se multiplient dans les horizons les plus divers, cette structure semble cependant se cantonner avec un maximum de fréquence dans des formations géologiques déterminées. De plus, il semble peu douteux que la nature pétrographique originelle des sédiments, au sein de quoi s'est manifestée la structure en question, ait une signification importante en tant que milieu approprié à son développement.

En ce qui concerne la Montagne Noire, M. THORAL constate que le maximum de fréquence coïncide avec la partie inférieure de l'Arénig moyen. Il remarque aussi que « sur le versant méridional de la Montagne Noire, son apparition est un peu plus tardive » que sur le versant septentrional (Monts de Lacaune). Sur ce dernier, on commence à rencontrer les « gâteaux » dès le Trémadoc supérieur, tandis que sur le versant méridional ils débutent dans l'Arénig inférieur. Le Mémoire de M. THORAL contient [13, p. 37] une carte schématique des affleurements des schistes à « gâteaux » dans la Montagne Noire. « Beaucoup plus développés sur le versant méridional », c'est « dans le domaine de l'écaille de Cabrières-Laurens que les gâteaux deviennent abondants et bien typiques »... Leur faune « indique ici un âge

arénig inférieur, zone à *Didymograptus deflexus* et *D. balticus* ».

La forme extérieure des « gâteaux » de l'Arénig a été décrite et figurée avec beaucoup de soin par A. BONTE [2, pp. 455-467], en insistant sur la distribution des cônes en rapport avec les Trilobites ou les débris de Trilobites qu'ils contiennent parfois en leur sein. Le Mémoire de A. BONTE étant d'un accès plus facile que celui de M. THORAL, je me bornerai à rappeler que ces « gâteaux » sont le plus généralement des « ellipsoïdes de révolution très aplatis », mais qu'il en existe aussi de forme quelconque, cette forme étant parfois étroitement conditionnée par un Trilobite entier ou par la disposition de débris de Trilobites disposés sans ordre et situés dans le plan équatorial du « gâteau ».

Dans les nodules parfaits, A. BONTE distingue « une zone équatoriale séparant une zone polaire supérieure d'une zone polaire inférieure ». Le plus souvent, la zone équatoriale « est arrondie et raccorde par une courbe continue les deux zones polaires; elle se distingue de ces deux dernières par un aspect plus foliacé ». Mais il arrive aussi qu'elle « forme une sorte de bourrelet annulaire » en relief ou, plus rarement, qu'elle « présente un sillon périphérique ».

Dans le cas normal, « toute la masse du gâteau est homogène ». Mais, quand il existe un bourrelet équatorial, celui-ci « est dû à la présence d'une bande continue plus ou moins épaisse, généralement quartzitique et semblant dépourvue de structure, qui sépare les deux zones polaires, supérieure et inférieure, intéressées par la structure conique ». Enfin, « il n'existe, semble-t-il, de sillon équatorial que dans les échantillons [normaux] qui ont subi une altération superficielle ». Ceux-ci se « clivent » suivant le plan équatorial beaucoup plus facilement que les premiers.

On sait que les cônes ont toujours leur sommet dirigé vers le centre du nodule. La base des cônes est généralement en saillie à la surface (structure mamelonnée), où elle est circonscrite par des lignes circulaires plus ou moins concentriques. A. BONTE constate qu'« au voisinage de la zone équatoriale, les gâteaux présentent une texture feuilletée due à l'aplatissement transversal des cônes dont les axes sont de plus en plus obliques par rapport à la surface des nodules, alors qu'ils étaient normaux à cette surface, au voisinage de l'axe de révolution ».

Enfin, je signalerai encore cette observation de A. BONTE que j'ai pu faire moi-même sur des échantillons de la Montagne Noire conservés en collection ou sur des nodules en place dans des gisements liasiques de Lorraine et d'Angleterre : il s'agit de l'existence dans la masse même d'un « gâteau » ou d'un nodule, d'autres nodules plus petits et de nature un peu différente, donnant parfois naissance eux-mêmes à une couche conique indépendante.

Personnellement, j'ai observé les « galettes » de la région de Cabrières dans le ravin des Pitrous, la plaine du Cadenas et sur la rive gauche de la Boyne.

L'examen des conditions de gisement des formations à structure cone-in-cone et leurs relations avec les roches encaissantes étant le but principal de ce travail, je ne m'arrêterai pas au ravin des Pitrous, ni à la plaine du Cadenas. Une sécheresse prolongée ayant favorisé l'accumulation des éboulis et empêché leur déblaiement par les eaux sauvages, les relations en question s'observaient mal en ces deux points, lors de ma visite (octobre 1945). En plus de ces circonstances défavorables, M. THORAL [13, p. 30] avait précédemment « débité la plupart de ces formations noduleuses » pour ses recherches paléontologiques.

Par contre, sur les berges de la Boyne, à quelques centaines de mètres au Nord de Cabrières, les schistes siliceux et les quartzites ordoviciens entaillés et décapés par cette petite rivière offraient des conditions convenables pour l'examen des « gâteaux » *in situ*.

En ce point (fig. 1), sur la rive gauche du cours d'eau, les schistes sont uniformément redressés à 80° avec pendage N 60° W. Schistosité et stratification sont concordantes. « De petits bancs de grès schisteux, quartzitiques et psammitiques, qui offrent des surfaces boudinées, localement ornées de Bilibites, de traces de Vers et d'autres fossiles énigmatiques » [13, p. 36], alternent avec les schistes siliceux. Ceux-ci se débitent en plaquettes ou « se disjoignent en parallélipipèdes allongés par suite de l'interférence d'au moins deux directions de schistosité de pression » [13, p. 24]. Ces derniers sont désignés sous le nom de *schistes-crayons*. Les schistes sont parcourus par un réseau de diaclases, parfois garnies de quartz, faisant avec la stratification des angles variables. Les bancs quartzitiques durs sont également diaclasés avec quartz secondaire.

« Les gâteaux se rencontrent aussi bien dans les schistes tendres que dans ceux plus gréseux » [13, p. 36] et toujours couchés dans le plan de la stratification. Ils semblent s'aligner en cordons dans les bancs durs, tandis que dans les schistes tendres ils paraissent dispersés. Mais il ne s'agit sans doute, ici, que d'une apparence liée au degré de facilité avec laquelle l'érosion dissèque des couches de duretés différentes.

Les échantillons que j'ai recueillis seront étudiés ultérieurement. Au point de vue macroscopique, il n'y a rien à ajouter aux descriptions de M. THORAL et de A. BONTE auxquelles j'ai fait largement appel ci-dessus.



FIG. 1. — Cabrières, rive gauche de la Boyne.

Trois « gâteaux » sont visibles dans les schistes ordoviciens redressés, deux sous la flèche verticale et le troisième à gauche de la flèche horizontale. Remarquer les « schistes-crayons » jonchant le sol.

(Cliché M.-E. DENAEYER.)

