

Le Flysch dans la sédimentation alpine

Autor(en): **Tercier, Jean**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **40 (1947)**

Heft 2

PDF erstellt am: **26.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-160901>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

ECLOGAE GEOLOGICAE HELVETIAE

Vol. 40, N° 2 — 1947

Le Flysch dans la sédimentation alpine

par Jean Tercier (Fribourg)

Table des matières.

	Page
Remarque préliminaire	164
Introduction	164
I. Sur certaines définitions générales du Flysch	165
Signification du terme « Flysch »	165
Le Flysch en tant que faciès géologique	166
II. Caractères fondamentaux du Flysch	167
1. La nature détritique du Flysch	168
Les grès du Flysch	168
Particularités de certains grès du Flysch	169
Les conglomérats du Flysch	169
Particularités des conglomérats du Flysch	169
Particularités des brèches du Flysch	170
Cas des brèches de transgression	171
Cas des brèches de remaniement sous-marin	172
Les schistes du Flysch	174
Les calcaires du Flysch	174
La stratification du Flysch	175
2. Le Flysch, formation épaisse, à complexes lithologiques mal différenciés	176
3. Le Flysch, formation exclusivement marine	177
Le problème de la bathymétrie du Flysch	179
Constatations dans la sédimentation actuelle	180
4. Le Flysch, forme de sédimentation géosynclinale	181
La localisation du Flysch dans des bassins d'archipels	181
Cas du Wildflysch	182
III. Faciès Flysch et faciès à calcschistes planctoniques	183
Signification du faciès à calcschistes planctoniques	183
Cas des couches de Wang	187
IV. Faciès Flysch et le Nummulitique helvétique	187
Le Nummulitique helvétique en tant que faciès organo-terrigène	188
La série des schistes à Globigérines	189
V. Signification du Flysch helvétique	190
Faciès Flysch et faciès Molasse	190
Le passage Flysch-Molasse	191
Signification du Flysch helvétique	192
Caractères du Flysch helvétique	193
VI. Extension du faciès Flysch à d'autres formations	194
Faciès Flysch et faciès Schistes lustrés	194
Conclusion	195
Bibliographie	196

Remarque préliminaire.

Ce travail contient l'essentiel d'une conférence tenue à Bâle lors de la session extraordinaire de la Société géologique suisse les 27 et 28 avril 1946, session consacrée spécialement au Flysch alpin.

Diverses circonstances ont retardé considérablement la publication de ce travail. En particulier aucun texte des 2 autres conférences n'a été publié. Or soit la conférence de W. LEUPOLD, soit celle de L. VONDERSCHMITT étaient consacrées, en plus de considérations générales, à certaines mises au point du Flysch de la Suisse orientale et de la Suisse centrale, tout comme ma conférence qui comprenait, en plus d'un exposé sur les problèmes de sédimentation du Flysch, un court aperçu sur les Flysch préalpins. Ceci m'a conduit à laisser provisoirement de côté le problème des Flysch préalpins. Et, en réalité, il est peut-être mieux d'attendre encore certains résultats d'études de détail avant de vouloir donner un exposé synthétique des divers Flysch des régions préalpines, car trop d'inconnus encore empêchent de résoudre quantités de questions, aussi bien d'âge de ces Flysch que leur attribution tectonique. Toutefois j'ai incorporé à mon travail qui ne traite dès lors que des problèmes de sédimentation du Flysch, certaines données empruntées au chapitre consacré aux Flysch préalpins, données qui me serviront pour appuyer diverses considérations générales.

Le retard à publier ce travail m'a permis de revoir certaines questions mais qui, en fait, ne modifient en rien l'exposé primitif donné à Bâle. Toutefois il m'a fallu tenir compte de l'un ou l'autre travail paru depuis lors. Tout spécialement j'ai pu discuter longuement des divers problèmes du Flysch avec deux parfaits connaisseurs de ce terrain, mes collègues et amis, MM. E. GAGNEBIN et L. VONDERSCHMITT, de sorte que bien des suggestions émises dans mon travail ont pu être modifiées et complétées grâce à leurs remarques judicieuses. Aussi je tiens ici à les remercier de leur grand intérêt à ce travail.

Ce travail a donc été élaboré en vue d'une conférence. Il garde de ce fait quelque chose d'un exposé très général, dans lequel les études strictement régionales et les travaux détaillés des géologues spécialisés dans l'étude du Flysch ne sont le plus souvent que sommairement mentionnés et bien souvent omis. Aussi la bibliographie donnée à la fin de mon travail est-elle volontairement sommaire. Mais en réalité il s'agissait moins, dans le problème du Flysch qui se posait, de donner d'amples détails d'érudition que d'essayer de dégager certaines notions fondamentales. Evidemment un exposé de ce genre comporte des dangers dont je suis parfaitement conscient et que j'ai sommairement rappelé dans l'Introduction. Mais s'il permet de mieux reconnaître sur le terrain ce qu'est le Flysch, ce travail n'aura pas été sans profit pour les géologues.

INTRODUCTION

Je voudrais essayer de préciser aussi nettement que possible le problème du Flysch dans le cadre de la sédimentation alpine. Devant les nombreux aspects de ce problème et dans le but de circonscrire le sujet, je serai conduit à un exposé assez schématique, dans lequel n'entreront certainement pas tous les multiples faits résultants de travaux de détail. Il faudra donc choisir et tenter d'extraire d'un matériel énorme et souvent inégal ce qui peut sembler essentiel. Autre difficulté. La plupart des géologues qui ont travaillé dans les Alpes ont eu à s'occuper du Flysch, évidemment dans une mesure variable selon les régions et la nature

des recherches. Mais répandue dans la plupart des grandes unités alpines, depuis le domaine helvétique jusque dans la région dinarique, cette formation peut apparaître sous des aspects bien divers. De ce fait le géologue qui aura particulièrement étudié le Flysch dans un domaine déterminé aura tendance à ramener les autres Flysch à celui qu'il connaît plus particulièrement. Pas plus que les autres je n'échapperai à ce danger. Toutefois je serai peut-être aidé dans ma tâche en ce sens que mes levés sur le terrain m'ont conduit dans des régions où ont travaillé les premiers géologues qui ont essayé de caractériser le Flysch, la région des Préalpes avec les travaux classiques de B. STUDER, celle de la Suisse centrale, plus spécialement d'Habkern, avec les recherches de J. KAUFMANN. Car je prendrai surtout comme exemples de formations du Flysch celles des régions préalpines parce que je les connais mieux.

Ceci me conduira à opposer à un «faciès» Flysch assez strictement limité d'autres faciès que je nomme faciès à calcschistes planctoniques, faciès nummulitique ou organo-terrigène, faciès Molasse.

M'occupant donc davantage de sédimentation que de stratigraphie, je ne traiterai qu'incidemment les questions d'âge des différentes formations du Flysch. D'ailleurs, dans un exposé de ce genre, les problèmes strictement stratigraphiques me paraissent moins urgents que le diagnostic de ce qu'on peut appeler du Flysch.

I. Sur certaines définitions générales du Flysch.

Signification du terme Flysch.

Ce mot, créé en 1827 par B. STUDER, a connu un succès inespéré et avec d'autres termes, comme ceux de faciès, de Molasse, il a pénétré dans toute la littérature géologique. Mais, comme pour tous ces termes, celui de Flysch n'a pas tardé à être utilisé dans des sens bien spéciaux, souvent assez vagues, si bien qu'il est devenu difficile aujourd'hui d'en donner une définition adéquate.

On a cependant quantité de définitions du Flysch, mais souvent assez divergentes. Signalons par exemple celle donnée en 1908 par ARN. HEIM dans son grand travail sur le Flysch et Nummulitique (Bibl. 29, p. 641), mais qui vaut surtout pour le Flysch helvétique, lequel en réalité correspond à un type assez particulier du Flysch.

En 1912, J. BOUSSAC, après avoir souligné la diversité des interprétations données à ce terme écrivait finalement ceci: «Il en résulte que le mot flysch finit par n'avoir plus aucune signification précise. Il est encore légitime de l'employer dans certains sens bien définis, pour certaines formations particulières: on dira Flysch calcaire comme on dit Calcaire grossier, et personne ne s'y trompera. Mais il ne faut parler du Flysch en général, parce que si ce mot a beaucoup de significations diverses et particulières, il n'a plus aucun sens général» (Bibl. 11, p. 641).

Or c'est précisément cette absence apparente de sens général qui comporte de graves dangers, car n'étant plus limitée, la notion de Flysch va fatalement conduire à une imprécision de plus en plus grande. Finalement, on ne saura plus exactement ce qu'il représente.

Toutefois sur un point tout le monde est aujourd'hui d'accord: celui de voir dans le Flysch non plus une formation d'âge déterminé mais un ensemble de terrains revêtant un faciès spécial.

Le Flysch en tant que faciès géologique.

Egalement considéré en tant que faciès, le mot de Flysch a reçu des interprétations variées. Limité tout d'abord au domaine strictement alpin, puis à l'ensemble des chaînes alpines, il a aussi servi à caractériser des dépôts de chaînes anciennes, prenant ainsi un caractère de plus en plus extensif.

Le Flysch, faciès alpin. A la suite de B. STUDER, les géologues ont tout d'abord utilisé le terme de Flysch pour caractériser un type particulier de sédimentation dans la grande chaîne alpine. Cependant en Suisse la notion de Flysch est demeurée pendant longtemps assez intimement liée à une formation essentiellement d'âge tertiaire inférieur. Il en est de même en France. Toutefois STUDER avait déjà élargi cette notion, parlant de Flysch crétacé ou même liasique. Par contre en Autriche, puis dans les diverses chaînes de l'édifice alpin, elle a perdu rapidement sa signification d'âge et très tôt on y a distingué en particulier 2 Flysch différents, l'un crétacé, l'autre tertiaire inférieur. Il en a été de même dans les Carpathes, les Apennins, les Pyrénées, etc.

Le Flysch, faciès orogénique. Mais déjà en 1894, au Congrès géologique international de Zurich, MARCEL BERTRAND a donné au terme Flysch un sens beaucoup plus large, en utilisant ce terme, comme ceux également de Schistes lustrés et de Molasse, pour tenter de reconstituer une sorte de schéma sédimentaire applicable non seulement à la chaîne alpine mais à la plupart des grandes chaînes antérieures (Bibl. 9). De la sorte on aurait des Flysch caractérisant le Carbonifère, ou le Silurien ou d'autres périodes encore. Cette application se retrouve, avec évidemment bien des variantes, dans nombre d'ouvrages ultérieurs, tantôt à titre comparatif, tantôt aussi avec passablement d'insistance (KOBER, VON BUBNOF, GIGNOUX, etc.).

On trouve en particulier cette notion de Flysch en tant que faciès orogénique dans le travail classique de P. ARBENZ, publié en 1919 (Bibl. 5). En fait, le terme d'orogénie demande à être employé avec certaines précautions. ARBENZ discute lui-même le cas des éléments détritiques contenus par exemple dans le Lias et le Dogger de la région d'Engelberg et de l'Urirotstock pour savoir s'il s'agit d'une sédimentation orogénique ou épirogénique. Et ceci risque de soulever la signification exacte des termes d'orogénie et d'épirogénie, déjà longuement discutée par certains auteurs. Mais il y a plus. Pour P. ARBENZ, la sédimentation de la Molasse aurait nettement un caractère orogénique (Loc. cit., p. 273). Or — et nous reviendrons encore là-dessus — il importe de distinguer aussi nettement que possible le faciès Flysch du faciès Molasse.

E. KRAUS a également développé la notion orogénique du Flysch en corrélation avec sa «Unterströmungstheorie» (Bibl. 37), sans apporter pour autant beaucoup de clarté dans les problèmes du Flysch.

De toute manière, la liaison du terme Flysch avec les mouvements orogéniques nécessite certaines restrictions. Deux me paraissent particulièrement essentielles:

1. Le Flysch n'est pas lié aux mouvements terminaux des chaînes de montagnes, ce rôle étant rempli par le faciès Molasse, mais il accompagne, plus exactement encore, il précède la phase paroxysmale dans la surrection d'une chaîne de montagne. Il précède immédiatement cette phase en ce sens qu'il marque la fermeture des divers sillons ou bassins avant la mise à sec totale ou partielle de la chaîne. Car, dans la série stratigraphique alpine, le Flysch représente normalement le dernier des terrains plissés. Comme les dépôts de Flysch de ces divers bassins ne sont pas contemporains mais souvent successifs, et ceci parfois durant une assez longue période, leur âge variera avec les divers

bassins. Nous verrons dans la suite que la distinction entre la phase paroxysmale et la phase terminale n'est pas toujours aisée à tracer et qu'il y a des passages entre les types sédimentaires liés à ces phases. Il y a plus: certains mouvements orogéniques, sans aboutir pour autant à la surrection définitive des régions affectées ont conduit, en particulier dans diverses zones alpines, à la formation de faciès apparentés au Flysch. Mais un géologue averti, tout en montrant certaines ressemblances avec le faciès Flysch, se gardera d'appeler Flysch une série schisteuse ou marneuse où s'intercalent l'un ou l'autre lit de grès ou même de conglomérat.

2. Le Flysch n'est pas lié à la surrection de n'importe quelle chaîne de montagne. On ne trouvera pas le faciès Flysch dans la chaîne du Jura et, sauf cas exceptionnel et peu convainquant, on n'a pas cherché à le faire. Car il est lié à des chaînes géosynclinales, donc à des édifices originaires de bassins marins, du type des bassins des archipels actuels. Sa formation est déterminée moins par quelques hauts-fonds et par de vastes plateformes épicontinentales que par des cordillères en bordure de ces bassins marins, généralement assez profonds. Nous reviendrons d'ailleurs plus loin sur le lieu de sédimentation du Flysch.

C'est pourquoi, à la définition de «faciès orogénique» appliquée souvent au Flysch, on peut préférer celle apportée il y a longtemps déjà par certains géologues alpins, comme M. LUGEON et E. ARGAND (Bibl. 8, p. 19), qui traitant du Flysch, parlent de «formation de géosynclinaux en voie de fermeture». Cependant, dire que le Flysch est un faciès de fermeture ou de comblement de géosynclinaux ne représente dans le fond qu'une définition d'ordre paléogéographique. Mais, sur le terrain, où l'on est souvent limité à une région assez restreinte, en face d'affleurements douteux, devant des questions de détail, donc assez loin des grands problèmes de sédimentation et de tectonique, comment parvenir avec une certaine sûreté à reconnaître le Flysch et à le séparer des formations qui l'encadrent? Autrement dit, les définitions des caractères du Flysch seront, pour les géologues de terrain d'un intérêt plus direct et plus profitable que des définitions d'origine, qui ne sont pas, à vrai dire, des définitions, mais des hypothèses sur les conditions de formation.

On doit donc admettre que le Flysch offre certains caractères généraux assez immédiats. Déjà les anciens géologues qui ont traité le Flysch dans les régions les plus diverses des Alpes ont généralement assez nettement reconnu son extension, et ceci indépendamment des notions plus spéculatives de géosynclinaux, d'archipels et de phases orogéniques. On peut naturellement signaler des confusions mais qui n'affectent toutefois pas l'ensemble. Et aujourd'hui encore un géologue n'hésitera pas le plus souvent à reconnaître le Flysch dans un territoire donné, quitte à hésiter et à discuter sur certaines délimitations vis-à-vis des formations encadrant immédiatement le Flysch.

II. Caractères fondamentaux du Flysch.

Le Flysch, considéré en tant que faciès géologique, est donc caractérisé par la nature des roches qui le constituent et accessoirement par certains organismes. Ce sont avant tout des caractères d'ordre lithologique et bionomique et non des facteurs strictement stratigraphiques qui permettront de différencier ce type de terrain vis-à-vis d'autres formations. C'est dire que le terme de «faciès Flysch» est considéré dans ce travail dans un sens très large, équivalant à un type de sédimentation qui comporte lui-même des modes de dépôts très variés.

On peut essayer de préciser ces caractères. Je n'y parviendrai qu'avec une certaine approximation. Voici toutefois ceux qui semblent être les plus évidents.

