

## OBSERVATIONS SUR LE NUMMULITIQUE DES ALPES SUISSES

PAR Jean BOUSSAC

### PLANCHE VI

SOMMAIRE : Introduction. — I. Passage du Lutétien autochtone au Priabonien autochtone. — II. Les « Pilatusschichten ». — III. Les variations de faciès du Nummulitique au Nord du lac de Thoun et dans la nappe du Wildhorn. — IV. Niveaux et faciès. — V. Questions paléontologiques. — VI. Conclusions.

### INTRODUCTION

Notre savant confrère de Zûrich, M. Arnold Heim, vient de publier un très important mémoire<sup>1</sup> où certaines questions relatives au Nummulitique des Alpes Suisses sont traitées, et résolues d'une façon qui me paraît contraire à la réalité des faits. Étant données la notoriété de l'auteur et l'excellence de certaines parties du travail, il m'a paru nécessaire de présenter sans retard ces observations, pour ne pas laisser s'accréditer des hypothèses qui bouleverseraient sans raison toute l'histoire stratigraphique et paléontologique du Nummulitique.

Mais je tiens à déclarer tout d'abord, avant d'entrer dans le vif de la discussion, que je tiens en très grande estime, à certains points de vue, le travail de mon confrère et ami Arnold Heim ; il transforme toute nos idées sur le Flysch ; il nous *révèle* littéralement tout le Nummulitique de la Suisse orientale, sur lequel on ne savait pour ainsi dire rien, sinon qu'il y avait, quelque part aux environs d'Einsiedeln, du Lutétien. En outre, tous les *faits d'observation* sont notés avec une telle exactitude et une telle précision qu'on pourra toujours les utiliser comme tels, quelles que soient les idées théoriques avec lesquelles on les interprète. Enfin l'illustration de la partie paléontologique est fort belle.

Passons maintenant à la question.

M. Heim nous avait déjà exposé ses idées dans une note préliminaire<sup>2</sup> que j'ai présentée à la Société, et où il exposait que

1. ARNOLD HEIM. Die Nummuliten und Flyschbildungen der Schweizeralpen. Versuch einer Revision der Alpinen Eocaen-Stratigraphie. *Abhandl. d. Schweiz. paläont. Gesellschaft*, 1908, XXXV, 301 p., 26 fig., 8 pl., Zürich, mars 1909.

2. ARNOLD HEIM. Sur le Nummulitique des Alpes Suisses. *B. S. G. F.* ( ), IX, 1909, pp. 25-29.

les couches qui contiennent *Nummulites Fabianii* PREVER et la faune à *Cerithium Diaboli* BRONG. sont sur le prolongement latéral de celles qui contiennent *N. complanatus* LAMK. et qui sont lutétiennes, et il croyait devoir en conclure que le Priabonien n'est qu'un faciès du Lutétien. J'avais réservé à plus tard la discussion des faits eux-mêmes, et répondu seulement à la question de méthode, en montrant qu'une assise continue peut résulter du déplacement graduel d'un faciès et être d'âges différents en ses différents points<sup>1</sup>. La paléontologie, disais-je, a seule qualité pour trancher la question. J'avais, du reste, antérieurement, donné un exemple typique du phénomène<sup>2</sup>.

Maintenant qu'est paru le mémoire détaillé de M. Arnold Heim, nous pouvons discuter les faits. Notre confrère nous annonce qu'il a construit ses coupes d'ensemble et basé toutes ses assimilations stratigraphiques sur des profils de détails aussi nombreux et aussi précis que possible, et qui lui ont permis de suivre les couches en notant leurs variations d'épaisseur et de faciès : c'est ce qu'il appelle gravement l' « Integral Methode », qui me paraît aussi vieille que la Stratigraphie et dont personne ne nie l'utilité ; mais, à elle seule, elle ne saurait suffire.

#### I. — LE PASSAGE DU LUTÉTIEN AUTOCHTONE AU PRIABONIEN AUTOCHTONE

Sur la bordure septentrionale du massif de l'Aare, à l'Ouest d'Engelberg, le Priabonien est transgressif, et débute par des assises représentant les couches à *C. diaboli* et au-dessus desquelles viennent des grès où j'ai découvert *Nummulites Fabianii* PREV. en 1908. Sur la bordure du même massif, à partir d'Altdorf et vers l'Est, c'est par le Lutétien que débute le Nummulitique. Tout près d'Altdorf, dans le Schächenthal, le Lutétien est représenté par une grande épaisseur de schistes avec des intercalations calcaires à *N. complanatus* et *N. irregularis* et Assilines. Au-dessus viennent les grès d'Altdorf, épais d'un millier de mètres, dont on ignore l'âge.

Pour nous démontrer que le Priabonien de la région d'Engelberg est l'équivalent latéral exact du Lutétien qui est à l'Est d'Altdorf, M. Heim nous donne trois coupes détaillées, prises respectivement au Kistenpass, à Linthal, et au Schlossberg, à l'E. d'Engel-

1. J. BOUSSAC Les méthodes stratigraphiques et le Nummulitique alpin. *B.S.G.F.*, (4) IX, 1909. pp. 30-33.

2. J. BOUSSAC. Sur la distribution des niveaux et des faciès du Mésonummulitique dans les Alpes. *C.R. Ac. Sc.*, 30 nov. 1908.

berg. Nous avons schématisé, dans les figures 5, 6, et 7 de la planche VI, ces trois profils, construits à la même échelle, et avec les épaisseurs indiquées par M. Heim. Pour les rendre plus comparables, nous avons employé, dans les trois coupes, le même figuré pour les mêmes formations lithologiques; la légende, qui accompagne les figures, indique la succession des couches pour chacune d'elles, d'après le texte de M. Heim.

Eh bien, ces trois coupes me paraissent essentiellement différentes l'une de l'autre, aucune d'elles ne peut être comparée à la suivante, et je me reconnais incapable de suivre de l'une dans l'autre les mêmes couches.

J'en conclus que la question du passage du Lutétien autochtone au Priabonien autochtone reste entière. Elle ne sera résolue qu'en relevant une série de coupes détaillées, et aussi nombreuses et aussi rapprochées que possible les unes des autres, dans la région comprise entre Engelberg et Altdorf. Je compte bien, cet été, porter mes pas dans cette région.

## II. — LES « PILATUSSCHICHTEN »

Considérant, sans preuves suffisantes, comme nous venons de le voir, qu'il n'y a dans le Nummulitique suisse qu'un seul étage, le Lutétien, M. Arnold Heim y distingue deux grands niveaux, les « Pilatusschichten » à la base, composés d'une succession de calcaires plus ou moins glauconieux et de grès, et le Flysch au sommet.

Pour lui, le Flysch ne constitue pas un horizon chronologique bien déterminé, mais peut varier légèrement d'âge en ses différents points, tout en restant toujours lutétien. J'irai plus loin que mon savant confrère de Zurich, et j'estime que le Flysch, ou, pour parler plus précisément, que les schistes à Globigérines ne sont qu'un faciès, et qu'ils peuvent être lutétiens, auversiens, priaboniens, etc., suivant les points.