En ce qui concerne la fréquence des Trilobites ou d'autres débris de fossiles à l'intérieur des « gâteaux » de la Montagne Noire, l'examen du terrain et des collections me conduit à la même constatation que celle de M. THORAL, à savoir que la présence de débris organiques y est « assez exceptionnelle » [13, p. 30]. Il suffit, pour s'en convaincre, de comparer le nombre de « gâteaux » débités et stériles qui jonchent le sol de la région de Cabrières (et je n'en ai vu évidemment qu'une très faible fraction) au nombre de « gâteaux » fossilifères conservés dans les Institutions où il m'a été donné de consulter les collec-

tions de la Montagne Noire (Faculté des Sciences de Montpellier, Faculté des Sciences et Muséum de Lyon, Laboratoires de Géologie de la Sorbonne et du Muséum de Paris). Par contre, j'ai pu voir dans ces mêmes collections maints nodules ou plaques à empreintes de Trilobites provenant de la Montagne Noire qui ne portaient pas trace de structure cone-in-cone.

2. Gisements triasiques et jurassiques de Lorraine.

Jusqu'en 1942, les marnes à structure cone-in-cone qui abondent en Lorraine ne sont mentionnées que de loin en loin par les auteurs (BACONNIER, TERQUEM, VAN WERVECKE) sous les noms de « nagelkalk », « tütenmergel », « calcaire claviforme » ou « calcaire à clous ». C'est à partir de cette époque que les découvertes se multiplient dans un grand nombre de formations triasiques et jurassiques des départements de Meurthe-et-Moselle, des Vosges et des Ardennes. J'ai publié en 1943 une première liste [5] des gisements reconnus, bientôt complétée (1944) par une liste mise à jour et un croquis cartographique [7]. Enfin, P. MAUBEUGE en a donné une troisième en 1946 dans une Note [12] où il décrit avec soin une série de gisements qui permettent d'étudier à loisir les relations entre les cone-in-cone et les roches encaissantes. Nous avons visité ces gisements ensemble en 1945 et je n'ai rien d'essentiel à ajouter à ses descriptions (5).

Je me bornerai ici à énoncer quelques remarques susceptibles d'éclairer les données du problème.

Rappelons d'abord rapidement le cadre géologique dans lequel se situent les formations à structure cone-in-cone du Trias et du Jurassique.

Cette structure apparaît, dès la fin du Trias inférieur (Grès bigarré), dans les couches laguno-marines gypsifères du Rôth d'Iéna (LINCK).

Au début du Trias moyen (Muschelkalk, *s. l.*) elle se manifeste dans les couches marines de faible profondeur du Wellen-

(5) Depuis lors, M. Maubeuge m'a signalé la découverte d'un nouveau gisement *in situ* dans le Toarcien de Gélaucourt (M. et M., près de Favières). Il s'agit de trois niveaux continus de faible épaisseur (1 à 2,5 cm) interstratifiés dans les Schistes-cartons et dans les marnes de la zone à *Hildoceras bifrons* (lettre du 21 avril 1947).

Le même auteur m'a encore fait savoir qu'il a recueilli dans les déblais d'un puits, entre Lamorteau et Rouvrois, en Lorraine belge, des plaquettes de « nagelkalk » provenant de la base des Schistes-cartons (lettre du 26 août 1947). (*Note ajoutée pendant l'impression.*)

kalk calcaire et marneux d'Allemagne. Puis, en Lorraine, dans les marnes du Muschelkalk inférieur et dans des marnes feuilletées interstratifiées vers le sommet du calcaire dolomitique à *Ceratites semipartitus*. L'existence d'un banc-limite et d'un mince lit de jayet à la base de ces marnes traduit une tendance à l'émersion et un épisode au moins lagunaire dans la sédimentation marine du Muschelkalk proprement dit (fig. 2).

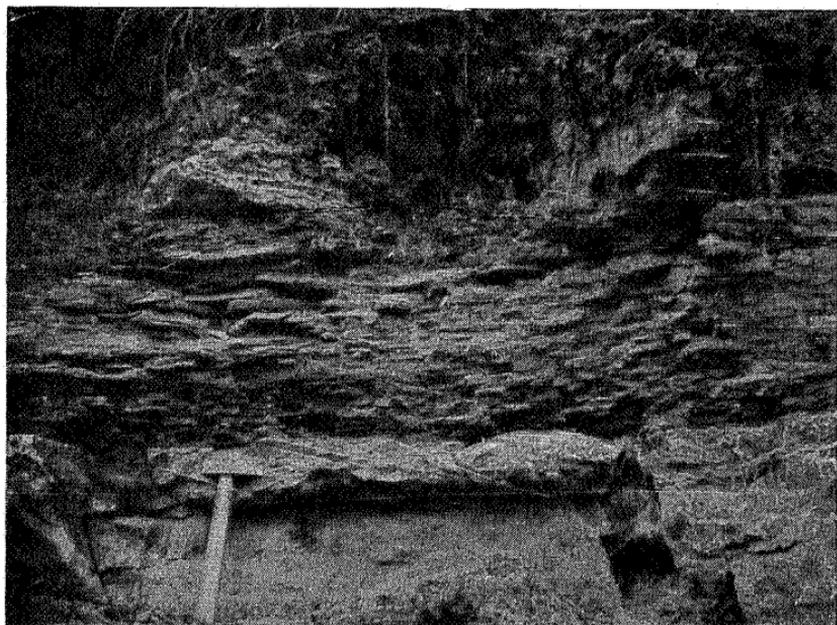


FIG. 2. — Carrière à Gerbéviller.

Lits de « nagelkalk » dans les marnes feuilletées interstratifiées dans le calcaire dolomitique à *Ceratites semipartitus* du Muschelkalk. Celui-ci forme un gros banc visible à la partie inférieure de la photo et un autre, à la partie supérieure, en partie caché par la végétation.

(Cliché M.-E. DENAEYER.)

La Lettenkohle, avec ses alternances de couches marines et de couches lagunaires (marnes feuilletées), marque la fin de la mer du Muschelkalk et annonce le facies franchement lagunaire des Marnes irisées du Keuper qui régnera pendant tout le Trias supérieur. Les marnes du Keuper inférieur de Thuringe présentent la structure cone-in-cone dans de nombreuses localités (LINGK). En Lorraine, à Vic-sur-Seille, le Keuper moyen renferme un calcaire fibreux où l'on reconnaît la structure en gradins des cone-in-cone.

On sait que le Jurassique présente des facies très divers, mais que certains d'entre eux subsistent à peu près aux mêmes époques sur d'immenses étendues, de la Souabe à l'Angleterre. Il en est ainsi du Lias moyen et supérieur, franchement marin et marneux (Jura Noir), dont tous les étages, ou peu s'en faut, recèlent, en même temps que des nodules de nature variée, des formations à structure cone-in-cone.

Ces dernières n'ont pas été signalées dans les calcaires durs zoogènes ou oolithiques du Jurassique moyen, mais elles réapparaissent, bien que faisant figure de raretés, dans le Jurassique supérieur avec le retour à la sédimentation argileuse, pendant le dépôt de l'Oxfordien.

