

Zeitschrift:	Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber:	Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band:	34 (1898)
Heft:	127
Artikel:	Les régions exotiques de versant nord des Alpes Suisses : leurs relations avec l'origine des blocs et brèches exotiques et la formation du flysch
Autor:	Schardt, H.
Kapitel:	IV: Démonstration et réplique aux objections
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-265366

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 10.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

» doit venir, qui en démontrera la réalité. J'ai eu aussi, sans la
 » développer, l'idée bien naturelle qu'une partie au moins des
 » *klippes*, que les massifs des Annes et de Sullens, devaient
 » avoir une origine exotique, mais je n'ai pas eu à ce moment
 » la notion que ces massifs devaient provenir d'une autre nappe
 » de recouvrement supérieure et d'origine plus lointaine. Quant
 » aux Préalpes, je n'avais jamais songé à y voir le produit d'un
 » charriage et je crois même devoir ajouter qu'avant vos der-
 » niers travaux et ceux de Lugeon une pareille idée aurait été
 » une véritable folie.

» Quand j'ai reparlé, très incidemment, de ces questions à
 » propos du Môle, j'ai dit, sans prétendre résoudre un problème
 » de cet ordre par l'étude d'une région isolée, que mon impres-
 » sion était toute favorable à l'idée que les Préalpes sont en
 » place. Je m'étais mal expliqué auparavant, si on a pu consi-
 » dérer cette manière de voir comme un changement d'opinion
 » (qui serait d'ailleurs bien permis en pareille matière). »

IV. Démonstration et réplique aux objections.

D'après les publications parues depuis 1890, il n'est presque plus besoin de démontrer la nécessité de considérer la région entière des Préalpes comme une nappe charriée, reposant partout sur le tertiaire ; ce serait refaire la démonstration de la Loi des Préalpes et des postulats qui en découlent (voir page 159 et Chap. I). Les profils et la petite carte joints à ce mémoire en disent plus long que des pages d'explications.

Nous aurons toutefois à examiner successivement les divers arguments qui appuient la solution proposée par moi, du problème jadis si énigmatique, et, en le faisant, je répondrai aux objections qui m'ont été faites et auxquelles je n'ai guère répliqué jusqu'ici.

Cette démonstration, aussi claire qu'elle soit, ne dispose pour le moment évidemment que d'une faible partie des preuves qui pourraient être réunies. Il est réservé aux recherches futures d'en découvrir encore un grand nombre. Depuis plus de quatre ans que j'ai conçu la solution proposée, je n'ai ressenti aucun doute ; bien au contraire, les recherches poursuivies depuis lors n'ont fait qu'affermir sur tous les points ma manière de voir, tandis que je n'ai pas pu en dire autant de ma précédente interprétation (1891) basée sur l'hypothèse de Studer.

L'énoncé des arguments que je vais avancer, représente *l'état actuel de nos connaissances* sur le problème et sa solution. Je me réserve de constituer, au cours de mes recherches ultérieures, embrassant la région entière des Préalpes du Stockhorn jusqu'au lac Léman, une démonstration plus complète et plus détaillée. C'est ce travail que je vais entreprendre ensuite de la mission que m'a confiée la commission géologique suisse. En attendant l'achèvement de ce grand travail qui est presque une tâche vitale, le présent résumé sera certainement le bienvenu et aura ainsi sa bonne raison d'être.

Les arguments que j'aurai à constituer et les objections que j'aurai à combattre portent sur les diverses faces de problème : La stratigraphie des Préalpes, leur tectonique, le mécanisme du charriage, le lieu d'origine, la nature et l'origine des brèches du Flysch, etc. Nous aurons donc à constituer autant de chapitres.

A un point de vue général, on peut distinguer dans les Préalpes, d'après leur succession horizontale actuelle, les régions ou zones suivantes :

1. *Zone extérieure de Flysch*, avec lambeaux et lames de terrains secondaires : Zone des Voirons-Niremont-Gurnigel.
2. *Zone des Chaines calcaires des Préalpes*.
 - a) Zone Nord, avec Dogger à *Zoophycos*.
 - b) Zone Sud, avec Dogger à *Mytilus*, bordant de part et d'autre la zone suivante.
3. *Zone centrale de Flysch* (Biot-Hundscriëck).
4. Région superposée de la *Brèche du Chablais* et de la Hornfluh avec klippes de cette roche.
5. *Zone interne de Flysch* et *Zone des cols*, avec lambeaux et lames de terrains secondaires d'un facies analogue à ceux qui accompagnent la zone extérieure¹.

Ces cinq régions ont ceci de particulier, que, dans leur exten-

¹ M. Lugeon distingue :

1. Zone bordière ou Zone du Flysch.
2. Préalpes médianes.
 - a) Zone extérieure avec Dogger à *Zoophycos*.
 - b) Zone axiale avec Dogger à *Mytilus*.
3. Zone du Flysch du Niesen.
4. Zone interne ou Zone triasico-jurassique de contact.
5. Région des Brèches du Chablais et de la Hornfluh.

Cette subdivision fait abstraction de la zone centrale du Flysch, qui a cependant une assez grande importance.

sion horizontale, la zone extérieure du Flysch décrit un arc de cercle dont les deux extrémités tendent à rejoindre la zone interne qui a un alignement sensiblement rectiligne. Ces deux zones du Flysch sont disposées de part et d'autre du Rhône, comme les paupières de deux orbites dont l'ouverture serait occupée par les chaînes calcaires. La zone centrale de Flysch, localement très réduite ou disloquée, joue un rôle analogue par rapport aux masses superposées de la Brèche du Chablais et de la Hornfliuh et des klippes qui en dépendent.

En réalité, la comparaison avec un orbite n'est pas absolument exacte en ce sens que le Flysch ne recouvre pas les terrains calcaires qui apparaissent dans son milieu, mais il s'introduit *au-dessous* de ceux-ci, dont il paraît former l'assiette. Le Flysch de la zone centrale fait de même vis-à-vis de la formation de la Brèche jurassique. Il est évident, dès lors, que la division des Préalpes en deux régions ayant l'apparence d'orbites, n'est que le résultat de l'érosion de la vallée du Rhône et du Haut Léman, qui a également séparé en deux la nappe superposée de la Brèche jurassique; ces points tectoniques seront examinés plus loin.

A. Arguments stratigraphiques.

Studer a été le premier à reconnaître la divergence entre les sédiments constituant les montagnes sur les deux rives du lac de Thoune. A part les quelques lambeaux au pied N. des Ralligstöcke, le « Stockhornkalk » manque absolument au N. E. du lac de Thoune. Ce sont des montagnes constituées par des assises appartenant au Néocomien à facies helvétique qui se placent sur le prolongement des Alpes du Stockhorn et du Simmenthal. Cette constatation, faite il y a plus de 60 ans, montre bien la clairvoyance de Studer.

La comparaison des séries stratigraphiques de part et d'autre du lac de Thoune et de la vallée de l'Arve et du Giffre, entre Bonneville et Samoëns, montre clairement qu'un changement brusque et inattendu se manifeste dans la série sédimentaire sur le parcours de ces deux vallées transversales. Le même phénomène s'observe aussi le long du contact entre les Préalpes romandes et les hautes chaînes calcaires entre le Wildstrubel et les Dents Blanches. *A l'O., au S. et à l'E., les Préalpes romandes sont encadrées de chaînes appartenant à un facies tout à fait différent*; cela ressort sans conteste du tableau suivant pour le Tertiaire et le Crétacique.

	Alpes d'Unterwald, Alpes d'Annecy et Chaines du Wiedstrubel- Dents-Blanches. (facies helvétique ou jurassien.) (facies normal du versant N. des Alpes.)	Préalpes du Stockhorn et du Chablais, Klippe d'Unterwalden et d'Annecy. (facies austro-alpin, passant au facies méditerranéen-provençal.)
OLIGOCÈNE.	<i>Flysch</i> essentiellement schisteux et arénacé bréchiforme autour des klippes (blocs exotiques). Intercalations de couches à <i>Nummulites</i> .	<i>Flysch</i> arenacé, schisteux et bréchiforme polygénique. Contient des <i>Fucoides</i> , des <i>Helminthoides</i> et très rarement des <i>Nummulites</i> (dans les grès).
EOCÈNE.	Calcaires et marnes nummulitiques (Parisien et Bartonien).	Manque.
CRÉTACIQUE SUPÉRIEUR.	<i>Sénonien</i> et <i>Turonien</i> . Marnes de Wang et de Seewen avec <i>Anan-chytes ovata</i> . <i>Cénomanien</i> . Calcaires de Seewen et Vraconnien, riches en fossiles. <i>Albien</i> (Gault inf.), riche en fossiles (grès vert). <i>Aptien</i> (grès vert et schistes).	Représenté par les calcaires et marno-calcaires rouges et verts dits « Couches rouges » avec <i>Foraminifères</i> . Fossiles macroscopiques extrêmement rares. (<i>Inoceramus</i> , <i>Micraster</i> .)
CRÉTACIQUE INFÉRIEUR.	<i>Rhodanien</i> et <i>Urgonien</i> à <i>Requienia Ammonia</i> . <i>Hauterivien</i> . Calcaires et marno-calc. à <i>Toxaster</i> . <i>Valangien</i> . Marnes et calcaires passant aux <i>Couches de Berrias</i> .	<i>Néocomien</i> calcaire et marno-calcaire, schisteux et plaqué avec céphalopodes, se confondant au S E avec le facies des couches rouges.

L'on voit sans difficulté et sans qu'on passe en revue détaillée les divers étages de ces deux régions, combien est différente la succession des assises de même âge. Que l'on franchisse la vallée du lac de Thoune, celle de l'Arve-Giffre ou la zone des cols entre la Lenk et Samoëns et l'on se trouve transporté comme par enchantement dans un pays nouveau au point de vue géologique.

Ce qui frappe le plus, c'est la présence, dans les régions à facies helvétique, du Crétacique supérieur, due à une transgression qui a commencé à se manifester dès l'époque aptienne et s'est accentuée de plus en plus jusqu'à l'époque sénonienne, en conduisant à une succession d'assises extrêmement variées, autant par leur facies que par leur faune. Rien de tout cela dans les Préalpes, où un seul terrain, englobant même au S. E. aussi le Crétacique inférieur, représente cette nombreuse série d'étages.

Rappelons encore l'absence totale, dans les Préalpes, de la formation numulitique (Parisien et Bartonien) et la grande rareté des Numulites dans le Flysch de cette région, et le contraste sera complet.

La série jurassique offre aussi un contraste non moins frappant, comme le montre le tableau suivant (page 166):

Dans toute la région à facies helvétique, il y a une série très uniforme d'étages, comparables à ceux du Jura, manquant toutefois du facies coralligène si fréquent dans cette chaîne. Dans les Préalpes, il faut distinguer trois zones sédimentaires, dont la différence se manifeste déjà à l'époque crétacique. Une zone nord où existe le Néocomien supportant les couches rouges (Crétac. sup.), une zone moyenne où le facies des couches rouges repose directement sur le Jurassique et une zone sud, actuellement superposée à la précédente (zone de la brèche jurassique), où le Crétacique manque entièrement.

Ces trois zones sont infiniment plus tranchées dans la série jurassique, en particulier entre le Dogger et le Lias, et *aucune* d'elles n'a quelque ressemblance quant aux terrains qui la composent avec ceux de même âge des Hautes Alpes à facies helvétique. Le contraste va même croissant, lorsqu'on suit du N. vers le S., dans le niveau du Dogger ou du Malm, par exemple. Arrivé au point de contact des Hautes Alpes, le contraste est on ne peut plus frappant. D'une part, le facies du Jurassique bréchiforme, de l'autre, le calcaire compact du Malm reposant sur un Dogger schisteux. Le Crétacique manque sur la brèche jurassique, alors que dans les Hautes Alpes il constitue la série si hétérogène que nous connaissons. C'est donc sur la ligne de contact que se trouve le plus grand contraste. Le contact entre les terrains mésozoïques des deux régions n'est d'ailleurs jamais direct, une zone de Flysch s'introduit invariablement entre deux. De plus, la troisième zone calcaire, celle de la

		Alpes d'Unterwald et Alpes d'Annecy.		Préalpes (et Klippes).		Régions de la Brèche du Chablais et de la Hornfuh.
		Zone Nord.	Zone Sud.			
Jurassique supérieur. (Malm.)	Calcaire compact massif. (Hochgebirgskalk.)	Niveaux ammoniti- fères. Calc. noduleux.	Calcaire massif. Peu de fossili- les, localement facies coralligène.			
Jurassique moyen. (Dogger.)	Schiste oxfordien à <i>Cardioceras cordatum</i> .					Facies bréchiforme à matériau triasiques.
Jurassique inférieur. (Lias.)	Calcaires et schistes foncés fossiles rares.					
Trias.	Schistes toarciens à <i>Harporceras</i> . Calcaire compact.	Schistes à Posidono- myes. Calcaire siliceux et echinoder- mique.	Manque localement. Manque localement.			Schistes à fucoides. Calcaire compact foncé.
	Rhétien lumachellique. (loc.)	Marnes et calcaires lu- machelliques.	Rhétien (loc.)			Marne et cal- caire rhétien (loc.)
	Calcaire dolomitique et cornieule.	Marnes rouges et vertes.		Grands massifs de calcaire dolomitique et cornieule.		
	Schistes rouges et verts.	Calcaires dolomitiques et cornieule.		Calc. noir à Gyroporelles.		Calcaire dolomitique et cornieule.
	Quartzite lité et arkose.	Gypse et anhydrite. Lambeaux de quartzite.		Dolomie grenue(Haupt dolomit.)		
Permo-carbonifère.	Permien (Sernifite). Carbonifère. (Poudingue et grès de Valorsine et schistes ardoisiers.)	Permien et carbonifère.		Gypse.		
—	Gneiss et schistes cristal- lins.				Contact anomal par dislocation. Flysch.	

brèche jurassique, est réellement superposée à la deuxième (zone des Préalpes) et au Flysch, mais à l'origine elle devait se trouver au sud de celle-là, problème qui sera examiné plus loin.

Le Flysch intermédiaire entre les Préalpes et les Hautes Alpes (zone de Niesen), ne forme, avec ce que j'appelle la *zone des cols*, en réalité qu'une seule zone, tout à fait comparable à la zone extérieure du Flysch avec ses intercalations calcaires.

Il y aurait long à dire sur la comparaison des facies de part et d'autre et si je voulais entreprendre ici cette tâche, ce serait reprendre nombre de faits déjà publiés et connus (voir n°s 13, 14, 15, 16, 23, 53, etc.). Ce serait anticiper aussi sur les résultats qui doivent faire l'objectif principal des nouvelles recherches.

De tels contrastes, réunis sur un champ d'observation aussi étroit, montrent clairement que nous ne sommes pas là en présence d'une simple variation de facies explicable par une différence de profondeur dans un bassin de sédimentation. Tout montre, et cette opinion s'impose, que la différence constante du facies entre les sédiments des Préalpes et ceux des Hautes Alpes, pendant les périodes jurassique et crétacique a une *cause géographique*. Les bassins sédimentaires de part et d'autre paraissent avoir été séparés, ainsi que je l'écrivais déjà en 1883. (N°s 13, p. 109, 110.)

La situation tectonique qui sera analysée plus loin, rend par contre inadmissible le rôle que j'attribuais alors à la zone des cols entre Leissigen et Samoëns, puisque les terrains liasiques et triasiques de cette ligne sont partout *superposés au Flysch ou enveloppés par ce terrain*.