Par contre, et je ne sais pourquoi, M. Arnold Heim estime que les « Pilatusschichten », ou tout au moins leur partie inférieure (les « Bürgenschichten ») se sont partout déposés dans un même intervalle de temps et constituent un horizon lithologique très net (p. 114). Or, il suffit de jeter un coup d'œil sur la partie inférieure des trois coupes représentées dans les figures 5, 6 et 7 pour voir combien cette opinion est illusoire : au Kistenpass, la série débute par 8 à 9 m. de couches glauconieuses, surmontées par une série calcaire plus ou moins gréseuse, l'ensemble atteignant une quarantaine de mètres; à Lintthal, 6 mètres de marnes et de grès constituent toutes les

Bürgenschichten ! Au Schlossberg enfin, faux conglomérat sidérolithique, couches à *Cer. diaboli*, et grès très puissants à *N. Fabiani*, le tout atteignant plus de 90 mètres.

Je m'avoue incapable de reconnaître, dans ces trois coupes un même horizon lithologique déterminé.

On pourrait citer bien d'autres cas semblables ; il suffit d'ailleurs, pour s'en convaincre, de considérer le grand tableau des synchronismes qui est à la page 140 du mémoire.

En réalité, ce que M. Arnold Heim a pris pour un niveau stratigraphique, c'est tout simplement le faciès de base, plus détritique et plus grossier, formé de grès et de calcaires, que présente partout le Nummulitique avant de prendre le faciès vaseux des schistes à Globigérines.

Ce faciès de base varie suivant les points. Mais pour suivre ces variations, il ne faut pas se contenter, comme l'a fait notre confrère, de prendre des coupes en une série de points isolés pour les relier ensuite sur le papier ; il faut *suivre* effectivement ces couches sur le terrain, et voir comment elles se transforment.

J'ai pu faire cette étude en deux points particulièrement intéressants, au Nord du lac de Thoune et dans la nappe du Wildhorne, et j'ai constaté une ressemblance frappante, et tout à fait inattendue, entre les variations de faciès du Nummulitique de ces deux régions.

### III. — LES VARIATIONS DE FACIÈS DU NUMMULITIQUE AU NORD DU LAC DE THOUNE ET DANS LA NAPPE DU WILDHORN

J'intercale ici l'étude de ce Nummulitique, parce qu'elle va nous fournir l'occasion de préciser certains points d'importance capitale, comme les relations de couches à Cérithes avec les grès du Hohgant et le Lutétien ; le lecteur pourra se rendre compte que dans les seules régions où le passage du Lutétien transgressif au Priabonien transgressif est connu avec précision, les choses se passent d'une façon parfaitement conforme à la classification admise du Nummulitique.

1° LE NUMMULITIQUE AU NORD DU LAC DE THOUNE. — Je ne veux pas revenir ici sur les nombreux travaux dont le Nummulitique du lac de Thoune a fait l'objet ; le dernier en date et le meilleur est celui de M. Henri Douvillé<sup>1</sup>. Je considérerai donc que tous les faits essentiels sont connus, et je n'insisterai que sur la

<sup>1</sup> H. DOUVILLÉ. Les Ralligstöcke et le Gerihorn. *B.S.G.F.*, 6 avril 1903, (3), III, p. 193-220, pl. IV-VI. Paris.

comparaison des coupes successives, et sur les transformations que subissent les couches depuis le chaînon des Ralligstöcke jusqu'au Harder, c'est-à-dire, transversalement à la direction des plis. Ces changements de faciès n'avaient pas attiré jusqu'ici l'attention des géologues qui ont étudié la région; le lecteur pourra en suivre la description sur la figure 1 de la planche VI.

La coupe des Ralligstöcke (Sigriswyl Grat) est bien connue. M. Arnold Heim vient d'en donner une nouvelle description extrêmement détaillée et précise. La succession peut se résumer de la façon suivante :

1° Grès intérieur . . . . .	1 à 2 m.
2° Couches littorales et saumâtres, à Lymnées, Planorbis, Cérithes, Mélanies, etc. . . . .	10 m.
3° Grès (dit grès du Hohgant <sup>1</sup> ), à petites Nummulites variées; passe par alternance au suivant . . . . .	60 m.
4° Calcaires à <i>Lithothamnium</i> , <i>Orthophragmina</i> nombreuses et petites Nummulites striées; au moins . . . . .	100 m.
5° Schistes d'Unterbergli; au moins . . . . .	50 m.

Rien ne nous permet de dater directement avec précision aucun des termes de cette série; la faune des couches saumâtres est très incomplètement connue, et les petites Nummulites variées que j'ai trouvées dans les grès qui les surmontent, ainsi que celles signalées par M. Heim, n'ont aucune valeur stratigraphique<sup>2</sup>.

Mais si on considère l'absence complète des grandes Nummulites (*N. complanatus*, *distans*, etc...) du Lutétien, et, d'autre part, le fait certain que la faune des Ralligstöcke est différente de la faune à *Cer. diaboli*, on est tenté, pour toutes ces raisons négatives et toutes provisoires, de mettre les couches saumâtres et les grès du Hohgant dans l'Auvervien, et les calcaires à *Lithothamnium* et les schistes qui les surmontent dans le Priabonien.

Immédiatement, au Sud-Est de Sigriswyl Grat, vient le Niederhorn, où nous avons une coupe à peu près semblable, mais le grès (du Hohgant) est là beaucoup mieux observable. Il affleure dans une série d'escarpements sur le versant sud-est du Nie-

1 Je préfère ne pas employer cette expression, qui préjuge du synchronisme de ces grès avec ceux du Hohgant, que je ne connais point.

2 M. Arnold Heim signale dans sa couche 15, *N. Murchisoni-Heeri* var. *minor*. Cette variété *minor* est probablement une petite forme à spire enroulée, voisine de *Rouillei* ou de *planulatus*, et comme on en rencontre presque à tous les niveaux du Nummulitique. Ce sont les formes les moins caractéristiques.

derhorn. Certains bancs sont pétris d'*Orthophragmina*, assez grandes, plus grandes que celles du Priabonien, indiquant un âge au moins auversien. D'autres bancs présentent un faciès très particulier et très caractéristique, que nous retrouverons au Niesenhorn, dans la nappe du Wildhorn : c'est un grès calcaire prenant une teinte rougeâtre à l'air, et contenant de gros grains de quartz qui restent en saillie à la surface des bancs et les rendent rugueux ; on y trouve des Nummulites striées, du groupe de *N. contortus-striatus*, mais en différant par certains caractères de la section axiale ou de la spire ; des Nummulites, en tous points semblables, se retrouvent dans les mêmes grès au Niesenhorn, dans le Priabonien, aux environs de la Reichenhall, et dans les Basses-Alpes et les Alpes-Maritimes, dans des calcaires situés à la limite de l'Auversien et du Priabonien. Ces Nummulites nous conduisent à attribuer un âge pas plus ancien que l'Auversien aux grès du Niederhorn.

La coupe du flanc occidental du massif du Waldegg est déjà notablement différente ; on peut voir, le long de la route, au Nord du delta de Sundlauenen, la succession suivante, déjà bien décrite par M. Henri Douvillé.