En Lorraine, plus particulièrement, les grès infraliasiques (Rhétien), avec leurs récurrences de marnes irisées, traduisant un régime indécis, tantôt marin, tantôt lagunaire, semblent ne pas en renfermer.

Mais à partir du Sinémurien supérieur jusqu'à la fin du Toarcien, les niveaux à structure cone-in-cone se multiplient. VAN WERVECKE en signale un dans le Sinémurien calcaire et marneux du Nord du département de Meurthe-et-Moselle, entre le niveau à « *Aegoceras* » (*Promicroceras planicosta*) et une « fossilarme Thone » à quoi fait suite le niveau à « *Arnioceras* » (*Oxynotoceras oxynotum*) et *Cymbites globosus*. Il s'agit probablement du même niveau ou d'un niveau voisin de celui qui, à Saulxures et Essey, à l'Est, et à la Cense Bedon, au Sud de Nancy, se place au sommet des marnes à *Hippopodium*, sous le calcaire ocreux (Lotharingien de Haug). A la base de la formation, il existe des nodules de calcaire gris réputés phosphatés et, immédiatement sous le calcaire ocreux, un banc marno-calcaire noduleux affecté de la structure cone-in-cone (P. MAUBEUGE).

Ensuite viennent le Charmouthien *s. str.* (Pliensbachien + Domérien) et le Toarcien presque entièrement marneux, correspondant à une nouvelle zone déprimée.

Des cone-in-cone ont été signalés en lits continus dans le Pliensbachien des Ardennes (A. BONTE) et dans les Marnes à *Amaltheus* du Domérien moyen de Jeandelaincourt, au S.-S.E. de Pont-à-Mousson (P. MAUBEUGE). En ce dernier point, les cone-in-cone sont associés à des nodules calcaires à *Fucoïdes* et voisinent avec des nodules à croûte ferrugineuse, des nodules à *Pentacrines* et des *septaria*. On les rencontre aussi associés à du gypse, à du jayet et à de la marne blanche dans de singulières

formations à aspect de filons ondulés en coupe. P. MAUBEUGE attribue, sans raisons bien convaincantes, ces « filons » à des branches de conifères fossilisés d'une manière spéciale.

Le Toarcien correspond à une mer de faible profondeur et à un grand développement du facies marneux. Des formations lagunaires à la base, indiquant une lacune stratigraphique (bone bed, Ammonites roulées, restes de végétaux et couches de lignite, nodules phosphatés remaniés, sables et graviers) [13] sont suivies des « schistes-cartons » bitumineux. On sait que les marnes toarciennes présentent toute une gamme de concrétions et de nodules, comme le montre clairement la coupe publiée par G. CORROY et CH. GÉRARD [4, p. 225].

C'est dans cet étage que les « nagelkalk » sont le plus abondants. Outre des « nagelkalk » en plaquettes ou en nodules, présents à divers niveaux, on y distingue des nodules calcaires, parfois désignés sous le nom de « miches » ou d'« ovoïdes » (ce sont occasionnellement des septaria), des nodules phosphatés et des nodules ferrugineux. « Nagelkalk » et « nodules » calcaires, surtout ces derniers, sont souvent fossilifères. Ils sont distribués, souvent avec une grande densité, à des niveaux assez bien déterminés. Ainsi, les « nagelkalk » paraissent constants dans la zone à *Harpoceras falciferum* et dans la zone à *Hildoceras bifrons* et peut-être aussi dans le niveau à *Pseudogrammoceras striatulum* du Toarcien supérieur (zone à *P. fallaciosum* = zone à *Lytoceras jurensis*). Il en est de même des nodules phosphatés qui forment aux environs de Nancy un niveau continu au-dessus des marnes à *Porpoceras subarmatum* de la zone à *H. bifrons*.

Comme je l'ai déjà rappelé précédemment [5, 7], toute l'histoire géologique du Trias et du Jurassique lorrains reflète l'instabilité des fonds marins à ces époques.

Aux références produites en 1943 et 1944, j'ajouterai les conclusions du Mémoire de G. CORROY et de CH. GÉRARD concernant le Toarcien [4, p. 226] : « La faible profondeur du Bassin est encore démontrée par l'existence d'un banc de lignite qui existe à peu près dans toutes les coupes en affleurement du Toarcien inférieur; il en est de même pour le lit à nodules phosphatés du Toarcien moyen; traces d'émersions momentanées suivies d'immersion rapide. Ainsi donc, la mer toarcienne de Lorraine et de Bassigny nous apparaît bien comme une mer peu profonde déposant des formations vaseuses, sous une tranche d'eau qui ne devait guère dépasser 30 ou 40 m ».

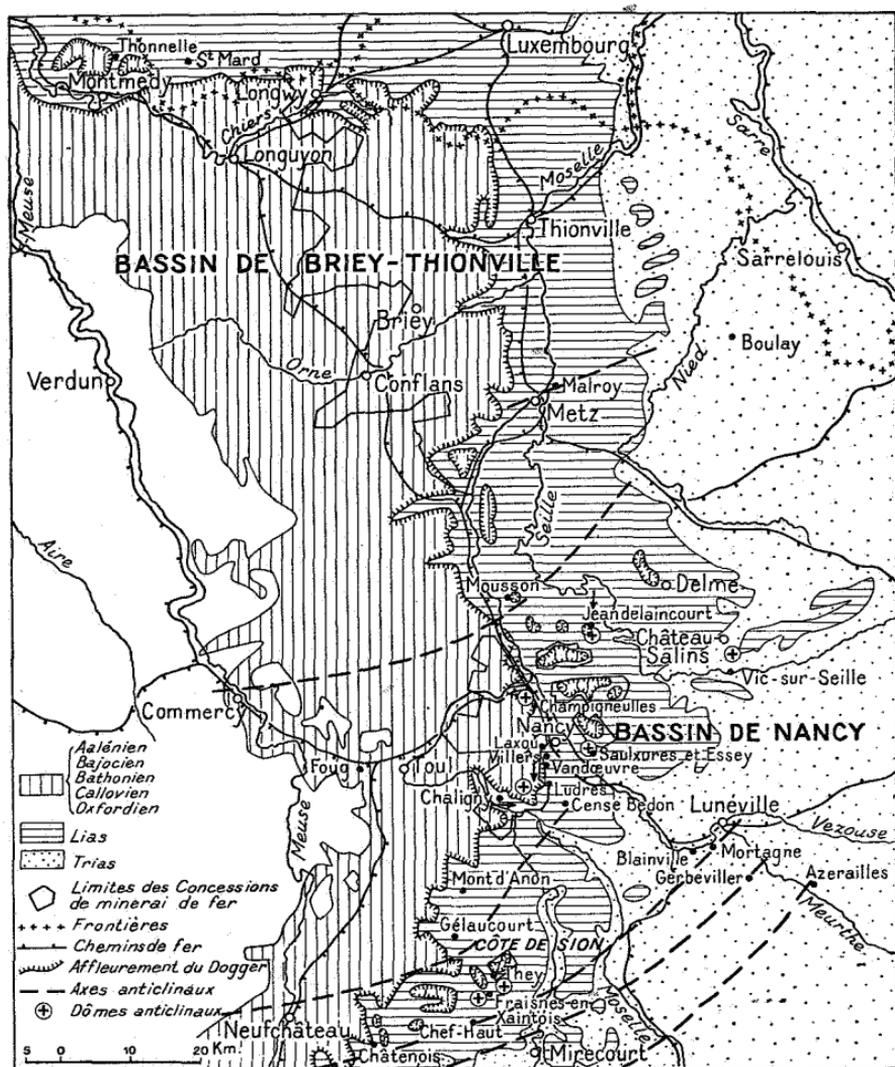


FIG. 3. — Carte schématique montrant les relations des gisements lorrains de roches carbonatées à structure cone-in-cone avec la tectonique, par PIERRE-L. MAUBEUGE.