1. Le Flysch correspond à des dépôts essentiellement détritiques ou terrigènes, très accessoirement organogènes, résultant de l'alternance plus ou moins régulière de grès et de schistes micacés, avec parfois intercalations de conglomérats ou de calcaire.

2. Dans l'ensemble il représente une formation toujours assez puissante, à complexes lithologiques le plus souvent mal différenciées.

3. Il est constitué exclusivement de sédiments marins, en partie néritiques, mais aussi en partie d'origine bathyale.

4. Du point de vue paléogéographique, on doit le considérer comme un dépôt propre à des bassins accidentés de cordillères abruptes et discontinues.

Il importe de préciser avec un certain détail ces 4 caractères.

1. La nature détritique du Flysch.

Les auteurs français tout spécialement ont distingué divers types de Flysch. A un Flysch argilo-gréseux, où alternent en proportions assez égales des grès et des schistes argileux et qui correspond au Flysch le plus banal, ils opposent soit un Flysch gréseux, avec donc prépondérance plus ou moins nette de lits de grès, éventuellement avec des bancs de petits conglomérats, soit un Flysch calcaire, assez proche de certaines vases du Crétacé supérieur, soit enfin un «Flysch noir», avec prédominance de schistes argileux ou marneux et qui, lorsqu'il est broyé et entrelardé de conglomérats et de brèches, passerait au Wildflysch. En fait il demeure le plus souvent difficile de bien individualiser sur le terrain ces catégories de Flysch et fréquemment une épaisse série de Flysch comporte, verticalement et latéralement, plusieurs de ces Flysch. Cependant, des divers qualificatifs donnés plus haut, une première conclusion s'impose et que d'ailleurs chaque géologue qui a travaillé sur le Flysch a dû constater: Le Flysch est du point de vue strictement lithologique une formation essentiellement détritique.

Mais ici encore, il faut préciser. Car le Flysch n'est ni une formation essentiellement gréseuse ou conglomératique, comme l'est souvent la Molasse, ni une formation franchement argileuse ou vaseuse, comme le sont certaines formations liasiques du Mésozoïque alpin. Dans l'ensemble il résulte toujours de l'*alternance*, le plus souvent très régulière et très monotone, de bancs ou de lits de grès, plus accessoirement de conglomérats et de brèches, avec des schistes argileux ou argilo-calcaires, plus rarement avec des calcschistes et des calcaires marneux compacts, accessoirement avec des calcaires franchement organogènes. Cette alternance, parfois sur des centaines de mètres, de bancs bien lités de grès et de schistes argileux et marneux, qui caractérise la plupart des grands affleurements du Flysch, reste l'image la plus commune de cette formation sur le terrain.

Si nous examinons à part les diverses roches constitutives du Flysch, nous pourrions encore préciser quelques caractères lithologiques assez particuliers de cette formation.

Les grès du Flysch

On ne conçoit pas du Flysch dépourvu de grès. Et il y a tous les passages des grès fins aux grès grossiers et finalement aux conglomérats. Selon les régions, on a pu relever quantités de variétés. Je ne relèverai ici que quelques particularités, qui sans être exclusives aux grès du Flysch, n'y font presque jamais défaut. Tout

d'abord les grès du Flysch sont toujours micacés : c'est un caractère important sur le terrain. A peu d'exceptions près, les grès du Flysch sont plutôt des grès calcaires et qui, dans certains cas, passent à des calcaires gréseux : ceux-ci demeurent cependant subordonnés et leur teneur en éléments détritiques reste assez importante. Autre particularité : la plupart des grès du Flysch accusent une assez forte teneur en glauconie mais sans arriver cependant à imprégner la roche, comme c'est le cas avec certains dépôts du faciès nummulitique. Parmi ce type de grès il faut aussi ranger des grès à ciment siliceux assez abondants, constituant les « quartzites verts » (Ölquarzte), dont les variétés les plus fines peuvent extérieurement simuler des radiolarites vertes : un examen microscopique de telles roches permet immédiatement de les distinguer ; on les observe dans divers Flysch des Préalpes. Egalement certains grès du Flysch du Niesen accusent une silicification très profonde.

Particularités de certains grès du Flysch.

Les grès de certaines zones sédimentaires alpines gardent parfois une étonnante constance pétrographique si bien qu'il est possible de les identifier sur de très grandes distances et de les reconnaître sans grande difficulté lorsqu'on les retrouve en galets dans des formations ultérieures, par exemple dans la Molasse.

Les grès du *Flysch ultrahelvétique* (Préalpes externes et Préalpes internes, partie du Flysch subalpin à l'E de l'Aar) correspondent avant tout à des grès feldspathiques, pouvant d'ailleurs passer à de véritables arkoses. Et dans toute la zone ultrahelvétique, donc du Léman jusque dans le Wienerwald près Vienne, on constate presque partout la présence de feldspaths roses ou rouges, parfois avec des dimensions assez grandes dans les grès grossiers et conglomératiques et qui paraissent résulter de l'érosion de granites porphyroïdes (Bibl. 61). La nature du ciment est aussi à noter : car il s'agit avant tout de grès calcaires, toujours un peu glauconneux, alors que les grès strictement siliceux restent exceptionnels. Dans beaucoup de ces grès, les Lithothamnies, accessoirement les Bryozoaires, arrivent à jouer un rôle considérable et peuvent servir à caractériser diverses variétés.

Par contre, certains grès du Flysch de la nappe de la Simme, et plus encore, beaucoup de grès du Flysch du Niesen, accusent une forte teneur en grains de dolomie jaunâtre.

On trouvera dans divers travaux régionaux de plus amples détails sur les caractères pétrographiques des grès du Flysch.

Les conglomérats du Flysch.

Si le Flysch comporte souvent des complexes ou des niveaux de poudingues ou de brèches, celles-là parfois gigantesques et qui n'ont guère leurs équivalents dans d'autres formations, le Flysch n'est nullement caractérisé par ce type de roches. Il est des Flysch, comme celui des Préalpes médianes et certains Flysch de la nappe de la Simme qui paraissent en être à peu près dépourvus. D'autre part, on connaît quantités de formations qui peuvent contenir des niveaux de conglomérats, quelquefois puissants, sans qu'on puisse pour autant parler de « faciès Flysch ». Il importe dès lors de préciser certaines particularités des conglomérats du Flysch vis-à-vis de roches semblables se rattachant à d'autres formations.

Particularités des conglomérats du Flysch.

Dans le Flysch, ces roches restent toujours liées à une sédimentation largement terrigène, donc toujours en association plus ou moins directe avec des grès moyens ou grossiers. En outre les conglomérats ne sont aucunement localisés à la base ou

dans un niveau déterminé de la formation et ils accusent fréquemment une extension assez grande. Car on les voit former des intercalations répétées et édifier finalement plusieurs niveaux successifs qu'il est souvent possible de suivre sur de grandes distances.

C'est ainsi que dans les Préalpes externes, dans la région de la Berra, il est des niveaux qu'on peut suivre sur de nombreux kilomètres, correspondant à des complexes nettement individualisés de grès conglomératiques et de petites brèches intercalées entre des séries marno-gréseuses. La plupart de ces conglomérats sont polygéniques et, là où l'on n'a que du matériel sédimentaire, ce qui est rare d'ailleurs, on constate que ces conglomérats calcaires résultent presque toujours de l'apport de roches sédimentaires variées.

Dans la nappe de la Simme, il a été également possible de suivre sur de très grandes extensions certains niveaux de conglomérats. En particulier dans la zone située en avant de la chaîne des Gastlosen, et mieux encore dans la région des Rodomont, B. CAMPANA a pu repérer sur de grandes distances plusieurs niveaux de conglomérats de la Mocausa (Bibl. 16), interstratifiés dans des séries grés-marneuses. Et, comme on le sait aujourd'hui, ces conglomérats de la Mocausa, essentiellement calcaires, passent latéralement et verticalement vers le NE, dans la région de l'Hundsrück, à des conglomérats polygéniques (B. S. TSCHACHTLI, B. CAMPANA). Pareillement, dans la nappe du Niesen, les conglomérats du Flysch constituent des niveaux souvent très constants au milieu de séries de Flysch grés-calcaire et grés-schisteux, permettant des subdivisions extrêmement précieuses dans la grande masse de ce Flysch (M. DE RAAF, R. B. Mc CONNEL, AUG. LOMBARD, etc.).

Autrement dit, les conglomérats du Flysch demeurent des roches d'interstratification dans les séries du Flysch, à la suite d'un transport plus ou moins considérable. Les niveaux qu'ils constituent tantôt gardent un caractère pétrographique uniforme, tantôt se différencient selon la nature des composants (conglomérats calcaires ou polygéniques) ou selon la grandeur des éléments constitutifs, édifiant des horizons de poudingues passant à des grès grossiers ou parfois de brèches. Il est nécessaire de souligner certaines particularités de ces dernières roches.

Particularités des brèches du Flysch.

Les brèches du Flysch — que je traite évidemment d'une manière bien artificielle, car il est souvent difficile de séparer brèches moyennes et conglomérats grossiers — je les qualifierai de brèches d'écroulements marginaux, donc de roches résultant de la désagrégation très active de falaises et de côtes abruptes, éventuellement de l'écroulement de crêtes sous-marines très raides, le tout à la bordure de mers assez profondes, à plateformes marginales (Bibl. 62). Car les brèches du Flysch montrent certaines particularités qu'il importe de souligner. J'en mentionnerai trois:

1. Les éléments constitutifs des brèches du Flysch peuvent être énormes parfois et dans ce cas elles sont presque toujours constituées par un seul type de roches, granite ou gneiss, ou calcaire du Malm, etc. Et l'on pense immédiatement au cas des granites rouges et roses d'Habkern. Mais on pourrait citer encore bien d'autres exemples.

2. Que les blocs soient de grandes ou de moyennes dimensions, ils peuvent être cimentés en une brèche proprement dite (brèche d'Aigremont, par exemple) ou aussi demeurer isolés en blocs qu'on qualifie le plus souvent de «blocs exotiques». Ce dernier cas résulte de l'écroulement des blocs non plus dans un milieu gréseux, ou sableux, mais dans un milieu de calcschistes et de vases argileuses. Il faut le reconnaître, ce dernier cas, donc la présence de blocs divers, isolés parmi des schistes argileux, est quelque chose de bien spécial au Flysch. Mais, encore une

fois, l'existence de «blocs exotiques» reste un cas particulier dans le Flysch et en fait, on ne le rencontre qu'exceptionnellement en dehors de la zone ultrahelvétique (Préalpes externes et internes, région d'Habkern, Flysch subalpin, etc.) et de certaines zones du Flysch helvétique (Flysch de Glaris).

3. Les brèches du Flysch sont toujours liées à une sédimentation très spéciale, dans laquelle on observe, en association presque directe avec ces roches, les dépôts les plus divers, schistes argileux et marneux, calcschistes planctoniques micacés, lambeaux de calcaires organogènes, bancs de grès fins ou grossiers, également des poudingues. Autrement dit, on voit, rassembler sur un court espace, des dépôts largement détritiques à côté de roches pélagiques extrêmement fines.

En résumé, brèches et poudingues du Flysch doivent être considérées moins du point de vue strictement lithologique que par rapport aux autres roches qui les accompagnent. Et, à ce point de vue, ils se différencient assez nettement de deux autres types de conglomérats marins, d'une part vis-à-vis des brèches de transgression, d'autre part vis-à-vis des brèches de remaniement sous-marin.

Cas des brèches de transgression.

Ce type de brèches, qui résulte essentiellement du remaniement par la mer des niveaux supérieurs d'un substratum précédemment exondé, joue dans quantité de formations un rôle considérable et sa signification dans l'histoire paléogéographique d'une transgression marine est souvent capitale. La plupart du temps personne ne s'y trompe et ne qualifie de Flysch de telles formations. Mais comme de telles brèches apparaissent dans des formations très proches du Flysch, en particulier dans le Nummulitique helvétique et dans les Couches de Wang, (Maestrichtien), il n'est pas inutile de noter rapidement les différences vis-à-vis des brèches et poudingues du Flysch.

Dans le «Nummulitique alpin», — considéré ici dans l'acception habituelle des géologues suisses et dont il sera question plus loin — des brèches apparaissent soit à la base même de la formation marine, soit aussi en lits très réduits dans la série des schistes marno-micacés à Globigérines. Les exemples sont nombreux et se répartissent dans tout le domaine helvétique.

Dans la Suisse occidentale, à l'W du Rhône, on les a décrit aussi bien dans l'autochtone et le parautochtone que dans la nappe de Morcles. Si l'on se rapporte aux descriptions de L. COLLET (Bibl. 18), C. DUCLOZ (Bibl. 19) et LILLIE (Bibl. 17) il s'agit surtout d'éléments directement empruntés au substratum immédiat et qui consistent généralement en Urgonien, plus rarement en Crétacé supérieur et même en Lutétien marin ou lacustre. H. FURRER les a décrits dans la région du Wildstrubel-Lohner (Bibl. 22, p. 129). Rappelons pareillement la brèche de Mürren, déjà bien connue de B. STUDER et de MOESCH et qui a été encore décrite et signalée par bien des auteurs (STAUFFER, 1920, KREBS, 1925, COLLET-PARÉJAS, 1931, FR. MÜLLER, 1938, H. GÜNZLER-SEIFFERT, 1938, etc.): Dans tous ces cas, les auteurs ont pu rapporter les éléments de la brèche au substratum. Dans la région de Kandersteg, H. ADRIAN (1916) a pareillement signalé des brèches à éléments urgoniens, de même W. SCHNEEBERGER (1926) pour la région au N du lac de Thoune.

Pour la Suisse centrale et orientale, W. BRÜCKNER (Bibl. 12) a récemment donné un aperçu général sur les divers gisements de conglomérats dans les schistes marneux à Globigérines signalés par de nombreux auteurs et a ajouté à la liste déjà longue plusieurs nouveaux gisements. On les connaît pareillement à la base du Nummulitique, par exemple dans la région du Pilate (BUXTORF, 1934). La liste est d'ailleurs loin d'être complète et il est certain que des études détaillées l'allongeront encore.

Dans toutes ces régions on a affaire à des phénomènes locaux, liés à une transgression évidente sur une plateforme épicontinentale plus ou moins profondément

érodée et accidentée. Sauf quelques rares exceptions, tout le matériel constitutif de ces roches est immédiatement emprunté au substratum direct.

Très souvent le matériel urgonien prédomine, mais là où le substratum est plus récent ou, au contraire plus ancien, on aura tantôt du Gault, du Crétacé supérieur et même du Nummulitique lacustre ou marin, tantôt de l'Hauterivien, du Valanginien ou du Malm (Mürren).

Là où le conglomérat de transgression repose directement sur son substratum mésozoïque, éventuellement tertiaire, le simple phénomène de remaniement local par l'arrivée de la mer transgressive explique sans autre le cas. La présence de galets et de conglomérats dans les schistes à Globigérines demande l'intervention de certains jeux tectoniques, légers soulèvements ou formation de failles pour expliquer la formation de ces roches. La localisation du phénomène implique toutefois des mouvements restreints de sorte qu'on demeure proche du phénomène normal des brèches de transgression.

Mais, dans tous ces cas, on est très loin du type des conglomérats du Flysch. Il faut noter tout spécialement l'absence des roches polygéniques, et surtout des grès. Il n'y a rien d'exotique dans le matériel. Signalons tout au plus, la trouvaille, d'ailleurs restée unique à ma connaissance, par ARN. HEIM, il y a longtemps déjà, d'un bloc de granite d'Habkern dans du calcaire glauconieux à Nummulites de la région de Seewen-Schwyz (Bibl. 28).

Dans les Couches de Wang du Crétacé supérieur helvétique et ultrahelvétique, des brèches et conglomérats de transgression jalonnent dans certains secteurs la base de la série.