1° Grès calcaires à *N. complanatus* LAMK. et *N. aturicus* JOL. et LEYM. et grandes *Orthophragmina*. Quelques mètres.

2° Grès grossiers très argileux, schisteux « chargés d'enduits charbonneux qu'on peut attribuer à des algues », noirâtres dans les cassures fraîches, fauves sur les surfaces altérées. Plusieurs dizaines de mètres ; passent insensiblement au

3° Grès (dit du Hohgant), compact ; contient à sa base une intercalation marneuse des *Orthophragmina*, mais on ne retrouve plus là les grandes espèces (*O. discus*) du Lutétien.

4° Schistes marneux, contenant des intercalations de grès et de calcaire à *Lithothamnium* et *Orthophragmina* identiques au « Ralligmarmor » de Sigriswyl Grat.

L'épaisseur de toutes ces assises est difficile à apprécier exactement, mais est certainement de plusieurs dizaines de mètres pour les schistes fauves, les grès (du Hohgant), et les schistes nummulitiques.

Si nous comparons cette coupe aux précédentes, nous voyons qu'elle en diffère surtout par l'apparition des couches lutétiennes à *N. complanatus* à la base, par la présence d'une grande épaisseur de schistes fauves sous les grès, et par l'envahissement du « Ralligmarmor » par le faciès schisteux ; les calcaires à *Lithothamnium*, au lieu de constituer un tout compact, forment des interca-

lations dans des schistes ; on ne les retrouve plus vers le Sud-Est, ils se terminent en biseau dans cette direction.

Sur le flanc sud-oriental en Waldegg, entre Kùblibad et le pont de la route de St-Beatenberg sur la Lombach, on revoit une coupe analogue, mais avec accentuation des mêmes changements de faciès ; les schistes fauves atteignent là une très grande épaisseur, près de 100 mètres, et le grès est très réduit en épaisseur, ce qui nous montre clairement que ces schistes fauves représentent un faciès latéral, plus méridional des grès du Niederhorn ; enfin on ne trouve plus d'intercalations calcaires dans les schistes à Globigérines.

Le Harder représente le flanc renversé de la charnière antérieure d'une nappe immédiatement supérieure à la nappe Waldegg-Niederhorn ; on peut donc considérer son Nummulitique comme le prolongement direct, vers le S.E., de celui de Niederhorn.

Le Nummulitique du Harder nous montre effectivement la réalisation complète des changements de faciès que nous venons de suivre ; il n'y a plus trace des grès du Niederhorn ; par contre les schistes fauves, qui les ont complètement remplacés, atteignent près de 150 mètres d'épaisseur : ce sont les *grès à Taonurus*<sup>1</sup> de M. H. Douvillé ; ils passent insensiblement aux schistes à Globigérines, dans lesquels on n'a jamais signalé d'intercalations calcaires.

J'ai essayé, dans la figure 1, de résumer et de schématiser tous ces faits ; j'ai dû, malgré tout, doubler les proportions des hauteurs, mais les faits n'en sont pas dénaturés.

2° LE NUMMULITIQUE DES NAPPES DES DIABLERETS ET DU WILDHORN. — Transportons-nous maintenant dans la région des Diablerets et du Wildhorn. Nous allons y voir des faits qui éclairent d'une vive lumière la question de l'âge des différentes assises nummulitiques du lac de Thoune. Le Nummulitique des Diablerets et de la dent de Morcles est bien connu depuis les travaux de Renevier<sup>2</sup> ; j'ai pu, grâce à l'extrême amabilité de M. Maurice Lugeon, professeur à l'Université de Lausanne, prendre une connaissance approfondie du Nummulitique de la

1. Ce sont probablement aussi les « Pectinitenschiefer » de Kauffmann ; mais ils ne renferment guère de Pectens qu'à leur base, dans la carrière de Kùblibad (H. Douvillé). C'est un faciès qui peut se rencontrer à toutes sortes de niveaux dans le Nummulitique.

2. Voir surtout : E. RENEVIER. Monographie géologique des Hautes-Alpes vaudoises et parties avoisinantes du Valais. *Matér. pour la Carte géol. de la Suisse*, 1890, XVI, 562 p., 7 pl. (dont une carte géol.), 128 fig. Lausanne.

nappe du Wildhorn; et je tiens à déclarer ici que tous les faits que je vais relater sont des découvertes personnelles de notre confrère et maître. J'espère qu'il nous donnera prochainement une note préliminaire sur ce Nummulitique, et je ne vais insister que sur les faits qui ont un intérêt spécial pour notre discussion.

On sait que dans la région des Diablerets, la succession est la suivante :

1° Sidérolithique. . . . .	25 m.
2° Marnes d'eau douce et anthracite . . . . .	9 50
3° Couches fossilifères, à <i>Cer. diaboli</i> à la base.	31 00
4° Grès nummulitique . . . . .	45 00
5° Calcaire nummulitique, à <i>Orthophragmina</i> et <i>N. Fabianii</i> probable <sup>1</sup> ; d'après les coupes. . . . .	200 m.
6° Schistes à Nummulites, flysch, grès de Taveyannaz; d'après les coupes, au moins. . . . .	1000 m.

Ici le Priabonien est transgressif, le prolongement de ces couches, vers le N.E., ne se retrouve que dans la zone de Nummulitique autochtone qui borde au Nord le massif de l'Aar.

Occupons nous maintenant de la nappe du Wildhorn, qui est immédiatement supérieure à celle des Diablerets, et où on trouve en conséquence des faciès plus méridionaux du Nummulitique (voir planche VI, fig. 2).

La coupe du Klein Hörnli, près de Lauenen, est la plus septentrionale que nous avons relevée, avec M. Lugeon; elle peut se résumer de la façon suivante :

1° Grès siliceux, sans fossiles . . . . .	5 m.
2° Calcaires arénacés et grès alternants. . . . .	5 m.
3° Calcaires compacts à <i>Lithothamnium</i> , <i>Nummulites Fabianii</i> abondante . . . . .	11 m.
4° Succession de calcaires à petites Nummulites, <i>Orthophragmina</i> , <i>Heterostigina reticulata</i> , <i>Lithothamnium</i> , etc. . . . .	90 m.
5° Schistes à Globigérines, conservant, dans leur partie inférieure, quelques bancs calcaires intercalés . . . . .	100 m.

Comparée à celle des Diablerets, cette coupe nous montre qu'ici encore le Priabonien est transgressif; mais les couches à *C. diaboli* n'existent plus. On voit aussi que le faciès schisteux commence à envahir la partie supérieure des calcaires nummulitiques.

Voyons maintenant la coupe du flanc nord du Niederhorn (Stierendungel), appartenant à un anticlinal renversé supérieur à

1. Je considère, avec M. Arnold Heim, comme appartenant à cette espèce, les formes signalées par Ph. de la Harpe comme *N. garansensis*, *Fichteli*, *intermedia*, etc.

celui du Klein Hörnli. Cette coupe diffère de la précédente par les deux points suivants : 1° les bancs calcaires intercalés dans les schistes contiennent ici de nombreuses *Orthophragmina*; 2° on voit apparaître à la base un niveau de grès identiques pétrographiquement aux grès du Niederhorn, et contenant les mêmes *Nummulites*.