Note : Les axes anticlinaux correspondent à la tectonique profonde des terrains antérieurs aux formations secondaires; ces dernières n'ont pas suivi rigoureusement cette architecture; elles n'en ont subi qu'une orientation générale. — Les dômes anticlinaux ont été décelés dans les terrains secondaires en suivant l'allure d'un horizon repère. — Les flèches indiquent un flanc de tels dômes, la pointe étant orientée vers le point culminant du dôme. — Compte tenu du caractère schématique de cette carte, il faut aussi souligner le caractère encore sommaire de nos connaissances sur la tectonique lorraine. On n'a figuré ici que des axes et des dômes reconnus avec assez de certitude et seulement ceux qui sont

En ce qui concerne la base de l'étage, je mentionnerai aussi les conclusions de P. MAUBEUGE [13] : « Au moment de la formation des schistes bitumineux toarciens, le milieu était lagunaire et des apports marins et continentaux s'y faisaient sentir. En second lieu, on devra admettre une discordance avec lacunes stratigraphiques au contact des étages charmouthien et toarcien. Cela est dû à une transgressivité de la base du Toarcien sur les grès argileux domériens ».

Enfin, dans ses Notes sur les gisements lorrains de cone-in-cone, cet auteur [11, 12, p. 189] insiste à plusieurs reprises sur les ruptures d'équilibre du fond des mers triasique et jurassique qui semblent être contemporaines de la formation des « nagelkalk ». Il a en outre « constaté qu'un grand nombre de ces gisements jalonnent des dômes ou des axes anticlinaux reconnus ». Il énumère, en les groupant dans un tableau, toutes les coïncidences relevées concernant les affleurements cités dans sa dernière note, dans mes travaux et dans ceux d'autres auteurs. La fréquence de ces coïncidences atteint 65 %. Toutefois, il se demande si, « entre ces zones anticlinales, les gisements de *Nagelkalk* font vraiment défaut ». Il ne peut apporter à ce sujet qu'une seule observation; elle se rapporte au Muschelkalk calcaire. A Gerbéviller, à mi-chemin entre Épinal et Nancy, sur la route de Remenoville, une petite carrière renferme un niveau de « nagelkalk » très développé. Elle se place sur l'axe anticlinal Gerbéviller-Gironcourt. Aux environs de la même localité, le long de la route de Seranville, une grande carrière abandonnée se situe au même niveau stratigraphique que celle de la route de Remenoville. Malgré des recherches attentives, P. MAUBEUGE n'a pu trouver en ce point ni aux environs la moindre trace de « nagelkalk ». Et il constate qu'on est là, « déjà hors de la région de l'axe anticlinal signalé ».

La carte ci-jointe (fig. 3), dressée par M. MAUBEUGE, résume toutes les données qu'il a pu rassembler concernant les coïncidences invoquées plus haut.

en rapport avec les gisements de cone-in-cone. Le nombre de dômes et d'axes connus est en réalité plus considérable. Dans la région de Châtenois et du mont d'Anon, les dômes incertains n'ont pas été portés. — Les points situant les localités ne sont pas forcément sur l'emplacement de l'agglomération mais sur celui du gisement. — Le fond des limites de concessions des mines de fer et la limite du Dogger sont reproduits, en partie, d'après la carte n° 374 de l'Atlas de BICHELONNE et ANCOT, *Le Bassin ferrifère lorrain*, Nancy, 1939.

Dans les gisements *in situ*, décrits par cet auteur, il est aisé de se rendre compte de l'allure générale du « nagelkalk ». Par contre, il est souvent difficile de savoir si les débris recueillis dans des éboulis ou dans les déblais de carrière proviennent d'une couche continue ou lenticulaire, ou bien s'ils ont appartenu à de véritables nodules. Cependant, la plupart de ces débris sont des plaques plus ou moins épaisses ou bien de minces plaquettes à faces parallèles. Ils semblent donc être en majorité les restes de lits continus ou de formations lenticulaires de faible puissance.

Dans mes travaux précédents [5, 6, 7] j'ai étudié attentivement l'aspect extérieur des échantillons qui me sont passés par les mains; sauf exception, je ne crois pas opportun de compléter, ici, ces descriptions détaillées par celles des autres spécimens découverts postérieurement, dans des gisements nouveaux. Cette description trouvera plus utilement sa place dans le Mémoire que je consacrerai à leur étude micrographique.

Je me limiterai pour l'instant à l'indication des caractères qui sont communs aux « nagelkalk » lorrains et de ceux qui permettent, dans certains cas, de les différencier et de les attribuer à une formation géologique déterminée.

L'impression générale qui se dégage de l'ensemble des spécimens de « nagelkalk » est que la plupart d'entre eux sont formés d'un calcaire très fibreux où les surfaces coniques à gradins sont plutôt rares, encore que très nettes quand elles existent. Par contre, les surfaces mamelonnées formées par la saillie des bases des cônes composés sont souvent très bien développées. La teinte la plus fréquente des échantillons est le gris bleuté clair, parfois teinté d'ocre ou de chamois. La teinte peut aussi s'obscurcir jusqu'au gris foncé.

Du MUSCHELKALK INFÉRIEUR nous ne connaissons qu'un seul fragment d'une plaque épaisse de 4 cm, sans cône ni mamelon visibles extérieurement, mais formé de longues fibres de calcite légèrement recourbées en S (Azerailles).

Dans le MUSCHELKALK SUPÉRIEUR (à *C. semipartitus*) les deux coupes de Gerbéviller et de la tranchée de Blainville-Mont-sur-Meurthe montrent qu'à ce niveau il existe des lentilles assez étendues de « nagelkalk » (une dizaine de mètres) dont les surfaces mamelonnées présentent des accidentés curieux que j'ai

déjà signalés (bourrelets ou nervures arborescentes, corps étrangers enfoncés dans le « nagelkalk »). Un nouvel échantillon du banc lenticulaire de la tranchée de Blainville, prélevé lors de ma visite de 1945, montre plusieurs de ces corps en apparence étrangers et distincts de la masse de spécimens. Ils affleurent un peu au-dessus du niveau de la surface mamelonnée, sous forme de gros bourrelets vermiformes à surface rugueuse. Ils sont entourés d'une auréole d'aspect plissé qui évoque irrésistiblement les mouvements d'un liquide visqueux dans lequel s'enfonce un objet solide. Vus en coupe transversale, ces corps ont la forme d'un coin, mais, à la loupe, on voit qu'ils sont eux-mêmes affectés de la structure conique.