Les terrains des Préalpes appartiennent au *facies méditerranéen* et offrent des caractères intermédiaires entre le facies austro-alpin et le facies provençal, ainsi que Gilliéron l'avait déjà relevé avec évidence; cette constatation a été faite aussi par Quereau.

Opinion de M. Haug. Si ce contraste peut au besoin, et en forçant les choses, s'expliquer en admettant, pour la région des Préalpes romandes, un bassin sédimentaire distinct à facies méditerranéen, un gésynclinal délimité par des géanticlinaux, comme le fait M. Haug, cette même explication ne peut s'appliquer individuellement à chacune des Klippes. Chaque lambeau à facies préalpin, les Giswyler Stöcke, le Rothspitz, le Stanserhorn, les Mythen, le Roggenstock, etc., etc., ainsi que les Annes et le mont Sullens en Savoie, sont dans le même cas vis-à-vis de

leur entourage à facies helvétique et devraient représenter ainsi des gésynclinaux bordés de géanticinaux. De fait, M. Haug oppose cette interprétation à celle que j'ai donnée en 1893. Je ne puis m'expliquer le raisonnement absolument étrange de mon éminent confrère et ami.

Dans sa note, publiée en 1894 (n° 47), M. Haug admet, si j'ai bien compris, que les Préalpes occupent un gésynclinal, bordé de deux géanticinaux, ayant existé pendant l'époque jurassique et crétacique. L'un des anticinaux serait devenu le contact anormal du côté de la zone extérieure de Flysch et l'autre serait indiqué par le contact anormal des terrains des Préalpes sur le bord interne (zone des cols). S'il en est ainsi, il faut admettre qu'à l'époque de la formation du bathonien, il s'est formé, au beau milieu du gésynclinal préalpin, un géanticinal, celui de la zone des *couches à Mytilus*, puisque ce facies de Dogger se développe le long d'une ligne, où des sédiments littoraux avec lits de charbons et restes de végétaux terrestres attestent l'existence, à l'époque bathonienne, de terres émergées avec abondante végétation. Ces îles étaient des rochers triasiques et liasiques.

En effet, dans toute cette zone, le Malm et le Dogger à *Mytilus* avec sa base bréchoïde, reposent en transgression sur le Lias et le Trias (dolomie et calcaire noir).

M. Haug ne s'étonne pas de cette complication; il confond même avec les couches à *Mytilus* le facies de la brèche de la Hornfuh et du Chablais, sans tenir compte que leur rencontre dans la même région est le fait de leur *superposition anormale*, situation résultant d'un phénomène tectonique bien postérieur à leur sédimentation. Je ne puis absolument pas me faire une idée de la connexité que se représente M. Haug, entre les klippes et le géanticinal, supposé par lui, entre le lac d'Annecy et le lac des Quatre-Cantons. Les klippes des Annes et du mont Sullens et ceux de Schwytz et d'Unterwalden seraient ainsi des parties intégrantes des plis crétaciques qui les supportent! Ce serait des anticinaux imbriqués surgissant au milieu des synclinaux crétaciques qui les entourent! Comment concilier cette supposition avec le fait bien visible de la *continuité des sédiments crétaciques* et du Flysch au-dessous des klippes? Comment expliquer les blocs exotiques et les brèches à matériaux exotiques qui entourent les Klippes? Comment expliquer, enfin, les facies tout à fait différents des klippes et de leur substratum?

Si ce raisonnement a pu me paraître excusable en 1894 (n° 47), je ne puis comprendre comment M. Haug peut y revenir dans

sa récente note (n° 56), où la même argumentation se trouve reproduite. Cela est bien surprenant après que M. Haug a eu l'occasion de visiter plusieurs des klippes des Alpes d'Unterwald, qu'il a achevé une étude détaillée sur la klippe du Mont Sullens, où le passage de l'Urgonien sous les klippes est visible dans la vallée de la Clusaz, et après avoir traversé, sous ma conduite, toute la région des Préalpes, de Bulle jusqu'à Bex. Il faut avoir des idées bien arrêtées pour venir nous dire : « Tous les contacts anormaux ne sont que des plis exagérés, des éventails imbriqués, des plis en champignon perchés par surrection au-dessus du Flysch, après avoir percé celui-ci. » Passe encore pour les Préalpes dans leur ensemble, comme je l'ai dit ; mais faire passer toutes les klippes dans le « moule à champignons », comme le fait M. Haug, cela est tout simplement nier les faits observables ! Je fais volontiers abstraction de mes propres arguments, mais après l'étude si détaillée de M. Quereau sur les klippes d'Iberg, je ne saurais comment M. Haug veut appliquer sa théorie ? Et ce qui surprend le plus, c'est que M. Haug donne son interprétation non pas comme une supposition, comme une théorie, mais bien, en parlant du mont de Sullens, comme le résultat d'une étude très détaillée.

M. Haug dit aussi que le passage entre les couches des Préalpes et celles des Hautes Alpes s'observe sur quelques points. C'est là une affirmation à laquelle je puis opposer le *démenti le plus formel*. Ce qui fait justement l'individualité des Préalpes, individualité qui se répète aussi pour chaque klippe, c'est que précisément *la continuité entre les terrains des Préalpes et ceux de même âge des régions voisines ne s'observe nulle part* ! De toute part, les terrains secondaires des Préalpes se terminent par leur tranche et reposent sur des couches plus récentes, sans aucune connexion avec les terrains de même âge des régions voisines. Il est donc d'autant moins possible qu'un passage des terrains ait été observé par M. Haug ! Cette affirmation de sa part est au moins extrêmement risquée ; elle est écartée d'emblée par la *Loi des Préalpes*, que M. Haug voudrait infirmer et *qui est restée jusqu'ici sans exception*. M. Charles Sarrasin (n° 41, p. 67, etc.), lui aussi, se rallie à l'argumentation de M. Haug — qu'il dit être de M. Kilian — et affirme que les facies des Préalpes et des Hautes Alpes, bien différents d'abord, se confondent petit à petit. C'est une constatation qui n'a jamais été faite et qu'il est impossible de faire.

Je considère donc toute l'argumentation de M. Haug comme

nullement contraire à mon hypothèse du charriage lointain des Préalpes. Je n'ai trouvé aucune objection de poids, aucune constatation contraire basée sur des observations et des faits concrets. M. Haug ne présente qu'un échafaudage de considérations absolument contraires aux faits visibles dans les Préalpes autant que dans les klippes.

Zones des Préalpes.

En allant du N. vers le S., à travers les Préalpes, on constate, ainsi que cela ressort de notre profil II, les zones suivantes de terrains secondaires. Ces zones sont à la fois des zones *stratigraphiques* et des zones *tectoniques* :

1. **Zone extérieure de Flysch.** Lambeaux ou bandes étroites de crétacique et de jurassique enveloppées dans du Flysch. On y observe les terrains mésozoïques suivants :

CRÉTACIQUE SUPÉRIEUR (probablement Sénonien-Cénomanien), calcaire schisteux *blanc et gris* et *localement rougeâtre*, remplis de foraminifères; grands *Inoceramus*.

NÉOCOMIEN. Calcaire schisteux ou marneux et calcaire en bancs minces, gris ou blanchâtre. Nombreux ammonites déroulés. Niveaux paléontologiques correspondant à l'Urgonien, au Hauterivien et au Valangien et reposant sur les couches de Berrias. Sans ressemblance avec la succession stratigraphique normale de ces étages dans les Hautes-Alpes et moins encore dans le Jura, cette succession représente toutefois une sorte de facies intermédiaire sur lequel nous reviendrons plus loin.

JURASSIQUE, *Malm* calcaire bien lité avec fossiles de la zone à *Am. bimamatus*. A la base facies grumeleux, rappelant les couches de Birmensdorf à *Am. transversarius*.

Oxfordien schisteux avec fossiles pyriteux (Montsalvens, près Broc); *Callovien*, calcaires hydrauliques (c. à ciment). *Bathonien* et *Bajocien* (zone à *Am. Humphriesi*) avec *Zoophycos*. Calcaires foncés.

Les terrains plus anciens ne sont connus dans cette zone que sous forme de klippes ou blocs exotiques.

2. **Zone des chaînes calcaires.**

a) **Zone Nord.** Quatre grands anticlinaux de Jurassique séparés par du Néocomien, des couches rouges et une faible épaisseur de Flysch. Le bord nord de cette zone repose, en commençant par le Trias, sur le Flysch de la zone extérieure.

CRÉTACIQUE SUPÉRIEUR. Calcaires et marnes rouges rarement flambés de vert, remplis de foraminifères. Nodules siliceux.

NÉOCOMIEN. Grande épaisseur de calcaires et marno-calcaires gris, en bancs minces à la base; localement marne noire à rognons de pyrite Céphalopodes méditerranéens.

JURASSIQUE. *Malm supérieur*. Calcaire tithonique; faune à *Am. acanthicus* sur le bord Nord indiquant le passage au jurassique de la zone précédente. Sur le bord interne, massif calcaire unique avec indices de facies coralligènes.

Malm inférieur. Calcaire noduleux et grumeleux avec la faune à *Am. transversarius*; décroissant en épaisseur du N. au S.

Bathonien et *Bajocien*. Calcaires et calcaires marneux schisteux à *Zoophycos*, souvent oolitiques. Zones paléontologiques ammonitifères :

Zone à *Am. Parkinsoni*.

» » *Humphiesi* (calcaire sableux).
» » *Murchisonae*.

LIAS. *Toarcien* schisteux bleu ou gris foncé à *Zoophycos* et fucoïdes. *Am. opalinus*, *Am. radians*, *Am. bifrons*.

Lias moyen et *inférieur*. Calcaire silicieux à rognons de silex, localement facies échinodermique (calcaire à Entroques, zone à *Aegoceras planicosta*).

Hettangien. Calcaires foncés, schisteux ou sableux.

TRIAS. *Rhétien*. Calcaires lumachelliques et schistes marneux à *Avicula contorta*.

Keuper. Marnes rouges et vertes, Dolomies et cornieules. gypse et anhydrite.

b) *Zone Sud*. Forme deux alignements de plis anticlinaux groupés de part et d'autre d'un synclinal médian comblé de Flysch. Le premier pli Nord est souvent chevauché sur le Flysch qui borde la zone précédente. La dernière arête Sud se superpose également, avec sa base triasique, sur le Flysch de la grande zone du Niesen. Les terrains mésozoïques de cette zone sont :

CRÉTACIQUE. Exclusivement représenté par le facies des *couches rouges*¹, offrant souvent trois assises :

¹ L'opinion exprimée par M. Quereau (n° 40, p. 85) de l'identité des couches rouges et des calcaires rouges tithoniques à *Aptychus* (Aptychenkalke) des Alpes orientales, me paraît inadmissible. A moins qu'on arrive à prouver que le facies des couches rouges a commencé à se for-

Couches rouges supérieures, flambées de gris ou vert.

Couches grises calcaires moyennes, ressemblant au Néocomien à Céphalopodes.

Couches rouges inférieures.

Toutes les assises sont remplies des mêmes Foraminifères, surtout les deux assises rouges. Les deux assises inférieures représentent peut-être le Néocomien ?

JURASSIQUE. *Malm.* Massif calcaire gris, foncé et fétide à la base. Localement facies coralligène tithonique à *Diceras*.

Dogger. Couches à *Mytilus* :

a) Calcaire marneux à *Myes* et *Mytilus*.

b) Calcaire et schistes à *Modiola imbricata* et *Cidaris*.

c) Marnes et schistes à fossiles tritürés et *Ostrea costata*.

d) Grès, conglomérats et brèches à débris triasiques, reposant sur le calcaire triasique ou manquant. Alors l'un ou l'autre des niveaux à fossiles marins repose directement sur le Trias.

TRIAS Calcaires foncés à *Gyroporelles*. Dolomie grenue grise ou foncée en grande épaisseur; cornieules et gypse (anhydrite).

Avec cette zone s'arrête le développement normal des Préalpes. Mais dans le Chablais se trouve en grande extension et dans la région du Simmenthal, sous forme de lambeaux isolés, la formation de brèche calcaire de la Hornflih et du Chablais.

3. Zone centrale de Flysch, formée de schistes et grès souvent en grande épaisseur. Dans le Simmenthal, c'est sur ce Flysch que reposent les lambeaux de terrains secondaires appartenant à la région suivante :

4. La région de la Brèche jurassique de la Hornflih et du Chablais, sur laquelle nous renseigne surtout, pour ce qui concerne le Chablais, le récent mémoire de M. Lugeon (n° 53). Ses assises sont toujours *superposées* sur le bord Sud de la zone précédente (au N.E. du Rhône). Elles cachent aussi très souvent le bord de cette zone, en venant reposer directement sur le Flysch du Niesen (Chablais). Ici les terrains se succèdent comme suit :

CRÉTACIQUE. Fait défaut sur la formation de la brèche. Sa

mer dans les Alpes orientales déjà à l'époque du Malm, comme dans la zone interne des chaînes calcaires des Préalpes (à couches à *Mytilus*), il a succédé directement au malm. Cela ne justifierait toujours pas la classification dans la tithonique de nos couches rouges qui sont certainement crétaciques, vu leur superposition au Néocomien fossilifère.

présence a été indiquée d'abord par M. Lugeon dans le Chablais ; mais ce dernier a fini par en douter, en constatant que les lambeaux de couches rouges observés par lui ne sont que des lames intercalées dans le Flysch.

JURASSIQUE. *Calcaire-brèche*, à débris triasiques ; riche en bancs calcaires dans la partie supérieure (Malm), essentiellement bréchiforme à la base (Dogger). Une zone schisteuse intermédiaire représente peut-être l'oxfordien (Chablais).

Lias supérieur. En partie bréchiforme (?), en partie schisteux avec Fucoïdes.

Lias inférieur. Calcaire échinodermique noir, avec débris dolomitiques.

Trias. Rhétien. Schistes et lumachelle.

Keuper. Calcaires dolomitiques et cornieules, gypse et anhydrite.

5. La **Grande zone de Flysch du Niesen**, très étroite dans la région du Chablais, sépare les deux zones précédentes de la dernière zone à terrains secondaires appartenant aux Préalpes ; c'est la **zone des Cols** qui ne forme pas une région orographique proprement dite. Elle est constituée par une série d'affleurement de terrains secondaires resserrés entre les Hautes Alpes et le Flysch du Niesen ou enveloppés dans celui-ci. Sauf les lambeaux superposés au Flysch, tout y est contourné, broyé, laminé. On y trouve du Trias (gypse, anhydrite, dolomie), replié de mille manières avec du Lias, du Dogger, du Flysch, si bien que dans la plupart des cas, il est fort difficile de s'en faire une idée. Le facies de ces terrains secondaires est généralement celui de la zone Nord des chaînes calcaires avec une forte affinité avec celui des lames de terrains mésozoïques de la zone extérieure de Flysch, ce qui est surtout attesté par la présence de Néocomien schisteux à céphalopodes et de Crétacique supérieur blanc, comme au Niremont. Je comprends dans cette zone les affleurements innombrables de Trias, Lias, Dogger, etc., que l'on suit de Frutigen, par Adelboden, Lauenen, jusqu'à la Lenk et Bex, ainsi que les paquets de couches contournées des rocs d'Ayerne et de Ripaille sur Champéry.