Sur ces roches on possède aujourd'hui des descriptions détaillées, en particulier grâce aux travaux de P. ARBENZ pour la région du Fronalpstock et d'autres secteurs helvétiques entre la Suisse centrale et l'Oberland bernois (Bibl. 3 et 4), puis ceux de K. GOLDSCHMID pour le Morgenberghorn-Schwalm (Bibl. 25), de F. ZIMMERMANN (Bibl. 70) et plus récemment par les publications de D. STAEGER sur le Wilerhorn (Bibl. 58) et de H. BOLLI sur le Crétacé supérieur helvétique (Bibl. 10).

Toutes ces brèches ne comportent que du matériel strictement crétacé enlevé par érosion à un substratum tout proche. Ce matériel, dans certains cas, peut atteindre des dimensions considérables, avec des blocs de plusieurs mètres cubes, par exemple dans la région du Morgenberghorn (GOLDSCHMID); ailleurs il consiste en gros paquets glissés: c'est le cas au Wilerhorn et ceci implique la submersion de reliefs assez abrupts.

Mais précisément, ce type de brèche de base rentre dans le schéma des transgressions marines, bien qu'impliquant dans quelques cas particuliers certains mouvements tectoniques. Car les blocs érodés ou écroulés, non seulement représentent un épisode localisé et momentané, mais en outre ils demeurent englobés dans les schistes de Wang et bientôt ceux-ci vont se développer normalement, sans interstratification de grès ou de roches détritiques grossières. Au contraire, les brèches et les poudingues du Flysch sont en fait moins la résultante d'une submersion par une mer qui s'avance sur un substratum précédemment exondé que de l'émersion de cordillères et de nouveaux reliefs dans une mer plus ou moins profonde.

Cas des brèches de remaniement sous-marin.

Il existe enfin un autre type de brèches, qui doit être séparé aussi bien des brèches du Flysch que des conglomérats de base et qu'on peut qualifier de brèches

de remaniement sous-marin. En effet, on connaît des séries conglomératiques et bréchiques, souvent assez puissantes, constituant parfois plusieurs niveaux assez distants et qu'on peut suivre sans interruption sur le terrain sur des kilomètres, mais qui ont cette particularité d'être des brèches ou des conglomérats sans grès.

On en connaît un peu partout dans les Alpes, dans les unités les plus diverses. Je laisse de côté, pour ne pas allonger, des exemples dans le Mésozoïque helvétique, bien que certains cas soient assez démonstratifs. Dans les Préalpes médianes, je signalerai un tel niveau à la base des couches à *Mytilus*. C'est l'horizon connu sous le nom de «niveau à matériel de charriage» et qui consiste essentiellement en éléments dolomitiques, le tout cimenté par du calcaire. Il peut passer à un type légèrement gréseux et par places on aboutit à un dépôt non plus marin, mais déjà continental, avec bancs sidérolithiques et lentilles de charbon. En réalité, il y a tantôt remaniement sous-marin du substratum triasique, déterminant la formation de brèches parfois assez épaisses, ailleurs de véritables émergences. Ce phénomène prend toutefois une autre ampleur dans certaines unités plus internes des Alpes.

L'exemple de la nappe de la Brèche. On sait que les premiers géologues qui ont étudié les formations de la nappe de la Brèche les ont tout d'abord englobées avec le Flysch préalpin. Cette confusion provenait essentiellement de la présence de divers niveaux de brèches intercalés dans la série mésozoïque allant du Rhétien au Crétacé et dans lesquels ces géologues croyaient reconnaître des faciès apparentés aux Flysch voisins.

Il est donc d'un certain intérêt de préciser dans quelle mesure les faciès mésozoïques de la nappe de la Brèche diffèrent des faciès propres au Flysch.

Si l'on considère les niveaux strictement détritiques de la série, on constate que dans l'ensemble les grès demeurent très rares, que par contre les conglomérats jouent soit dans les niveaux des Schistes inférieurs, soit surtout dans celui de la Brèche inférieure un rôle considérable. Remarquons que s'ils forment souvent l'essentiel de ce dernier niveau, il est des endroits où leur rôle est subordonné et même nul. Et dans ce cas, les bancs de calcaire siliceux, souvent intercalés entre les lits de brèches, forment le gros de la formation.

Le problème de la genèse de ces brèches n'est en réalité pas encore nettement résolu. W. SCHROEDER (Bibl. 56, p. 60) envisage la formation d'une cordillère dans la partie occidentale de la nappe, cordillère soumise à des tremblements de terre qui auraient soit créé des falaises, soit en auraient démoli d'autres. Il est probablement plus simple d'envisager, ici comme ailleurs, moins des cordillères émergées que de larges hauts-fonds, sortes de vastes plateaux accidentés sous une couverture d'eau restreinte, le tout soumis à un remaniement par l'action des courants marins ou des vagues. Dans la Brèche inférieure en particulier, le matériel constitutif des brèches se ramène presque exclusivement à des éléments empruntés au substratum immédiat formé de Lias ou de Trias. Le matériel cristallin fait défaut. On note de même l'absence de l'allure souvent chaotique qui résulte du sapement de falaises le long de côtes abruptes. D'ailleurs on voit souvent ces brèches se réduire considérablement et passer à des sortes de calcaires spathiques à microbrèches. Autre fait important : ces brèches sont séparées les unes des autres par des roches vaseuses, schistes calcaires divers, ou par des lits de calcaires échinodermiques. Bref, on est ici nettement dans le faciès des conglomérats sans grès.

Si l'on analyse maintenant les autres niveaux lithologiques distingués dans la nappe de la Brèche, schistes siliceux, calcaires échinodermiques, schistes marneux, schistes à Radiolaires, calcaires fins à silexites, ils correspondent bien peu à ce qu'on rencontre dans le faciès Flysch.

Les exemples dans le domaine austro-alpin. Dans ce domaine, on connaît quantité de niveaux de brèches dans des séries mésozoïques, aussi bien du Jurassique que du Crétacé, et qu'on ne peut rattacher sans autre au Flysch. Signalons sans y insister, car l'exemple est connu depuis longtemps, les brèches dans les séries des nappes du Falknis et de la Sulzfluh. Récemment encore F. ROESLI, décrivant les brèches de Saluver et de Maran, les a nettement séparées de celles du Flysch (Bibl. 54).

Ce géologue a essayé également d'expliquer la genèse des brèches de Saluver et Maran, par un mode particulier de sédimentation («Rückenseitensedimentation»), qu'il différencie assez nettement de celle du Flysch (loc. cit. p. 379—381), dans le cas particulier, du Flysch crétacé supérieur.

Les schistes du Flysch.

Les schistes marneux, gréseux et argileux du Flysch sont avec les grès les roches fondamentales du Flysch. Mais, pas plus que les grès, elles ne constituent des entités lithologiques franches, mais comme il a déjà été dit, elles apparaissent toujours en alternances répétées avec les grès. Et, de même que le «Flysch gréseux» contient toujours des lits marneux et argileux, le «Flysch schisteux ou Flysch noir» accuse également une certaine proportion de grès.

D'ailleurs la plupart des schistes du Flysch sont micacés et contiennent des grains de quartz et d'autres éléments détritiques.

Quantitativement ce sont d'ailleurs les roches les plus communes du Flysch, mais en même temps, les moins caractéristiques.

Les schistes argileux et argilo-marneux du Flysch, généralement de teinte foncée, sont le plus souvent stériles. Ce sont eux qui constituent en particulier les schistes ardoisiers dans la série de Frutigen du Flysch du Niesen.

Par contre les schistes marneux, plus nettement micacés, contiennent souvent une faune abondante de microorganismes et de ce fait rappellent considérablement certains calcschistes dont il sera question plus loin.

Les calcaires du Flysch.

La nature essentiellement détritique du Flysch fait que les calcaires ne jouent dans le Flysch qu'un rôle subordonné. Aussi le terme de «Flysch calcaire» ne peut être retenu qu'avec précautions, pour signifier tout au plus certains types de Flysch où l'on observe passablement de schistes marneux en alternance avec des grès.

D'ailleurs, la notion de «Flysch calcaire» des auteurs français, introduite d'abord par E. HAUG et W. KILIAN pour la région de Gap, reprise en tant que série compréhensive par BOUSSAC, en tant que complexe de base du Nummulitique transgressif par Mme GUBLER-WAHL, s'est révélé, par les recherches de GIGNOUX, MORET et SCHNEEGANS beaucoup plus complexe. On y a englobé en particulier des niveaux de Jurassique à Ammonites, à Aptychus, à Bélemnites, ailleurs du Barrémien à Miliolites, donc des formations qui n'ont rien à voir avec le Flysch (Bibl. 24).

Effectivement certains types de Flysch contiennent non pas des ensembles, mais, entre des schistes argileux ou entre des grès, des bancs parfois assez épais de

calcaires argileux ou marneux, généralement assez compacts, de teinte blonde ou grisâtre. Ces roches sont presque toujours stériles. Mais il est aussi des bancs assez riches en microforaminifères, en spicules d'Eponges, parfois calcifiées ou silicifiées à nouveau. Et on y observe souvent quantités de Chondrites, Fucoïdes et restes assez problématiques.

Contrairement à ce qu'on envisage souvent dans le Flysch, les calcaires organogènes, sans être rares, ne forment le plus souvent que des lits, plus souvent encore, des lentilles discontinues et peu importantes quantitativement. C'est le cas particulier avec les divers calcaires à grands Foraminifères. Il en est de même avec des types plus récifaux, comme les calcaires à Lithothamnies, d'ailleurs toujours associés avec de grands Foraminifères (Orbitolines, Nummulites, Assilines, Discocyclines, etc.). Ces calcaires, très communs et très importants en particulier dans ce qu'on nomme en Suisse la formation nummulitique — formation que nous séparons du Flysch et que nous traiterons à part — n'offrent dans le Flysch typique qu'une extension locale. Par places la roche est analogue à celle qu'on observe dans la formation nummulitique, ailleurs on y trouve des variétés plus claires, presque rosées. Le plus souvent dans le Flysch les calcaires organogènes ne tardent pas à se charger d'abondants grains de quartz, de feldspath, souvent d'éléments plus grossiers, galets de granites, etc. L'on aboutit de la sorte à des calcaires gréseux et bréchiques, finalement à des poudingues ou à des brèches à ciment calcaréo-gréseux. Par contre les Lithothamnies peuvent constituer une bonne partie du ciment de certains grès du Flysch. De même certains grès du Flysch sont tout pétris de Nummulites ou de Discocyclines.

La stratification du Flysch.

En traitant des roches constitutives du Flysch, on ne peut passer sous silence les caractères de sa stratification; en particulier, à la différence de la Molasse, le Flysch accuse une stratification étonnamment régulière. Les bancs de grès sont partout nettement séparés des lits marneux et argileux, ceci par des surfaces planes et parallèles qu'on peut suivre souvent sur des espaces considérables.

Autre fait: l'homogénéité des bancs de grès et des schistes argileux ou marneux. Un même banc de grès — et ceci s'observe surtout là où l'on dispose de bancs relativement épais — peut être formé dans sa partie inférieure par des grès grossiers, parfois conglomératique, dans sa partie supérieure par des grès fins. Entre les 2 zones il y aura bien certains passages. Mais on n'assiste pas à ces intrications de grès fins et grossiers, comme c'est le cas assez général dans la Molasse.

La structure entrecroisée, si commune aussi dans beaucoup de grès molassique, n'apparaît pas dans les grès du Flysch, du moins jamais avec l'évidence qu'elle témoigne dans la Molasse. Egalement les ripple marks ne sont guère connues. On en a signalé parfois, mais en fait il s'agit surtout de boursouflures causées par des phénomènes de solifluxion.

Il est vrai d'autre part que ces différences dans la stratification s'atténueront là où l'on observe soit certains Flysch oligocènes, soit des Molasses anciennes, datant du Rupélien en particulier.

Mais dans l'ensemble, il faut convenir que le Flysch ne témoigne que d'une manière restreinte, par sa stratification, d'influences strictement côtières ou particulières aux vastes plateformes continentales faiblement submergées. En particulier, les grandes séries de grès alternant avec des schistes et qui, comme on l'a vu, constituent le gros de la formation, se sont certainement déposées, en partie

du moins, à des profondeurs situées au delà du domaine strictement néritique. Nous reviendrons d'ailleurs plus loin sur ce problème.

2. Le Flysch, formation épaisse, à complexes lithologiques mal différenciés.

Ce deuxième caractère fondamental du Flysch est également important dans la différenciation vis-à-vis d'autres formations. En effet, partout où le Flysch affleure sur un certain espace, on constate qu'il accuse le plus souvent une grande épaisseur. A cause des nombreuses dislocations qui l'ont presque toujours affecté, il est généralement difficile de pouvoir estimer son épaisseur véritable. Mais elle est presque toujours de l'ordre de plusieurs centaines de mètres et parfois de plusieurs milliers de mètres.

En outre, là où l'on dispose de séries relativement tranquilles, on s'aperçoit que les complexes lithologiques sont liés par quantités de passages, que, sur une même verticale, il y a parfois récurrence de certaines séries. La notion de cycles stratigraphiques, analogue par exemple à celle introduite par P. ARBENZ pour le Mésozoïque du Jura ou de la région helvétique, demeure bien difficile à appliquer avec une certaine rigueur pour le Flysch. On s'aperçoit souvent qu'un seul étage peut, à lui seul, atteindre une puissance considérable. Inversément, on constate que dans bien des cas, il devient pratiquement impossible d'exactement délimiter certains étages à cause de l'extrême monotonie des faciès. De la sorte, une série de grès et de schistes peut embrasser tantôt plusieurs étages, tantôt ne constituer qu'une partie d'un étage. La paléontologie peut permettre, là où l'on dispose de bonnes coupes sur le terrain, d'établir des niveaux basés sur la faune caractéristique. Mais dans le Flysch, à cause du mauvais état de la plupart des affleurements, de la fréquence des dislocations, du fait aussi que les éboulis et la végétation couvrent souvent de grandes surfaces, la poursuite latérale d'horizons basés sur la paléontologie demeure exceptionnelle, en tout cas assez aléatoire. On est réduit généralement à traiter et surtout à cartographier plusieurs étages ensemble pour éviter de tomber dans l'arbitraire. En ce sens, la notion de séries compréhensives, introduite pour le Flysch tout spécialement par J. BOUSSAC, garde dans une certaine mesure encore son sens. Cependant ce sens est devenu plus restrictif, car, sauf cas assez spéciaux, la série du Flysch ne va plus du Lias, du Dogger ou du Malm au Nummulitique, mais se limite au Crétacé et au Tertiaire inférieur.

Dans les Préalpes externes, le Flysch constitue à lui seul de vastes régions, accusant, malgré des replis nombreux, des épaisseurs fort considérables. D'ailleurs il est parfois possible, dans des zones de relative tranquillité, mais profondément érodées de relever des profils de détail sur plusieurs centaines de mètres. C'est le cas dans certains ravins des Alpes et du Niremont, et mieux encore, dans les grands territoires de la Berra et du Gurnigel. Certains complexes lithologiques, séries de grès ou de schistes, paraissent y former des entités d'une certaine étendue. Mais en fait il est impossible de bien séparer ces complexes et surtout de vouloir les suivre latéralement avec une certaine sûreté: des replis intenses interviennent bientôt, puis la végétation couvre de telles surfaces qu'une différenciation lithologique trop poussée devient finalement illusoire.

Dans les Préalpes internes, ces différenciations sont encore plus précaires à cause de l'intensité des dislocations. Il en est sensiblement de même dans la région d'Habkern.

Par contre en Suisse centrale, dans certaines régions des Schlieren on a une série relativement tranquille, assurant une étude très précise de plusieurs

complexes successifs, mais où la différenciation lithologique demeure souvent très progressive. C'est ainsi que dans une note préliminaire, L. VONDERSCHMITT et H. SCHAUB ont décrit une succession continue de Flysch offrant une épaisseur d'environ 1500 m. et qui va du Crétacé supérieur à l'Yprésien (Bibl. 68).