Une coupe, très semblable à la précédente, mais encore plus intéressante, se voit sur le flanc nord du Niesenhorn, sous le cirque de Seltenschön. On observe à la base une quinzaine de mètres de grès, plus ou moins calcaires, à patine ocre et rougeâtre, avec grains de quartz ressortant en saillies dans les surfaces altérées. On y voit de véritables *Nummulites striatus* BRUG., et d'autres striées voisines, identiques à celles du Niederhorn, de Reichenhall, etc.... Ces grès ont une identité frappante avec ceux du Niederhorn, à tel point qu'on ne pourrait reconnaître des échantillons mélangés de ces deux localités; ils représentent évidemment le prolongement des mêmes couches.

Mais le fait capital, c'est qu'au-dessus de ces « grès du Niederhorn » viennent les couches à *Cérithes*, épaisses de plus de 3 m., formant ici une intercalation lenticulaire; j'ai pu y reconnaître *Cerithium sublamellosum* D'ARCHIAC, mutation caractéristique du Priabonien de Biarritz.

Enfin la série, ici incomplète, se termine par des grès calcaires à petites *Nummulites* et *Orthophragmines*.

On a donc ici la démonstration stratigraphique que les couches à *Cérithes*, superposées au grès du Niederhorn, sont plus jeunes que les couches saumâtres des Ralligstöcke, ce que, du reste, la paléontologie, à elle seule, suffisait à démontrer.

Une coupe un peu plus méridionale, prise à l'extrémité sud-est du lac d'Iffigen, montre l'apparition à la base d'un nouveau terme. des grès à *Orthophragmina discus* et *Nummulites* cf. *Rouaulti* D'ARCH et H., représentant l'Auversien inférieur ou le Lutétien tout à fait supérieur; au-dessus, on trouve les grès à patine rose du Niederhorn, puis des calcaires à petites *Nummulitiques* et *Orthophragmines* représentant le Priabonien.

Enfin, la dernière coupe que nous ayons à examiner, et qui nous montre le faciès le plus méridional, est celle de l'arête sud du Laufbodenhorn, à l'Est du col de Rawyl; cette coupe montre la succession suivante. de bas en haut :

1° Grès à rares <i>Orthophragmina</i> . . . . .	2	60
2° Calcaires gréseux, à <i>Num. aturicus</i> , <i>Num. Brongniarti</i> . <i>N. complanatus</i>	0	30
3° Grès.	0	80

5° Calcaires gréseux à <i>Num. Rouaulti</i> D'ARCH. et <i>H. Orthophragmina discus</i> Rüt . . . . .	6	00
6° Grès schisteux, fauves dans les surfaces altérées, noirâtres dans les cassures fraîches, avec traces charbonneuses, empreintes mécaniques, etc. . . . .	150	00
Ce sont les mêmes schistes gréseux qu'au Nord du lac de Thouné ; ils passent insensiblement à		
7° Schistes gris à Globigérines, contenant parfois de petits bancs gréseux micacés, et des intercalations de bancs calcaires à <i>Lithothamnium</i> , <i>Nummulites</i> , <i>Orthophragmina</i> , etc. ; au moins . . . . .	200	00

A leur partie supérieure, les schistes à Globigérines contiennent des intercalations régulières de bancs gréseux dans lesquels M. Lugeon a trouvé encore des *Orthophragmina*, ce qui prouve que ces schistes sont exclusivement éocènes.

Comparons cette coupe aux précédentes ; nous voyons tout d'abord qu'est apparu à la base un nouvel horizon, le Lutétien à grandes Nummulites ; les grès du Niesenhorn ont disparu, et sont remplacés par 150 mètres de schistes gréseux fauves ; les calcaires à Lithothamnium et Orthophragmines du Priabonien sont remplacés par une grande épaisseur de schistes à Globigérines où ils ne forment plus que de minces intercalations.

On voit, en même temps, les analogies frappantes avec le lac de Thouné, et les deux profils d'ensemble s'éclairent mutuellement. Mais la coupe est plus complète dans la nappe du Wildhorn, où on a le faciès septentrional avec le Priabonien transgressif, et on peut voir les relations des couches à Cérithes des Diablerets avec les grès du Niesenhorn = grès du Niederhorn. Par contre, au lac de Thouné, la transformation des couches est plus lente, et on voit la transformation des grès du Niederhorn en schistes gréseux fauves.

On est frappé, en même temps, de la fausseté de certaines hypothèses auxquelles la méthode purement lithologique a conduit M. Arnold Heim. On trouvera un jour — nous dit-il, page 151 de son mémoire — que les calcaires à petites Nummulites des Diablerets (qui correspondent à ceux du Klein Hörnli) passent vers le Sud aux couches à *N. complanatus* ; mes schémas montrent, au contraire, qu'ils sont un faciès latéral des schistes nummulitiques supérieurs de la nappe du Wildhorn, séparés des couches à *N. complanatus* par 150 m. de schistes gréseux fauves.

A la page suivante du même mémoire, notre confrère est amené, par les mêmes méthodes, à distinguer, dans ses « Pilatusschichten », deux niveaux saumâtres à Cérithes :

1° A la base les couches à *Cerithium diaboli*.

2° Au sommet, les couches des Ralligsöcke et du Niederhorn.

Il admet que les faunes de ces deux niveaux sont différentes, mais que les faunes à *Cerithium diaboli* sont les plus anciennes !

Or nous savons que les couches à *Cer. diaboli* sont à la base des grès et calcaires à petites Nummulites ; on les retrouve, au Niesenhorn, dans la même position stratigraphique par rapport à ces couches, mais *superposées aux grès du Niesenhorn* = grès du Niederhorn. On a donc la preuve *stratigraphique* qu'elles sont plus jeunes que les couches saumâtres des Ralligstöcke et du Niederhorn.

Sa méthode purement stratigraphique a donc conduit M. Arnold Heim à une interversion complète de la succession des faunes ; bien que la paléontologie seule ne soit pas suffisante, elle n'eût point cependant permis une pareille erreur. Mais la paléontologie et la stratigraphie bien comprises sont toujours d'accord.

#### IV. — NIVEAUX ET FACIÈS

Nous venons de voir les changements de faciès que subit le Nummulitique transversalement à la direction des plis dans la Suisse occidentale et centrale jusqu'à Interlaken. Mais cela ne nous éclaire pas directement sur les variations du Nummulitique parallèlement à la direction des plis. La question capitale est la suivante : on sait que dans la Suisse occidentale et jusqu'au lac de Thoune, le Lutétien, quand il existe, ne forme qu'un niveau peu épais à la base du Nummulitique ; au contraire, à partir de la Grosse-Emme, vers le Nord-Est, le Lutétien est extrêmement épais, embrassant la plus grande partie des schistes à Globigérines ; comment se fait le passage d'une région à l'autre ?

Pour l'autochtone, la solution est à chercher entre Engelberg et Altdorf ; pour la nappe du Pilate, il faudra relever une série de coupes détaillées entre le lac de Thoune et le Pilate.