Aux yeux de M. Haug, la présence de ces terrains, surtout du Néocomien à céphalopodes, constituerait sans doute un argument de plus pour soutenir la symétrie en éventail composé qu'il entrevoit dans les Préalpes. J'y vois, au contraire, des lambeaux sans racine, sans connexion avec les autres chaînes de terrains

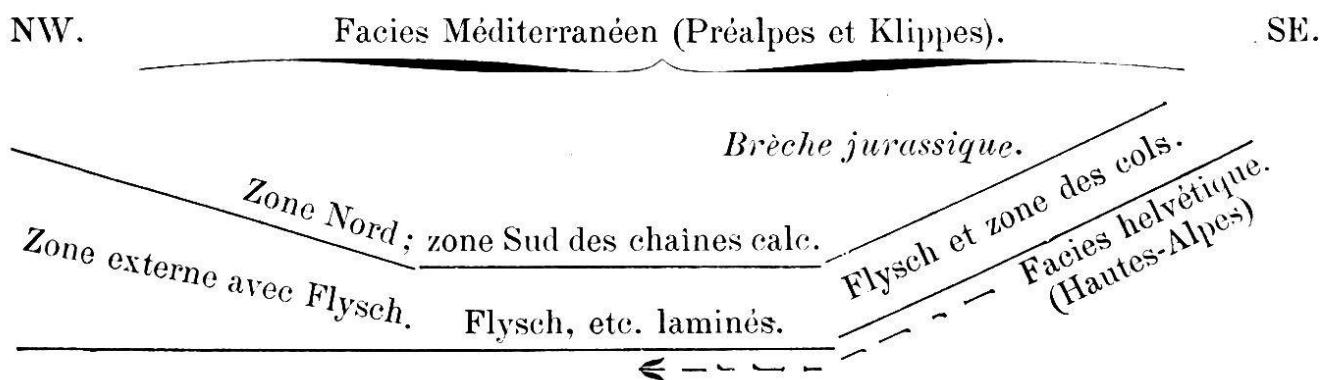
secondaires ; ce sont des paquets de terrains restés en arrière, lorsque la nappe des Préalpes se déplaçait vers le Nord. Sous l'énorme poids de celle-ci et pendant le mouvement progressif vers le Nord, les lambeaux furent culbutés avec le Flysch et littéralement roulés avec celui-ci. De là leur situation si compliquée. Nous en reparlerons en examinant les arguments tectoniques.

Comparaison des terrains et situation ancienne.

Si nous comparons les terrains préalpins les plus voisins du bord Sud des Préalpes avec ceux des Hautes Alpes, nous voyons que le contraste est absolument frappant, ainsi que cela ressort des tableaux comparatifs que nous avons donnés plus haut. Mais si nous suivons les facies dans les Hautes Alpes vers l'intérieur, nous trouvons au contraire que les facies ont une légère tendance à se rapprocher de ceux des terrains de la zone extérieure (Gurnigel-Voirons). Il n'y a pas une bien grande différence entre le *Néocomien gris* qui atteint un si grand développement sur le versant Sud de la Dent du Midi et le facies du Néocomien à Céphalopodes de la zone des Voirons-Gurnigel. Si l'on considère encore la succession des niveaux paléontologiques du Néocomien de Montsalvens, on voit même qu'il y a plus qu'une certaine analogie de facies. En outre, dans le pli de Gagnerie, on voit s'intercaler, entre l'Urgonien rudimentaire, presque réduit à zéro et le calcaire nummulitique, une zone schisteuse rouge et verte extrêmement laminée qui contient, quoique entièrement écrasés, des foraminifères rappelant ceux des couches rouges des Préalpes. J'ai considéré cette zone schisteuse rouge comme remplaçant le crétacique supérieur (Sénonien, Cénomanien, Gault et Aptien), qui ferait ainsi place, vers le Sud, à un facies schisteux analogue aux couches rouges des Préalpes (N° 16, p. 595).

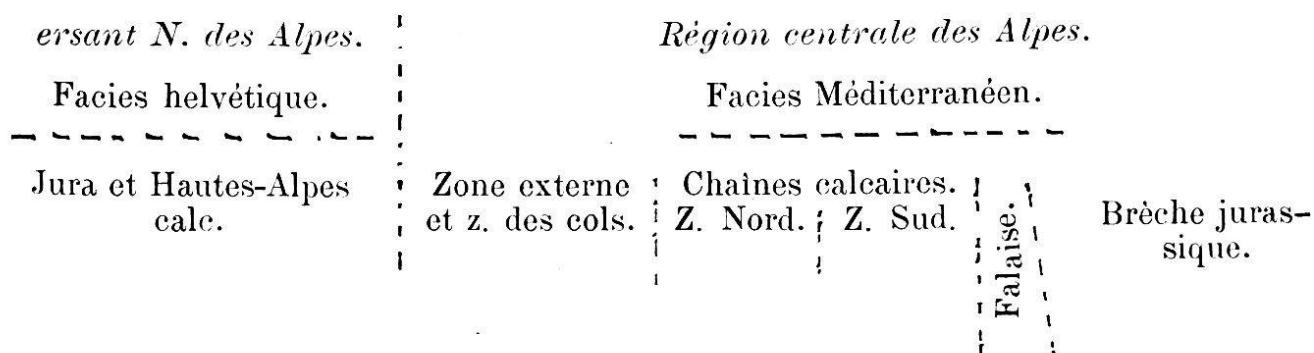
N'est-ce pas étrange de retrouver au *Sud* du facies helvétique un terrain rappelant les particularités du crétacique supérieur du bord *Nord* des Préalpes ? N'est-ce pas une coïncidence bien curieuse de *constater des indices d'analogie stratigraphique sur les bords opposés des deux régions, alors que, sur leur contact, règne le contraste le plus frappant !* La difficulté tombe si, par la pensée, on transporte au S. des Hautes Alpes la nappe entière des Préalpes; car alors les bords homologues ne seront plus opposés, mais viendront se juxtaposer l'un à l'autre !

Cette constatation, qui m'avait déjà frappé il y a plus de dix ans, m'apparaît maintenant comme un argument de plus pour chercher au S. du facies helvétique (Hautes Alpes) le lieu d'origine de la nappe exotique des Préalpes. Actuellement, les zones énumérées se succèdent horizontalement comme suit, abstraction faite des terrains tertiaires (Flysch) :



Avant la grande dislocation qui a, selon moi, jeté la nappe préalpine sur le Flysch et le Miocène du bord N. des Alpes, cette masse sédimentaire se trouvait au S. du facies helvétique dans une région centrale, voire même méridionale des Alpes.

Cela peut se représenter par le schéma suivant qui se déduit facilement de la construction précédente :



Dans cette situation, le facies franchement méditerranéen des Préalpes et des Klippe n'a plus rien d'étrange. Il est situé au S. du facies helvétique ou de l'Europe centrale ; en cela, il y a concordance complète avec ce que l'on observe dans les Alpes orientales et méridionales.

Je ne saurais dire aujourd'hui, si la zone de contact sédimentaire entre le facies helvétique sur le versant N. et le facies méditerranéen de la zone centrale des Alpes a été marquée partout par un passage insensible, ainsi que cela paraîtrait résulter de l'observation citée plus haut — ou s'il y a eu localement des

séparations par des terres émergées; je penche plutôt vers la première hypothèse, en admettant des différences de profondeur. Ce qui est par contre absolument certain, c'est que *ce passage n'existe pas et n'a jamais existé sur la ligne de contact actuelle des deux régions*, qui formaient au moment de la sédimentation les bords *opposés* des deux régions.

La succession des facies dans les Préalpes conduit à une conception bien nette des conditions de profondeur qui ont présidé à la sédimentation dans cette région centrale des Alpes.

A l'époque jurassique, soit vers la fin de la formation du Dogger, le Jura était couvert de mer peu profonde (facies échinodermique). Vers la région des Alpes à facies helvétique, la mer n'était pas très profonde non plus. On y retrouve, entre autres, le facies à fossiles pyriteux de l'oxfordien franc-comtois; tandis que plus au S. apparaît le facies grumeleux rappelant les couches de Birmensdorf du Jura oriental. Dans la région d'origine des Préalpes du Stockhorn et du Chablais, la mer s'approfondit considérablement pour se relever rapidement à l'approche du facies littoral à *Mytilus*, occupant les bas-fonds autour d'une longue zone d'îlots triasiques, dont les débris ont alimenté la formation bréchiforme à la base des couches à *Mytilus*.

Tandis que sur leur versant N. ces îlots et isthmes, formés par les assises du calcaire triasique, offraient une pente sous-marine insensible hantée par d'innombrables mollusques, échinides, coraux, etc., le versant S. était sans doute une falaise se continuant par un abrupt sous-marin, siège de dislocations, provoquant des éboulements continuels et alimentant ainsi la formation de la brèche du Chablais et de la Hornfuh.

J'ai des motifs très sérieux pour admettre que la brèche du Chablais et de la Hornfuh a été située jadis immédiatement au sud de la zone des îles bathoniennes et qu'elle n'a été jetée sur les Préalpes qu'après l'arrivée de celles-ci sur le bord des Alpes. En ce moment, la situation devait être la suivante :

Figure 1.



Après la sédimentation du Dogger, les dépôts uniformes du Malm ont peu à peu envahi les îles bathoniennes, d'où la superposition directe du Malm sur le Trias sur le bord sud d'une partie des Préalpes.

Au S. des îlots bathoniens, la désagrégation de la falaise ne s'est arrêtée qu'avec la fin de l'époque jurassique. La transgression des couches rouges crétaciques n'a cependant pas pénétré au delà de cette ligne, puisqu'on ne trouve pas ce terrain normalement superposé à la brèche jurassique.

La brèche crétacique à débris dolomitiques que j'ai constatée près de la Croix sur Vionnaz et que MM. Renevier et Lugeon ont remarquée encore sur d'autres points, indique peut-être la limite S. de la transgression crétacique.

A l'époque du crétacique moyen, la situation était bien changée. Le Jura et les Alpes, à facies helvétique, faisaient partie d'un fond de mer allant lentement en s'approfondissant. La limite entre le facies jurassien-helvétique et le facies méditerranéen était sans doute marquée par un pli monoclinal occasionnant une différence de profondeur entre les deux régions, d'où la différence de facies.

On voit que je suis loin des démonstrations de M. Haug. Même les arguments stratigraphiques qu'il m'a opposés et qui lui paraissaient très concluants, ne tiennent pas debout à la lumière d'un examen serré. Tout s'oppose d'ailleurs à leur application.

La provenance de la nappe des Préalpes d'une région centrale des Alpes, située au S. de la ligne des massifs cristallins du Mont Blanc-Aar-St Gothard est attestée encore par l'analogie du facies des terrains mésozoïques qui existent encore là. La zone sédimentaire intra-alpine du Briançonnais et les régions situées encore plus au S. offrent des terrains absolument analogues, quoique modifiés par le métamorphisme. Le métamorphisme dynamique a agi dans cette région centrale des Alpes bien plus que sur le bord, ensorte que les terrains restés en place en ont subi toute l'action, tandis que la nappe charriée vers le N. en est restée presque indemne.

Voici les terrains à facies « préalpin » dont on a constaté jusqu'ici la présence dans la zone intra-alpine du Briançon ou plus au Sud (zones des schistes lustrés) :

Brèche éocène polygénique, analogue aux brèches du Flysch.

Brèche jurassique à débris triasiques analogues à la brèche du Chablais et de la Hornfliuh.

Calcaire jurassique supérieur. Malm.
 Dogger schisteux à *Zoophycos*.
 Dogger d'un facies voisin des couches à *Mytilus*.
 Schistes liasiques supérieurs.
 Calcaire échinodermique du Lias, facies de Rossinière-Mont Arvel.
 Calcaire siliceux liasique.
 Rhétien.
 Trias avec toutes les assises connues dans les Préalpes.
 Permien et carbonifère identiques à ceux des Préalpes.
 Le Néocomien à Céphalopodes et les couches rouges seuls n'ont pas encore été constatés avec certitude dans la région centrale des Alpes, mais ils sont bien connus sur le versant sud. Ce fait n'est pas d'ailleurs un argument négatif péremptoire contre l'idée de rechercher dans cette zone centrale des Alpes la place d'origine de la nappe des Préalpes et des klippes ; ce qui en restait peut avoir été détruit par l'érosion, à commencer par les couches les plus élevées (crétacique). Puis il se peut qu'une autre partie a été à tel point transformée par la compression, qu'on n'en a pas encore reconnu l'identité de ces terrains.

Sous ce rapport, les recherches stratigraphiques et pétrographiques dans cette zone centrale des Alpes promettent bien des découvertes intéressantes. A côté des travaux de Gerlach, nous ne possédons, pour la partie suisse, aucun renseignement sur cette région et naturellement aucune recherche dans le sens indiqué, à part quelques études faites dans la zone des schistes lustrés du Valais et des Grisons. La région française, par contre, sur laquelle nous pouvons seule nous baser, est très bien connue par les travaux de Bertrand, Termier, Kilian, Révil, etc.

B. Arguments tectoniques.

Les observations tectoniques qui militent en faveur de l'origine lointaine de la nappe des Préalpes sont innombrables ; elles se résument toutes dans ce que j'ai appelé la *Loi des Préalpes*.

Zone extérieure de Flysch.

(Zone du Flysch Voirons-Gurnigel.)

Cette zone qui s'étend de l'Arve à la vallée de l'Aar, est placée en apparence en entier sur le plateau miocène ; elle forme, en effet, un entassement de plis jetés sur les terrains miocènes, en-

tourant ou enveloppant des lambeaux de sédiments mésozoïques, surtout du Crétacique supérieur, du Néocomien et du Jurassique. Ces derniers forment d'étroites bandes intercalées en apparence dans le Flysch.

La vallée de l'Arve, celle du Rhône et les bords de la vallée de l'Aar offrent des profils très nets de cette zone qui montre là la particularité frappante d'un *amincissement vers la profondeur*. Loin d'offrir la forme normale d'un anticlinal simple ou multiple, les terrains de la zone des Voirons vont en se rétrécissant en profondeur ; ils ont la forme d'un coin encaissé entre le Miocène du plateau suisse et les terrains triasiques de la zone nord des chaînes préalpines. Cette zone extérieure n'est d'ailleurs pas continue. Large de plusieurs kilomètres aux Voirons, elle manque, comme zone topographique, entre la colline de Langin qui est l'extrémité E. des Voirons et le chaînon des Playaux-Niremont. Au pied du Grammont et dans la vallée de la Drance sur Thonon, elle est réduite à une zone très étroite, resserrée entre le Trias et le Miocène. Chaque vallée transversale met à découvert *au-dessous* du Flysch les sédiments miocènes généralement discordants.

La présence des sédiments secondaires accompagnant cette zone de Flysch peut s'expliquer de deux manières. Ce sont, ou bien des anticlinaux écrasés, dans le genre de ceux des Playaux¹ et du mont Corbettes, ou bien ce sont des lambeaux de recouvrement plissés avec le Flysch et simulant de faux anticlinaux ; cela paraît être en particulier le cas des nombreuses klippes de la Berra, des lambeaux de cornieule et de gypse au pied de la Berra et du Gurnigel, ainsi que des affleurements jurassiques et crétaciques des Voirons. Pour ce dernier chaînon cette interprétation est nécessaire, si l'on veut que les Grès de ce chaînon soient de la mollasse et non du Flysch. Tout en constatant la grande ressemblance des Grès des Voirons avec le Miocène de la région voisine, je suis bien plus porté à considérer ce terrain comme Flysch, à cause de sa connexion directe avec les conglomérats du mont Vouant. Voirons et mont Vouant ne forment qu'un.

Aux Voirons, comme au mont Vouant, j'ai reconnu la présence

¹ Playaux, nom véritable du chaînon et du pâturage appelé sur les cartes topographiques *Pléiades*, par suite d'une orthographe par trop fantaisiste.

de blocs anguleux dans le poudingue, ce qui parle pertinemment en faveur de l'attribution de ce terrain au *facies du Flysch*.