Les « nagelkalk » de Gerbéviller et de Blainville se délitent généralement sans interposition de sédiment indifférencié dans le délit et presque toujours suivant des surfaces coniques compliquées, à relief particulièrement accentué et d'apparence stylolithique, dans le cas des spécimens de Blainville. C'est une de ces surfaces que j'ai figurée dans mes Notes de 1943 et de 1944, d'après un échantillon incomplet et que j'ai éprouvé quelque peine à interpréter [5 et 7, pp. 35-36]. Au voisinage de la terminaison de ces formations lenticulaires, les cônes s'inclinent progressivement jusqu'à l'horizontale, comme ils le font dans la zone équatoriale des nodules, par exemple ceux de la Montagne Noire.

Le KEUPER MOYEN n'a fourni qu'un fragment de calcite fibreuse très blanche, débris d'une plaque épaisse de 11 cm, sans mamelons, mais avec quelques gradins visibles (Vic-sur-Seille).

Dans le LOTHARINGIEN (Marnes à Hippopodium) de Saulxures-Essey et de la Cense Bedon, les débris du banc noduleux qui se situe sous le « calcaire ocreux » se distinguent aisément des autres « nagelkalk » grâce à leur aspect particulier dû à de gros cônes encroûtés et rubéfiés assez fragiles, sans surfaces mamelonnées nettes.

Le DOMÉRIEN MOYEN (Marnes à Amaltheus) de Jeandelaincourt est riche en manifestations variées de la structure cono-cone. Ce sont :

1° De grandes plaques pouvant atteindre 25 cm d'épaisseur, à cônes bien développés, mamelonnées sur les deux faces, de

couleur gris-bleu, plus ou moins litées et présentant parfois, à leurs extrémités, des cônes obliques avec des écoulements et des plissotements. Il s'agit peut-être de fragments de nodules ou de galettes.

2° De minces croûtes gris foncé, litées, qui se détachent de la surface de nodules marneux pauvres en fossiles (les « ovoïdes » sans croûte de « nagelkalk » sont au contraire très fossilifères). La croûte la plus externe est nettement mame-lonnée. Ces croûtes sont parsemées de débris d'articles de Pentacrines.

3° Des groupes de cônes très marneux, gris clair, presque blancs, à cônes bien nets, mais à surfaces faiblement mame-lonnées. Ils proviennent des « filons » décrits par P. MAUBEUGE.

Le TOARCIEIN INFÉRIEUR (zone à *Harpoceras falciferum*) contient une grande partie des Schistes-cartons. Ceux-ci renferment certainement plusieurs niveaux de « nagelkalk »; mais, seul, l'un d'eux est connu en place, au sommet de la formation, à Gélaucourt, près de Favières (6).

Il en est de même du TOARCIEIN MOYEN (zone à *Hildoceras bifrons*). Il paraît assuré que dans leur immense majorité les « nagelkalk » proviennent de la base de cette zone. Ils présentent tous des caractères assez constants. Mais c'est encore et seulement à Gélaucourt qu'on peut les voir en place.

Au voisinage de cette localité, d'après les renseignements et les échantillons qui m'ont été communiqués par P. MAUBEUGE, les Schistes-cartons renferment, à 2 ou 3 m sous la limite des Marnes à *H. bifrons*, un niveau continu formé de plaques litées d'environ 2-3 cm d'épaisseur, à faces peu mamelonnées.

A une vingtaine de centimètres au-dessus de la limite, les Marnes à *H. bifrons* montrent un nouveau lit formé de plaquettes doubles à surface de séparation constituée par une multitude de petits cônes positifs d'un côté, négatifs de l'autre. Enfin, un troisième banc continu de 2,5 cm d'épaisseur se situe à 4 m au-dessus de la limite.

La plupart des plaques et plaquettes, d'épaisseur variable, provenant de la base du Toarcien moyen et récoltées sur des déblais ou aux affleurements, mais non *in situ* (Chef-Haut et

(6) Voir note infrapaginale 5, p. 36.

Châtenois [Vosges], Fraignes-en-Xaintois, Mont d'Anon, They-sous-Vaudémont, Chaligny, Ludres, Laxou), sont généralement des demi-plaques. Elles sont « clivées » suivant une surface garnie de valves d'Inocérames (*I. dubius*), tandis que la face opposée est fortement mamelonnée. C'est l'aspect que j'ai décrit et figuré dans mes travaux cités plus haut. La tranche des échantillons est fibreuse et ne montre que peu de surfaces coniques à gradins. L'aspect est suffisamment typique pour qu'il soit possible de rapporter nombre des échantillons à la base du Toarcien moyen.

Un gisement reste douteux : c'est celui de Thonnelle, près de Montmédy (Meuse). M. MAUBEUGE y a récolté des plaquettes de 2 à 3 cm, litées et garnies d'*I. dubius* d'un côté, faiblement mamelonnées de l'autre, donc très analogues à celles de la base du Toarcien moyen; néanmoins, ce gisement est peut-être à rapporter au sommet de la zone. Ce sommet comprend aussi le gisement de Mousson, où il existe des plaques de 3 à 4 cm d'épaisseur.

Le TOARCIEEN SUPÉRIEUR (zone à *Pseudogrammoceras fallaciosum*) comprend la marnière de Champigneulle [12, p. 188, note 1], gisement assez riche en nodules variés. Les « nagelkalk » y sont représentés par de grosses plaques ou fragments de nodules gris-bleu de plus de 10 cm d'épaisseur, à gros cônes nets et surfaces très mamelonnées agrémentées de grosses nervures. Il existe, vers le milieu des plaques, une barre de calcaire sableux et, logés dans l'épaisseur du « nagelkalk », de petits ovoïdes sans structure différenciée. Enfin, il semble y avoir aussi dans ce gisement des septaria à enveloppe de « nagelkalk ».

A Villers-lez-Nancy, on ne connaît, de la même zone, que des cônes déboîtés isolés. En Lorraine belge, à Saint-Mard, près de Virton, les Marnes de Grandcourt qui lui appartiennent également, renferment de gros septaria associés à des cone-in-cone (« nagelkalk »). On trouve ces derniers, tantôt isolés, tantôt encroûtant de gros blocs marneux. J'ai décrit ces formations en 1942 [6]. Ayant repris l'étude du gisement en 1945, j'ai pu constater que les gros blocs en question sont, eux aussi, d'énormes septaria enveloppés de « nagelkalk ». Ces concrétions renferment des empreintes d'Ammonites et de Bivalves.

