

1940-1946 : la tectonique de gravité et la diverticulation

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **69 (1976)**

Heft 2

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

pinces «n'en sont que le saillant le plus avancé ... C'est ainsi que se marque, des abords de Vienne aux Grisons, et plus loin dans les Préalpes supérieures, visibles à l'horizon de Berne, de Neuchâtel, de Lausanne et de Genève, la superposition de l'Afrique à l'Europe»!

Mais ARGAND se penche aussi sur l'origine des géosynclinaux. Il nous apprend qu'ils sont nés de l'écartement, de la disjonction des blocs continentaux, bien avant l'époque de leur rapprochement et de leur collision. Et il introduit une série de concepts très importants, sur la tectonique de traction pendant la sédimentation géosynclinale et sur l'interprétation des ophiolites, concepts négligés à l'époque mais qui reviennent en force depuis une dizaine d'années:

«Un géosynclinal résultera en général d'une traction horizontale qui étire le radeau de sal. L'étirement est d'abord plus aisé dans les profondeurs du sal que dans les hauts, où peuvent naître des fissures d'extension. En s'amincissant, le sal descend et se creuse: l'affaissement inhérent à la fonction géosynclinale n'est donc ... que l'effet vertical d'une distension horizontale ... Jusqu'à compensation, le sima monte sous le sal aminci: ce jeu rend compte de la fréquente association de roches vertes à des sédiments bathyaux. Le mélange des derniers avec des dépôts de moindre profondeur se fait par des glissements sous-marins sur déclivité ...

La traction continue-t-elle ..., le sal finit de s'étirer et le sima apparaît au fond de l'alvéole. Sur les diamètres où cela arrive, la condition géosynclinale fait place à la condition océanique; si le fait se généralise, il n'y a plus qu'un océan ...

Le jeu géosynclinal ordinaire est donc, dans son principe, un tronçonnement lenticulaire incomplet du continent; quand le tronçonnement est complet, la condition océanique apparaît» (1924, p. 299).

Si on veut des informations sur ces phénomènes, il faut aller les chercher dans les couvertures sédimentaires qui se déposaient au fond du géosynclinal naissant et sur ses seuils géanticlinaux. Or les Préalpes sont précisément formées de l'empilement de ces couvertures, chassées du centre de la chaîne par le rapprochement des continents et mises grâce à cela à l'abri des plus grosses déformations. Elles doivent donc constituer un excellent terrain pour l'étude précise du jeu géosynclinal exposé par ARGAND. Cette direction de recherches fut presque entièrement négligée par ses contemporains, à la décharge desquels il faut relever qu'ils ne disposaient pas des outils affinés qui font le succès des études actuelles sur ce sujet. Mais surtout l'élucidation de la tectonique alpine leur paraissait un objectif prioritaire sur celle de la paléotectonique téthysienne: une fois comprise l'origine des montagnes actuelles, on pourrait ensuite s'attaquer avec de meilleures armes à celle de l'océan dont elles prirent la place. D'autant plus que, comme on va le voir, il restait encore beaucoup à découvrir sur l'origine des montagnes.

V. 1940-1946: la tectonique de gravité et la diverticulation

A. Considérations historiques

1939-40. A l'heure où éclate la guerre mondiale, un nouveau remou agite la géologie alpine: le concept de *glissement par gravité* s'impose en tectonique des nappes, grâce aux travaux convergents de deux écoles, celle de Grenoble dans les nappes de flysch de l'Ubaye-Embrunais, et celle de Lausanne dans les Préalpes.

Dans l'Embrunais, l'idée de l'écoulement gravitatif semble issue de la thèse de SCHNEEGANS (1938) et fut principalement développée par GIGNOUX (1942 et 1948). Dans les Préalpes, nous retrouvons comme principal artisan LUGEON, alors âgé de 70 ans: après quelques communications préliminaires (1940*a* et *b*; LUGEON & SCHNEEGANS 1940), il développe à fond ce concept dans un mémoire écrit avec son fidèle élève et collaborateur ELIE GAGNEBIN (1941). C'est ce travail que nous analyserons brièvement ici. Son retentissement fut considérable; aussi ses auteurs sont-ils souvent considérés comme les pères de cette forme de tectonique qui, après la guerre, exerça une grande influence sur les interprétations géologiques dans beaucoup de chaînes de montagnes. Pourtant, on le sait, l'idée n'était pas neuve; ce qui était nouveau, c'était la méthode de démonstration, et certaines conséquences que l'état d'avancement de la géologie alpine permettait d'en tirer.