Il y a d'ailleurs au pied de la grande paroi des Voirons des schistes contenant des fucoides dans le voisinage des affleurements calcaires. Que les conglomérats du Flysch passent à des Grès et que ces Grès *ressemblent* aux Grès miocènes, c'est un fait connu, qui ne justifie cependant en aucune manière l'assimilation de cette formation au Miocène. Le conglomérat des Voirons et du mont Vouant porte d'ailleurs de la manière la plus tranchée le facies des conglomérats du Flysch — débris peu roulés, souvent anguleux, roches *extrêmement dures, associées à des débris très tendres*, circonstance que l'on ne rencontre jamais chez les poudingues miocènes qui sont des formations de delta. Cette particularité sera relevée plus loin.

En somme, la *zone externe des Préalpes, formée essentiellement de Flysch, est une bande de Flysch plissé en forme de coin, devenant plus étroite en profondeur. Elle est formée d'une accumulation de Flysch enveloppant des lames de terrains mésozoïques, le tout resserré entre la nappe des Préalpes et le Miocène du plateau.*

Avec cette constatation, tombe l'argument principal que M. Kilian a opposé à mon explication du charriage des Préalpes; il admettait la première zone en place, avec impossibilité d'en supposer le charriage lointain; en conséquence la nappe principale des Préalpes devait être aussi en place. On voit que cette argumentation n'a plus sa raison d'être.

Région des chaînes calcaires.

a) Zone nord (Stockhorn-Ganterist; Grammont-Môle).

Cette zone se compose ordinairement au moins de 4 anticlinaux formant topographiquement deux chaînes ou arêtes (la chaîne du Ganterist et celle du Vanil-Noir, dans la région du Stockhorn).

Ces quatre anticlinaux sont en général assez réguliers, presque semblables aux voûtes du Jura. On remarque toutefois un déjettement plus prononcé vers le N. Leur alignement est arqué du côté extérieur. Ils forment deux systèmes de courbure, un dans le groupe compris entre l'Aar et le Rhône, l'autre est propre au groupe du Chablais entre le Rhône et l'Arve. De part et d'autre du Rhône les plis paraissent aller en convergeant; ce qui

est en partie une apparence, en partie aussi le résultat de la résistance que le massif de poudingue miocène du mont Pèlerin doit avoir opposé à l'avancement des plis vers le N.W. Ceux-ci paraissent en effet s'être *moulés* autour de ce massif, comme le massif du Napf a arrêté les plis des Alpes d'Unterwald, au N.-E. du lac de Thoune, alors que les terrains du Stockhorn se sont avancés de plus de 10 km. au N.W.

Le *contact de la zone calcaire N. avec la zone extérieure du Flysch* est un des points des plus importants pour la connaissance des Préalpes.

Ce contact est toujours anormal. Du Môle au bord de la vallée de l'Arve, jusqu'au Bouveret, au bord du Léman, et de Montreux jusqu'à Spiez, *on suit sans interruption cette ligne de contact entre les terrains secondaires de la zone N. des Préalpes et le Flysch de la zone extérieure*; elle est marquée par la superposition, souvent presque concordante, du Trias sur le Flysch. Au contact se voient ordinairement des amas plus ou moins importants de gypse et de cornieule (dolomie triturée et décomposée).

Quelquefois ce contact est simple, c'est-à-dire que sur le Flysch suit normalement la série stratigraphique du Trias en amont, formant escarpement; alors on observe de haut en bas :

Couches rouges;
Néocomien;
Malm;
Dogger;
Lias;
Rhétien;
Trias et cornieules.

— Plan de contact anormal.

Flysch.

C'est le cas, p. ex., au Grammont et au Moléson. (Voir profil I et II).

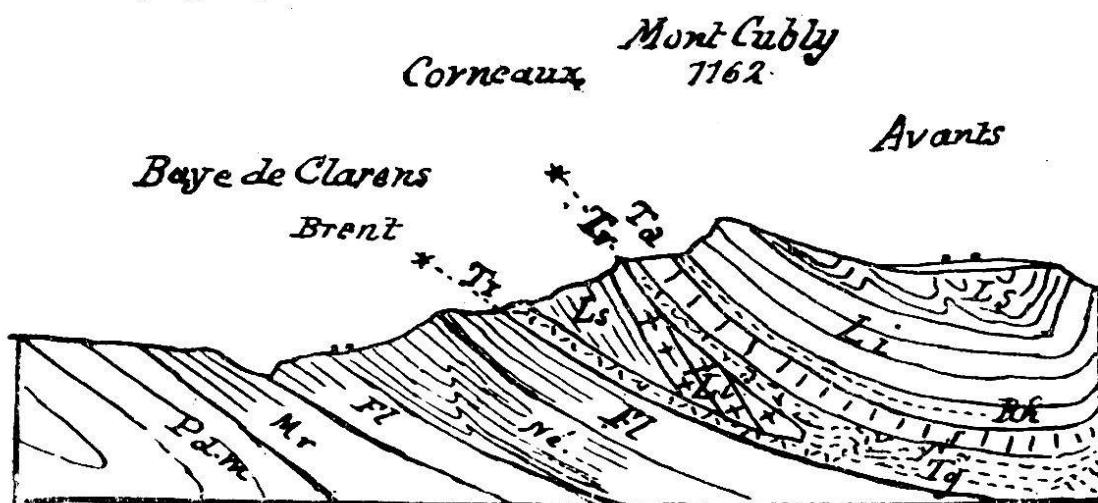
Quelquefois, comme p. ex. au mont Cubli sur Montreux, il s'intercale entre le Flysch et la série normale des terrains secondaires un paquet de sédiments renversés, ordinairement du Lias, reposant sur du Trias; ce dernier est alors absolument broyé et trituré. On pourrait y voir l'indice d'un flanc d'anticlinal renversé ou d'un bord retroussé de la nappe de recouvrement :

Dogger
 Lias supérieur.
 Lias inférieur.
 Rhétien.
 Trias (cornieule et dolomie).

contact anormal.
 Lias inférieur.
 Lias supérieur.
 Trias cornieule (zone de trituration).
 Contact anormal.
 Flysch.

Cette bande de terrains liasiques intercalée entre deux zones de Trias, en bonne partie triturée, va en s'amincissant vers la profondeur et finit en forme de coin, les deux bandes de trias allant se rejoindre. La présence de la bande inférieure de Trias montre que *ce n'est pas le flanc renversé d'un anticlinal frontal de la région des Préalpes*, mais tout simplement un paquet de terrains détachés et retroussé du bord de la nappe normale, ou, mieux dit, pincé entre celle-ci et le Flysch. Sinon la présence du Trias entre le Lias supérieur et le Flysch serait inexplicable. D'ailleurs ce Trias est réduit à l'état de cornieule avec quelques paquets de Gypse, le tout *broyé et trituré*. Voici la configuration que l'on observe au-dessus de Brent près Montreux.

(Fig. 2.)



Légende : Pdm. Poudingue miocène

Mr. Mollasse rouge.
 Fl. Flysch.
 Né. Néocomien.
 Ls. Lias supérieur.
 Li. Lias inférieur.

Rh. Rhétien.

Td. Calcaire dolomitique. } Trias.

Tr. Cornieule.

Tg. Gypse.

* Contact anormal.

La nappe normale se prolongeait apparemment bien plus au N. et, pendant le mouvement, des paquets ou lames s'en sont détachés, en se renversant, pour être pincés sous la nappe de recouvrement. Ces paquets, la dolomie et les marnes liasiques surtout, ont contribué à la formation de la zone de trituration qui s'observe sous la nappe des Préalpes. Près des bains de Mont-Barry, il y a même sous le Lias du massif du Moléson, tout enveloppé de cornieule, un paquet de Crétacique supérieur rouge et blanc appartenant à un facies intermédiaire entre celui de la zone extérieure de Flysch et celui de la région calcaire.

On pourrait citer mille exemples de ce genre, prouvant péremptoirement le mouvement *vers le Nord* de la nappe des Préalpes.

C'est bien une nappe de recouvrement, venue en glissant sur son soubassement triasique, et non un pli couché, car, sauf de rares exceptions, la nappe de recouvrement repose toujours sur le Flysch *par sa couche la plus ancienne, le Trias* (rarement le permien ou le carbonifère). S'il s'agissait d'un pli couché, il y aurait lieu de trouver, presque constamment, entre la série normale et le soubassement de Flysch un flanc moyen laminé, ce qui n'est pas.

La ligne de contact entre le Flysch et le Trias offre, à chaque coupure transversale, des sinuosités très prononcées vers l'intérieur des Alpes.

Sur le bord de la vallée de l'Arve, on voit le contact entre le tertiaire et le Trias de la base du Môle se poursuivre sur plus de cinq kilomètres au S. de Bonneville et sur plus de dix kilomètres en arrière du bord N. des Préalpes. (Voir la petite carte.)

Sur les deux flancs de la coupure du Rhône, la ligne de contact s'infléchit vers le S.E., d'une manière si frappante, que la situation de la nappe en position anormale sur le Flysch ne saurait être plus nette !

Entre le col du Mont Bénit sur Boëge et le Mont Porchet, on voit le Flysch s'introduire très nettement sous le Trias du Mont Porchet. Dans la vallée de la Dranse, la superposition du Gypse triasique au Flysch est des plus nettes.

Au Bouveret, à 10 kilomètres en arrière du bord des Préalpes, le troisième anticlinal de la zone des chaînes calcaires N. (pied N. du Grammont) repose par sa base triasique sur le Flysch et la mollasse rouge (Oligocène), ainsi que le montre notre profil I.

La rive opposée permet de suivre le contact du Flysch et du

Trias qui lui est superposé, dès le col de l'Alliaz, jusqu'à Montreux, à plus de 5 kilomètres en arrière du bord. Je renvoie pour ce point important au panorama et aux coupes géologiques qui accompagnent ma notice sur les environs de Montreux (N° 32).

La vallée transversale de la Sarine, entre Gruyère et Bulle, offre, outre le lambeau de crétacique de Mont-Barry, nombre d'autres preuves de la continuation, en arrière du bord des Préalpes, de cette superposition anormale des couches secondaires sur le Flysch. Entre Mont-Barry et le Paquier, on voit le Flysch de la colline de la Siaz s'introduire sous le Trias du massif du Moléson. Mais c'est surtout aux environs de Broc que la situation est intéressante. Le Flysch de la Berra passe ostensiblement sous le massif calcaire du Montsalvens (lame jurassique et crétacique intercalée dans le Flysch de la zone extérieure) et vient se souder à Broc avec une étroite bande de Flysch qui se glisse entre le jurassique de Montsalvens et le Trias de la chaîne de la Dent de Broc (continuation du Moléson). Sur ce point, *toute la masse plissée de Montsalvens semble reposer sur le Flysch*, et si l'on reconstitue le Flysch disparu, c'est en tout cas une lame plissée de jurassique et de crétacique entourée de toutes parts de Flysch, une klippe sans racine en profondeur. La présence du Flysch typique au Pont de Broc et au Pont de Bataille, de même que l'apparition, déjà indiquée sur la carte de Gilliéron, d'un petit pointement de Flysch au milieu du glaciaire au pied N. du rocher liasique de Gruyère, prouvent péremptoirement que toute la lame secondaire de Montsalvens repose sur le Flysch sans contact en profondeur avec des terrains de même âge.

Il en est naturellement de même des paquets de terrains secondaires occupant le milieu de la large vallée de la Sarine, entre Epagny, Broc, Bulle et la Tour de Trême. Il y a là des schistes toarciens à *Posidonomya Bronni*, des schistes à *Harpoceras opalinum* et *radians*, des calcaires gréseux du Bajocien à *Stephanoceras Humphiesi* et à *Zoophycos*, des calcaires marneux à *Am. transversarius* et des récifs de Malm calcaire dans un désordre complet et sans régularité dans leur plongement et leur direction ; le tout est interrompu, çà et là, par du Flysch ! Nul doute que c'est la base de la lame de Montsalvens-La Chevasse reposant, ici comme là, librement sur le Flysch. — Après enlèvement de la couverture de Flysch qui allait de la Berra jusqu'au Niremont et à la colline de la Siaz, il ne reste plus aujourd'hui que ce dédale de lambeaux disséminés.

Les vallées parcourues par les deux bras de la *Singine froide* (Kalte Sense) offrent le même phénomène d'une manière on ne peut plus nette. De part et d'autre de la Muscheren Sense, le Höhmöttli et le Hundsbühl, deux tronçons de la zone tectonique du Moléson-Dent de Broc, reposent librement sur le Flysch qui se poursuit encore en amont du Hundsbühl. Dans la vallée de la Hengst-Sense, la situation est encore plus explicite. Le Flysch se retrouve, *sous le Trias*, près de Grenchen, *au centre de l'anticlinal des Wannels*, jusque près du sommet du col. C'est donc un *faux-anticlinal*, formé par la substructure éocène, au centre de la voûte que dessine ici la nappe de recouvrement.

C'est à l'approche de la vallée de l'Aar et sur les *bords du lac de Thoune* que la situation devient surtout intéressante, car c'est la contre-partie de ce qui s'observe sur le bord de la vallée de l'Arve et du Giffre. Malheureusement, les terrains glaciaires ne laissent pas percer beaucoup d'affleurements de terrains plus anciens. Il est visible que le Flysch de Blumenstein s'introduit sous le Trias du Wirtneren. Mais la masse de Flysch, encore énorme au Gurnigel (4 km. d'épaisseur horizontale) s'amincit d'une manière subite, et déjà près d'Uebeschi, la molasse marine se trouve à moins de 1 km. 500 de distance de l'alignement de la zone liasique et triasique du Zwieselberg. Cette zone triasique, qui n'est autre chose que le soubassement du Wirtneren (prolongement du Trias du Moléson-Dent de Broc) passe de la direction E.-N.E. qu'elle a au Wirtneren à la direction E.-S.E. Puis elle passe en ligne presque droite, devant les divers plis de la zone nord des Préalpes (Stockhorn-Ganterist), sans suivre les ondulations de ceux-ci, pour aboutir à Ghei, au bord du lac de Thoune, où affleure encore le gypse.

Entre Spiez et Leissigen, on voit le long des rives du lac et sur l'arête qui sépare le lac de Thoune de la vallée du Suldbach, de très beaux affleurements de calcaire dolomitique, de gypse, et localement du Lias. A part celui de Spiez, qui correspond au soubassement du Stockhorn, les autres affleurements appartiennent au Trias de la zone calcaire sud et de la zone des cols. Il en sera question plus loin.

Il faut toutefois relever ici ce fait frappant, que nous retrouverons à Bex, de la présence constante, au milieu de ces formations triasiques, d'intercalations de Flysch, sans interposition de terrains liasiques ou jurassiques entre le tertiaire et le Trias.

Orographiquement, ces affleurements triasiques semblent *se mouler autour de la masse du Flysch du Niesen*, en s'y super-

posant, bien plutôt qu'ils ne surgissent au-dessous du Flysch. En comparant cette situation à celle de la *vallée de l'Arve* et du *Giffre*, on constate une analogie complète. Sous le Trias de *Krattigen*, comme sous celui de *Bex*, de *Treveneusaz* et de *Samoëns*, on voit surgir invariablement du Flysch !

Le Flysch de la zone extérieure, soit des Voirons, soit du Gurnigel, se continue invariablement sous la masse totale des Préalpes. Ainsi, *le contact anormal qui se poursuit sans interruption sur le front N. O. des Préalpes*, du Môle à Blumenstein, *se continue aussi latéralement*, sur la ligne du lac de Thoune et le long de la vallée de l'Arve et du Giffre. De part et d'autre de ces deux vallées, nous trouvons la même situation. Au N. E. du lac de Thoune, les plis des Hautes Alpes s'enfoncent bien positivement sous la nappe du lac, donc sous les Préalpes. La ligne du lac de Thoune correspond à ce contact anormal qui devait se continuer de Blumenstein à Leissigen.