Préjugeant de la question, M. Arnold Heim a donné (p. 147) un schéma des transformations de faciès du Nummulitique depuis le lac de Thoune jusqu'au Sentis, schéma qui a pour but de montrer que les schistes à Globigérines lutétiens avec intercalations de calcaires à *Num. complanatus*, de la Suisse centrale et orientale, sont stratigraphiquement aussi élevés que ceux d'Unterbergli et du Waldegg, au Nord du lac de Thoune, et que la faune d'Einsiedeln occupe une position stratigraphique beaucoup plus élevée que celle des Ralligstöcke et du Niederhorn.

J'ai fait reproduire ce schéma (pl. VI, fig. 4), les longueurs y sont tellement réduites et les hauteurs exagérées d'une façon tellement excessive que les faits en sont dénaturés ; je ne pouvais songer à refaire ce schéma avec les proportions exactes, en rai-

son des dimensions qu'il aurait exigées; je me suis contenté de reprendre les *trois centimètres* de gauche de ce schéma et d'en faire une coupe à 1 : 100 000 en doublant seulement les hauteurs. Mon dessin (pl. VI, fig. 3), mis en regard de celui de M. Arnold Heim, montre comment une interprétation des faits connus, toute différente de la sienne, est non seulement possible, mais même probable.

Il suffit de supposer, pour expliquer les faits connus, que le Lutétien, qui apparaît à la base du Nummulitique au Nord du Hohgant, à la vallée de la Grosse Emme, prend peu vers le Nord-Est une plus grande épaisseur, embrassant une grande partie des schistes à Globigérines, où on trouve des intercalations de bancs calcaires à faune lutétienne<sup>1</sup>. Mais il reste, au sommet des schistes nummulitiques et dans les grès d'Obwalden, une assez grande épaisseur de couches pour représenter des équivalents chronologiques des grès du Niederhorn, du Ralligmarmor et des schistes d'Unterbergli. Je ne vois pas de difficultés spéciales pour l'interprétation de ce schéma.

Considérant que les schistes nummulitiques lutétiens de la Suisse centrale et orientale sont des équivalents chronologiques des schistes nummulitiques de la Suisse occidentale jusqu'au lac de Thoune. M. Arnold Heim s'est heurté à cette difficulté que les schistes nummulitiques de la Suisse occidentale *ne contiennent pas d'intercalations calcaires à faune lutétienne*; il a pensé que ce caractère négatif ne prouvait pas l'âge *oligocène* de ces schistes, et il a eu raison, car M. Lugeon a découvert dans les schistes du Klein Hörnli, de Stierendungel, sous le flanc nord renversé du Niedenhorn, et sur l'arête sud des Laufboden (Rawyl), des intercalations calcaires ou gréseuses qui contiennent, jusqu'à la partie supérieure des schistes, des *Orthophragma*, ce qui montre que ces schistes sont exclusivement éocènes.

Mais si la faune de ces intercalations calcaires est bien éocène, elle n'a rien de Lutétien; les Nummulites sont toutes des petites formes qui, sans être bien caractéristiques, se montrent partout abondantes dans le Priabonien; parmi les Orthophragmines qui

1. Je reprocherai, à ce propos, à M. Arnold Heim d'avoir dit, p. 96 de son mémoire, que Kaufmann avait signalé des intercalations de calcaires à *N. complanata*, *irregularis* et *Assilina*, dans les schistes de la rive nord du lac de Thoune (Waldegg, etc...); c'est à plus de 20 km. au Nord-Est, dans la région de Flysch qui s'étend entre Sarnen et Flühli, dans la « Schlierengegend » que Kaufmann a signalé ces intercalations dans le Flysch.

sont très abondantes, on ne trouve *aucune des grandes formes du Lutétien*.

Pour expliquer l'absence d'intercalations calcaires lutétiennes dans les schistes de la Suisse occidentale, M. Arnold Heim (p. 183) supposait, par comparaison avec la région de Glaris, que ces schistes n'étaient *pas assez jeunes*, et que les intercalations à faune lutétienne devaient se trouver *encore plus haut* dans la série stratigraphique. C'est précisément *l'inverse* qui doit être vrai ; si ces intercalations calcaires ont une faune qui n'est pas lutétienne, c'est qu'ils sont plus jeunes, c'est qu'ils sont priaboniens, et qu'ils se sont déposés à une époque où la faune lutétienne avait cessé de vivre.

En résumé, les schistes nummulitiques avec intercalations de bancs calcaires ne constituent pas une unité stratigraphique et chronologique déterminée ; c'est un *faciès*, peut-être bathyal, du Nummulitique, qui, dans la Suisse occidentale, n'existe que dans le Priabonien, tandis que, dans la Suisse centrale et orientale, il commence à se développer dès le Lutétien.

Il resterait, pour conclure, à marquer l'extension, sur une carte, de différents faciès et niveaux du Nummulitique suisse. Mais c'est une question qui m'entraînerait trop loin et que j'aurai du reste l'occasion de traiter en détail dans ma thèse. Je dirai simplement que, dans l'ensemble, je n'ai rien à modifier à la note que j'ai donnée le 30 novembre 1908, aux *CR. de l'Académie des Sciences*, sur la distribution des niveaux et des faciès du Mésonummulitique dans les Alpes <sup>1</sup>.

1. Je dois cependant, à ce propos, relever un mot malheureux de M. Arnold Heim. Dans sa note préliminaire sur le Nummulitique des Alpes Suisses, notre confrère dit (*B. S. G. F.*, (4), IX, p. 25) à propos de l'obliquité des zones de faciès par rapport aux zones tectoniques, que j'ai *adopté* sur ce point sa manière de voir. Or, quand j'adopte les opinions de mes confrères, j'ai l'habitude de le dire, et de ne point donner ces opinions comme miennes. Dans le cas présent, il s'agit d'une idée que j'avais bien avant d'aller sur le terrain et qui ressort évidente de l'étude des travaux de nos devanciers. Je pourrais, avec autant de raisons, faire le même reproche à M. Arnold Heim, avec plus de raisons même, puisque ma note aux *CR. de l'Académie* m'a assuré la priorité.

Et puisque je suis sur ce terrain, je demande la permission de faire un autre rappel de priorité ; M. Arnold Heim semble donner comme une découverte personnelle la différence d'extension, dans le géosynclinal alpin, du Nummulitique moyen transgressif et très bien développé, et de l'Oligocène en pleine régression ; j'avais déjà émis cette idée, en 1907, dans ma note sur la limite de l'Éocène et de l'Oligocène (*B. S. G. F.*, (4), VII, p. 410-411) ; je suis heureux de la voir adoptée par M. Arnold Heim.

## V. — QUESTIONS PALÉONTOLOGIQUES

Les parallélismes admis par M. Arnold Heim se heurtent à toutes sortes de difficultés d'ordre paléontologique. Il en a vu quelques-unes, mais n'a pas réussi à les résoudre. Et ces difficultés tiennent à ce que M. Arnold Heim a systématiquement négligé les résultats de la paléontologie stratigraphique.