Dans le Flysch de la Simme, les 2 grands complexes distingués par B. CAMPANA (Bibl. 16) sont pareillement loin d'être facile à séparer nettement sur le terrain. Dans l'ensemble la série inférieure ou série de la Manche est faiblement détritique ou du moins assez dépourvue de grès ou de conglomérats. Le gros consiste en schistes et calcschistes versicolores, en partie faits de schistes à Rosalines, Globigérines et même à Radiolaires. Le tout n'est pas sans certaines analogies de faciès avec la série voisine des Couches rouges des Médianes. Par contre la série supérieure ou série de la Mocausa-Hundsrück, avec ses niveaux de grès à hiéroglyphes et ses horizons de conglomérats réalise plus pleinement le faciès Flysch. Toutefois au N des Gastlosen, comme l'a montré C. SCHWARTZ-CHENEVART (Bibl. 57) et comme je l'ai observé également (Bibl. 65), la différenciation des complexes lithologiques est beaucoup moins franche. Mais au total et par rapport aux séries mésozoïques inférieures au Flysch, Calcaire à Aptychus et à Calpionelles (Biancone des anciens auteurs), Radiolarites, calcaire siliceux de l'Aalénien, le Flysch de la Simme offre des épaisseurs considérables, dépassant largement 1000 m.

Le Flysch du Niesen montre des conditions analogues: des épaisseurs considérables, avec la possibilité d'y distinguer des complexes assez continus selon les régions, mais avec le plus souvent quantité de passages lithologiques d'un complexe à l'autre.

On trouvera pareillement dans les diverses publications de W. LEUPOLD concernant le Flysch entre la Reuss et le Rhin de nombreuses subdivisions du Flysch en complexes différenciés en partie selon leur nature lithologique, en partie selon leur faune. Alors que certains complexes sont assez bien caractérisés et d'épaisseur modérée, d'autres offrent des épaisseurs de plusieurs centaines de mètres, par exemple certains grès du Flysch de la Sardona.

3. Le Flysch, formation exclusivement marine.

Il semblerait, de prime abord, superflu de relever ce 3ème caractère fondamental du Flysch. Car si dans le Flysch on a discerné bien des types pétrographiques, on n'a pas dans les Alpes, du moins à ma connaissance, décrit un Flysch continental ou lacustre ou franchement saumâtre. Sur ce dernier point cependant je reviendrai encore en traitant à part le Flysch de la région helvétique. Je rappelle pareillement que dès le début j'ai séparé du Flysch la «formation nummulitique» des auteurs suisses.

La nature exclusivement marine du Flysch résulte moins de ses caractères lithologiques que des organismes qu'il contient. Or tous les organismes du Flysch sont franchement marins. Et, disons-le de suite, la faune et la flore contenues dans le Flysch sont celles de mers largement ouvertes, à salure normale.

Cas de restes végétaux charriés. Il faut naturellement mettre à part les débris de plantes supérieures, presque toujours indéterminables, qu'on trouve dans beaucoup de dépôts gréseux du Flysch. C'est ainsi que le Grès du Gurnigel est par places assez riche en de tels débris. Plus rarement on y trouve de la résine fossile (les Allinges, Planfayon, Plasselb, Gurnigel). Mais dans tous ces cas il s'agit de restes incontestablement charriés. On peut noter à ce sujet que dans les Préalpes externes les débris végétaux abondants et les restes d'ambre apparaissent

toujours au voisinage de grès à Lithothamnies, correspondant donc à des accumulations littorales.

Cas des Algues calcaires et des Bryozoaires. Parmi les Algues calcaires, les Mélobésiées, sous la forme de Lithothamnies et de Lithophyllum, jouent dans le Flysch un rôle assez important. J'ai mentionné plus haut la rareté relative des calcaires francs à Lithothamnies dans le Flysch. Par contre les grès à Lithothamnies sont souvent abondamment représentés. La présence de ces Algues implique un milieu marin propre à la zone néritique. En ce sens on est conduit à considérer les grès à Lithothamnies comme représentant d'anciens bancs sableux, déposé sur des plateformes peu profondes.

On doit pareillement citer la fréquence, localement, des Bryozoaires dans les grès. Ces organismes sont le plus souvent associés avec les Lithothamnies. Pour l'instant on manque de données très précises et la plupart des auteurs se bornent à les mentionner sommairement.

Cas des grès à faune macroscopique. Il est probable que la majeure partie des roches détritiques contenant des Foraminifères macroscopiques, Orbitolines et Siderolites dans le Flysch crétacé, Nummulites, Assilines, Discocyclines, plus rarement Operculines dans le Flysch tertiaire, correspondent à des dépôts peu profonds. Mais ici il est nécessaire de rappeler la remarque faite il y a longtemps déjà: en général, plus un grès est grossier, plus grande est la taille de ces Foraminifères, qui finalement manqueront, sauf cas bien rares, dans les marnes et les schistes. C'est ainsi que presque toujours on ne rencontre les grandes Nummulites que dans des grès grossiers ou conglomératiques, parfois dans des brèches assez grossières. Ces constatations semblent impliquer, pour la plupart de ces fossiles, un certain transport des tests. Et ceci expliquerait, dans une certaine mesure, le mauvais état de ces restes fossiles. On a cru parfois y reconnaître la conséquence du remaniement de roches nummulitiques plus anciennes. De tels remaniements sont possibles mais doivent être considérés comme exceptionnels. En particulier on expliquerait difficilement par un simple remaniement, qui normalement ne détermine l'accumulation que de restes fossiles isolés, certaines accumulations considérables de macroforaminifères, en particulier de Nummulites et de Discocyclines dans le grès du Flysch. Par contre la présence de Bélemnites, d'Ammonites, d'ailleurs toujours isolées et fragmentées, comme on en trouve parfois dans le Grès du Gurnigel (Bibl. 59) ne laissera pas de doute sur l'intervention de remaniements. Il en est de même avec la présence de galets nummulitiques tels que ceux qu'on observa dans le Flysch du Spirstock, dans le canton de Schwytz (Bibl. 34, 35), de blocs à Siderolites dans le Wildflysch de Sus Cressin, à la Berra (Bibl. 65). Momentanément ces fossiles remaniés ont pu égarer certains géologues, en particulier dans la région du Fädnern, dans la Suisse orientale, où en 1923 ARN. HEIM signale des Nummulites «crétacées». Diverses publications ultérieures (P. MEESMANN, M. RICHTER) ont maintenu l'âge tertiaire de ces couches à Nummulites et démontré que la faune crétacé qui les accompagnait était incontestablement remaniée.

Les autres organismes marins du Flysch.

On doit aussi en étudiant la sédimentation du Flysch tenir compte de son extrême pauvreté en organismes autres que les Foraminifères. Car on ne trouve dans toute la formation presque aucun Mollusque, si ce n'est des restes très dispersés de Bivalves et Gastéropodes, peut-être aussi en partie remaniés. Même remarque avec les Echinodermes et Brachiopodes.

Je ne citerai que pour mémoire les *Fucoides*, *Chondrites*, *Helminthoïdes*, *Zoophycos* ou *Cancellophycos*. Aucun de ces organismes ou traces d'organismes n'a actuellement de grande signification stratigraphique. Ils semblent par contre liés aux faciès marins. On les observe d'ailleurs dans bien d'autres formations que le Flysch, bien que particulièrement abondants dans certaines roches du Flysch (schistes et calcaires).

Le problème de la bathymétrie du Flysch.

C'est toucher ici à un problème difficile. Il serait peut-être plus prudent de le passer sous silence, car on manque encore d'arguments bien décisifs et nécessairement convainquants. Aussi je me contenterai de l'esquisser.

La plupart des auteurs ont admis pour l'ensemble du Flysch des profondeurs limitées: ce serait avant tout une formation essentiellement néritique et souvent franchement côtière ou littorale.

Ce problème a été en particulier soulevé par J. BOUSSAC, pour lequel il n'y aurait guère dans le Flysch de formations bathyales (Bibl. 11, p. 650 et suivantes). Et par bathyal, il sous-entend le sens donné à ce terme par E. HAUG, donc de dépôts ne dépassant pas 1000 m. de profondeur. Pour BOUSSAC, les dépôts bathyaux du Flysch se réduiraient à certaines marnes à Globigérines, du type des marbres en plaquettes et peut-être à certains dépôts purement argilo-marneux du Priabonien (Loc. cit. p. 650). Quant aux autres types de sédiments, en particulier tous les grès et les marnes, il faudrait les ranger dans les sédiments néritiques. Cependant, malgré cette attribution presque générale du Flysch au faciès néritique, BOUSSAC a séparé assez nettement dans son Nummulitique deux faciès fondamentaux: d'une part «un faciès côtier», où il range les calcaires à Foraminifères et à Lithothamnies, certains grès très homogènes, tels que ceux du Hohgant, certains schistes gréseux, enfin des calcaires gréseux, et d'autre part «un faciès de géosynclinal» qui comprendrait la plupart des séries gréso-marneuses et les niveaux à brèches. En fait, c'est la distinction bien connue entre le «faciès nummulitique» et le «faciès Flysch». Mais il est peu probable qu'il n'y ait entre ces 2 grands types de faciès qu'une simple différence de distance par rapport aux côtes. D'ailleurs le Flysch est loin d'être dépourvu de faciès côtiers.

Bref, aujourd'hui on peut supposer que le Flysch n'est pas limité à la région néritique.

Evidemment les grands blocs exotiques, les brèches, conglomérats et grès grossiers n'ont pu s'accumuler qu'à de faibles profondeurs, au voisinage des côtes. On a vu pareillement que les calcaires et les grès à Lithothamnies correspondent à des accumulations de plateformes ou de hauts-fonds. Par contre les séries si étonnamment régulières de grès fins en alternance avec les schistes marneux à Globigérines et les schistes argileux, roches qui forment le gros du Flysch, correspondent à des dépôts plus profonds, accumulés, au moins pour une part, sur le talus maritime ou sur le fond de bassins dont la profondeur pouvait fort bien dépasser 1000 m dans certains cas.

Pour l'instant des données tout à fait précises font défaut. On ne peut recourir à la faune pélagique telle que celle constituée par les microforaminifères, qu'avec certaines précautions du fait de leur ubiquité: car selon les circonstances géographiques, on peut les rencontrer aussi bien dans le domaine néritique que dans les régions bathyales: c'est tout spécialement le cas avec les Globigérinidés. Si leur presque totale prépondérance dans certains faciès — faciès qui toutefois ne sont pas spécifiques du Flysch mais plutôt du faciès à calcschistes planctonique

dont il sera question plus loin — parlent nettement en faveur d'une interprétation essentiellement bathyale, leur présence dans des schistes en alternance avec des lits de calcaires à Lithothamnies implique plutôt une attribution à la région néritique. Dans ce dernier cas, on en sera souvent averti par la présence de certains éléments détritiques grossiers ou moyens dans les roches. Mais là encore il ne faudrait pas trop simplifier et généraliser. Et, à défaut de données dans les séries géologiques, il est intéressant de relever certains résultats récents fournis par l'océanographie.

Constatations dans la sédimentation actuelle.

C'est peut-être par habitude, parce que le schéma veut que tous les grès soient liés à des dépôts néritiques, qu'on a été amené à étendre au Flysch grésomarneux le qualificatif de dépôts peu profonds. Et cependant, grâce à certaines observations basées sur la sédimentation actuelle, on doit admettre aujourd'hui que quantités de grès débordent dans certaines conditions topographiques la zone de la plateforme continentale et viennent s'accumuler sur les talus maritimes et dans certaines portions de sillons ou de bassins assez profonds, situés à la marge de cordillères sous-marines et d'îles.

Un exemple des plus suggestifs est celui fourni par la sédimentation le long des côtes méridionales de la Californie, en particulier à l'W de la région de Los Angelès. Cet exemple, qui a fait l'objet de travaux remarquables de géologues et océanographes américains mérite d'être sommairement mentionné (Bibl. 53). Dans une topographie sous-marine très complexe, caractérisée par une succession de rides sous-marines avec quelques petites îles émergées (Santa Catalina, San Clement, San Nicola) séparant des sillons ou des bassins assez profonds, on constate une distribution très particulière des sédiments actuels. Si les bassins profonds et élargis, avec des profondeurs de 500 à 1000 fathoms (env. 900 à 1800 m.), sont remplis essentiellement de roches vaseuses, par contre entre 100 et 500 fathoms (180 à 900 m.) on recueille surtout un mélange de vases et de sables, plus rarement que des sables. Et selon les endroits, on voit les sables et les vases atteindre 900 à 1000 fathoms (env. 1600 à 1800 m.).

Pareillement, pour les bassins d'archipels de l'Insulinde, les expéditions océanographiques conduisent à des résultats analogues: très souvent les dépôts détritiques grossiers peuvent déborder les étroites plateformes marginales pour venir s'accumuler à des profondeurs de 1000 à 2000 m. (Bibl. 62 et 66), associés à des quantités considérables de vases sableuses. En particulier les publications récentes de PH. H. KUENEN (Bibl. 38) et de G. A. NEEB (Bibl. 52) obligent à réviser bien des notions sur la répartition des divers types de sédiments dans des bassins d'archipels qui correspondent à ce qu'en géologie on qualifie de géosynclinaux.

Les radiolarites du Flysch. Ce type de roches n'a été signalé qu'incidemment dans le Flysch. Toutefois B. CAMPANA l'a décrit dans le Flysch de la Simme (Bibl. 16), dans la série de la Manche, complexe lithologique assez spécial et qui s'éloigne passablement du type normal du Flysch. En réalité, la sédimentation du Flysch semble peu propice à la genèse de ce sédiment.

La signification paléogéographique des radiolarites continue d'être l'objet des interprétations les plus opposées et qui sont souvent inconciliables. Dans un travail antérieur, j'ai sommairement rappelé certaines interprétations pour conclure que malgré des faits assez particuliers, comme leur intrications avec des calcaires et la présence, dans la série qui les contient, de grès siliceux et même de conglomérats, la signification de ces roches en tant que sédiments profonds me pa-

raissait le plus souvent incontestable (Bibl. 62, p. 77—78). Dans un travail récent, H. GRUNAU (Bibl. 26) après avoir donné l'analyse détaillée de diverses séries dans plusieurs zones alpines et après une description d'autres gisements choisis dans diverses régions, aboutit à des conclusions nettement opposées: en particulier pour cet auteur, les diverses radiolarites connues dans les Alpes sont essentiellement néritiques, tout au plus vaguement bathyales. Conclusions qui me paraissent erronées, mais dont la discussion n'est pas de mise ici. Toutefois de telles conclusions rejoignent celles d'autres auteurs pour lesquels des roches comme tous les calcaires planctoniques, les schistes argileux, bref la presque totalité des roches alpines sont foncièrement néritiques.

4. Le Flysch, forme de sédimentation géosynclinale.

La localisation du Flysch dans des bassins d'archipels.

Ce 4ème caractère général du Flysch est, du point de vue pratique, d'un intérêt peut-être plus restreint et moins immédiat: indirectement on est ramené à certaines interprétations générales du Flysch dont il a déjà été question auparavant. Mais d'autre part on y est conduit par l'analyse des 3 caractères précédemment décrits. En effet, par sa nature essentiellement détritique, par l'épaisseur des séries lithologiques qu'il constitue, enfin par son origine exclusivement marine, le Flysch apparaît comme une formation propre à des bassins marins, tantôt étroits, parfois assez larges, le plus souvent moyennement profonds, du type des bassins d'archipels. Ce type de sédimentation rentre dans ce qu'on nomme la sédimentation géosynclinale. Il en est un des aspects importants mais non pas exclusif, car la sédimentation géosynclinale peut revêtir d'autres modalités. En effet, il est bien des bassins d'archipels qui n'accusent pas une sédimentation particulièrement détritique.

Toutefois dans le cas de dépôts tels que le Flysch, il faut envisager, à la marge immédiate de ces bassins, la présence de reliefs bien marqués, du type de cordillères assez abruptes et discontinues, pourvues de plateformes littorales restreintes, de sorte que rapidement on aboutit à des profondeurs marines assez importantes. En outre la persistance à travers toute la formation du Flysch de dépôts marins détritiques moyens ou grossiers, répartis souvent sur de très grandes épaisseurs en englobant plusieurs étages, exige le maintien de cordillères en voie de surrection. En effet, on ne peut guère expliquer autrement l'alternance si continue de grès et de schistes et surtout l'intercalation fréquente et parfois répétée de bancs de conglomérats, tous marins.