L'idée de la gravité comme moteur tectonique est aussi vieille que la géologie. Nous avons vu (II. *B*) que dès la première description de plis dans les Préalpes, DE RAZOUMOWSKY (1784) chercha à expliquer leur origine par la force de gravité. Un siècle plus tard, lorsque SCHARDT découvrit les nappes, il pensa aussitôt au «mécanisme d'une grande nappe glissant sur une masse de détritiques, ou du terrain plastique (gypse, etc.) surtout si l'on admet une certaine pente, déterminant presque un mouvement spontané sous l'action de la pesanteur» (1893); et il en souligna les conséquences pour la recherche des racines, puisqu'il se peut que «la zone entière ayant glissé, il ne reste plus rien de la nappe dans le gisement primitif» (1900, p. 164).

Pendant les 40 années qui suivirent, le moteur gravitatif fut négligé par la plupart des tectoniciens alpins. Les raisons en sont complexes. Pour une large part, certainement, cet abandon découle de la conception d'une tectonique des nappes systématiquement ductile et profonde qui fut préconisée avec beaucoup d'autorité par LUGEON au début du siècle (cf. p. 544); il est piquant de constater qu'en 1940, LUGEON remanie spontanément (et avec autant d'autorité qu'en 1902 ...) une pièce importante de la doctrine tectonique qu'il avait lui-même imposée à la géologie alpine 40 ans plus tôt! C'est assurément un cas rare dans l'histoire de la science.

D'autre part, confrontés aux puissantes nappes de socle révélées par ARGAND dans les tréfonds des Alpes et aux énormes raccourcissements crustaux qu'elles impliquaient, les géologues avaient à juste titre le sentiment qu'une chaîne de montagnes devait être, fondamentalement, bien autre chose qu'un grand glissement de terrain; seuls des refoulements (au sens de DE SAUSSURE et de BERTRAND) d'origine profonde paraissaient capables de bousculer ainsi la croûte terrestre dans toute son épaisseur. L'idée de glissement par gravité ne disparut pourtant jamais complètement de la tectonique des nappes; elle fut notamment illustrée par les géologues italiens qui travaillaient dans les Apennins, beau pays de nappes gravitatives s'il en est (cf. DAL PIAZ 1942).

Il faut ajouter que, dans le monde de la géologie alpine, le concept de nappes de gravité fut desservi par les affabulations de quelques théoriciens qui le préconisaient sous des formes si unilatérales et simplistes, si déconnectées des observations naturelles, voire sur bien des points contredites par elles, que les praticiens des réalités tectoniques ne se sentaient guère enclins à leur accorder un grand crédit. D'autant que, chez certains géophysiciens hostiles à la dérive des continents, le

glissement gravitatif n'était invoqué que dans le seul but de minimiser les raccourcissements de la croûte, là où l'existence même des nappes ne pouvait pas être niée sans une mauvaise foi trop évidente.

B. Le glissement gravitatif des nappes préalpines

Toute autre était la démarche de LUGEON & GAGNEBIN (1941). Rompant avec les spéculations simplifiantes de théoriciens qui n'hésitaient pas à violenter la réalité pour y induire un modèle préfabriqué, ils leur substituèrent une démonstration qui prenait racine dans la complexité même des faits révélés par l'observation attentive et patiente de la nature. Bien convaincus de la nécessité d'une tectonique de type «argandien» pour les étapes essentielles de l'édification de la chaîne, ils montrèrent seulement qu'elle n'expliquait pas tout, et que, dans les Préalpes en particulier, il fallait la compléter par des translations gravitatives. L'étroite liaison qu'ils établissaient entre les faits et la théorie explique l'impact du mémoire de LUGEON & GAGNEBIN, qui de plus tombait au bon moment, en même temps qu'un de ces retours de pendule qui affectent périodiquement la fortune des doctrines scientifiques. Ajoutons que ces auteurs, de même que GIGNOUX et son école dans les Alpes françaises, surent renouveler cette vieille idée en la présentant d'une manière qui ouvrait des perspectives stimulantes et l'érigait en un tremplin pour de féconds développements. Nous en verrons plus loin un exemple avec la diverticulation.

Toutefois la complexité extrême de la région traitée par LUGEON & GAGNEBIN avait accumulé sous leurs pas des embûches qu'ils ne purent pas toujours éviter. La synthèse régionale qu'ils ont tentée était, à cette époque, encore prématurée, et les travaux récents n'ont pas confirmé toutes leurs «vues nouvelles». Ainsi on trouvera dans ce colloque une réfutation d'un aspect important de leur schéma structural (WEIDMANN et al. 1976). D'autres aspects, au contraire, tels que la subdivision des Préalpes médianes en deux ensembles tectoniquement indépendants, les Plastiques et les Rigides, ont été non seulement confirmés, mais encore étendus et développés par les travaux récents (BAUD 1972, SEPTFONTAINE & LOMBARD 1976).