Pour ce qui concerne les faunes de Mollusques, M. Arnold Heim base ses appréciations, non sur des études personnelles, mais sur de vieilles listes données par de vieux auteurs, Mayer-Eymar et Renevier, à une époque où la stratigraphie paléontologique, surtout pour la période tertiaire, était loin d'être ce qu'elle est aujourd'hui. Quant aux Nummulites, notre confrère en a fait une étude personnelle dont nous aurons aussi à discuter les conclusions.

QUESTIONS RELATIVES AUX FAUNES DE MOLLUSQUES. — 1° *La faune des Diablerets*. — M. Arnold Heim adopte, sans examen, les conclusions de Renevier, qui a pu déterminer dans cette faune 167 espèces, parmi lesquelles 13 % sont tongriennes, 28 % bartoniennes, 65 % lutétiennes et 19 % suessoniennes, de sorte que le centre de gravité de cette faune tomberait dans le Lutétien.

Or, j'estime que toutes les déterminations de Renevier sont à revoir, et surtout que le système des pourcentages et des statistiques est le plus mauvais qui soit pour déterminer l'âge d'une faune. Je viens de faire la revision des faunes à *Cerithium diaboli* des Alpes françaises, et je suis arrivé à la conclusion certaine que ces faunes représentent le faciès littoral du Priabonien<sup>1</sup>; M. Oppenheim était déjà antérieurement arrivé à la même conclusion et avait donné, des couches à *Cerithium diaboli* du Vicentin, une discussion paléontologique excellente<sup>2</sup> qui aurait dû éclairer M. Arnold Heim.

2° *Faunes des Ralligstöcke et du Niederhorn*. — On peut faire des observations analogues au sujet des faunes des Ralligstöcke et du Niederhorn. M. Heim en discute l'âge en faisant le pourcentage d'après les listes de Mayer-Eymar : méthode pure-

1. Voir J. BOUSSAC. Feuilles d'Avignon, Nice et Antibes à 1/320000. Revision du Nummulitique alpin. *Bull. Serv. Carte géol. de Fr.* CR. des Collaborateurs pour la campagne de 1908.

2. P. OPPENHEIM. Das alttertiär der Colli Berici in Venetien, die Stellung der Schichten von Priabona, und die Oligocäne Transgression in Alpinen Europa. *Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellschaft*, 1896, p. 27-151, 1 tableau, pl. II-V. Berlin.

ment illusoire ! Je ne puis encore rien dire de précis sur l'âge de ces faunes, je compte en faire la revision cet été dans les musées de Lausanne, de Berne et de Zurich ; mais ce que je puis dire de certain, d'après le peu que j'en connais, c'est que ces faunes sont certainement *plus anciennes* que celles à *Cerithium diaboli*, et qu'elles n'en ont pas les affinités oligocènes qui caractérisent ces dernières.

QUESTIONS RELATIVES AUX NUMMULITES. — Je me plais à constater que notre confrère a fait faire un progrès énorme à notre connaissance des Nummulites de la Suisse. Il en a donné des descriptions détaillées et d'excellentes figures. Je ne m'arrêterai pas à cette partie, proprement descriptive, de son travail. Je m'occuperai seulement de la valeur stratigraphique de ces formes, et des rapports de leur distribution avec celle des faciès.

M. Arnold Heim a cru devoir conclure, de ses recherches stratigraphiques, au synchronisme d'espèces considérées comme priaboniennes, telles que *N. Fabiani*, avec les espèces caractéristiques du Lutétien, telles que *N. complanatus*, *N. distans*, etc... Nous avons vu que la démonstration de ce synchronisme, basé sur la continuité des « Pilatusschichten » entre Engelberg et Altdorf, est tout à fait insuffisante. D'autre part, *on n'a rencontré nulle part N. Fabianii associée à des espèces lutétiennes, ni surmontée par des couches contenant ces espèces lutétiennes*, ce qui arriverait bien en quelque endroit si ces espèces avaient réellement vécu à la même époque.

M. Heim avait donc cherché à expliquer cette localisation constante *en des couches différentes*, de *N. Fabianii* et des espèces lutétiennes ; et il eut pour cela recours à la considération des faciès et à la considération des provinces zoologiques.

1° *Relations des Nummulites avec les faciès.* — Notre confrère et ami a donc cherché quelles relations existent entre la distribution des Nummulites et celle des faciès, et dans quelle mesure ces Foraminifères sont liés à une profondeur et à une formation lithologique déterminée. C'est là certainement une voie féconde, et je suis persuadé qu'un bon nombre des résultats de ses recherches resteront acquis à la science, avec cette réserve toutefois que ses conclusions sont étayées sur des observations insuffisamment nombreuses et limitées à une région trop étroite.

Mais la véritable question est la suivante : *Peut-on, avec des considérations de faciès, expliquer le fait que N. Fabianii d'une part, et que les espèces lutétiennes d'autre part, considérées comme synchroniques, se trouvent toujours en des points diffé-*

rents, ou en des couches différentes (et, dans ce cas, c'est *N. Fabianii*, qui, dans tous les points connus, surmonte les espèces lutéliennes) ?

Le faciès *gréseux* et la proximité d'un rivage ne peuvent expliquer la présence de *N. Fabianii* dans les grès d'Engstlen See et du Schlossberg à l'exclusion de *N. complanatus* et de *N. aturicus* var. *uranensis*, puisque ces deux espèces existent, d'après M. Arnold Heim lui-même (p. 42) dans des grès au Pilate ; je les connais moi-même dans des grès grossiers, et même dans des brèches et conglomérats, dans la zone du Flysch de l'Embrunais et de l'Ubaye.

D'autre part, la présence des *N. irregularis*, *N. distans*, *N. atatica*, *Assilina granulosa* et l'exclusion de *N. Fabianii* dans les calcaires organogènes à *Lithothamnium* de la Suisse orientale (Ragatz, etc...) ne peut s'expliquer par la considération du faciès, puisque *N. Fabianii* se trouve dans des faciès semblables à Hallthurm, près des Reichenhall, au Klein Hörnli près de Lauenen, à Thones en Savoie <sup>1</sup>.

Et notez que dans les deux cas, les exemples que j'oppose à la théorie des faciès sont empruntés aux Alpes Suisses, ou voisines de la Suisse.

Si la localisation de ces Nummulites pouvait s'expliquer par la considération des faciès, les mêmes Nummulites devraient réapparaître, d'une façon constante, avec les mêmes faciès. Or, précisément, ce n'est pas le cas. puisque nous venons de voir que, dans les mêmes faciès, que ce soient des grès ou des calcaires organogènes, on trouve *en certains points* les Nummulites lutéliennes, *en d'autres points* *N. Fabianii*, et toujours les unes à l'exclusion des autres.

Mais l'exemple le plus typique est celui des intercalations calcaires dans les schistes (Flysch) à Globigérines ; dans une partie de la Suisse centrale et dans la Suisse orientale, ces intercalations contiennent *N. distans*, *N. irregularis*, *Assilina granulosa*, *Orthofragmina discus*, etc. ; dans la Suisse occidentale, au contraire, (nappe du Wildhorn), on n'y trouve aucune espèce lutélienne<sup>2</sup> et uniquement de petites formes, qui, sans être bien caractéristiques, se trouvent partout abondantes dans le Priabonien.