C'est par le jeu réciproque de surrections maintenues à la marge des bassins d'archipels et de sédimentation puissante dans le bassin lui-même que des mers primitivement profondes vont finalement être peu à peu comblées. Et c'est en ce sens que le Flysch apparaît bien comme un faciès de fermeture de géosynclinaux.

Sur le lieu et le mode de sédimentation du Flysch, une certaine confusion résulte en partie de la signification géologique assez vague donnée à certains termes. Pour éviter ces difficultés, j'ai précisé, pour le lieu de formation du Flysch, en parlant de «bassins d'archipels en bordure de cordillères nettement émergées», car tout particulièrement le terme de bassin n'a en général qu'un sens mal défini et souvent opposé (bassin de Paris, bassin molassique, etc.). Il en est de même avec d'autres termes, comme ceux de «trog», de sillons, de fosses, d'avant-fosses, ce dernier mis tantôt en équivalence de la première fosse en arrière de la plateforme continentale (Suess, Argand, Gignoux, Moret, etc.), tantôt correspondant à une dépression peu profonde, à sédimentation puissante, souvent continentale, en bordure d'une grande chaîne de montagnes (avant-fosse molassique par exemple).

Toutefois certaines interprétations sédimentaires du Flysch sont dues à des considérations évidemment erronées. Qu'il suffise de rappeler celle donnée par exemple par O. Abel, qui a

tenté d'identifier la sédimentation du Flysch avec celle qui règne dans les régions à palétuviers (Bibl. 1 et 2).

Cas du Wildflysch.

Le faciès «Wildflysch» reste dans la sédimentation générale du Flysch un cas particulier. Il est en effet des Flysch qui en sont pratiquement dépourvus: c'est en particulier le cas normal avec le Flysch des Préalpes médianes ou de la nappe de la Simme: tout au plus en trouve-t-on une amorce à Estavannens, dans le grand synclinal de la Gruyère (Bibl. 63). En effet on n'observe que dans certaines zones de Flysch cette association curieuse de schistes argileux et marneux abondants en alternance très irrégulière avec des bancs de grès, de calcaires compacts ou organogènes, de brèches et de blocs «exotiques» parfois énormes, du type de ceux de la région d'Habkern où J. KAUFMANN a pour la première fois défini ce faciès spécial.

Et je crois qu'il est bon, lorsqu'on veut parler du Wildflysch, de rappeler le sens très précis donné à ce terme par KAUFMANN lui-même. Dans son ouvrage si minutieux consacré à la Suisse centrale, ce géologue a en effet donné pour le Wildflysch de la région d'Habkern une description lithologique très précise de ce type de terrain et qui vaut encore entièrement aujourd'hui. La voici dans ce qu'elle a d'essentielle: «Dunkelgraue bis schwarze, weiche, glänzende Schiefer, oft krummschalig und voll gestreifter Reibungsspiegel, wechseln mit Sandstein, zuweilen mit Konglomerat. Nicht selten sind Stadschiefer, Fukoidenschiefer und leimernartige Schiefer eingelagert, auch grünsandige Nummulitenkalke, Granitbreccien usw.» (Bibl. 36, p. 553).

On a beaucoup discuté sur la vraie signification de ce faciès, certains auteurs insistant surtout sur certains caractères tectoniques, alors que d'autres géologues mettaient plutôt en évidence les associations lithologiques. Dans la suite on a pu décrire des Flysch gréso-schisteux très broyés et qui ne sont pas pour autant du Wildflysch de même qu'on connaît du Wildflysch qui n'est que modérément disloqué.

Certains auteurs ont donné au Wildflysch une extension considérable. Et abandonnant la notion de faciès, ils se sont servis de ce terme pour désigner des objets tectoniques. En particulier E. KRAUS dans son long article de 1932: Über den Schweizer Flysch (Bibl. 37) a longuement développé ces considérations tectoniques qui n'ont guère précisé le problème du Flysch.

D'ailleurs on retrouve l'idée d'une «nappe de Wildflysch» postulée dès 1911 par ARN. HEIM, reprise et interprétée de façons diverses par bien des géologues.

Une discussion très poussée et fort intéressante sur les nombreux problèmes que pose le Wildflysch et sur les rapports de ce terrain avec le Flysch en général est contenue dans la «Geologie der Schweizer Alpen» de J. CADISCH (Lit. 15, p. 113—125).

Si donc aujourd'hui le Wildflysch doit être considéré comme un faciès spécial du Flysch, faciès caractérisé par sa sédimentation et qui n'a rien à voir en particulier avec des phénomènes de charriage de nappes, qu'il ne représente aucunement un faciès mylonitique, il reste cependant lié à des mouvements tectoniques qui seuls peuvent expliquer un tel mode de sédimentation. Car l'apparition souvent assez soudaine, au milieu de sédiments ou surmontant des sédiments relativement profonds, d'épaisses brèches et de grands blocs ne se conçoit guère sans l'érosion de reliefs marqués, érosion très certainement accompagnée par de puissants glissements sous-marins, ces derniers phénomènes favorisés par l'étroitesse de la plate-

forme marginale et la proximité d'un talus maritime. Le Wildflysch représente en quelque sorte le faciès strictement marginal des cordillères qui émergent et qui progressivement vont fermer les géosynclinaux. Mais précisément ces reliefs bien dessinés ne s'expliquent pas sans l'intervention de mouvements orogéniques assez importants. Et dans bien des cas il ne s'agit pas simplement de mouvements précurseurs, dans le sens de E. ARGAND, sous la forme de hauts-fonds, de bombements et de crêtes sous-marines, mais de véritables paroxysmes qui durant le Crétacé supérieur et le Paléocène-Eocène, vont affecter certaines zones alpines.

En ce sens le Wildflysch est l'un des arguments les plus nets en faveur de mouvements anténummulitiques et nummulitiques ayant précédé le grand paroxysme oligocène alpin.

Le Wildflysch ultrahelvétique. Sans y être exclusif, le Wildflysch joue un rôle important dans toute la zone ultrahelvétique. Mais on remarque bien vite que cette sédimentation si complexe est pour ainsi dire toujours en liaison avec des complications tectoniques du substratum. Ce dernier est presque partout constitué par des lames, par des écailles étroites et discontinues. Et chose plus étrange encore, ces complications tectoniques ne semblent pas devoir être ramenées à des mouvements datant des grands paroxysmes alpins, mais tout porte à croire qu'ils sont la conséquence première d'importantes dislocations antérieures. Le cas paraît bien évident là où au voisinage de brèches sédimentaires, on observe des lames tectoniques de même nature. Dans un compte rendu récent j'ai décrit cette association de lames tectoniques et de blocs exotiques et j'ai tenté d'en donner une explication en envisageant la surrection dans une mer relativement profonde de reliefs accentués à partir du Paléocène (Bibl. 65, p. 502—503). Et dans une publication antérieure, j'ai signalé des cas analogues dans le Wildflysch d'Autriche, où en particulier des blocs de granites exotiques avoisinent la grande lame de granite rouge du Buchdenkmal, au SE de Steyr (Bibl. 61).

Le Wildflysch d'autres régions. Bien que souvent l'on ait mentionné du Wildflysch sans arguments bien convaincants, en particulier sur le simple fait que le Flysch était tout simplement fort disloqué, on connaît le faciès Wildflysch dans des régions alpines autres que la zone ultrahelvétique.

Je ne signalerai qu'en passant le Wildflysch des Alpes glaronnaises que W. LEUPOLD a très justement différencié du Wildflysch strictement ultrahelvétique.

C'est également un faciès Wildflysch que celui qu'on observe dans la région sud-helvétique, sur le flanc S du Spirstock, dans les Alpes de Schwyz et qui a été en particulier l'objet de descriptions dues à L. ROLLIER (Bibl. 55) et surtout à A. JEANNET (Bibl. 34 et 35).

III. Faciès Flysch et faciès à caleschistes planctoniques.

Signification du faciès à caleschistes planctoniques.

Dans les caractères généraux du faciès Flysch, on serait tenté d'en ajouter un cinquième: le fait que très souvent le Flysch succède à des formations essentiellement vaseuses, constituées par des bancs et des schistes calcaires, également par des schistes marneux, plus rarement argileux. Normalement ces formations, toujours marines, forment des séries assez importantes. Comme ces complexes résultent pour une bonne part de l'accumulation d'organismes planctoniques,

notamment de microforaminifères, qu'en outre la disposition en schistes y est prépondérante, on peut qualifier le tout de «faciès à calcschistes planctoniques».

Dans l'ensemble, les formations revêtant ce faciès appartiennent essentiellement au Crétacé supérieur. Dans la région helvétique, ce faciès est représenté par ce qu'on nomme assez communément en Suisse centrale et orientale «les calcaires et les schistes de Seewen», également «les couches de Amden», etc. Dans le domaine ultrahelvétique, elles sont le plus souvent désignées par le terme, d'ailleurs assez discutable, de «couches de Leimern». Dans les Préalpes médianes et dans la nappe de la Brèche, elles sont constituées par les «Couches rouges». Finalement on peut y rattacher, mais avec certaines restrictions qui seront apportées plus loin, les «Couches de Wang» du Sud-helvétique et de l'Ultrahelvétique.

Il faut ajouter de suite que la succession verticale ou latérale du Flysch et des calcschistes planctoniques n'a rien d'absolu.

D'une part on connaît des cas où le Flysch ne transgresse pas sur de telles roches, mais sur des formations plus récentes que le Crétacé supérieur. On connaît pareillement des exemples où le Flysch recouvre stratigraphiquement des formations beaucoup plus anciennes que le Crétacé supérieur et qui s'échelonnent du Trias au Crétacé inférieur. Tout spécialement le Flysch helvétique offre des conditions très spéciales, qui seront d'ailleurs précisées plus loin.

Mais d'autres Flysch, en particulier certains Flysch ultrahelvétiques offrent des exemples intéressants.

C'est ainsi que M. LUGEON a décrit, notamment dans la région de Meilleret un Flysch transgressif sur l'Aalénien et même le Trias (Bibl. 47, p. 12). Il semble en être de même avec le Flysch d'Ochsenweid, bien décrit autrefois par M. DE RAAF. Autrement dit, le Flysch, au lieu de succéder directement au Crétacé supérieur à calcschistes planctoniques, serait en superposition normale sur des restes mésozoïques réduits, ce qui implique des mouvements tectoniques fort anciens, essentiellement anténummulitiques ou nummulitiques, suivi de puissantes érosions. Des relations stratigraphiques et tectoniques très compliquées ont été pareillement décrites par W. LEUPOLD entre le Flysch, spécialement le Wildflysch et les couches de Leimern, dans la région d'Adelboden et dans les zones de Flysch subalpin (Bibl. 41). De même A. BUXTORF a décrit récemment dans le soubassement du Flysch des Schlieren un conglomérat de transgression éocène surmontant sur les couches de Leimern et dont les éléments consistent en galets de calcaire de Leimern remanié (Bibl. 14).

D'autre part les formations à calcschistes planctoniques sont souvent recouvertes par des roches qui n'appartiennent pas au faciès Flysch. Le cas est commun dans la région helvétique.

Cependant dans quantités de cas, parfois dans des régions entières, on voit le faciès Flysch surmonter directement ces calcschistes planctoniques. Et comme on observe aussi des roches analogues dans le Flysch, bien que toujours en alternance avec des grès, qu'en outre la limite entre les deux faciès n'est pas toujours aisée à reconnaître sur le terrain, il existe le danger de confondre l'un et l'autre faciès, finalement celui de tout ranger dans le faciès Flysch.

Les différences lithologiques. Sauf quelques cas plus particuliers, le faciès à calcschistes planctoniques n'est guère détritique ou du moins très finement détritique par sa teneur en argile et localement en petits grains de quartz dispersés; de ce fait il se différencie assez nettement du faciès Flysch.

En effet les calcschistes planctoniques constituent des complexes unitaires, dépourvus de bancs de grès ou de calcaires microorganogènes, à plus forte raison de conglomérats intercalés dans les schistes et alternant avec eux.

Considérés en eux-mêmes, les calcschistes planctoniques correspondent à des vases calcaires, mais le plus souvent avec une certaine teneur en argile, d'où quantités de passages entre les calcaires compacts, les calcaires marneux, finalement les marnes et les schistes argileux.

Ces roches ne sont pour ainsi dire jamais micacées. Par contre, certains niveaux révèlent en coupes minces du quartz clastique. Ce cas est connu aussi bien dans les Couches rouges que dans certains niveaux de la série helvétique. C'est ainsi que H. FICHTER mentionne des petits lits de calcaire sableux dans la partie supérieure des marnes d'Amden (Bibl. 20, p. 69 et p. 85).

Le cas des «galets exotiques», assez volumineux, signalé par M. LUGEON près de Vouvry (Bibl. 46) et A. JEANNET dans les Couches rouges de la région de Leysin, reste aussi exceptionnel (Bibl. 32, II, p. 638 et suivantes).

Il en est de même avec les conglomérats, complètement différents des conglomérats du Flysch. Il s'agit toujours d'un phénomène strictement local, avec quelques éléments très réduits, le plus souvent empruntés directement au substratum, et qui sont en corrélation avec une transgression ou un remaniement sous-marin. Des cas ont été tout particulièrement décrits par H. J. FICHTER dans la chaîne des Bauen-Brisen (Bibl. 20, p. 75—78) et plus récemment par H. BOLLI (Bibl. 10, p. 311).

Il faut rattacher à des phénomènes semblables, donc à des transgressions ou à des remaniements sous-marins, la signification sédimentaire de quelques horizons particuliers dans les Couches rouges des Médianes, horizons caractérisés par des restes très abondants d'Inocérames, par places également avec des dents de Poissons; ces couches contiennent souvent des débris clastiques, grains de quartz, galets de Néocomien ou de Malm; à certains endroits elles transgressent nettement à la base de la série des Couches rouges, par l'intermédiaire d'un niveau fortement ferrugineux et à gros rognons de silex (régions des Dents de Broc, de Jaun, de la vallée de Vert Champ, du S des Gastlosen, des Morthéys, etc.). On a trouvé des roches analogues dans la région de Zwischenmythen et contenant quelques galets exotiques (Bibl. 34, p. 631). J'ai observé des roches semblables dans des blocs exotiques contenus dans le Wildflysch de la Berra (Sus Cressin), certains correspondant à de véritables brèches à Inocérames.

Les autres différences. L'épaisseur des complexes à calcschistes planctoniques est variable, allant de quelques dizaines de mètres à plusieurs centaines de mètres. Mais dans l'ensemble ce sont des formations nettement moins puissantes que le Flysch.

De même, à la différence du Flysch qui pour une part est nettement néritique et parfois franchement côtier, les calcschistes planctoniques semblent correspondre pour une bonne part à des dépôts bathyaux et certains niveaux sont peut-être à rattacher au faciès abyssal. En tous cas, l'extrême rareté du matériel détritique grossier ou moyen, l'absence presque complète de fossiles macroscopiques, l'abondance et l'extrême uniformité de la faune microscopique, tout ceci semble bien confirmer la localisation de ces sédiments dans des régions marines assez profondes. On est de la sorte conduit à admettre que ce faciès correspond à celui de bassins assez larges et assez uniformes, mais à la différence du Flysch, dépourvus de reliefs marginaux considérables et rapprochés.