Enfin, l'OXFORDIEN de Foug a fourni des plaquettes dont la face apicale est garnie de débris de coquilles.

TRAVAUX CITÉS DANS LA PREMIÈRE PARTIE.

1. A. BONTE, Sur les gradins concentriques propres à la structure *cone-in-cone* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, t. 221, 1945, pp. 507-509).
2. — Observations sur les nodules à structure *cone-in-cone* de l'Arénig de la Montagne Noire (*Bulletin de la Société géologique de France*, Paris, 5^e série, t. XV, 1945, pp. 453-478, 8 fig., pl. VIII hors-texte).
3. — Sur les nodules à structure *cone-in-cone* de l'Acadien de Langlade (*Compte rendu sommaire de la Société géologique de France*, Paris, n^o 7, 1946, pp. 129-131).
4. G. CORROY et colonel CH. GÉRARD, Le Toarcien de Lorraine et du Bassigny (*Bulletin de la Société géologique de France*, Paris, 5^e série, t. III, 1933, pp. 193-226, 5 fig.).
5. M.-E. DENAEYER, Les *cone-in-cone* de la France métropolitaine et d'outre-mer (*Bulletin de la Société française de Minéralogie*, Paris, t. LXVI, 1943, pp. 173-221, 4 fig., 6 pl. hors-texte).
6. — Les *cone-in-cone* du Toarcien de Saint-Mard (province de Luxembourg) (*Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*, Bruxelles, t. LII, 1943, pp. 229-241, 3 fig., 2 pl. hors-texte).
7. — Observations sur les structures *cone-in-cone* du Trias et du Jurassique de la Lorraine (*Ibidem*, t. LIII, 1944, pp. 26-43, 5 fig., 1 pl. hors-texte).
8. — Essai d'une théorie mécanique de la structure *cone-in-cone* (*Bulletin de la Société géologique de France*, Paris, 5^e série, t. XV, 1945, pp. 141-160, 19 fig.).
9. — Sur les *cone-in-cone* et les *septaria* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, t. 223, 1946, pp. 953-954).
10. R. GAY, Étude des phénomènes de précipitation par une méthode de diffusion. Applications minéralogiques (thèse) (*Bulletin de la Société française de Minéralogie*, Paris, t. LXVIII, 1945, pp. 60-152, 21 fig.).
11. P.-L. MAUBEUGE, Sur quelques niveaux marneux de Lorraine à structure *cone-in-cone* (*Compte rendu sommaire de la Société géologique de France*, Paris, n^o 9, 1945, pp. 114-116).
12. — Sur quelques gisements lorrains de roches carbonatées à structure *cone-in-cone* (*Bulletin de la Société géologique de France*, Paris, 5^e série, t. XVI, 1946, pp. 179-191, 3 fig.).
13. — La base du Toarcien aux environs de Nancy (*Bulletin de la Société des Sciences de Nancy*, n^o 3, mai 1945, p. 4).
14. M. THORAL, Cycles géologiques et formations nodulifères de la Montagne Noire (*Nouvelles Archives du Muséum d'Histoire naturelle de Lyon*, fasc. 1, 1946, pp. 1-103, 16 pl. hors-texte).

Observations sur quelques roches quartzeuses du Carboniférien à Malonne et à la Basse-Marlagne,

par M. SNEL.

RÉSUMÉ. — *Certaines roches quartzeuses observées à Malonne et dans le bois de la Basse-Marlagne, appartiennent à des types lithologiques bien déterminés. On y découvre successivement des calcaires silicifiés à l'extrémité septentrionale du massif viséen de Malonne, des quartzo-phthanites tout au long de la zone failleuse qui sépare le massif de Malonne des formations namuriennes, du bord sud du bassin de Namur; et, enfin, de véritables quartzites, à grains fins, qui forment des lambeaux au-dessus des gisements houillers, exploités par les anciens travaux de Malonne et de la Basse-Marlagne. L'étude microscopique de ces roches montre un aspect très particulier des transformations que la diagénèse peut apporter aux roches sédimentaires, par l'action des solutions siliceuses, qui s'infiltrèrent à travers une couverture de sables tertiaires.*

Les roches quartzeuses, que nous avons étudiées, affleurent depuis le sommet des coteaux de la vallée de Malonne jusqu'aux plateaux boisés qui dominent, au Nord du village de Wépion, le flanc occidental de la vallée de la Meuse. Ils appartiennent à un massif ancien, érodé par une pénépléation d'âge antétertiaire. Mais de cette imposante entité tectonique, qui, suivant une hypothèse de M. J. Cornet, devait recouvrir l'entièreté du Bassin de Namur, il ne subsiste plus aujourd'hui que de rares lambeaux de roches quartzitiques et quartzo-phthanitiques, qui furent préservés de l'action érosive grâce aux allures capricieuses des failles issues du grand charriage hercynien. Les profondes modifications subies par les roches qui constituent ces lambeaux ne permettent aucune détermination précise de l'âge géologique de ces formations lithologiquement remarquables. L'étude microscopique de ces roches est fructueuse, puisqu'elle a fait mettre en évidence un aspect nouveau des transformations diagénétiques dans les roches sédimentaires.

Toutes ces variétés lithologiques possèdent un caractère commun extra-sédimentaire : *leur richesse en quartz néogène.*

1. LES CALCAIRES SILICIFIÉS DE MALONNE.

Les collections de l'Institut Saint-Berthuin, à Malonne, renferment depuis de nombreuses années des échantillons de calcaires silicifiés dont la provenance n'avait jamais été parfaite-

ment établie. Mgr DELÉPINE ⁽¹⁾ et M. BELLIERE ⁽²⁾ avaient reconnu dans ces roches la présence de *Lithostrotion junceum*, fossile caractéristique du Viséen Supérieur (zone à *Dibunophyllum*). Longtemps auparavant, le Chanoine DE DORLODOT avait observé au même endroit l'existence de blocs de calcaires silicifiés, mais l'illustre professeur en avait égaré les échantillons. En 1945, lors d'un levé entrepris dans la région de Malonne, nous avons découvert, en collaboration avec le frère MARCEL-EUSÈBE, l'emplacement de ce niveau fossilifère très remarquable, au Sud du logis du garde de la propriété de DE DORLODOT, et à l'Ouest du lieu-dit « Tombois », au-dessus du village de Malonne. Les échantillons que nous avons recueillis appartiennent à l'extrémité septentrionale du massif viséen de Malonne. Leur étude microscopique, réalisée dans les laboratoires de l'Université de Louvain, montre qu'une véritable épigénisation par le quartz s'est réalisée sous la couche de sables tertiaires qui recouvre les roches calcaires de cette région.