1. Échantillon communiqué par M. Revil.

2. Et c'est là un fait d'autant plus remarquable que ces espèces lutéliennes existent dans la même coupe à la base du Nummulitique ; elles existaient donc dans la région, et leur absence dans les bancs calcaires intercalés dans le Flysch ne peut s'expliquer par une considération de provinces zoologiques.

M. Heim cherche encore à expliquer, par le même genre de considérations, la succession régulière de faunes nummulitiques qu'on observe dans les régions classiques de Biarritz et du Vicentin, et aussi dans certaines parties des Alpes ; *lorsque, dit-il, en un même point, la sédimentation a changé lentement, et qu'on a une succession régulière de faciès, sans récurrences, on a une succession régulière et correspondante de faunes de Nummulites qui donne l'illusion d'une évolution.* Une proposition aussi grave et aussi générale demanderait une démonstration détaillée et précise que son auteur n'a même pas ébauchée.

Je ne veux pas non plus la discuter en détail, cela m'entraînerait trop loin ; je ferai seulement remarquer qu'à chacune des faunes successives qu'on a distinguées à Biarritz et dans le Vicentin, correspondent des faunes *de même âge* et de *faciès différent*, et d'autres faunes *de même faciès* et *d'âge différent*. J'ai déjà ébauché la démonstration de ces faits dans quelques-unes de mes notes récentes<sup>1</sup> ; M. Oppenheim était entré aussi dans des considérations du même genre<sup>2</sup>. Mais la paléontologie stratigraphique n'existe pas pour M. Arnold Heim ; ou bien alors il a recours à des ouvrages désuets de vieux auteurs, Mayer-Eymar, von Hantken, Tournouër, ouvrages qui ont marqué des progrès dans leur temps, mais qui sont dépassés aujourd'hui.

*Les deux provinces zoologiques.* — Se rendant bien compte, malgré tout, que des considérations de faciès étaient impuissantes à expliquer la localisation, en des gisements différents, des Nummulites lutétiennes et des Nummulites priaboniennes, M. Arnold Heim a essayé de se tirer d'affaire en imaginant l'existence de deux provinces zoologiques différentes : *une province franco-alpine*, s'étendant sur le bord nord-occidental du géosynclinal, et caractérisée par les faunes dites « auversienne » et « priabonienne » : *N. Fabianii*, *N. contortus-striatus*, *N. vascus-Boucheri*, etc... ; et *une province helveto-bavaroise*, formant la partie sud-est du géosynclinal, et caractérisée par les grandes Nummulites et les Assilines

1. Voir surtout : J. BOUSSAC. Note sur la succession des faunes nummulitiques à Biarritz. *B. S. G. F.*, 27 avril 1908, (4), VIII, p. 237-255. Paris. — Feuilles d'Avignon, Nice et Antibes à 1/320 000. Revision du Nummulitique alpin. *Bull. Serv. Carte géol. de France*. C.R. des collaborateurs pour la campagne de 1908. Paris.

2. P. OPPENHEIM. Das Alltertiär der Colli Berici in Venetien, die Stellung der Schichten von Priabona, und die oligocäne Transgression in Alpinen Europa. *Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch.*, 1896, p. 17-151, pl. II-V, Berlin. — Die Priabonaschichten und ihre Fauna. *Palæontographica*. 1900-1901, XLVII, 348 p., 21 pl. Stuttgart.

considérées comme lutétiennes ; la faune d'Einsiedeln appartiendrait à cette province.

Étranges ces provinces zoologiques qui s'accolent ainsi l'une à l'autre dans un même géosynclinal ! M. Arnold Heim avoue du reste qu'il ne s'en explique pas les raisons.

En réalité il n'y a rien à expliquer du tout, pour la raison très simple que ces provinces zoologiques n'existent pas. Il n'y a pas une espèce qui soit localisée dans l'une ou dans l'autre. *Num. Fabianii*, qui est connue en Suisse jusqu'à Engelberg, est abondante dans le Nummulitique des environs de Reichenhall (Alpes de Salzbourg) ; quant aux espèces lutétiennes, *N. aturicus* (avec la var. *uranensis*), *N. complanatus*, *N. distans*, *Assilina exponens* etc..., on les connaît toutes en différents points des Alpes françaises (Savoie, Embrunais et Ubaye, Haut-Verdon, etc...).

Il n'y a pas possibilité de distinguer deux provinces zoologiques dans le géosynclinal alpin ; on ne comprendrait pas, du reste, comment deux faunes distinctes auraient pu vivre dans cette même unité géographique sans s'y mélanger.

#### CONCLUSIONS

1° Il n'est pas démontré que les couches à *N. Fabianii* d'Engelberg constituent le prolongement des couches à *N. complanatus* du Kisten-Pass. C'est même le contraire qui est vraisemblable, d'après les coupes mêmes de M. Heim ;

2° Dans tous les points où le passage du Priabonien transgressif au Lutétien transgressif est connu avec certitude, on voit le Lutétien se terminer en biseau sous l'Auversien, et l'Auversien sous le Priabonien ;

3° Le passage du faciès gréseux, peu épais, du Lutétien (lac de Thoune), au faciès schisteux du même étage (Schliereengebiet), peut facilement s'interpréter, dans l'état actuel de nos connaissances, d'une façon conforme à la classification admise du Nummulitique ;

4° On n'a jamais trouvé *N. Fabianii* associée aux Nummulites lutétiennes, et des considérations de faciès ou de provinces zoologiques sont impuissantes à expliquer la localisation constante de ces espèces en des gisements différents. Cette localisation ne peut s'expliquer que par l'hypothèse de la différence d'âge de *N. Fabianii* (Priabonien) et des Nummulites lutétiennes.

---

EXPLICATION DE LA PLANCHE VI

Noms de M. J. van Boven

- Fig. 1. — 1. Grès à *N. starinus* et *N. complanatus*.  
 2. Calcaire gréseux à *Orthophragmina alata*.  
 3. Grès inférieur de Sigriwyl-Grat.  
 4. Grès de Haselberg à *Gastrea* de Sigriwyl-Grat et de Niederbarn.  
 5. Grès de Niederbarn.  
 De 5e. Schistes gréseux faibles, faibles latéral de 3, 4 et 5.  
 6. Calcaire à *Lithothamnium*, *Nannulites*, *Orthophragmina* (*Halligermar*).  
 7. Schistes d'Unterberg.  
 De 7. Schistes de Widdig et de Hander, équivalents latéral de 5 et de 7.

- Fig. 2. — 1. Grès à *N. starinus* et *N. complanatus*.  
 2. Calcaire à *Orthophragmina alata*.  
 3. Grès de Niederbarn — grès de Niederbarn.  
 4. Schistes gréseux faibles.  
 5. Grès à *Lithothamnium*, *Nannulites* *Fabianii* et *Orthophragmina*. — En 5e, courbes à *Gastrea*.  
 6. Schistes à *Globigirina* avec intercalations calcaires à petites *Nannulites* et *Orthophragmina*.  
 7. Schistes à *Globigirina*, régulièrement de 7 et de 5.