L'étude détaillée de certaines de ces formations, étude basée essentiellement sur la succession du genre *Globotruncana*, semble bien témoigner de l'absence de certains étages dans des profils. Et cependant, dans la plupart de ces profils, on voit les calcschistes se succéder de manière continue. Tout au plus perçoit-on

quelques modifications lithologiques, mais qui restent tout à fait secondaires. Par contre l'étude des microorganismes révèle des changements brusques dans la faune planctonique. Par exemple, certains profils de détail dans les Couches rouges des Préalpes médianes ont révélé le remplacement assez soudain de faunes à Rosalinidés et Textularidés-Rotalidés par des Globorotalidés, puis par des Radiolaires, sans que pour autant interviennent des différences bien notables dans la lithologie des niveaux successifs. On est obligé d'envisager plutôt des influences de courants de fonds en liaison avec des irrégularités du substratum marin, que l'existence de vraies lacunes et de transgression. En tous cas, on n'a aucune trace bien probante d'émersion à l'intérieur des séries. Il n'en est par contre pas de même au sommet des séries, où la limite avec le Flysch est parfois progressive, parfois très brusque, plus rarement dessinée par des lacunes et des niveaux conglomératiques.

Le plus souvent le passage est assez net entre le faciès à calcschistes planctoniques et le faciès Flysch. Il se traduit immédiatement par l'apparition dès le Flysch de bancs détritiques, généralement des grès calcaires à Lithothamnies et Discocyclines.

Ailleurs, le passage du faciès calcschistes planctoniques-faciès Flysch peut déjà se faire sentir dans le sommet du Crétacé supérieur à calcschistes, avant l'installation définitive du faciès Flysch. C'est probablement en ce sens qu'il faudrait envisager l'explication de faits déjà signalés il y a longtemps par M. LUGEON en Haute-Savoie, dans la région Giffre-Soman, observations reprises et développées dans le travail d'ANDRÉ LOMBARD (Bibl. 44) et qui portent sur la présence en quelques endroits dans les Couches rouges supérieures (Sénonien) de petites brèches avec galets de gneiss, de schistes sériciteux, de quartzites, de calcaires dolomitiques. Remarquons en passant que ce matériel «exotique» paraît très semblable à celui qu'on observe dans le conglomérat à Discocyclines d'Estavannens, dans le Flysch du synclinal de la Gruyère (Bibl. 63).

Intrication des calcschistes planctoniques et du Flysch. Toutefois une séparation plus ou moins nette entre le Flysch et les séries des calcschistes planctoniques n'est pas partout réalisée et on assiste à certains endroits à une sorte d'intrication des deux faciès. Généralement la présence de lits de grès, éventuellement d'un conglomérat, conduira à ranger ces dépôts dans le Flysch. Mais il est des cas où la participation détritique est si réduite vis-à-vis de l'ensemble calcaréo-marneux qu'on peut hésiter.

Par exemple dans la région d'Habkern, le Wildflysch accuse parfois des faciès très calcaires. Dans le bas Lombach, près de Schnabel, des affleurements de calcschistes ont été soumis aux interprétations les plus diverses: J. KAUFMANN les a rattachés aux couches de Leimern, P. BECK les a pris en partie pour du Flysch, en partie pour des lames de Crétacé supérieur. J. BOUSSAC pour le Priabonien renversé du Harder. En 1928, me basant en particulier sur l'intercalation de petits bancs de grès, je les ai attribués au Wildflysch (Bibl. 60).

Il en est certainement ainsi avec des Flysch de régions extra-alpins. C'est ainsi que certains aspects du «Flysch pyrénéen» correspondent assez peu à ce que nous rangeons sous le terme de Flysch dans les Alpes. Un exemple de ce genre est donné en particulier par le Flysch de la région d'Hendaye, si remarquablement décrit par J. DE LAPPARENT (Bibl. 39) et que j'ai eu l'occasion de voir assez récemment. Dans une série moyennement épaisse (environ 250 m. selon de LAPPARENT) on constate bien certains niveaux de conglomérats et quelques minces lits gréseux. Mais le gros de la formation est essentiellement marno-calcaire et le sommet de la

série crétacé est finalement entièrement calcaire de sorte que l'ensemble accuse dans l'ensemble fort peu les caractères communs au «faciès Flysch». Et il est certain que dans le domaine alpin, des études détaillées augmenteront les exemples du Flysch en transition avec le faciès à calcschistes planctoniques.

Cas des couches de Wang.

Par leur nature lithologique, en partie aussi par leur faune et par la présence de Bivalves et d'assez abondants fossiles macroscopiques, il est évident que les couches de Wang, correspondant donc au Maestrichtien helvétique et ultrahelvétique, s'éloignent passablement du type des vrais calcschistes planctoniques. Leur forte teneur en silice et en glauconie qui peut aboutir à des sortes de quartzites assez analogues à certains «Oelquartzites» du Flysch, la présence de nodules phosphatés rappelant celles du Gault, et plus encore l'existence, en particulier selon A. JEANNET (Bibl. 33) et H. FICHTER (Bibl. 20, p. 87), de bancs de grès plus ou moins grossiers à certains endroits, les différencient fortement des calcschistes planctoniques typiques et les rapprochent du Flysch. W. LEUPOLD a pour la région de Ragaz signalé des conditions analogues (Bibl. 42, p. 18).

D'autre part, il y a pareillement passages, par endroits, des calcschistes planctoniques typiques aux Couches de Wang. Le cas a été signalé par exemple par W. LEUPOLD d'une transition de faciès entre les Couches de Amden et les Couches de Wang dans la région du Fidersberg et d'Einsiedeln (Bibl. 34, p. 268—269). Des cas analogues ont été décrits par A. OCHSNER et par F. ZIMMERMANN dans la région du Wäggital (Bibl. 70, p. 315, voir également id. public, p. 322).

Dans l'ensemble, et malgré l'abondance souvent assez grande de microorganismes, les couches de Wang représentent du point de vue bathymétrique, des sédiments moins profonds que les autres calcschistes déjà mentionnés.

En outre, alors qu'entre les calcschistes précédemment décrits et le Flysch, on n'observe que rarement des passages graduels, il n'en est plus toujours de même avec les couches de Wang. Déjà A. JEANNET vers 1920 et après lui divers auteurs ont montré que localement les Couches de Wang semblaient bien se poursuivre par du Flysch. Des conditions semblables ont été pareillement envisagées à l'E du Rhin, en particulier par H. W. SCHAAD. De même H. HUBER (Bibl. 30, p. 101) signale l'étroite liaison entre le Wildflysch et les couches de Wang dans les Préalpes internes, ce qui laisserait supposer une sédimentation continue entre le Crétacé supérieur et le Tertiaire.

Cependant, ce serait introduire une confusion regrettable que de rattacher les couches de Wang au faciès Flysch. Si quelques auteurs l'ont fait, la plupart des géologues ont nettement séparé les 2 faciès.

IV. Faciès Flysch et le „Nummulitique helvétique“.

Dans les massifs autochtones et dans l'ensemble des régions helvétiques, la plupart des anciens géologues suisses ont nettement distingué et séparé le Flysch de ce qu'ils appelaient la «formation nummulitique».

La distinction se retrouve dans le grand ouvrage d'ARN. HEIM, paru en 1908 (Bibl. 29). Elle est aussi en principe admise dans le mémoire de J. BOUSSAC (Bibl. 11) bien que le titre même du mémoire englobe le Flysch dans le Nummulitique, ce dernier terme étant pris dans son sens stratigraphique général. On retrouve cette

distinction assez nettement exprimée dans le chapitre consacré au Tertiaire helvétique de la « Geologie der Schweiz », chapitre rédigé par ARN. HEIM (Bibl. 27).

En réalité, le terme de « formation nummulitique » ou de « Nummulitique » porte à confusion. Car ce que nous appelons en Suisse le Nummulitique, n'est en fait qu'un faciès particulier du Tertiaire inférieur, caractérisé par des dépôts continentaux, saumâtres et marins; dans ces derniers, il s'agit surtout de séries bien délimitées faites surtout de calcaires à Nummulites associées à des complexes franchement gréseux, du type des Grès du Hohgant généralement surmonté par les schistes à Globigérines. Or, en dehors de la Suisse, en France en particulier, le Nummulitique représente l'ensemble des formations du Tertiaire inférieur, ceci indépendamment de questions de faciès (HAUG, GIGNOUX, etc.).

Si donc, pour nous, le terme de « Nummulitique », par habitude en quelque sorte, est devenu assez précis, il n'en est certainement pas de même pour les auteurs étrangers qui nous lisent et qui ne sont pas prévenus.

Le plus logique serait évidemment de laisser son sens général au terme de Nummulitique en tant qu'équivalent du Tertiaire inférieur.

Le Nummulitique helvétique en tant que faciès organo-terrigène.

Si l'on veut laisser au « Nummulitique » des géologues suisses son sens un peu spécial, il serait bon de préciser cette signification en la qualifiant mieux. C'est dans ce sens qu'on pourrait parler de Nummulitique organo-terrigène, par opposition au Nummulitique à faciès Flysch. La précision est d'autant plus nécessaire que le Crétacé à faciès Flysch joue aujourd'hui dans le domaine alpin un rôle que les anciens auteurs ne soupçonnaient pas.

Il est certain que dans les Alpes ce faciès organo-terrigène du Nummulitique est lié, verticalement et latéralement, par des passages avec le faciès Flysch. Cependant, considéré en soi, il offre des caractères bien précis, fort différents de ceux du Flysch. En particulier il n'est pas très spécifique du domaine alpin et dans une certaine mesure il montre de grandes analogies avec le Tertiaire inférieur de larges bassins épicontinentaux situés nettement en dehors du domaine alpin. On percevra au mieux ces différences entre le faciès organo-terrigène et le faciès Flysch en mettant en parallèle les 2 formations.

a) Du point de vue lithologique, alors que le Flysch est essentiellement détritique, le Nummulitique organo-terrigène, bien que pouvant l'être aussi en partie, est cependant fortement organogène. A la différence du Flysch, les calcaires à grands Foraminifères (Nummulites, Discocyclines, Assilines, Alvéolines, etc.) y jouent un rôle considérable. Ce sont souvent des complexes importants, épais de plusieurs dizaines de mètres, à grande extension horizontale. Il en est de même avec les calcaires à Lithothamnies. Dans toutes ces roches, la participation détritique est parfois nulle, en tous cas le plus souvent fort réduite. Les influences littorales se marquent souvent par contre par l'abondance de glauconie et du fer, avec tendance vers la formation sidérolitique.

Il en est de même avec les formations détritiques de la série « nummulitique ». Ce sont, soit des complexes unitaires, essentiellement gréseux, comme c'est le cas avec les « Grès du Hohgant », associés souvent avec des calcaires nummulitiques et à Lithothamnies, ou avec des couches continentales (charbons) ou saumâtres, soit des complexes plus restreints ayant joué le rôle de grès ou de conglomérats de base. Souvent ces roches comportent en outre une faune importante de Mollusques, ou d'Echinides, etc. ce qui n'est jamais le cas avec les grès du Flysch.

Bref, sans entrer dans de grands détails, il n'est pas particulièrement difficile de distinguer lithologiquement ces roches organo-terrigènes des complexes du Flysch.

b) Bien que pouvant acquérir par places une certaine puissance, le faciès organo-terrigène est beaucoup moins épais que le Flysch. En outre il comporte des niveaux nettement distincts, permettant une stratigraphie de détail.

Ici non plus, il n'est nécessaire d'insister longuement. Il suffit de renvoyer aux multiples travaux de détail sur le Nummulitique helvétique, où chaque auteur pour ainsi dire a décrit quantité de profils, mètre après mètre, avec faune abondante, assurant des parallélismes avec des régions très lointaines.

c) Un des caractères les plus décisifs dans la différenciation du faciès organo-terrigène est la présence fréquente, surtout à la base de la formation, de couches strictement continentales (Sidérolithique, couches de charbons, marnes et calcaires lacustres à faune abondante) puis des couches saumâtres à Cérithium, etc. Quant aux dépôts marins, ils sont tous nettement néritiques, aussi bien les calcaires que les grès. En particulier les grès glauconneux à Assilines, considérés comme particulièrement profonds et d'origine bathyale par ARN. HEIM (Bibl. 27, II, p. 338) correspondent certainement à des dépôts de la région néritique.

d) Du point de vue paléogéographique, le faciès organo-terrigène correspond sans aucun doute à des sédiments accumulés sur une plateforme épicontinentale relativement peu profonde dans l'ensemble, soumise à une transgression marine progressive après une plus ou moins longue période d'émersion. En ce sens de nouveau il s'oppose bien distinctement au Flysch, dérivant de la sédimentation géosynclinale.

Il est d'ailleurs intéressant de noter à ce propos qu'alors que le Nummulitique à faciès organo-terrigène débute souvent par des dépôts continentaux ou transgresse sur des surfaces érodées du Mésozoïque, le Flysch le plus typique se dégage de formations profondes, du type à calcschistes planctoniques. Dans le détail encore, il y a quantités de variations, trop connues des géologues alpins pour y insister plus longuement.

La série des schistes à Globigérines.

La plupart des géologues suisses la rattachent encore à la «formation nummulitique». Ce sont ces schistes qui termineraient la série.

Certains auteurs, surtout en Suisse occidentale, classent dans le Flysch les schistes à Globigérines dès qu'interviennent dans leur sédimentation des lits de grès micacés, considérant cet élément plus grossièrement détritique comme un caractère distinctif du Flysch. Les auteurs de la Suisse centrale et orientale groupent plutôt sous ce nom de «Stadschiefer», introduit par J. KAUFMANN, les schistes à Globigérines dépourvus ou chargés de bancs de grès. Il suffit d'être averti de ces différences d'interprétation, qui sont inévitables.

En fait cette série est intermédiaire entre la «série nummulitique» sensu stricto et le «Flysch helvétique» à faciès gréso-schisteux.

Par rapport aux séries nummulitiques inférieures, les schistes à Globigérines semblent correspondre à un certain approfondissement des dépôts. Toutefois on ne peut pas les assimiler aux séries franchement vaseuses du Crétacé supérieur, donc du type de la sédimentation des calcschistes planctoniques.

Il y a à ceci bien des raisons, que je me contente d'énumérer sommairement:

1. Les schistes, plus ou moins marneux ou argileux, sont toujours finement micacés et fréquemment contiennent de petits fragments de quartz clastique.

Il a déjà été question des niveaux de brèches et de conglomérats qu'on observe localement à sa base ou parfois intercalés en lentilles dans le complexe.

2. On n'a pas affaire à une série franchement marneuse ou argileuse mais à des schistes en alternance avec de petits bancs de grès micacés fins et, assez fréquemment, avec des lits de calcaires à Lithothamnies. Ce dernier caractère implique à lui seul des conditions assez nettement néritiques.

3. Les Globigérines sont, du point de vue des faciès marins, bien indifférentes et leur présence dans ces schistes ne résoud pas non plus le problème bathymétrique. Par contre d'autres fossiles signalés incidemment dans ces schistes, des *Turritella*, des *Pecten*, des *Cyrènes*, des *Cérithium*, ne parlent nullement en faveur d'un milieu particulièrement profond.

Ces schistes à Globigérines, surtout caractéristiques des nappes helvétiques, passent dans la région autochtone et parautochtone à des schistes à Globigérines et à Melettas. C'est le cas en particulier entre Arve et Rhône (L. W. COLLET et AUG. LOMBARD).

Remarquons qu'ici également ces schistes alternent avec des grès dont une partie rappelle les Grès de Taveyannaz.

V. Signification du Flysch helvétique.

Faciès Flysch et faciès Molasse¹⁾.

Un dernier problème se présente dans la question du Flysch, problème difficile, posé plus spécialement depuis quelques années: celui des relations exactes entre certains faciès du Flysch et certains faciès de la Molasse.

Je dis certains faciès. Car il ne s'agit nullement de s'attarder à opposer le faciès Flysch dans son ensemble, par exemple tel qu'il est développé dans la région ultrahelvétique, et le faciès Molasse, du type des Molasses du Miocène et de l'Aquitaniens, également des Molasses chattiennes de la région subalpine. Il serait superflu d'exposer dans le détail tous les nombreux caractères qui séparent sans confusion possible la sédimentation paralique, si marquée dans la Molasse, de la sédimentation géosynclinale du Flysch, telle qu'elle a été précédemment décrite. Toutefois, on peut brièvement rappeler analogies et différences générales entre ces deux types de sédimentation.