La grande pureté de la calcite organogène est sans doute l'élément qui favorisa l'épigénisation sélective des tests calcaires par le quartz néogène. Cette évolution minéralogique est bien apparente au calcaire de Malonne dans le calice des *Lithostrotion irregulare* d'âge V3a. Nous avons observé la dureté des tests calcaires lors de la préparation des lames minces destinées à une étude paléontologique de la faune de cette zone. En fait, l'épigénisation qui s'observe dans ces calcaires ne constitue que la phase initiale d'une modification suivant un processus physico-chimique dont l'épanouissement est la quartzification intégrale des coquilles fossiles ou, pour préciser davantage ma pensée, la transformation diagénétique totale de ces restes fossiles. La figure 1 témoigne de la perfection du processus qui conserva, après une silicification complète de la roche, les détails ornementaux les plus délicats. La columelle et les chambres septales de ces *Lithostrotion* sont encore bien apparentes, grâce à l'abondance remarquable de quartz sphérolitique dans la cavité interne des calices de polypiers. Les Brachiopodes visibles sur d'autres plages sont très mal silicifiés; il en est de même des

(1) DELÉPINE, G., 1922. La transgression de la Mer carboniférienne et les modifications de la faune au début du Viséen dans l'Europe occidentale (C. R. XIII^e Congrès géologique international, dernier fasc., pp. 609-630).

(2) BELLIERE, M., 1924. C. R. de la Session extraordinaire de la Soc. géol. de Belgique tenue à Namur (Ann. Soc. géol. de Belgique, t. XLVI, p. 293).

encrines et des autres fossiles non déterminables qui témoignent également d'une imperfection locale dans la quartzification des tests calcaires.

Les échantillons des roches fraîches, non altérées superficiellement, semblent avoir été moins intensément quartzifiés. Ce



FIG. 1. — Calcaire silicifié.

La finesse du processus de quartzification est bien apparent dans cet échantillon de roche, altéré par un long séjour à la surface du sol. ($\times 25$)

n'est, en effet, que par les solutions de continuité préexistant dans la roche que les solutions diagenétiques purent atteindre les roches non affleurantes. Dans ce cas, seuls les fossiles qui se trouvaient sur le parcours des solutions minéralisantes pouvaient avoir quelques chances d'être quartzifiés par une substitution minéralogique complète réalisée aux dépens de la calcite organogène. Mais les déformations mécaniques qui avaient frac-

turé la roche avaient également occasionné une déformation des coquilles fossiles, qui devenaient ainsi indéterminables. Les brisures visibles dans les cristaux néogènes témoignent de la persistance de ces actions mécaniques et justifient l'imperfection du processus de quartzification des tests calcaires dans les roches non affleurantes.



FIG. 2. — Quartzite. Basse-Marlagne.

Les stries, visibles sur les cristaux de quartz sont d'origine mécanique; leur orientation suivant trois directions principales est remarquable. ($\times 320$)

2. ROCHES QUARTZO-PHTANITIQUES ET QUARTZITIQUES.

Ces roches furent remarquées à plusieurs reprises par de nombreux observateurs spécialisés dans la connaissance stratigraphique des roches carbonifériennes. STAINIER ⁽³⁾ qualifie ces roches du nom de quartzo-phtanites, mais il les assimile erronément à un niveau lithologique géographiquement voisin et lithologiquement semblable qui existe au bas mur de la veine

⁽³⁾ STAINIER, X., 1932. *Stratigraphie des assises inférieures du Houiller*, Hosdaine, Jumet.

« Calvaire » de l'assise d'Andenne. M. VAN HASSEL (4) observa judicieusement que ces roches quartzzeuses, qu'il nomme phtanites, sont discordantes sur les assises inférieures du houiller (Namurien), exploitées aux anciens charbonnages de la Basse-Marlagne et de Malonne.

D'une façon générale, on s'accorde aujourd'hui à y reconnaître l'affleurement de plusieurs lambeaux, mais la nature



FIG. 3. — **Quartzo-phtanite.**

La quartzification des cassures disposées suivant le réseau rhomboédrique typique est bien apparente. ($\times 57$).

lithologique des roches demande à être précisée par une étude microscopique. La partie septentrionale des affleurements en discordance sur le houiller namurien de la Basse-Marlagne est constituée d'une roche compacte, presque dépourvue de stratification, de grande dureté et de couleur gris clair, mais localement rubéfiée. L'étude microscopique de cette roche ne fait

(4) VAN HASSEL, 1942. Notice sur le gisement de Namur (*Publ. des Ing. de la Faculté polytechnique de Mons*, 1^{er} fasc., n° 82).

découvrir aucun caractère paléontologique ni lithologique des roches originelles. La recristallisation de cette roche en une mosaïque de cristaux néogènes est illustrée par la figure 2.

On remarque également la présence de plages microcristallines isolées au milieu de plages quartzeuses. Dans les roches quartzo-phthanitiques, qui sont plus méridionales, ces plages microcristallines deviennent prépondérantes par rapport aux plages quartzeuses.

Les stries visibles dans les cristaux de quartz (fig. 2) ne sont pas d'orientation désordonnée; deux ou trois directions remarquables sont bien apparentes sur la photographie. Nous devons reconnaître dans ces traces des indices des déformations tectoniques qui auraient, dans des conditions extrêmement particulières, déterminé une pseudo-clivabilité des cristaux de quartz néogène. Je n'ignore pas que la forme des cristaux et certaines traces qu'on observe à leur surface peuvent, pour des auteurs spécialisés, constituer des indices qui révèlent des caractères du milieu sédimentaire. Mais je me demande comment ces mêmes auteurs parviennent à distinguer ces caractères génétiques, très vraisemblables, des modifications postgénétiques que la diagénèse et la tectonique ne peuvent manquer de faire subir aux roches originelles, surtout dans les régions où ces actions sont indéniables.

L'action mécanique a, notamment, causé une fracturation des roches quartzo-phthanitiques, qui s'est effectuée suivant un réseau rhomboédrique, bien mis en évidence par la figure 3. Ces réseaux géométriques ne diffèrent que de dimension avec les losanges minuscules que forment entre elles les brisures des cristaux de quartz néogène.

Le passage de cette structure typique des roches quartzo-phthanitiques aux structures en mosaïque des roches quartzitiques se réalise, du Sud vers le Nord, par une multiplication des veinules quartzeuses et par l'élargissement de ces filonnets, qui deviennent de véritables filons dont on ne parvient finalement plus à distinguer nettement les épontes. Les plages quartzeuses sont alors si intimement associées aux plages microcristallines, que l'origine cataclastique d'une partie de la silice microcristalline est possible.

3. ÉVOLUTION DIAGÉNÉTIQUE DES ROCHES QUARTZEUSES.

La quartzification, que j'observe dans les divers types lithologiques de cette région est un phénomène localisé au voisinage de la surface actuelle du sol; il est indépendant de l'allure tectonique des roches originelles. Cette transformation résulte d'une action physico-chimique qui se réalise au cours d'une période tardive du cycle sédimentaire. Les épigénisations et les substitutions minéralogiques qui se passent durant ce stade diagénétique sont influencées par la nature des roches originelles et surtout par celle des solutions minéralisantes. Il en résulte l'extension géographique limitée de ces niveaux lithologiquement remarquables et, aussi, le peu d'intérêt que la stratigraphie trouve à leur observation.