En comparant la situation du Flysch du Gurnigel et de celui du Niesen, on voit que ces deux zones vont en convergeant et tendent chacune à se lier à la zone de la vallée de Habkeren. Le Flysch de cette dernière zone résulterait donc de la fusion des deux autres.

Le long de la *vallée de l'Arve*, le contact est encore plus net et clair. Le substratum des Préalpes est partout le Flysch. Le Flysch qui enveloppe le pli de Cluses à Facies helvétique supporte de nombreux lambeaux de Trias appartenant aux Préalpes et attestant une ancienne extension de cette nappe au S. W. de la vallée du Giffre. Les autres plis, à facies helvétique, s'enfoncent entre Bonneville et Cluses très ostensiblement vers le N. E. soit *sous la nappe des Préalpes*.

Ces constatations nous montrent donc la masse des Préalpes sous forme d'une nappe de terrains sédimentaires plissés *reposant, sur trois côtés de leur pourtour, anormalement sur le Flysch*. *Les régions plissées qui se placent en apparence sur leur prolongement*, soit les Alpes d'Annecy et les Alpes d'Unterwald, *en sont absolument indépendantes ; leurs plis, enveloppés de Flysch, se rejoignent probablement en passant sous les Préalpes*.

L'analyse de la tectonique de l'intérieur des Préalpes n'a guère d'importance pour le problème qui nous occupe. Ce sont des voûtes souvent régulières, quelquefois déjetées ou même chevauchées, surtout vis-à-vis du massif de poudingue miocène

du mont Pèlerin-Vuarat, qui a produit sans doute le rebroussement des plis sur le parcours de la vallée du Léman-Rhône.

Les anticlinaux ne correspondent pas toujours aux arêtes culminantes des chaînes, mais les lignes d'arête sont souvent formées par des synclinaux écrasés. Les mêmes plis peuvent se poursuivre souvent sans interruption dès la vallée de l'Aar jusqu'au lac Léman, où ils se lient virtuellement à ceux de la région du Chablais, si bien que la continuité de quelques-unes, jusqu'à l'Arve, ne peut pas être mise en doute.

*b) Zone Sud (Facies du Dogger à *Mytilus*).*

Cette zone est caractérisée par le facies *des couches à Mytilus*; elle est séparée de la zone précédente par une bande souvent assez large de Flysch contenant un conglomérat, vrai poudingue à cailloux roulés, que Studer avait nommé *Mocausagestein*.

Au point de vue tectonique, cette région offre plusieurs replis, tant réguliers qu'anormaux. Comme pour la zone précédente, les axes de ces replis sont très continus à travers toute la région, soit au N. E., soit au S. W. du Rhône.

Dans leur ensemble, les plis de cette zone se divisent en deux rangs: le rang N. W., qui comprend la chaîne des Gastlose, allant de la Simmenfluh aux Tours d'Aï et du Mont Chauffé (vallée de Vernaz) à la Pointe d'Orchez, entre la vallée du Giffre et de l'Arve.

Le déjettement des anticlinaux est continuellement dirigé au N. W., soit parce que l'anticlinal est un pli aigu, à flanc isoclinaux, soit parce que l'effet de refoulement a fait naître des chevauchements comme ceux de l'arête des Gastlose. Dans ce cas, le chevauchement a toujours joué dans la direction du N. W. Une seconde zone des plis offrant le facies du Dogger à *Mytilus*, se montre au S. E. de la zone de Flysch du Hundsrück, c'est la zone comprenant les Spielgärten, le groupe du Rubli et de la Gummfluh, auxquels correspond en Chablais l'arête de Treveneusaz, laquelle se perd à Morgins entièrement sous la masse chevauchée de la Brèche du Chablais, pour ne plus se montrer plus au S. W.

Dans la région au N. E. du Rhône, ces deux rangées de plis sont séparées par une zone considérable de Flysch, schistes et grès grossiers, en épaisseur énorme constituant le Rhodomont et le Hundsrück. Cette zone de Flysch, que j'ai nommée zone centrale de Flysch, se poursuit de Boltigen à Erlenbach, dans

toute la longueur du Bas-Simmenthal ; elle a pour continuation en Chablais la zone de Recon-Le Biot-Mieussy.

Si dans la rangée N. de plis de la zone S. des Préalpes, le déjettement est dirigé au N. W., dans les plis de la rangée S., les plis et accidents tectoniques semblent dirigés au S. E., ensorte que la zone intermédiaire de Flysch occupe un vrai fond de bateau, un grand synclinal. (Voir le profil 2.) Ce déjettement vers le S n'est cependant qu'une apparence, vu que la dernière chaîne de cette zone constitue en même temps le bord méridional de la nappe proprement dite des Préalpes *reposant sur le Flysch du Niesen* qui s'élève, au Sud de ce contact, à une grande hauteur.

Comme dans la chaîne des Gastlose, il y a là aussi des chevauchements et des plis-failles. La région des Spielgärten, par ex., recèle des écailles multiples de Malm, tout à fait semblables à celles des Gastlose ; seulement ici le recouvrement *paraît* avoir joué du N. vers le S. Cela s'expliquera facilement lorsque nous aurons soumis le bord S. de la zone des chaînes calcaires à un examen détaillé.

Lorsqu'on poursuit la série stratigraphique dans cette zone, en allant du N. W. vers le S. E., on constate la transgression évidente du Bathonien (avec le Malm et le Crétacique) sur le Lias et le Trias. Dans la chaîne des Gastlose, comme dans la vallée de la Vernaz sur Vouvry, les couches à *Mytilus* reposent sur une grande épaisseur de toarcien schisteux ; plus au S., le Lias se réduit et les couches à *Mytilus*, même le Malm, viennent reposer sur le calcaire du Trias (Treveneusaz). Ce dernier, par son facies (calcaire noir à Gyroporelles, Dolomie grenue, etc.), contraste, par son immense épaisseur, avec le Trias des chaînes situées plus au N.

C'est par cette épaisse corniche du calcaire triasique que se termine invariablement au S. E. la zone moyenne des Préalpes, partout où son bord S. E. est visible. Mais le fait le plus important à retenir c'est que *ce massif triasique repose lui-même toujours sur le Flysch de la zone du Niesen !*

On suit cette corniche triasique sans interruption depuis Wimmis par le Schwarzenberg, le Twirienhorn, le Rothhorn (au S. des Spielgärten), l'Amselgrat (au pied de la Hornfuh), l'arête du Rubli jusqu'au Mont-d'Or qui n'en est qu'une partie détachée et rejetée sur le Flysch. Dans la vallée de la Grande-Eau, elle reprend, toujours en contact avec du Flysch (roches du

bois de la Chenaux), pour se rallier visiblement par le roc de St-Triphon à la corniche triasique de Treveneusaz, qui est la contre-partie de la Gummfluh.

A Tréveneusaz, le Trias repose directement sur la mollasse rouge qui paraît être la continuation de celle de Bouveret-Saint-Gingolphe (voir profil I).

Au S. W. de Morgins, le bord de cette corniche est caché par la nappe superposée de la Brèche du Chablais. Elle ne reparaît plus, car le pli de la pointe d'Orchez, le dernier du bord sud des Préalpes, fait partie de la rangée située au N. de la zone centrale du Flysch et s'enfonce bientôt sous la Brèche. C'est donc *sous la nappe superposée de la Brèche du Chablais que doit exister la continuation de notre corniche triasique*.

Cette corniche est en réalité la limite S. de la nappe calcaire des Préalpes ; c'est avec elle que s'arrête la nappe proprement dite des terrains secondaires constituant la masse principale des Préalpes. En effet, à Wimmis, où commence cette ligne de contact anormal, nous venions de quitter auparavant le contact anormal du bord N. W. et N. E. de la zone N. ; si nous pouvions suivre cette ligne au S. W. de Treveneusaz, au-dessous de la nappe superposée de la Brèche du Chablais, elle nous conduirait directement sur le bord de la vallée du Giffre où nous nous étions arrêté en suivant vers le S. W., le contact anormal de la zone extérieure. La conclusion qui s'impose après cette constatation est que *les chaînes calcaires des Préalpes forment ensemble une nappe qui repose sur tout son pourtour sur le Flysch*. Ce dernier forme deux zones qui paraissent se joindre en profondeur et entourent, comme le contact anormal, de toutes parts, cette région calcaire. *Celle-ci est donc comme posée sur une assiette de Flysch* ; y a-t-il encore lieu de douter de sa position libre, sans racine en profondeur, si l'on examine la partie *observable* de la coupe représentée dans le profil fig. 1 entre le lac Léman et Treveneusaz ?

La région du Flysch du Niesen et la zone des cols.

Au point de vue tectonique, ces deux régions ne forment qu'un, comme les affleurements secondaires de la zone du Gurnigel-Voirons ne peuvent pas être séparés du Flysch constituant cette région.

Le Flysch du Niesen rappelle à plus d'un point de vue celui

de la zone extérieure, soit par son facies, ce qui sera relevé plus loin, soit par son apparition subite en grande épaisseur et surtout par ses replis en lacets fantastiques *enveloppant des lames de terrains secondaires*, dans des situations très compliquées (voir profil II).

Ce Flysch acquiert une grande épaisseur entre la vallée de la Kander et les Ormonts, mais se réduit considérablement au S. W. du Rhône, où la grande masse de recouvrement de la Brèche du Chablais en tient lieu topographiquement. Toutefois, ce Flysch existe là sous forme de grès et conglomérats fins comme au Niesen et au Gurnigel, mais il est presque constamment caché par la nappe de Brèche, et partant, il doit avoir une plus faible épaisseur que de l'autre côté du Rhône.

La région la plus intéressante est la zone des cols. Entre le Flysch du Niesen, empiétant autant sur celui-ci et sur les plis en lacets couchés et entassés de la zone des Hautes Alpes à facies helvétique, se trouve une zone absolument étrange qui se poursuit sous forme d'une bande, de largeur variable, du lac de Thoune jusqu'au col de la Golèze. Cette région est caractérisée par un véritable dédale de couches triasiques, jurassiques et localement crétaciques superposés au Flysch, ou laminées et broyées dans celui-ci, alternant même souvent avec ce terrain. Cette zone est surtout bien représentée entre le Rhône et le lac de Thoune, où les lambeaux sédimentaires atteignent, localement même, une très grande extension ; du côté du Chablais, par contre, son rôle est bien réduit.

J'ai déjà relevé la situation extrêmement compliquée des affleurements triasiques sur la rive S. W. du lac de Thoune, où, à trois endroits, entre Leissigen et Spiez, le Trias est interrompu par du Flysch. Ce Flysch paraît appartenir au substratum du Trias et former au milieu de celui-ci des *faux anticlinaux*, car on ne voit nulle part, entre le Trias et le Flysch, des couches intermédiaires, soit jurassiques, soit crétaciques. Uniquement au S E, à l'approche des plis du Morgenberghorn, au Gubbenholz sur Leissigen, on voit s'intercaler, entre le Gypse et le Flysch, une lame de calcaire gris et blanc-rosé rempli de foraminifères. C'est le *Crétacique supérieur* absolument semblable à celui des lames calcaires de la zone Gurnigel-Voirons. Un affleurement identique a été constaté par moi sur la nouvelle route allant des bains de Leissigen à Krattigen; tout près de là se trouve, au bord de la voie ferrée, un paquet de calcaires schisteux gris identiques au *Néocomien*.

à *Céphalopodes* des Playaux. J'y ai trouvé deux Ammonites, dont l'une a les ornements du *Phylloceras Thetis*, espèce fréquente dans les environs de Châtel-St-Denis.

Voici donc une ressemblance bien frappante. Intercalés au milieu du Gypse du bord du lac de Thoune, on trouve, associés au Flysch des terrains rappelant, à s'y méprendre, le facies des sédiments secondaires de la zone du Gurnigel-Voirons ! Cette ressemblance existe non seulement entre les terrains néocomiens de part et d'autre, mais on aura compris que le Crétacique supérieur, blanc, rosé, gris-clair est le même que celui du Niremont et non celui des chaînes calcaires des Préalpes, lequel se reconnaît à sa couleur rouge vif.

Mais ce n'est pas tout.

En suivant la zone des cols, on trouve là les terrains les plus variés : Malm, Oxfordien, Dogger, Lias et Trias, qui ne rappellent guère les facies de la zone précédente des Préalpes, mais ont infiniment plus de rapports avec les sédiments secondaires de la *zone extérieure*, celle des Voirons-Gurnigel. Au col du Pillon, à Aigremont et à Bex, j'ai trouvé des schistes à *Posidonomyes* en contact avec le Trias et le Flysch, identiques à ceux qui se voient au contact du Gypse dans la carrière de Pringy près Gruyère ; c'est du Toarcien qui n'existe pas avec ce facies dans les zones intermédiaires.

On connaît la présence d'une énorme lame de Néocomien à céphalopodes identique à celui du Niremont, qui se poursuit entre le Gypse et le Nummulitique de Bex le long de l'Avançon jusqu'à Solalex. Il a été décrit par M. Renevier et forme même un lambeau de recouvrement manifeste (Bovonnaz).

Au *Val d'Illiez*, la même coïncidence se répète. Le Dogger, le Malm, le Néocomien schisteux et le Crétacique supérieur des écailles d'Ayerne et de Ripaille, sont les mêmes que ceux de la zone Gurnigel-Voirons. Ajoutons encore que la présence d'une couche à *Gryphaea arcuata* à Bex et au col de Morgins, établit une connexion non moins probante entre cette zone et celle de la Berra, où Gilliéron cite ce même fossile dans le calcaire d'une klippe.

Tectoniquement, les lambeaux secondaires de la zone des cols sont tous des « klippes », des lames resserrées entre le Flysch du Niesen et les plis des Hautes Alpes à facies helvétique ou même intercalés dans le premier. Cela est notamment le cas de la lame du Chamossaïre que l'on suit sur le flanc N de la vallée

des Ormonts sur plus de 5 kilomètres, *intercalée dans le Flysch* de la chaîne de Chaussy (profil II).

Dans toute cette région il ne règne aucun ordre; aucune loi tectonique ne se laisse déduire de ce dédale inextricable, si ce n'est que tous ces lambeaux de terrains secondaires reposent sur le Flysch ou dans celui-ci, sans connexion avec des roches profondes de même âge, et que les plis des Hautes Alpes à facies helvétique s'enfoncent au-dessous.

Les complications décrites par M. Lugeon aux Rocs d'Ayerne, de Savonnaz et de Ripaille (val d'Illiez) ne donnent même qu'une faible image du dédale qui règne dans cette zone et qui parait atteindre son comble dans les *environs de Bex*, entre l'Avançon et les Ormonts (voir n° 45, profil 3, pl. X).

En somme, que signifie cette zone aux complications extrêmes, ayant un facies stratigraphique si ressemblant avec la première zone préalpine, celle du Gurnigel-Voirons ? La réponse la voici :

Aux environs de Bex se montrent, comme au lac de Thoune, des affleurements de Flysch formant de faux anticlinaux dans le Trias (à Antagne, sous Fenalet, etc.). J'ai donc des raisons pour croire tous ces lambeaux de terrains secondaires, y compris ceux du val d'Illiez, sans aucune racine en profondeur; la carte de Ischer montre clairement ce fait aux environs de la Lenk et ailleurs. Ces lambeaux n'ont aucune connexion stratigraphique, ni tectonique, avec la zone des chaînes calcaires des Préalpes. Le même Flysch qui supporte celles-ci supporte et enveloppe aussi les lambeaux de la zone des cols.