- Fig. 3. — 1. Grès à calcaire et gréseux de la base de l'unité, contenant *N. complanatus*, *starinus*, etc.  
 2. Schistes à *Globigirina* avec intercalations calcaires lentilles à base bœuf.  
 3. Grès de Niederbarn (et de Helligst) 7) avec une intercalation calcaire à base de Haselberg.  
 4. Helligstmar.  
 5. Schistes à *Globigirina* d'Unterberg.  
 6. Schistes à *Globigirina*, équivalents de 4 et de 6.  
 7-8. Partie supérieure des schistes, et grès d'Obwalden, équivalents hypothétiques des couches 1 à 4.

- Fig. 4. — 1. Grès, Alben et Gargazin.  
 2. Gamsboden et Tannen.  
 3. Reuden.  
 4. Hergschichten.  
 5. Grès améthistes de Sigriwyl-Grat.  
 6. Haselbachschichten.  
 7. Grès de Helligst.  
 8. Helligstmar.  
 9. Schistes à *Globigirina*, « Haselbach ». — Fisch avec lames de grès, Widdig avec lames cristallines et bancs calcaires à *Nannulites*.  
 10. Calcaire à *Nannulites* intercalés dans les schistes à *Globigirina* de Fisch-Haselbach-Lorenz, « Gamsboden de Haselbach ». — Grès d'Obwalden.

- Fig. 5. — 1. *Acellophragmina* et calcaire gréseux à *Nann. complanatus*, *N. starinus* var. *arenosus*, *Acellophragmina*, *Orthophragmina alata*; 4 m. 80.  
 2. Calcaire gréseux, micacé; 1,5 m.  
 3. Calcaire gréseux à *N. complanatus*; 4 m.  
 4. Banc calcaire à *N. complanatus*; 1 m.  
 5. Calcaire gréseux à petites *Nannulites* et *Orthophragmina*; 8 m.  
 6. Grès; 3 m.  
 7. Schistes marneux, à traces de plantes; 3 m. 7.  
 8. Schistes marneux à *Globigirina*; 20 m.  
 9. Schistes marneux avec intercalations de bancs de grès; 1 m.

- Fig. 6. — 1. Schistes gris-noir; 1 m.  
 2. Quartzite (*Quartziten* *Jatzia*); 1 m.  
 3. Grès argileux fossilifère; 7 m. 60.  
 4. Calcaire à *Orthophragmina*, *Nann. subrotunda*, etc.  
 5. Schistes marneux à *Globigirina*; 20 m.  
 6. Grès (dit de Tavoyanas); 100 m.  
 7. Altérissement de schistes marneux et de bancs gréseux.

- Fig. 7. — 1. *Pachypragmatina*; 20 m.  
 2. *Siderolites*; 20 m.  
 3. Argiles et calcaires marneux, représentant les couches 4 et 5 de la Gledachthal; 1,5 m.  
 4. Grès quartzeux; 1 m. 50.  
 5. Grès quartzeux grossier, à petites *Nannulites* grossières; 30-35 m.  
 6. Grès quartzeux grossier à *N. Fabianii*; 10 m.  
 7. Calcaire à *Lithothamnium* et *Orthophragmina*; 2 m.  
 8. Grès gréseux et marneux; >10 m.  
 9. Bancs de grès avec intercalations schisteuses; 20 m.  
 10. Schistes marneux; 10 m.  
 11. Schistes marneux; 15 m.  
 12. Bancs de grès avec intercalations argileuses; 30 m.  
 13. Grès (dit de Tavoyanas) avec intercalations schisteuses. — Acteur de 10 m.  
 14. Schistes ardoisiers (100 m.), avec, à la partie supérieure, un glissement à Polhaus.  
 15. Grès et schistes.

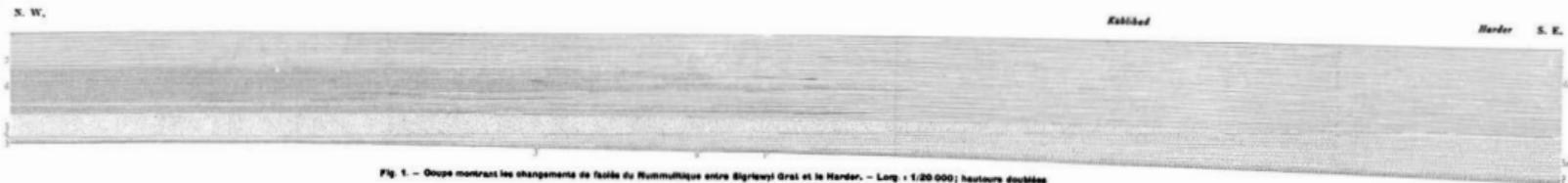


Fig. 1. — Coupe montrant les changements de faune du Nummulitique entre Sigrievyl Grøt et le Hardey. — Long. : 1:20 000; hauteurs doublées.



Fig. 2. — Schéma montrant les variations de faune du Nummulitique de la nappe du Widdow. Les différentes localités où ont été relevés les coupes de détail sont espacées projetées sur un même plan perpendiculaire à la direction des lignes tectoniques. Long. : 1:20 000; hauteurs doublées.



Fig. 3. — Schéma montrant les changements de faune du Nummulitique entre Sigrievyl Grøt et la Saltfæringsønd au S. du Pilsen (représenté les 3 ans de gauche de la Fig. 4). Long. : 1:20 000; hauteurs doublées.

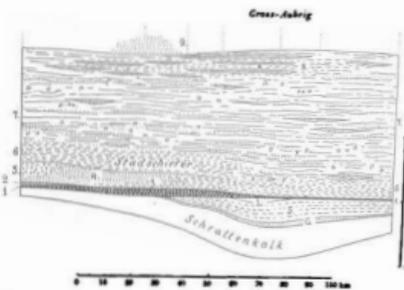


Fig. 4. — Schéma des changements de faune du Nummulitique des horizons supérieurs stratigraphiques des Russen Gneiss et Grønland perpendiculairement à la direction des plis, d'après M. Arnold Heim. (loc. cit., p. 147).

Fig. 5. — Coupe du Nummulitique au Kistenpass, d'après M. Arnold Heim.

Fig. 6. — Coupe du Nummulitique à Lintshel Kannerstok, d'après M. Arnold Heim.

Fig. 7. — Coupe du Nummulitique à Schlossberg Fjörrenalp, à l'Est d'Engelberg, d'après M. Arnold Heim.

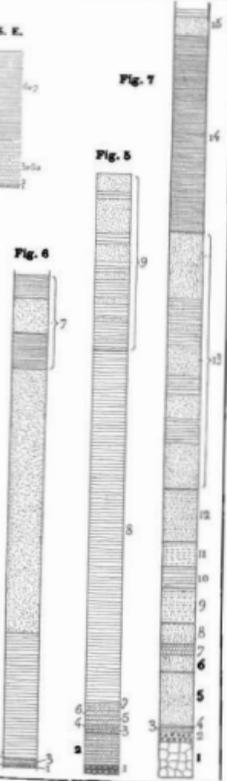


Fig. 5

Fig. 6

Fig. 7