Les plages microcristallines siliceuses, qui sont abondantes dans les roches calcaires silicifiées et dans les roches quartzo-phtanitiques, ne sont que médiocrement développées dans les roches quartzitiques. On ne pourrait cependant pas établir d'une façon exacte la proportion des cristaux de chaque espèce qui sont présents dans chaque type de roche étudié. Le processus physico-chimique qui a amené une quartzification récente n'est pas absolu. L'intensité de la quartzification est fonction de la densité du réseau de cassures qui découpent la roche, ou de l'abondance des fossiles dans la roche originelle. Les bancs de calcaires silicifiés fossilifères et les phtanites très fracturés seront donc pauvres en silice microcristalline et riches en quartz cristallin.

Les calcaires silicifiés épigénisés par le quartz ne révèlent l'existence d'aucune plage siliceuse microcristalline. La silicification de ces roches est donc un phénomène postérieur à la quartzification du test des coquilles calcaires.

Les quartzo-phtanites ne renferment que de rares indices de vie animale ou végétale dans leurs plages microcristallines. Les spicules de spongiaires et les autres organismes microscopiques que ces plages renferment ne furent conservés dans la zone silicifiée que par suite de la nature originellement siliceuse de leur test. Le stade microcristallin de ces transformations diagénétiques est donc le moins récent dans les roches quartzo-phtanitiques. Les fractures recimentées à l'intervention du quartz néogène sont plus récentes et l'absence de fossiles quartzifiés dans ces roches résulte de l'antériorité de ce stade de silicification par rapport au stade de quartzification.

Les solutions récentes pénétrèrent dans les roches déjà silicifiées par les solutions de continuité qui résultèrent d'un broyage tectonique intense, dont on retrouve encore les traces dans les roches recristallisées. Il est cependant probable que ce fut la calcite cristalline qui recimenta d'abord les éléments broyés des roches silicifiées. J'ai observé, en effet, que dans des calcaires épigénisés, il persistait, à côté du quartz néogène qui s'est substitué à la calcite organogène, des veinules de calcite cristalline aussi pure que la calcite constituant le calice des polypiers, mais qui ne renferme aucun indice de quartzification. On pourrait voir dans ce fait, puisque la fracturation est récente, une preuve de la lenteur de ces substitutions minéralogiques, qui ne deviennent possibles qu'après des temps sans commune mesure avec la durée de la vie humaine. L'origine des solutions calcaires qui auraient recimenté les roches phtanitiques s'explique parfaitement par le chevauchement de la série dinantienne au-dessus du Houiller namurien, au bord sud du Bassin de Namur. Si l'existence de géodes dans les roches quartzeuses pourrait s'expliquer par une absence de solutions siliceuses ou de conditions convenables à une silicification, il est cependant plus vraisemblable que la minéralisation préalable des vides par la calcite cristalline est de nature à favoriser la formation postérieure de cristaux de quartz aux dépens de la calcite. Les cassures les plus récentes, bien que parcourues par des solutions siliceuses, ne se minéralisent pas et les vides subsistent (fig. 2).

4. MINÉRALISATIONS ACCESSOIRES.

Les plages quartzeuses et microcristallines renferment plusieurs variétés minéralogiques qui sont toutes d'ailleurs d'apparence parfaitement néogène. On y remarque la structure polyédrique assez semblable des cristaux de Zircon, dont l'observation n'a rien d'exceptionnel, étant donnée l'abondance de ces cristaux dans les plages quartzeuses. On observe également la forme hexagonale parfaite des cristaux de tourmaline de faible dimension, isolés dans les plages microcristallines.

Il faudrait imaginer des processus invraisemblables pour admettre que des grains sédimentaires puissent, après leur abrasion, leur transport dans un milieu propice, leur sédimentation, leur lapidification et leur déformation mécanique, conserver les caractères automorphes qu'ils possédaient au sein des roches originelles. L'origine diagénétique de ces cristaux est

beaucoup plus probable et si des caractères clastiques pouvaient s'y découvrir en association avec des éléments néogènes, il ne faudrait les justifier que par la fragilité des cristaux recristallisés et par les effets indéniables des actions mécaniques récentes.

Au reste l'étude particulière de chacune des minéralisations dont nous venons de prouver le caractère néogène, et l'apparition de ces cristaux durant la recristallisation de la roche constituent des problèmes spéciaux qui sortent du cadre de cet exposé.

CONCLUSIONS.

Les roches quartzzeuses observées à la Basse-Marlagne et à Malonne appartiennent, du moins en partie, à une série stratigraphique supérieure à la grande brèche viséenne. Le niveau stratigraphique exact de ces roches, transformées par l'action diagénétique, ne peut être précisé de façon scientifique que pour autant qu'une quartzification préalable ait opéré une transformation diagénétique des tests calcaires préexistants dans la roche originelle. C'est le cas des calcaires silicifiés de Malonne.

L'épigénisation des fossiles calcaires ne se réalise que lentement et seulement sous une couverture siliceuse, au voisinage de l'affleurement. Comme ces conditions ne sont que rarement réalisées, la silicification massive subséquente détruit le plus souvent toutes les traces de vie organique, sauf cependant quelques organismes microscopiques, originellement siliceux. Dans ces conditions, aucune détermination précise de l'âge de ces roches n'est possible. C'est le cas des quartzo-phtanites.

Aux endroits où la fracturation mécanique a été intense, les filons quartzitiques qui cristallisèrent dans les solutions de continuité des roches sont des formations d'un genre spécial, extra-sédimentaire, issues d'un processus physico-chimique d'évolution; leur caractère néogène est indéniable.

Nous voyons donc que les caractères propres à un milieu sédimentaire déterminé peuvent subir des modifications qui sont indépendantes de sa position stratigraphique et qui ne varient que d'après des conditions locales et accidentelles. Les caractères organoleptiques et même lithologiques des roches lapidifiées peuvent subir des transformations diagénétiques profondes.

Si beaucoup d'erreurs stratigraphiques résultent d'un emploi abusif de l'argument lithologique, je ne conteste cependant pas la valeur des observations précieuses dont des chercheurs consciencieux ont enrichi la science à une époque où l'on ne possédait pas encore les moyens d'investigation dont nous disposons aujourd'hui.

DISCUSSION.

Dans la discussion qui suit cette communication, M. M.-E. De-naeyer soulève une question de nomenclature, parce qu'il craint qu'une confusion s'établisse entre les termes « phtanite » et « chert » employés tous deux par l'auteur. S'agit-il de phtanites à radiolaires tels que Häuy les avait définis ? M. F. Kaisin dit que le mot « phtanite » a été compris autrefois comme « chert », ce qui a entraîné de nombreuses confusions. M. Snel a employé une expression historique créée par Stainier. En fait, le mot « phtanite » devrait être interdit jusqu'à nouvelle définition exacte. A une question de M. A. Grosjean, M. Snel répond que le grippage auquel il a fait allusion consiste dans l'apparition de petites griffes dues au frottement et a donc une signification purement mécanique.