La ressemblance avec la zone externe des Préalpes s'explique si l'on admet *que ces lambeaux ne sont que des lambeaux et des paquets de terrains restés en arrière et empâtés dans le Flysch, alors que l'écailler des Voirons-Gurnigel était charriée vers le N poussée par les écailles suivantes*¹. Toute la masse des Préalpes, c'est-à-dire les trois zones décrites, plus la masse superposée de Brèche, ont dû passer sur cette bande de sédiments restés en arrière; cela explique la complication extrême, la lamination des couches, les replis sans ordre, ni direction constante dans le plongement et les contournements ressemblant parfois à ceux d'un papier froissé et chiffonné (Bex).

¹ J'ai déjà figuré en 1891 une supposition analogue dans un profil théorique (N° 24, fig. 1, pl. V); cette interprétation que je n'avais cependant pas abandonnée, n'est pas répétée dans n° 45, pl. X, fig. 1.

L'arrêt de ces lambeaux innombrables sur la zone des cols s'explique facilement, car c'est là que la nappe charriée des Préalpes a dû faire son « grand plongeon » en aboutissant sur une surface moins inclinée, où était, au surplus, accumulée une immense épaisseur de Flysch. Une partie de celui-ci, avec le bord de la nappe de charriage, a été poussée en avant sur le Miocène et est venue constituer la zone si irrégulière en épaisseur des Voirons-Gurnigel. D'autres parties sont restées en arrière, empâtées, roulées et laminées avec le Flysch de la zone interne (Niesen). L'épaisseur de ce dernier s'explique en bonne partie par des replis et des dédoublements, comme, par exemple, aux Ormonts. Une traînée de lambeaux, ayant le facies des terrains mésozoïque de la zone des Voirons Gurnigel, doit marquer la *surface de glissement* entre les deux bords N et S de la nappe des Préalpes. Le lambeau de Crétacique supérieur du Mont-Barry en est un exemple.

Une autre coïncidence qui appuie bien ce mécanisme est précisément le fait de la différence d'âge des terrains qui composent les lambeaux secondaires de ces deux zones. La zone des cols offre *surtout* les assises du Trias au Dogger et rarement du Crétacique ; en effet, c'est *par sa base* que la nappe a dû abandonner ces lambeaux, au moment de son arrivée sur le bord des Alpes, en buttant contre l'accumulation de Flysch. Le reste, soit les couches supérieures, du Malm au Crétacique supérieur, ont seules continué le voyage vers le N, enveloppées dans le Flysch pour constituer, avec le Flysch, la zone extérieure des Voirons-Gurnigel.

Nous voici arrivé au bout de l'analyse tectonique des Préalpes proprement dites ; je suis resté dans les généralités et ne me suis servi que des arguments les plus sûrs et les plus faciles à constater.

Les travaux et études futurs révèleront encore d'autres preuves, qui toutes concourront, je n'ai nul doute, à démontrer encore mieux la réalité des faits que j'ai avancés.

Il nous reste, pour compléter la démonstration, à examiner encore la situation de la Brèche jurassique.

La région de la Brèche de la Hornfliuh et du Chablais.

Si l'on peut parler au point de vue tectonique d'une région de la *Brèche du Chablais*, où ce terrain occupe, en une seule masse, une étendue mesurant près de 30 kilomètres de longueur sur une largeur de plus de 12 kilomètres, il n'en est pas de même

dans la région au N.E. du Rhône, où la brèche équivalente de la Hornfliuh ne présente qu'une série de lambeaux disséminés et situés dans des positions fort compliquées. Il n'en est pas moins certain que les lambeaux de brèche jurassique de la région de la Hornfliuh formaient primitivement une seule masse, une seule nappe superposée à la zone interne des chaînes calcaires ou sur le Flysch de la zone du Niesen ; il est en outre fort probable que cette nappe de la Hornfliuh ne formait qu'un avec celle du Chablais, au moment de son arrivée sur le bord des Alpes.

La situation anormale des lambeaux de brèche dans les Préalpes au N.E. du Rhône est aussi évidente, plus évidente même que celle de la masse de brèche en Chablais. C'est le mérite de M. Lugeon d'avoir montré par de patientes recherches et ensuite d'un travail cartographique détaillé que cette brèche est vraiment jurassique et qu'elle paraît se déverser de toute part sur le Flysch, d'où il avait conclu primitivement à un pli en champignon, anticinal ovalaire à déversement périphérique.

Commençant ses études en venant du côté du S.W., il devait conclure ainsi, malgré la richesse et la multiplicité de ses observations. J'avais, de mon côté, toujours vu la brèche de la Hornfliuh *superposée au Flysch et au crétacique rouge*, et j'avais pour ce motif classé ce terrain, pendant longtemps, dans le tertiaire. Sur le bord N.E. de la région du Chablais, la Brèche repose aussi très visiblement sur le Flysch, sans aucune apparence de pli déversé ou couché ; je dus donc conclure de même aussi pour cette région ; d'autant plus que cette masse occupe là une position qui rappelle, au point de vue topographique, la situation en forme de bateau du Flysch du Niesen¹.

On a vu qu'il a suffi d'un instant de réflexion après que je me fus convaincu de l'âge jurassique de ce terrain pour m'assurer de sa position anormale, en recouvrement, sur les terrains tertiaires qui s'enfoncent au-dessous. Cela m'était d'autant plus facile que les lambeaux de brèche de la Hornfliuh sont dans des positions telles que l'on ne peut, *en aucun cas*, songer à y voir des plis en champignon.

¹ Cette circonstance tectonique, jointe à la structure bréchiforme, avait déjà suggéré à Studer la pensée que la brèche du Chablais devait être un équivalent du Flysch du Niesen. Ce raisonnement ne peut pas être incriminé, d'autant moins que la seule chose qui est étonnante chez cette formation bréchiforme, c'est l'absence de roches cristallines, comme celles de la brèche du Flysch des Ormonts.

Il est certain pour moi que *la Brèche du Chablais* repose partout avec son soubassement triasique (localement de Permien ou de Carbonifère) sur le Flysch et sur les replis des Préalpes de la zone des chaînes calcaires. Elle cache, en particulier, le bord interne de cette nappe, entre le col de Morgins et le Giffre.

La disposition actuelle repliée et contournée sur ses bords est en bonne partie le résultat de plissements subséquents à son arrivée sur le bord des Alpes et au-dessus des Préalpes.

Les lambeaux les plus rapprochés de Brèche de la Hornfuh sont distants du bord N.E. de la nappe de Brèche du Chablais de près de 30 kilomètres. C'est entre le **Rubli** et la **Gummfuh**, dans un synclinal des plus manifestes, que se montre une première bande de calcaire-brèche. Il forme la pointe de la Vide-man et repose sur des calcaires cristallins et ceux-ci sur des Schistes à *Bactryllium striolatum* appartenant au Rhétien. Celui-ci est séparé des couches rouges crétaciques, adossées contre le Malm de la Gummfuh, par un massif de calcaire dolomitique et de la cornieule. La surface du crétacique au contact de la cornieule paraît avoir été le siège de glissements très énergiques. (Voir Profil II.)

Cette bande de brèche se lie à celle du massif de la Hornfuh, où elle forme, sur la nappe normale des Préalpes, et séparée de celle-ci par du Flysch et des couches rouges, une véritable calotte dont les lambeaux du Kummigalm, du Muntigalm et du Niederhorn, au N.E. des Spielgärten, sont la dernière apparition.

Une seconde zone apparaît au N.W. du Rubli, séparée de la précédente par l'anticinal chevauché de l'arête du Rubli. Elle constitue l'arête du Cananéen, de la Côte aux Rayes et du Vanel sur Rougemont. Ici encore nous avons affaire au remplissage d'un synclinal crétacique. En effet, le Crétacique, adossé contre le Malm du chaînon du Rubli, passe au-dessous de la Brèche et reparaît de l'autre côté, avec un plongement inverse, dans l'anticinal de Raveyres-Vanel. J'ai d'ailleurs constaté, en 1882, entre le Crétacique et la Brèche, du Flysch avec fucoïdes, et comme la brèche ne repose pas ici sur du calcaire dolomitique et du Rhétien, cette constatation devait alors paraître péremptoire pour considérer la brèche comme éocène.

Les profils montrent d'ailleurs avec évidence cette situation plus que surprenante. L'âge jurassique de cette Brèche est attesté par la présence, à sa base, du Rhétien et du Trias, dans la

zone entre le Rubli et la Gummfluh, d'où résulte que ces affleurements ne peuvent être que des lambeaux de recouvrement provenant d'une nappe bien plus étendue. J'ai constaté un lambeau de brèche d'une dizaine de mètres de longueur, près des chalets de la Braye, à 3 km. au S.W. de Cananéen ; c'est l'extrême la plus méridionale de cette zone. Ce petit affleurement montre que la Brèche s'étendait jadis non seulement plus au S.W., mais aussi plus au N.W., mais qu'elle fut réduite par l'érosion aux zones et lambeaux synclinaux mentionnés. Dans la direction du N.E., la zone de la Videman-Hornfluh-Niederhorn se relie à celle du Cananéen-Vanel par suite de l'abaissement de l'anticlinal du Rubli. La Brèche constitue ainsi entre le Muntigalm et le Bäret, au S. de Weissenbach, un fond de bateau, rappelant quelque peu la situation de la Brèche en Chablais. Mais déjà au N. de Weissenbach la nappe de brèche s'arrête.

J'ai constaté très positivement qu'au Muntigalm et au Kummi-galm, la Brèche, ayant du Trias à sa base, repose sur le Flysch ; le Lias qui se trouve indiqué là, au-dessous de la Brèche, est du Flysch tout à fait typique, mais appartenant à un facies différent de celui qui entoure les Préalpes ; il en sera question plus loin.

Contrairement à ce qui a lieu en Chablais, la formation de la Brèche ne dépasse pas la zone interne des Préalpes. Elle se trouve, avec sa base triasique, invariablement superposée aux Préalpes avec couches à *Mytilus*, souvent parallèlement aux strates de celles-ci et en épousant tous les contours de leurs plis ; une faible épaisseur seulement de Flysch schisteux sépare la nappe de Brèche du crétacique et du Malm des Préalpes.

La différence entre la région de la Brèche de la Hornfluh et celle du Chablais est celle-ci : En Chablais, la nappe de Brèche jurassique a conservé son intégrité, après sa superposition aux Préalpes de la zone Sud des chaînes calcaires et n'a pas suivi le plissement de celles-ci : elle est d'ailleurs à cheval sur les Préalpes et sur la grande zone interne de Flysch. Dans la région de la Hornfluh, par contre, la nappe de Brèche fut poussée entièrement sur la région des chaînes calcaires, probablement par suite de la grande épaisseur du Flysch du Niesen. Etant probablement moins épaisse ici qu'en Chablais, elle fut plissée ensuite avec la nappe sousjacente des Préalpes, et les bandes isolées les unes des autres par les anticlinaux furent resserrées dans les synclinaux ; avec le Flysch l'érosion a finalement morcelé ces

zones synclinales en lambeaux souvent fort réduits, sauf aux environs de Zweisimmen, où la brèche atteint une assez grande extension.

La région de la Brèche de la Hornfliuh est encore à soumettre à une revision complète, étant donné que les levés de Gilliéron et d'Ischer ne concordent pas. Ce travail, qui fait partie de ma tâche à entreprendre dans le courant des années prochaines, amènera sans doute nombre de documents nouveaux. Ce que j'en ai vu jusqu'ici m'a suffisamment éclairé pour affirmer, bien positivement, l'identité de cette brèche et de celle du Chablais et sa superposition constante au Crétacique et au Flysch.

En résumé, on peut affirmer aujourd'hui, sans crainte de tomber à faux, qu'un puits foré dans la région du Simmenthal, où existe la brèche de la Hornfliuh, traverserait successivement deux nappes anormales superposées, avant d'atteindre la série normale à facies helvétique.

Cette succession serait la suivante :

Flysch.

Brèche de la Hornfliuh.

Lias.

Rhétien.

Trias (Rhétien dolomie, cornieule et gypse).

— Contact anormal.

Flysch.

Couches rouges (et Néocomien).

Malm.

Dogger.

Lias.

Trias (Rhétien dolomie, calcaire noir, cornieule), et

Gypse (lambeaux de Permien et Houiller).

— Contact anormal.

Flysch.

Nummulitique (?).

Urgonien.

Néocomien (Hauterivien et Valangien).

Malm.

Dogger.

Lias.

Trias (Rhétien dolomie, gypse, quartzites).

Schistes cristallins.

L'expérience serait certainement intéressante, mais malheu-

reusement coûteuse, car il faudrait s'enfoncer à 1500-2000 m. environ.

C. Le flysch et ses brèches et conglomérats.

Les Préalpes sont bordées de deux grandes zones de Flysch, la zone extérieure, allant des *Voirons* par le *Niremont* et la *Berra au Gurnigel* et la grande zone interne du *Niesen* et des *Ormonts*, qui se retrouve de l'autre côté du Rhône, sous une forme moins importante, dans la zone du val d'Illiez - col de Couz - la Golèze.

Ces deux zones de Flysch ne sont pas les seules, car les synclinaux compris entre les plis de terrains secondaires des Préalpes renferment aussi des terrains tertiaires appartenant au facies du Flysch. Les deux grandes zones de Flysch, celle des *Voirons-Gurnigel* et celle du *Niesen*, ont une importance particulière parce que ce Flysch forme le substratum constant de la nappe des Préalpes et j'admetts d'emblée *qu'elles n'ont dû former primitivement qu'une seule masse*, qui fut divisée au moment de l'arrivée de la nappe de charriage sur le bord des Alpes. Une partie fut poussée vers le N., avec les lames de sédiments secondaires que nous connaissons et constitua la zone *Voirons-Niremont-Gurnigel*. L'autre resta en arrière avec une partie du front et de la base de la nappe de charriage. C'est la masse de Flysch du *Niesen* avec la zone des cols.

De fait, bien que très réduit en épaisseur, le Flysch du *Niesen* doit passer sous la nappe des Préalpes pour aller rejoindre celui des *Voirons*. Les deux zones ne sont que des accumulations de la même nappe de Flysch. La zone extérieure a été accumulée par la propulsion de la nappe de charriage et la résistance des terrains miocènes; la zone interne par la poussée des plis des Hautes Alpes.

Cette hypothèse est appuyée par la grande ressemblance du Flysch des deux régions. Dans la région du *Niremont*, au *Gurnigel*, comme au *Niesen* et surtout aux *Ormonts*, se retrouvent les brèches à éléments anguleux, si bien connus. La zone des *Voirons* est sans contredit un équivalent de la zone du *Niremont*, bien qu'offrant des roches détritiques différentes. D'autre part, les zones de Flysch du *Niesen* et du *Gurnigel* réunies vont constituer, sans contredit, le remplissage du vaste synclinal de *Habkern-Sarnen*, où les brèches à gros matériaux sont si répandues. Une continuation plus lointaine est sans doute la zone

qui se poursuit dans le même synclinal par Schwytz, le Wäggithal et le Toggenbourg jusqu'à Gams et même dans le Vorarlberg ; cette zone de Flysch est invariablement jalonnée par des brèches, des blocs exotiques et des klippes. Le même fait se retrouve au S.W. du Chablais, où le Flysch du synclinal du Reposoir-Seraval est l'équivalent de celui de Habkern-Gams.