1. Si le Flysch est essentiellement détritique, on peut dire que la Molasse l'est exclusivement — si l'on fait abstraction des quelques lits de charbons et de calcaires d'eau douce qui s'observent dans certains niveaux des Molasses d'eau douce. L'alternance des grès et des schistes ne joue de rôle que dans certaines Molasses rupéliennes et chattiennes, éventuellement aquitaniennes. Dans l'ensemble la Molasse offre des successions lithologiques beaucoup plus massives que dans le Flysch, comme les puissants niveaux de nagelfluh du bord subalpin, et plus encore les grandes séries unitaires de grès dans une bonne partie du Miocène du Plateau.

¹⁾ Ce travail était déposé lorsque j'ai eu connaissance d'un aperçu très général sur ces formations considérées non seulement dans les Alpes, mais aussi dans les Pyrénées et en Amérique du Nord. Cet aperçu, intitulé «Flysch and Molasse», par A. J. Eardley and Max G. White, paru dans le Bulletin of the Geological Society of America, vol. 38, no. 11, novembre 1947, est basé, en ce qui concerne le Flysch alpin, sur des données extraites de la «Géologie stratigraphique» de M. Gignoux (1943) et sur le livre de L. W. Collet «The structure of the Alps» (1927).

2. Comme le Flysch, la Molasse type montre des épaisseurs considérables, de l'ordre de 4000 à 6000 m. dans la région subalpine. Toutefois une telle accumulation de dépôts strictement côtiers, ou saumâtres et, pour une bonne part, d'origine continentale, implique une subsidence beaucoup plus considérable que dans le Flysch. Et dans l'ensemble de la Molasse, la succession lithologique des séries et des étages est encore plus mal différenciée que dans le Flysch.

3. Alors que le Flysch demeure une formation strictement marine, la Molasse offre le type parfait des formations paraliques, où s'intriquent verticalement et horizontalement des dépôts marins, saumâtres et continentaux. Toute la sédimentation de la Molasse est dominée par ce caractère fondamental. Et si l'on considère plus spécialement les dépôts marins de la Molasse, il est évident qu'ils marquent vis-à-vis des dépôts du Flysch, un caractère néritique beaucoup plus marqué. Avec leur stratification entre-croisée très poussée, l'allure lenticulaire des bancs de grès tout entrelardés de particules argileuses ou gréso-marneuses, l'abondance des ripple-marks et autres traces de surface, ils correspondent à des dépôts de vastes zones marines fort peu profondes, constamment soumises à l'action des vagues, des marées et des courants, dépôts fort analogues à ce qu'on observe aujourd'hui sur les vastes plages de la Mer du Nord ou de la Baltique et où l'on peut retrouver actuellement la plupart des caractères lithologique et de stratification qu'on observe à l'état fossile dans la Molasse.

4. Du point de vue paléogéographique, les dépôts de la Molasse ne représentent en aucune façon des dépôts nés dans des géosynclinaux, mais sont le type des sédiments propres à une vaste avant-fosse, de part et d'autre de la chaîne alpine en voie d'émersion générale.

Le passage Flysch-Molasse.

Toutefois si la chaîne alpine s'est constituée progressivement et avec des accélérations assez marquées à partir du Crétacé moyen et supérieur et durant l'Eocène, par l'émersion de plus en plus sensible de cordillères et fermeture de bassins ou géosynclinaux, nous savons que durant l'Oligocène un grand paroxysme, d'ailleurs complexe et dans lequel on a pu y reconnaître plusieurs phases, a finalement donné naissance à une vaste chaîne continue et limitée vers l'avant-pays par un sillon. C'est la fin de la sédimentation strictement alpine, le début de la sédimentation péri-alpine ou molassique. Mais il est évident que ce changement dans le domaine de la sédimentation n'a pas été brusque, mais graduel, comme l'a été la mise en place des nappes charriées vers l'avant-pays, lors de ce premier grand paroxysme.

Le problème des derniers sédiments alpins et des premiers dépôts molassiques se présente aujourd'hui un peu partout le long du bord alpin et jusque dans certaines régions de l'Autochtone. Il pose la question des limites non seulement d'âge mais de faciès entre les Molasses rupéliennes avec les Flysch oligocènes de la région helvétique.

Il a été en particulier soulevé par A. BUXTORF et H. FRÖHLICHER dans les relations possibles entre certaines formations molassiques de la Suisse centrale, notamment dans l'Entlebuch, avec les schistes oligocènes de Glaris et leurs équivalents vers l'W (Bibl. 21, p. 39—40, Bibl. 13, p. 704—705). Un cas analogue s'est posé avec toutes ses difficultés dans la région de Bulle, lorsqu'il a fallu discerner ce qui revenait à la Molasse de ce qui devait encore être rattaché au Flysch, ou du moins à un certain Flysch qu'un de mes étudiants, L. MORNOD, a dénommé, en reprenant d'ailleurs un terme déjà connu, le Flysch subhelvétique (Bibl. 49), ou, mieux encore Flysch subalpin.

Egalement dans le Val d'Ille, où la Molasse succède directement au Flysch, la limite entre les 2 formations est loin d'être très nette (Bibl. 23 et Bibl. 67). Ici comme vers le bord alpin, on aboutit à des séries de «Molasse à faciès Flysch, parfois aussi l'inverse, dans lesquelles les conditions lithologiques ne sont ni entièrement celles du Flysch, ni entièrement celles de la Molasse, et où les faunes accusent des caractères intermédiaires (Bibl. 65, p. 484).

Car, contrairement à ce qu'écrit A. F. DE LAPPARENT, on ne constate pas, du moins dans le domaine des Alpes suisses, une «discordance générale de la Molasse rouge sur le Nummulitique marin» (Bibl. 40, p. 193).

Le problème est d'autant plus ardu qu'ultérieurement, après l'Oligocène, les mouvements alpins ont agité encore intensément, en particulier ceux du paroxysme pliocène, en déterminant tout spécialement les grands charriages des régions helvétiques et ultrahelvétiques et en mettant à nouveau en mouvement les éléments alpins plus internes, déjà fortement disloqués à l'Oligocène, puis intensément érodés. Il faut le reconnaître, les recherches récentes ont plutôt posé le problème qu'elles ne l'ont résolu et les résultats apportés n'ont encore qu'une valeur locale et en partie provisoire. Il ne faut d'ailleurs pas se faire trop d'illusions: c'est un problème qu'on ne résoudra que difficilement.

Signification du Flysch helvétique.

Le Flysch helvétique représente le dernier épisode sédimentaire marin dans la chaîne alpine. Alors que les derniers géosynclinaux, accidentés de cordillères, se sont fermés ou sont en voie de l'être, toute la région helvétique, y compris le seuil autochtone, subit un mouvement d'affaissement. Le faciès Flysch s'y installe ou du moins une certaine forme du faciès Flysch.

P. ARBENZ, dans le «Guide géologique de la Suisse», où il traite des complexes des Grès d'Altorf, Grès de Taveyannaz et Schistes ardoisiers, écrit à ce sujet (Bibl. 6, p. 112):

«Diese ganze Gruppe, wohl nicht mit Recht auch schon Flyschgruppe genannt, hat sich in einer ausgesprochenen neuen, dem Alpenrand angegliederten Randsenke abgelagert, die als der Vorläufer der Molasserandsenke angesehen werden kann. Sie bezeichnet eine Mittelstellung der wandernden Vortiefe zwischen der eocaenen (und älteren) Sammelmulde im Süden (helvetische Decken und ultrahelvetische Region) und dem stampisch bis miocaenen Molassetrog des jetzigen Alpenrandes und fällt in ihrer Bildung in die Zeit des obersten Eocaens und untern Oligocaens» (loc. cit. p. 112).

J'ai souligné la restriction apportée par P. ARBENZ dans la signification du Flysch helvétique, plus spécialement de la partie supérieure de ce Flysch, restriction qui me semble de la plus grande importance. En effet le Flysch helvétique apparaît plutôt comme un Flysch intermédiaire qui va assurer en quelque sorte le passage, d'une part vis-à-vis du Flysch type, d'autre part avec la Molasse. C'est en effet le Flysch helvétique qui traduit, par la nature de ses dépôts, la migration des dernières zones sédimentaires alpines vers le domaine du sillon périalpin: migrations progressives, en liaison avec le grand paroxysme alpin oligocène. L'analyse des séries du Flysch helvétique semble bien montrer que ce grand paroxysme, malgré son ampleur et les conséquences paléogéographiques capitales qu'il a entraînées, a dû consister en un mouvement lent et assez régulier, avec exondation de certaines nappes préalpines et refoulement vers l'avant-pays et l'avant-fosse alpine, des derniers vestiges des mers alpines. De ce fait, le Flysch helvétique reste toujours assez difficile à délimiter latéralement et verticalement.

Latéralement, en direction des régions autochtones et vers l'avant-fosse, on ne sait trop où finit le Flysch et où commence la Molasse. De même, en direction des régions helvétiques plus internes (nappes helvétiques supérieures) sa délimitation avec certains Flysch ultrahelvétiques demeure souvent imprécise, ceci tout spécialement en Suisse centrale et orientale.

Verticalement aussi, la limite est difficile à tracer. C'est le cas tout spécialement là où le passage Flysch et Nummulitique est constitué par la série des schistes à Globigérines. La délimitation est relativement plus aisée là où ce Flysch transgresse avec ses séries grés-schisteuses sur le substratum mésozoïque érodé.

Vis-à-vis du Flysch typique, il est encore une différence à noter, qui n'est pas constante il est vrai, mais toutefois demeure assez caractéristique. J'ai souligné auparavant que le Flysch des régions préalpines surmonte communément les séries à calcschistes planctoniques du Crétacé supérieur, sans lacune sensible ou du moins importante. Vis-à-vis de son substratum immédiat, ce Flysch préalpin revêt les caractères d'une série régressive. Le plus souvent il en est autrement avec le Flysch helvétique. Soit qu'il surmonte la «série nummulitique», soit le substratum érodé d'âge mésozoïque, ce Flysch offre un caractère transgressif bien marqué, d'ailleurs connu et décrit depuis fort longtemps.

Caractères du Flysch helvétique.

C'est dans ce Flysch que viennent se ranger les séries des Grès de Taveyannaz, des Grès d'Altorf, des Grès du Val d'Illiez, des schistes marno-micacés à bancs de grès siliceux, des schistes argileux de Glaris, etc.

Dans les Alpes françaises, ces séries sont connues sous les termes de Grès d'Annot, grès du Champsaur, «grès mouchetés».

C'est la série qui répond dans l'ensemble le mieux aux caractères généraux proposés pour le faciès Flysch. Et cependant on y notera certaines différences nettement appréciables.

Du point de vue lithologique, cette série est fortement détritique, et les dépôts organogènes n'y jouent qu'un rôle nettement accessoire. En particulier le haut de la série devient de plus en plus gréseux, parfois conglomératique et les quelques bancs de calcaires à Lithothamnies et à Discocyclines finissent par être entièrement éliminés ou réduits à de vagues lentilles.

On peut aussi noter ici une différence quant à la provenance du matériel détritique. Si l'on retient en particulier l'hypothèse de M. VUAGNAT quant à l'origine de certains grès de Taveyannaz (Bibl. 69), le matériel détritique résulterait de l'érosion non pas de cordillères provenant du tréfond de la région helvétique, mais de la destruction du front de certaines nappes, en particulier des nappes de la Simme et de la Brèche, avec leur matériel de roches éruptives basiques.

Du point de vue bionomique, les différences sont également sensibles. Si dans les secteurs méridionaux, les influences marines paraissent encore assez nettes, on constate qu'à mesure qu'on se dirige vers la région autochtone et que l'on monte dans la série, ces influences marines se raréfient et des faunes à cachet saumâtre s'y substituent peu à peu. Traces et bientôt abondance des Meletta et des Clupea, présence de Cyrènes, etc. D'autre part, on perçoit la disparition progressive d'organismes franchement marins, comme les Lithothamnies. La disparition de ces Algues est particulièrement intéressante. Dans la pratique, l'absence ou la présence de ces Algues dans un sédiment en bordure immédiate des Alpes peut aider quant à l'attribution d'un affleurement à la Molasse ou au Flysch.

Enfin, du point de vue paléogéographique, il est aussi certain que les domaines dans lesquels se sont sédimentées les séries gréseuses et gréso-marneuses du Flysch helvétique ne sont pas analogues à celles des bassins d'archipels envisagés pour le Flysch ultrahelvétique et préalpin. Car dans le cas du Flysch helvétique, on est plutôt conduit à supposer la submersion assez marquée d'une vaste plateforme épicontinentale limitée en arrière non plus par une cordillère abrupte et discontinue, mais par le front assez régulier de la grande chaîne alpine qui commence à déferler vers l'avant-fosse alpine.

En résumé, les caractères assez particuliers du Flysch helvétique, obligent en quelque sorte à mettre un peu à part ce Flysch qui va assurer la transition nécessaire et graduelle avec les premiers dépôts molassiques, encore mi-marins, mi-saumâtres. Et l'incertitude ne disparaîtra qu'au moment où, dans ces dépôts molassiques, certains niveaux franchement saumâtres et bientôt les premières traces du faciès continental, comme la présence de petites lentilles de charbons dans les Grès de Vaulruz (Molasse rupélienne), ne laissera plus aucun doute sur l'appartenance de cette formation à la Molasse. Mais entre ces premiers sédiments nettement molassiques et les derniers sédiments encore alpins, viennent se situer des séries souvent considérables, dont l'attribution demeurera souvent fonction de considérations plus tectoniques que stratigraphiques ou lithologiques.

VI. Extension du faciès Flysch à d'autres formations.

Le faciès Flysch à cause des diverses modalités qu'il représente, rappelle encore par certains de ses caractères bien d'autres formations géologiques, avec lesquelles on l'a parfois apparenté et quelquefois identifié. Il serait fastidieux de rappeler toutes les interprétations apportées à ce sujet.

Il est notamment certain que toutes les séries de Flysch distinguées dans les Carpathes, chaîne où cette formation joue un rôle prépondérant, ne coïncident de loin pas avec ce qu'il est convenu d'appeler Flysch dans les Alpes. En particulier en Roumanie, seule une partie du Flysch mérite exactement ce nom : les séries du Crétacé inférieur, Couches de Sinaia du Valanginien et Hauterivien, faites surtout d'alternances de marnes calcaires, de schistes argileux, de calcaires et de grès calcaires, avec leur faune d'Ammonites, d'Aptychus, ne méritent pas le terme de Flysch qui leur est attribué. En gros c'est une sédimentation très analogue par exemple à celle qu'on observe en Suisse dans le Crétacé inférieur ultrahelvétique, que personne ne confond pourtant avec du Flysch. Il serait aisé d'augmenter les exemples.

Il est cependant une différence à noter entre le domaine strictement alpin et d'autres régions. Alors que dans les Alpes, on assiste dans l'ensemble à une migration progressive des zones sédimentaires vers le bord alpin, avec surrection plus ou moins définitive des chaînes, dans les Carpathes, dans les Apennins, également dans d'autres grandes chaînes, les transgressions néogènes se font à nouveau sentir sur de vastes régions de Flysch, également sur d'autres formations anciennes disloquées lors des paroxysmes oligocènes. Si les discordances angulaires, en plus de différences stratigraphiques et de faciès, permettent de séparer souvent aisément Flysch et formations néogènes, toutefois on doit reconnaître que la reprise de l'ensemble lors des paroxysmes tardifs, aboutit à des complications tectoniques considérables.

Faciès Flysch et faciès « Schistes lustrés ».

Nombreux sont les géologues qui ont décrit maintes analogies entre le Flysch et les Schistes lustrés. Et en fait une bonne partie des caractères généraux attri-

bués au Flysch valent plus ou moins pour les Schistes lustrés. Et cependant, malgré ces ressemblances et malgré des passages incontestables, on ne peut englober sans autre les Schistes lustrés dans le Flysch. En réalité la plupart des auteurs les ont séparés. D'ailleurs, de plus en plus, malgré le métamorphisme qui complique considérablement l'analyse des séries des Schistes lustrés, ces dernières ont passablement perdu de leur caractère compréhensif. Si des auteurs sont parvenus à reconnaître, dans bien des cas, un faciès Flysch dans certains complexes, c'est justement que d'une façon générale ce faciès ne correspond pas à l'ensemble de la formation des Schistes lustrés.