En réunissant en une seule zone les diverses bandes de Flysch avec brèches à gros matériaux, en partie exotiques, je suis évidemment en opposition avec les conclusions de M. Charles Sarasin, qui voit dans les blocs exotiques des Gets la preuve de l'existence d'un massif cristallin, prolongement de celui de Belle-donne, dont une ramifications irait même jusqu'aux Fénils sur Rougemont. Les brèches du Flysch du Niesen et des Ormonts proviendraient du versant N. du Mont-Blanc, tandis que les brèches et blocs exotiques de Habkern, du Gurnigel et même des Voirons proviendraient, par des courants ou des glaciers, du versant S. des Alpes (Predazzo-Baveno). A la suite de cela, M. Sarasin me reproche d'avoir assimilé comme lambeaux de recouvrement des choses fort différentes ; lesquelles ? je me le demande. Il me semble, au contraire, que M. Sarasin pèche par la faute contraire ; il diversifie ce qui n'est qu'un phénomène unique. Je ne saurais comment les blocs des Voirons et du mont Vouant pourraient provenir de Predazzo-Baveno, ceux des Ormonts de la zone du Mont-Blanc, alors qu'entre deux existerait le massif de Belle-donne ?

Ce qui fait justement la valeur de ma théorie, c'est qu'elle explique, par un seul phénomène, toutes les énigmes les plus variées en apparence qui se rattachent à la géologie du versant N. des Alpes.

Dans sa masse principale, le Flysch des deux grandes zones des Préalpes, comme aussi de ses continuations N.E. et S.W. offre, au point de vue pétrographique, des roches détriques à éléments essentiellement peu volumineux : marnes, schistes argilo-calcaires, grès plus ou moins grossiers, dont l'apport pourrait facilement s'expliquer par des courants marins ou des cours d'eau se déversant dans la mer du Flysch. C'est en immense épaisseur qu'alternent au Niremont, à la Berra, au Gurnigel et dans le synclinal de Sarnen, les grès à matériaux fins, les marnes, schistes et calcaires argileux. Il n'en est pas de même des *brèches à gros éléments*, qui apparaissent assez localement ou par traînées au milieu du Flysch, avec des caractères tout à fait

locaux, soit par leur situation, soit par leur composition pétrographique.

Comme l'a déjà fait remarquer Studer, les blocs de Habkern paraissent rayonner d'un point central, situé dans le haut du ravin du Lambach, où il supposait dans la profondeur un massif granitique. C'est dans les mêmes conditions, massés sur un petit espace ou limités dans un seul niveau, que nous trouvons les blocs et brèches exotiques au Gurnigel, à la Berra, au Niremont et surtout aux Voirons et au mont Vouant dont elles forment toute la partie supérieure. Ce même caractère se retrouve aux Ormonts par la restriction des brèches à gros éléments dans la région S.W. de la zone du Niesen, entre l'arête de l'Arnenhorn et le Chamossaire.

Il semblerait vraiment que nous soyons là en présence de *centres d'éruption*¹ de matériaux à gros volumes, parvenus dans la mer du Flysch après un très faible parcours.

En effet, la zone de Habkern est caractérisée par une variété de Granit à feldspath rose, associée toutefois à un Granit vert, qui se retrouvent les deux au Gurnigel.

Aux Ormonts et au Niesen, on retrouve, comme roche prédominante, un granite vert très semblable à la variété verte de Habkern. Enfin, aux Voirons et au mont Vouant, on trouve des Granits roses comme à Habkern et à la Berra, en outre des porphyres également roses. J'ai constaté aussi, dans toutes les localités, des porphyres granitiques (Granitporphyr) correspondant aux granites en question. Partout les roches cristallines de types granitiques sont accompagnées, comme on sait, de gneiss, schistes cristallins et de sédiments, dès le Carbonifère au Jurassique. Une étude détaillée et comparée des diverses régions amènera certainement des résultats très intéressants. Déjà le mémoire de M. Ch. Sarasin a montré nombre de faits importants au point de vue des analogies et des différences des roches cristallines entre les diverses régions. Toutefois, M. Sarasin ne paraît pas s'être rendu compte bien nettement de la tectonique des assises du Flysch. J'ai peine à m'expliquer la signification de ses replis du Flysch aux Ormonts (n° 41, fig. 1 et 2) et je ne comprend pas ce qu'il entend par Flysch supérieur et Flysch inférieur. Les plis qu'il dessine entre le Mont-d'Or (Durchaux) et le Meilleret sont absolument invraisemblables. Le

¹ Ce mot employé sans aucune pensée a une origine volcanique.

sommet du Meilleret est formé par de la brèche polygénique et les Chavonnes sont du Calcaire jurassique et non de la Brèche tertiaire. Au Niesen, il intervertit dans ses profils le rôle de ces deux Flysch ; les Bandschifer sont, selon lui, tantôt au-dessus, tantôt au-dessous de l'assise de Brèche.

Pour nous rendre compte de l'origine du Flysch, il importe avant tout de trouver l'explication des *Brèches à gros matériaux*.

C'est ce qu'a senti Studer, c'est ce qu'ont cherché depuis lui tous ceux qui ont envisagé le problème.

Si aujourd'hui, grâce aux études pétrographiques (microscopiques et chimiques) de M. Sarasin, nous avons un point d'attache positif, montrant l'analogie, sinon l'identité, des roches granitiques du Flysch avec celles des massifs de Predazzo-Baveno sur le versant S. des Alpes, cela est loin de constituer une solution ; j'avais moi-même déjà montré la similitude macroscopique des Granits verts des Ormonts et de ceux des massifs des Grisons, ainsi que la ressemblance du Granite du Habkern et de celui de Baveno (n° 16). J'avais été amené à supposer le transport de ces blocs par des glaciers¹.

L'examen de la *structure* de cette brèche, qui offre, en effet, sous plusieurs rapports de l'analogie avec la structure morainique, au moins de moraines sous-marines, ainsi que l'association des roches y contenues, nous conduira toutefois à une conclusion bien différente.

Le problème sera le même, qu'on s'adresse à l'un ou l'autre des gisements de brèche que nous avons cité.

Les brèches du Flysch à gros matériaux sont des agglomérations de débris de toute nature, dans lesquels les roches cristallines, granites, porphyres, gneiss, schistes cristallins, etc., frappent le plus, mais il y a en outre des débris sédimentaires de tout âge. Le caractère *exotique* a été attribué seulement aux roches cristallines, car les débris sédimentaires ressemblent absolument aux roches des chaînes préalpines.

Ces matériaux sont souvent visiblement roulés ; mais localement ce sont des blocs absolument anguleux, aux angles à peine émoussés, et mesurant plusieurs mètres de dimension, qui sont amoncelés pêle-mêle, en forme d'une brèche gigantesque. Voilà ce que chacun peut constater aux Ormonts, au Niesen, au Gur-nigel ou au mont Vouant.

¹ Voir n° 13, p. 28 et suiv., ainsi que n° 16, p. 208 et 209.

Ce qui paraît le plus frappant, c'est que ces débris, quel que soit leur volume, sont stratifiés et disposés en lits, séparés par des marnes schisteuses, dans lesquels on trouve ordinairement des *fucoides* (*Chondrites intricatus*, *Ch. Targioni*, etc.) et des *Helminthoïdea labyrinthica*, attestant une sédimentation en eau tranquille. Cette circonstance m'avait fait exclure l'hypothèse du transport de ces débris par des courants marins ou fluviaux et pencher plutôt vers l'idée de glaciers continentaux, aboutissant à la mer du Flysch. La présence de grands blocs de Granite au milieu des marnes du Flysch paraissait surtout appuyer cette supposition.

D'autre part, on constate dans les brèches de toutes ces localités le fait absolument surprenant que les débris n'ont *subi aucun triage* d'après leur dureté. *Le charriage marin, fluvial, comme le transport glaciaire, ont comme conséquence que les débris les plus tendres sont réduits rapidement à l'état de limon fin et que les blocs de roches dures atteignent seuls des distances éloignées du point de départ.*

Or, on trouve dans les brèches du Flysch des schistes argileux extrêmement délitables, du Lias avec *Posidonomya Bronni*, des schistes non moins tendres du Carbonifère, avec empreintes de végétaux, à côté de blocs de granite et de gneiss les plus durs, le tout à l'état anguleux. Les débris dolomitiques très tendres du Trias sont même universellement répandus dans les brèches et grès grossiers du Flysch à côté de fragments d'un talcschiste verdâtre très tendre. Il faut donc exclure le transport lointain par charriage aquatique ou glaciaire.

Le triage de certains débris d'après leur composition (cantonnement des granites roses et verts), est un autre argument qui parle contre ce transport. Tout considéré, on pencherait plutôt, en examinant ces brèches, à voir le produit d'*éboulements* tombés dans la mer du Flysch. Mais cette explication est impossible, si nous admettons que les Préalpes forment un segment « *in loco* » de la zone bordière des Alpes calcaires, car des affleurements de roches cristallines de cette nature y sont absolument inconnus. On pourrait, comme j'ai essayé de le faire, trouver une explication en admettant que les Préalpes entre l'Aar et l'Arve reposent sur un socle cristallin que des chevauchements ont oblitéré après qu'il se fût affaisé considérablement¹. Mais

¹ Voir nos 22, 24 et 32.

cette explication devient absolument insoutenable lorsqu'on examine le problème dans la région des Alpes à facies helvétique, dans le synclinal du Habkern-Grabs et dans celui du Reposoir-Serraval (Alpes d'Annecy). Ici, ce ne sont pas seulement les roches cristallines, mais aussi les roches sédimentaires contenues dans les brèches du Flysch qui devraient être qualifiées d'exotiques. *Toute la composition du Flysch est d'ailleurs exotique.* Où chercher les traces d'un socle ancien au milieu de ce synclinal dont les couches, disposées en fond de bateau, sont absolument continues et se lient directement à celles des chaînes du même facies situées au N. comme au S. de lui-même. A cela s'ajoute encore la présence de masses énormes de sédiments étrangers à ces régions ; des montagnes, soit des *blocs exotiques gigantesques*, mesurant plusieurs kilomètres de surface et formant des sommets s'élevant à plus de 1000 m. au-dessus du pays voisin. Ce sont les klippes autour desquelles se massent et s'accumulent surtout les brèches à matériaux exotiques et qui sont ordinairement accompagnées de tout un cortège de « blocs exotiques » de tout volume, formés soit de roches cristallines, soit de roches sédimentaires ; parmi ces derniers, ce sont les couches rouges qui frappent le plus par leurs caractères si tranchés. — Il en sera question dans le prochain chapitre. — La discussion qui suivra permettra ensuite d'envisager nettement la vraie origine des brèches, du Flysch, des blocs exotiques et des klippes.

Le seul conglomérat ayant le caractère d'une formation côtière résultant d'un charriage fluvial, est le poudingue de la Mocausa qui se rencontre dans le Flysch entre la chaîne des Gastlose et celle du Vanil Noir et dans le Flysch du Rodomont (zone centrale). C'est vraiment un poudingue à galets roulés. Les matériaux « exotiques » y font d'ailleurs défaut. Il renferme essentiellement des roches calcaires (malm et néocomien) et d'innombrables rognons de silex provenant de ces mêmes terrains des chaînes voisines.

La nature des *autres zones de Flysch* ne demande qu'une mention générale, puisqu'elles n'entrent pas en considération directe dans la solution du problème.

Il y a, en effet, sur les terrains secondaires des Préalpes, recouvrant ordinairement le Crétacique supérieur, du Flysch qui ressemble au facies arénacé et vaseux de celui de la zone du Niesen, mais les bancs à matériaux grossiers lui font ordinaire-

ment défaut. Ce sont des schistes, des marnes, des grès toujours fins ; dans les marnes, on trouve des *Fucoïdes* abondants, les mêmes que dans le Flysch du Niesen, et, plus rarement, aussi les *Helminthoïdes*. C'est avec ce caractère que nous trouvons le Flysch dans la zone synclinale d'*Allière-Montbovon-Estavannes*, puis dans le synclinal des *Agittes-Château-d'Ex-Jaun*, qui sépare la deuxième zone des Préalpes de la zone à couches à *Mytilus*.

Ici, on rencontre cependant une zone épaisse de 10-20 m. formée d'un véritable *poudingue* à galets roulés ressemblant à s'y méprendre au poudingue miocène. C'est le *poudingue de la Mocausa*, composé exclusivement de calcaires jurassiques et néocomiens de la chaîne du Vanil-Noir et surtout des rognons siliceux dont ces calcaires abondent. C'est une formation côtière, nullement comparable aux brèches du Niesen et du Gurnigel.

La zone médiane de Flysch remplissant le synclinal allant de la Braye à Erlenbach et qui comprend le Rodomont et le Hundrück paraît toutefois faire exception dans la région du Hundrück, où apparaissent des grès grossiers. La majeure partie de cette zone est essentiellement vaseuse; c'est aussi le cas du Flysch sur lequel reposent les lambeaux et klippes de la brèche de la Hornfuh; il est schisteux, puisque Ischer l'a colorié comme Lias.

Outre la répétition dans cette zone d'un banc de poudingue semblable à celui de la Mocausa, on trouve dans la partie supérieure, vis-à-vis du bord N de la formation bréchiforme de la Hornfuh, le *grès du Hundrück*, formation absolument semblable aux grès et conglomérats fins du Flysch du Niesen. La situation de cette formation, devant le bord de l'ancienne nappe de la Brèche de la Hornfuh a sa signification. Car c'est là aussi que nous trouvons les blocs exotiques de la vallée des Fénils (porphyrite) et des Mosses, de Gessenay (granite rose, cité par Studer). Dans la région du Chablais, on observe les mêmes caractères. Le Flysch superposé aux sédiments préalpins est vaseux, tandis que celui des bords externe et interne offre le facies bréchiforme à débris cristallins, bien que dans une proportion bien moindre dans la zone interne, celle du val d'Illiez. C'est aussi sur le bord de la zone de Brèche jurassique qu'apparaissent les blocs exotiques et les Klippes cristallines. Ceux qui sont superposés au massif de Brèche, plantés dans le Flysch recouvrant celui-ci, y ont été amenés, comme le pense M. Lugeon,

par suite d'un retroussement du Flysch, dans lequel la nappe de Brèche jurassique est venue s'enfoncer. Cette explication me paraît extrêmement probable. Le Grès du Hundrück peut donc s'expliquer de deux manières : ou bien il a été nourri par la nappe de recouvrement de la Brèche calcaire jurassique, comme le Flysch du Niesen et du Gurnigel l'a été par la grande nappe des Préalpes ; ou bien c'est un paquet de Flysch du Niesen qui a été poussé devant la nappe de la Brèche calcaire. Je pencherais plutôt du côté de cette dernière alternative.

Les Klippes et blocs exotiques.

Brèches exotiques, blocs exotiques et klippes sont trois apparitions qu'il importe de pouvoir séparer au point de vue de leur genèse. Bien qu'on ne puisse pas refuser le nom de blocs exotiques aux fragments isolés résultant de la désagrégation de brèches exotiques du Flysch, les blocs exotiques proprement dits se rattachent plus étroitement au phénomène des klippes.

Les *Brèches du Flysch* doivent résulter, comme nous l'avons vu, des débris tombés, sous forme d'éboulements, dans la mer du Flysch. Ces nappes d'éboulement se sont stratifiées ensuite, comme cela se conçoit facilement et leur formation répétée donna naissance à des alternances de marnes à Fucoïdes et de couches de brèche. Je comprends encore dans cette même catégorie les marnes argileuses du Flysch, contenant des blocs et galets souvent anguleux ou arrondis, et qui sont disséminés dans la matière argileuse sans se toucher ; c'est cette disposition, imitant la structure des moraines profondes, qui m'avait apparu primitivement comme un argument péremptoire pour l'hypothèse glaciaire. Elle s'explique par contre parfaitement par l'hypothèse d'éboulements successifs tombés dans la mer du Flysch.