Un fait paraît en particulier assez déterminant dans la différenciation des 2 grands faciès: à la différence du Flysch, les Schistes lustrés ne sont pas essentiellement gréseux. Tout spécialement ils ne résultent pas de l'alternance infiniment répétée de schistes et de grès. Il en est de même avec les conglomérats. On connaît les conséquences capitales tirées par E. ARGAND de la présence de ces roches dans les séries penniques pour expliquer la genèse de certains grands plis couchés (Bibl. 7). Mais il importe de noter que ces roches dépendent non de paroxysmes, mais de bombements embryonnaires jurassiques, qu'il s'agit moins de cordillères émergées que de hauts-fonds. En réalité, on est ici ramené dans le cas précédemment décrit de conglomérats de remaniement sous-marins, analogues à ce qu'on trouve dans la nappe de la Brèche, également dans les nappes austro-alpines.

Les études systématiques des Schistes lustrés entreprises aussi bien dans le Valais que dans les Grisons par divers élèves du Prof. R. STAUB montrent de façon de plus en plus nette que le Flysch ne constitue que le complexe le plus supérieur dans une puissante série allant du Lias au Crétacé et jusqu'à l'Eocène inférieur. On trouvera dans des publications récentes, en particulier dans le travail détaillé de W. K. NABHOLZ (Bibl. 50) et dans des communications préliminaires présentées à la session du Flysch à Bâle par P. NÄNNY (Bibl. 51) et par H. JÄCKLI (Bibl. 31) des résultats nouveaux et certains aperçus généraux sur le problème du Flysch dans les Schistes lustrés, avec abondantes données bibliographiques.

J. CADISCH a également pu préciser la situation du Flysch pour les Schistes lustrés de la Basse-Engadine (Bibl. 15) de même de F. RÖSLI le faisait pour certaines zones de la Haute-Engadine (Bibl. 54).

CONCLUSION.

Par certaines comparaisons et par des éliminations successives, j'ai essayé de mettre en évidence certains traits communs et distinctifs dans ce qu'en géologie on appelle le faciès Flysch. Pour y parvenir j'ai été plus amené à séparer qu'à rapprocher. Ceci donne à mon exposé une allure peut-être trop simplificatrice, en tous cas très schématique: Mais je vous en avais averti dès le début. Je ne suis cependant pas dupe de certaines limites tracées, pas plus que n'est dupe le géologue qui levant la carte de certaines régions, dans des zones très recouvertes ou formées de terrains très uniformes, est obligé, à un certain moment, de tracer sur sa carte une limite plus rigoureuse que celle donnée par la nature. Toutefois, pour aller de l'avant, il devient parfois nécessaire, même au prix d'un certain arbitraire dont nous sommes parfaitement conscient, de coordonner nos connaissances devenues surabondantes et souvent confuses.

Il demeure encore quantité d'inconnues dans le problème du Flysch. Des inconnues, non seulement dans sa sédimentation, mais aussi dans sa stratigraphie, dans la corrélation exacte des faunes, en particulier des faunes nummulitiques, dans la terminologie des zones sédimentaires, dans la succession des grandes unités tectoniques avec leur Flysch plus ou moins bien individualisé.

Certainement tous les caractères généraux attribués au Flysch dans ce travail ne couvriront aucunement les nombreuses définitions du Flysch et ne s'appliqueront pas sans autre aux diverses interprétations envisagées pour cette formation par de multiples auteurs. Il est pareillement évident que ce travail traite tout spécialement le domaine suisse des Alpes et très incidemment d'autres secteurs. Pour être complet, il eut fallu reprendre les interprétations du Flysch telles qu'elles sont données pour les Alpes orientales; en particulier il eut été bon de préciser les relations de faciès entre le Flysch et les Couches de Gosau. De même il eut été aussi profitable de considérer avec quelques détails les conceptions de géologues français. Toutefois il faut admettre que la partie suisse des Alpes et tout spécialement les régions préalpines où est né la notion première de Flysch se prêtaient mieux que d'autres à certaines mises au point. Et c'est avec cette intention que ce travail a été conçu.

Bibliographie.

1. ABEL, O., Ein Lösungsversuch des Flyschproblems. — Sitzungsanzeiger der Akad. d. Wiss. Wien. Jahrg. 62, p. 248—251, 1925.
2. ABEL, O., Fossile Mangrovesümpfe. — Pal. Zeitsch. Bd. VIII, p. 130—134, 1928.
3. ARBENZ, P., Geologische Untersuchungen des Frohnalpstockgebiet. — Mat. Carte géol. Suisse, N. S. livr. 18, 1905.
4. ARBENZ, P., Einige Beobachtungen über die Transgression der Wangschiefer. — Ecl. geol. Helv. vol. 11, 1912.
5. ARBENZ, P., Probleme der Sedimentation und ihre Beziehungen zur Gebirgsbildung in den Alpen. — Heim-Festschrift. Viertelj. Naturf. Ges. Zürich, LXIV, 1919.
6. ARBENZ, P., Die helvetische Region. — Guide géolog. de la Suisse, fasc. II, p. 96 et sv., Bâle 1934.
7. ARGAND, E., Sur l'arc des Alpes occidentales. — Ecl. geol. Helv. vol. XIV, 1916.
8. ARGAND, E., Plissements précurseurs et plissements tardifs des chaînes de montagnes. — Actes Soc. helv. Sc. nat. 101ème session. Neuchâtel 1921.
9. BERTRAND, MARCEL, Structure des Alpes françaises et récurrence de certains faciès sédimentaires. — Congrès géol. intern. 1894, C. R. p. 161—177. Lausanne 1897.
10. BOLLI, H., Zur Stratigraphie der Oberen Kreide in den höheren helvetischen Decken. — Ecl. geol. Helv. vol. 37, 1944.
11. BOUSSAC, J., Etudes stratigraphiques sur le Nummulitique alpin. — Mat. Carte géol. France. Paris 1912.
12. BRÜCKNER, W., Neue Konglomeratfunde in den Schiefergebieten des jüngeren helvetischen Eocäns der Zentral- und Ostschweiz. — Ecl. geol. Helv. vol. 38, 1946.
13. BUXTORF, A., Vierwaldstättersee. — Guide géolog. de la Suisse, Exc. 53, fasc. X, Bâle 1934.
14. BUXTORF, A., Über Vorkommen von Leimernschiefer in der Unterlage des Schlierenflysch. — Ecl. geol. Helv. vol. 36, 1943.
15. CADISCH, J., Geologie der Schweizer Alpen, Zürich 1934.
- 15a. CADISCH, J., Über den Flysch der Tasna-Decke (Graubünden). — Ecl. geol. Helv. vol. 39, 1946.
16. CAMPANA, B., Géologie des nappes préalpines au NE de Château-d'Oex. — Mat. carte géol. Suisse, N. S. livr. 82, 1943.
17. COLLET, L. W. et LILLIE, A., Le Nummulitique de la nappe de Morcles entre Arve et Rhône. — Ecl. geol. Helv. vol. 31, 1938.
18. COLLET, L. W., La nappe de Morcles entre Arve et Rhône. — Mat. carte géol. Suisse, N. S. livr. 79, 1943.
19. DUCLOZ, C., Le Flysch des Dents du Midi. — Arch. Sc. phys. et nat. Genève. 5ème pér. vol. 28, 1944.
20. FICHTER, H. J., Geologie der Bauen-Brisen-Kette am Vierwaldstättersee und die zyklische Gliederung der Kreide und des Malm der helvetischen Decken. — Mat. carte géol. Suisse. N. S. livr. 69, 1934.

21. FRÖHLICHER, H., Geologische Beschreibung der Gegend von Escholz matt im Entlebuch (Kanton Luzern). — Mat. carte géol. Suisse, N. S. livr. 67, 1933.
22. FURRER, H., Geologische Untersuchungen in der Wildstrubelgruppe. — Mitt. Naturf. Ges. Bern 1939.
23. GAGNEBIN, E., Notice explicative de la feuille de St. Maurice (n° 483). — Atlas géolog. Suisse au 1:25000, n° 8, 1934.
24. GIGNOUX, M., MORET, L. et SCHNEEGANS, D., Le problème du «Flysch calcaire» dans la région frontale des nappes de l'Embrunais-Ubaye. — Assoc. franc. pour avanc. des Sciences, C. R. 57ème session, 1933.
25. GOLDSCHMID, K., Geologie der Morgenberghorn-Schwalmergruppe bei Interlaken. — Mitt. Naturf. Ges. Bern 1927.
26. GRUNAU, H., Geologie von Arosa (Graubünden) mit besonderer Berücksichtigung des Radio-larit-Problems. — Thèse Berne, 1947.
27. HEIM, ALB., Geologie der Schweiz. — Bd. I et II. Leipzig 1919—1922.
28. HEIM, ARN., Über das Profil von Seewen-Schwyz und den Fund von Habkerngranit in Nummulitengrünsand. — Viertelj. Natf. Ges. Zürich. Jahrg. 53, 1908.
29. HEIM, ARN., Die Nummuliten- und Flyschbildungen der Schweizer Alpen. — Mém. Soc. paléont. suisse, vol. XXXV, 1908.
30. HUBER, K., Die Sattelzone von Adelboden. — Mitt. Natf. Ges. Bern 1933.
31. JÄCKLI, H., Paläogeographische Studien im tiefpenninischen Flysch des Domleschg und Schams. — Ecl. geol. Helv. vol. 39, 1946.
32. JEANNET, A., Monographie géologique des tours d'Ai. — Mat. carte géol. Suisse, N. S. livr. 34, 1912 et 1918.
33. JEANNET, A., Le Crétacé supérieur de la région des Drusberg. — Ecl. geol. Helv. vol. 18, 1923.
34. JEANNET, A., Excursion de la Société géologique suisse dans les Alpes de Schwyz. — Ecl. géol. Helv. vol. 28, 1935.
35. JEANNET, A., Geologie der oberen Sihltaler Alpen (Kanton Schwyz). — Ber. schwyzer. Naturf. Ges. Bd. 3, 1938/40.
36. KAUFMANN, FR. J., Emmen- und Schlierengegenden nebst Umgebungen. — Mat. carte géol. Suisse. P. S. livr. 24, 1886.
37. KRAUS, E., Über den Schweizer Flysch. — Ecl. geol. Helv. vol. 25, 1932.
38. KUENEN, PH. H., Collecting of the samples and some general aspects. — The Snellius-expedition. Vol. V, Part 3, Section I, E. J. Brill. Leiden 1943.
39. LAPPARENT, A. DE, Etude lithologique des terrains crétacés de la région d'Hendaye. — Mém. carte géol. France. Paris 1918.
40. LAPPARENT, ALB. F. DE, Etudes géologiques dans les régions provençales et alpines entre le Var et la Durance. — Bull. carte géol. de France, n° 198, 1938.
41. LEUPOLD, W., Neue mikropalaeontologische Daten zur Altersfrage der alpinen Flysch-Bildungen. — Ecl. geol. Helv. vol. 26, 1933.
42. LEUPOLD, W., Zur Stratigraphie der Flyschbildung zwischen Linth und Reuss. — Ecl. geol. Helv. vol. 30, 1937.
43. LEUPOLD, W., Neue Beobachtungen zur Gliederung der Flyschbildungen der Alpen zwischen Reuss und Rhein. — Ecl. geol. Helv. vol. 35, 1942.
44. LOMBARD, ANDRÉ, Les Préalpes médianes entre le Risse et le Somman. — Ecl. geol. Helv. vol. 33, 1940.
45. LOMBARD, AUG., Géologie des Voirons. — Mém. Soc. helv. Sc. nat. vol. 74, Mém. 1, 1940.
46. LUGEON, M., Cailloux exotiques des Couches rouges. — Ecl. geol. Helv. vol. X, 1909.
47. LUGEON, M., Quelques faits nouveaux dans les Préalpes internes vaudoises (Pillon, Aigremont, Chamossaire). — Ecl. geol. Helv. vol. 31, 1938.
48. LUGEON, M. et GAGNEBIN, E., Observations et vues nouvelles sur la géologie des Préalpes romandes. — Bull. labor. geol. etc. Univ. Lausanne, n° 72, 1941.
49. MORNOD, L., Molasse subalpine et bord alpin de la région de Bulle (Basse-Gruyère). — Ecl. geol. Helv. vol. 38, 1946.
50. NABHOLZ, W. K., Geologie der Bündnerschiefergebirge zwischen Rheinwald, Valser- und Safiental. — Ecl. geol. Helv. vol. 38, 1945.
51. NÄNNY, P., Neuere Untersuchungen im Prätigau flysch. — Ecl. geol. Helv. vol. 39, 1946.

52. NEEB, C. A., The composition and distributions of the sample. — The Snellius-expedition. Vol. V, Part 3, Section II. E. J. Brill. Leiden 1943.
53. REVILLE, R. and SHEPARD, F. P., Sediments of the California Coast. — Recent marine sediments, the American Assoc. of Petrol. Geologists, p. 245 et sv. 1939.
54. ROESLI, L., Fazielle und tektonische Zusammenhänge zwischen Oberengadin und Mittelbünden. — Ecl. geol. Helv. vol. 37, 1944.
55. ROLLIER, L., Sur les faciès du Nummulitique. — Ecl. geol. Helv. vol. XVI, 1920.
56. SCHROEDER, W. J., La Brèche du Chablais entre Giffre et Dranse et les roches éruptives des Gêts. — Thèse Genève, Arch. Sc. phys. et nat. Genève, 5me pér. vol. 21, 1939.
57. SCHWARTZ-CHENEVART, CH., Les nappes des Préalpes médianes et de la Simme dans la région de la Hochmatt (Préalpes fribourgeoises). — Thèse Fribourg. Mém. Soc. frib. Sc. nat. vol. XII, 1945.
58. STAEGER, D., Geologie der Wilerhorngruppe zwischen Brienz und Lungern. — Ecl. geol. Helv. vol. 37, 1944.
59. TERCIER, J., Géologie de la Berra. — Mat. carte géol. Suisse, N. S. livr. 60, 1928.
60. TERCIER, J., Les faciès du Crétacé supérieur et de Nummulitique dans la région d'Habkern. — Ecl. geol. Helv. vol. 21, 1928.
61. TERCIER, J., Sur l'extension de la zone ultrahelvétique en Autriche. — Ecl. geol. Helv. vol. 29, 1936.
62. TERCIER, J., Dépôts marins actuels et séries géologiques. — Ecl. geol. Helv. vol. 32, 1939.
63. TERCIER, J., Sur l'âge du Flysch des Préalpes médianes. — Ecl. geol. Helv. vol. 35, 1942.
64. TERCIER, J., Le problème de l'origine des Préalpes. — Bull. soc. frib. Sc. nat. vol. XXXVII, 1944.
65. TERCIER, J., Compte rendu des excursions de la Société géologique suisse dans les Préalpes fribourgeoises. — Ecl. geol. Helv. vol. 38, 1945.
66. TERCIER, J., Problèmes de sédimentation dans l'Insulinde. — VSP. Bull. Vereinig. schweiz. Petr. u. Ing. n° 44, 1946.
67. VONDERSCHMITT, L., Neue Fossilfunde im Flysch des Val d'Illiez (Valais). — Ecl. geol. Helv. vol. 28, 1935.
68. VONDERSCHMITT, L. et SCHAUB, H., Neuere Untersuchungen im Schlierenflysch. — Ecl. geol. Helv. vol. 36, 1943.
69. VUAGNAT, M., Les grès de Taveyannaz du Val d'Illiez et leurs rapports avec les roches éruptives des Gêts. — Schweiz. Min. Petr. Mitt. vol. 23, 2, 1943.
70. ZIMMERMANN, F., Zur Stratigraphie der Wangschichten zwischen Rheintal und Thunersee und in den angrenzenden Gebieten. — Thèse Berne, 1936.

Manuscrit reçu le 15 novembre 1947.