Les blocs exotiques proprement dits, abstraction faite des blocs dégagés des brèches et marnes à blocs du Flysch (c'est le cas du plus grand nombre de ceux du Habkernthal, du Gurnigel, etc.) peuvent avoir une toute autre origine. Il n'ont le plus souvent pas été stratifiés dans les sédiments du Flysch et se lient très directement au phénomène des klippes, dont ils ne diffèrent d'ailleurs que par leurs dimensions plus petites. Leur situation les rapproche à tel point des klippes, que leur origine doit se rattacher au même phénomène qui a créé ces dernières. Gilliéron a d'ailleurs bien souvent remarqué, en décri-

vant les klippes de la zone de la Berra et du Gurnigel, que quelques klippes ne paraissaient être que des blocs exotiques. Le plus grand nombre des klippes de petite dimension rentrent dans cette catégorie.

Définissons d'abord ce que c'est qu'une klippe, abstraction faite de toute supposition relativement à leur genèse.

Les *klippes* les mieux connues depuis les études de Stutz (N° 21) et de Quereau (N° 40), sont celles qui se montrent de part et d'autre des lacs des Quatre-Cantons dans le synclinal de Sarnen-Brunnen-Iberg; en Savoie, Alph. Favre, Hollande, Maillard, et plus récemment, Haug et Lugeon, ont décrit en détail les klippes des Annes et du mont Sullens.

Dans la généralité des cas, ce sont des sédiments triasiques, jurassiques et crétaciques s'élevant en forme de massifs isolés sur un soubassement de Flysch, dont la surface couverte de végétation contraste — comme une mer de verdure — avec les formes abruptes et aiguës des klippes. Cette situation justifie amplement ce terme. Les sédiments des klippes, lorsque celles-ci sont quelque peu volumineuses, commencent ordinairement par du Trias, soit du gypse et des calcaires dolomitiques. Il y a souvent de la cornieule en grande épaisseur entre le gypse et le Flysch *qui supporte ostensiblement le Trias*. Sur le Trias suit toute la série que nous connaissons des Préalpes: Marnes rouges et vertes, Rhétien, Hettangien, Lias siliceux ou cristallin, schiste toarcien, Dogger à *Zoophycos*, Malm massif, localement coralligène (Tithonique), couches rouges crétaciques (au Mythen). Stutz relève très bien le caractère de ces massifs qu'il désigne de « Schollen ». Les failles et dispositions anormales qui entrecoupent les sédiments des plus grandes klippes montrent clairement que ces lambeaux ont été brisés et dénivélés. De plus, les plus grandes klippes telles que les Mythen, le Roggenstock, le Laucherenzöckli, le Buochserhorn, le Cleven, le Stanserhorn et le Giswylerstock, sont accompagnés de tout un contingent de klippes plus petites, passant graduellement aux dimensions ordinaires des blocs exotiques. Ces klippes manquent ordinairement du soubassement triasique; le Lias, le Dogger ou le Malm reposent directement sur le Flysch; ou bien ce sont des paquets de Crétacique rouge, — probablement aussi du Néocomien à Céphalopodes — qui se voient en forme de lambeaux appliqués sur le Flysch ou intercalés dans ce dernier.

Il faut donc séparer encore les klippes offrant une série plus

ou moins normale et complète de sédiments et qui *reposent sur le Flysch* de celles qui paraissent *enfoncées ou intercalées* dans ce terrain.

Les premières, qui sont représentées par les grandes klippes déjà citées, auxquelles il faut ajouter les deux klippes du mont de Sullens et des Annes, dans les Alpes d'Annecy, *formaient primitivement une seule masse, allant, sans nul doute, de la région d'Iberg jusqu'au Giswylerstock*. La ressemblance de leur facies et l'identité même de la succession de leurs assises ne laisse subsister aucun doute à cet égard. Cette circonstance n'a d'ailleurs nullement échappé aux observations de Stutz.

Si donc ces klippes formaient, d'Iberg jusqu'au Giswylerstock, une nappe continue, remplissant ce synclinal si régulier, *cette nappe devait nécessairement être partout superposée au Flysch, comme l'est aujourd'hui chaque klippe individuellement ! Cette nappe reposait donc anormalement, avec du Trias à sa base, sur un terrain plus récent, le Flysch*. La même chose peut se dire du synclinal du Reposoir-Serraval qui est occupé par les deux îlots de Sullens et des Annes. Ces klippes sont les restes d'une nappe anormale, allant de la vallée de l'Arve jusqu'au SW d'Annecy.

Cette constatation nous rappelle d'une manière on ne peut plus incisive, la disposition de la nappe des Préalpes — supportant elle-même une seconde nappe, celle de la Brèche de la Hornfuh et du Chablais.

La situation de la masse totale des Préalpes, son contraste si frappant avec les chaînes à facies helvétique, et sa série stratigraphique si particulière, tout cela se retrouve identiquement dans chaque klippe et devait se retrouver dans la nappe dont les grandes klippes sont des témoins plus qu'éloquents. *Ces faits ne sont-ils pas suffisamment convaincants pour nous imposer la supposition que la nappe des Préalpes se continuait autrefois par-dessus l'emplacement du lac de Thoune et la chaîne du Rothhorn, allant joindre directement la nappe aujourd'hui morcelée du synclinal Sarnen-Iberg ?* Le doute n'est guère possible, me semble-t-il. Depuis cinq ans que j'ai conçu nettement cette interprétation des faits, je n'en ai plus ressenti l'ombre d'un doute! *De même la nappe des Préalpes devait au SE du Chablais se prolonger jusqu'au delà d'Annecy par-dessus les Alpes du Reposoir-Serraval.*

La nappe de recouvrement en question ne devait pas être li-

mitée uniquement sur la largeur des synclinaux où existent les klippes. Elle devait avoir là une largeur égale, sinon supérieure, à celle des Préalpes entre l'Arve et l'Aar. Celles-ci n'ont plus d'ailleurs qu'une partie de leur largeur primitive; et, à supposer même que ce fut là, entre l'Arve et l'Aar, que la largeur fut la plus grande, cette nappe devait avoir encore une assez grande largeur au NE et au SW de ces deux vallées transversales. Cela est attesté par la présence, au N des Ralligstöcke et du Sigriswylergrat (chaîne du Pilate), de plusieurs lambeaux de terrain à facies des Préalpes. Il y a là, pincés sous le petit recouvrement des Ralligstöcke, entre le Miocène et le Néocomien helvétique, et associés à du Flysch, des lambeaux de couches rouges, du Néocomien à Céphalopodes, Malm, Lias supérieur, moyen (calc. cristallin) et inférieur, puis de Rhétien. Ces klippes appartiennent au second type, dont il va être question: elles attestent péremptoirement que la nappe des klippes s'étendait jadis par-dessus la chaîne du Pilate jusqu'au bord du plateau miocène comme le fait encore aujourd'hui la nappe des Préalpes. Mais il y a plus:

En suivant le synclinal du Flysch qui sert aujourd'hui de réceptacle aux klippes, on est conduit dans le **Vorarlberg**, toujours guidé par des blocs exotiques, des klippes et des brèches du Flysch. Ici le Flysch, avec ses brèches, se prolonge au S de Feldkirch, sous la masse de recouvrement triasique et liasique du Rhäticon.

La brèche polygénique du **Falknis**, décrite par Tarnuzzer comme terrain jurassique, n'est autre chose que notre brèche polygénique éocène! Une bande de Flysch et de Crétacique en partie à facies helvétique s'introduit d'ailleurs sous la nappe du Rhäticon en passant au pied du Sesapiana et de la Sulzfluh jusqu'à Klosters, au fond du Prättigau. *Le Rhäticon est ainsi facile à caractériser comme une plaque de recouvrement*, reposant sur le Tertiaire et le Crétacique qui l'entourent de trois côtés.

Voici un nouveau point d'attache qui nous permet de supposer que la nappe des klippes, que nous avons arrêtée provisoirement à Iberg, se continuait réellement plus au NE et allait jadis se souder à la plaque du Rhäticon, en passant au-dessus des plis couchés des Alpes glaronnaises. Il y a là sans doute un saut plus grand que celui qui nous a permis de rallier la nappe des klippes à celle des Préalpes du Stockhorn et celle du Chablais

aux klippes des Annes et de Sullens. Nous n'avons comme argument pour nous guider que la zone de Flysch de Iberg-Toggenburg-Grabs-Feldkirch, jalonnée de blocs exotiques, de petites klippes et de brèches. Mais cela ne suffit-il pas ? Cette zone de klippes et de blocs exotiques n'est-elle pas une et continue, dès le mont Sullens, dans les Alpes d'Annecy, jusqu'au Rhin et n'accompagne-t-elle pas invariablement la nappe des Préalpes sur ses deux bords ? Ce fait me paraît un témoin trop sûr pour qu'il soit possible d'en douter. D'ailleurs, stratigraphiquement, les Préalpes offrent un facies intermédiaire entre le facies austroalpin (Rhäticon) et le facies provençal.

Quereau a relevé de même, que les klippes et zones de blocs exotiques étudiées par lui offraient des facies qui se rapprochent graduellement de celui des Préalpes, lorsqu'on les suit du côté du SW et que du côté du NE le caractère austroalpin devient de plus en plus manifeste.

Voilà donc ce que peut nous apprendre l'examen serré des klippes et des régions intermédiaires jalonnées de blocs exotiques.

Les blocs exotiques doivent être considérés d'ailleurs comme des débris de klippes, détachés de celles-ci pendant le démantèlement de la nappe primitivement continue. Beaucoup d'entre eux sont comme empâtés ou enveloppés dans le Flysch et se rapprochent des klippes du second type. La situation et l'origine de celles-ci s'explique facilement par les effets tectoniques qui ont dû accompagner le déplacement de la nappe des klippes. Sa situation avant son démantèlement a été le résultat d'un glissement, le même que celui qui a jeté la nappe des Préalpes dans sa position actuelle ; pendant ce mouvement, des masses importantes de terrain ont été détachées du bord de la nappe en mouvement et ont été empâtées dans le Flysch qui fut, de plus, refoulé ; en sorte que nombre de ces lambeaux, même de très grands, furent littéralement enveloppés et roulés dans le Flysch, ainsi que je l'ai décrit à propos de la zone des cols et de la zone extérieure du Flysch des Préalpes.

Pour être clair sur ce point, on pourrait appeler les premières, les grandes klippes, *îlots ou klippes de recouvrements* ; ce sont les témoins d'une ancienne nappe continue ; les autres pourraient s'appeler *klippes de refoulement*. Il faut ranger dans cette catégorie la klippe du Rothspitz, les innombrables petites klippes de couches rouges que l'on suit dans le Flysch du syn-

clinal du Habkern-Sarnen, celles de Ralligen, ainsi que celles des environs d'Iberg; le lambeau de gypse de Habkern¹ est sans doute dans le même cas.

Enfin, les grands blocs exotiques cristallins du plateau des Gets, mesurant plusieurs centaines de mètres de longueur, le bloc des Fénils (Griesbachthal), les masses de porphyrite d'Iberg broyées avec des couches rouges sans aucun phénomène de métamorphisme de contact, rentrent tous dans la catégorie des klippes de refoulement. Ce sont des paquets de terrains cristallins entraînés par la nappe de charriage et qui ont été pris dans le Flysch refoulé devant et au-dessous de celle-ci, puis enveloppés et enroulés littéralement dans ce terrain. Les grandes lames de sédiments, enveloppées dans le Flysch de la zone du Gurnigel et des cols ne sont, de même, autre chose que des klippes de refoulement. Nombre de blocs exotiques rentrent dans cette catégorie.

D'autres blocs exotiques résultent de la désagrégation de brèches ou de Marnes à blocs du Flysch (Habkern). Tandis que *brèches du Flysch*, *îlots exotiques* et *klippes de refoulement* sont faciles à séparer, les *blocs exotiques* peuvent résulter de chacun de ces trois phénomènes, sans qu'il soit toujours possible de dire lequel.

Impossible de citer ici tous les arguments qui attestent la relation supposée entre la nappe des Préalpes, l'ancienne nappe des klippes et la masse de recouvrement du Rhäticon. J'ai indiqué cette solution pour la première fois en 1893; les arguments nouveaux n'ont fait que me fortifier davantage dans cette manière de voir. Des recherches détaillées seraient nécessaires, surtout dans la vallée du Prättigau, autour du massif du Rhäticon. La complication doit être extrême dans cette région où les terrains cristallins (le massif de Silvretta), les Schistes lustrés (Flysch?) et les sédiments à facies helvétique accompagnés de brèches polygéniques, identiques à celles des Ormonts et du Niesen, sont surmontés d'une masse triasique à facies austro-alpin. — Des études dans la zone comprise entre le lac de Thoune et le lac des Quatre-Cantons amèneront sans doute encore de nouveaux documents. Car il y a là peut-être des témoins, soit des lambeaux restés en arrière (des retardataires) de la nappe

¹ Ce gypse figure déjà sur la carte de Rutimeyer, publiée en 1850 (voir n° 4).

des Préalpes et des klippes. Les travaux publiés jusqu'ici sur cette région ne permettent pas de s'en rendre compte.

L'étude détaillée des klippes de Schwytz et d'Unterwalden que poursuit actuellement M. Tobler, devrait être complétée par des recherches dans la région à facies helvétique située au S. Si l'on n'y découvre pas des lambeaux plus ou moins étendus du facies des Préalpes, au moins y aura-t-il lieu d'y constater la présence du grand pli glaronnais, si nettement indiqué par la zone du Flysch allant d'Altdorf jusqu'à la Scheidegg.

Résumé et conclusions.

L'examen de la carte géologique de la Suisse, surtout de la carte au 1 : 50 000 de Heim et Schmidt, montre avec évidence la situation étrange des Préalpes et des principales klippes ou îlots jurassiques et triasiques au NE et au SW de cette région.

Proéminent de près de 20 kilomètres sur le bord normal des Alpes, indiqué par la jonction des plis à facies helvétique des Alpes d'Annecy et d'Unterwalden, entre Bonneville et Ralligen, cette région est, comme nous l'avons démontré, superposée par son terrain le plus ancien, en position anormale sur le Flysch. Sous ce Flysch s'enfoncent, au NE, au SE et au SW, les plis à facies helvétique. Les sédiments de cette région offrent un contraste frappant avec les terrains de même âge de leur entourage. Ils offrent par contre une affinité plus qu'évidente avec ceux des klippes des Alpes d'Annecy et d'Unterwald. Par une transition graduelle, le facies des klippes se rapproche de celui des Alpes orientales. Cette circonstance indique clairement que les klippes d'Annecy, les Préalpes, les Klippes d'Unterwald et de Schwytz ne formaient primitivement, avec le massif du Rhaeticon, qu'une seule nappe en superposition anormale sur la région à facies helvétique (Alpes d'Annecy, d'Unterwald et glaronnaises).

Dans la partie médiane des Préalpes se trouve une seconde nappe, celle de la Brèche jurassique, superposée aux Préalpes ou à cheval sur la zone sud, et sur la zone interne du Flysch.

Cette situation est évidente et a motivé les postulats que l'on connaît (page 159).

Puisque Préalpes, klippes, nappes et klippes de Brèche de la Hornfliuh et du Chablais sont en position anormale sur le Flysch, ces terrains doivent avoir glissé dans leur position actuelle.