Or c'est justement cette subdivision qui fournit à LUGEON & GAGNEBIN un de leurs arguments essentiels en faveur de la dynamique gravitative. Nous décomposons leur raisonnement en 3 étapes logiques:

1. *La géométrie.* Nos auteurs montrent que la partie interne des Médiannes est formée de tronçons, d'une longueur de 1 à plus de 20 km, isolés entre eux et du gros de la nappe par des flysch appartenant à diverses autres unités (fig. 5 et 6); ces grandes dalles calcaires ressemblent ainsi à des «épaves» flottant ou nageant dans une mer de flysch (selon le mot de JACCARD 1908). Leur style tectonique essentiellement faillé leur valut le nom de *Rigides*, par opposition aux *Plastiques* bien plissées qui forment le gros de la nappe. La limite paléogéographique entre la plateforme briançonnaise et le bassin subbriançonnais se situe à l'intérieur des Plastiques (cf. BAUD 1972); et la continuité des faciès briançonnais, du bord interne des Plastiques aux Rigides externes, montre bien que, en dépit de leur actuelle séparation tectonique, ces éléments étaient originellement cohérents (1941, p. 49).

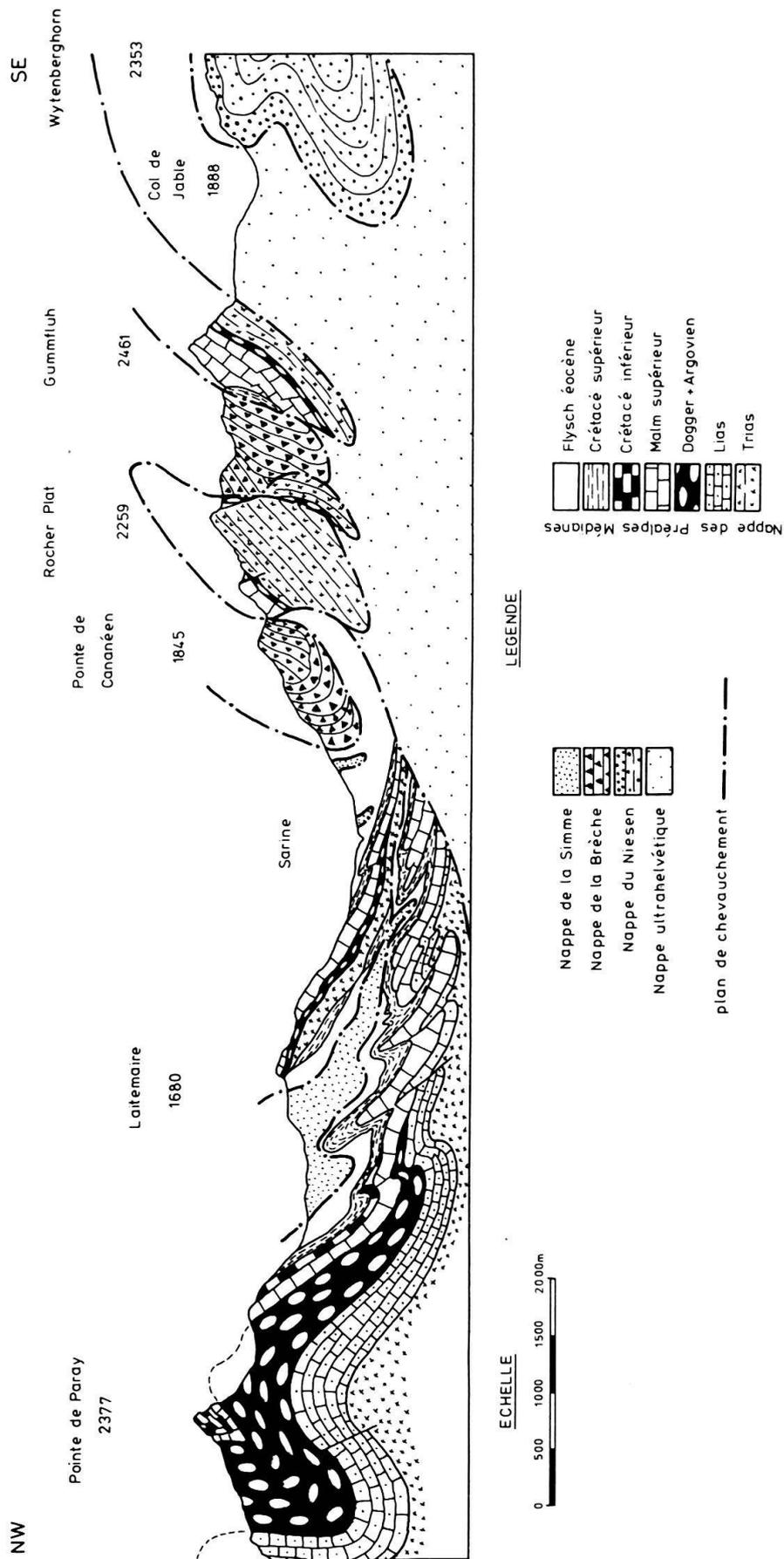


Fig. 5. Coupe tectonique de la partie interne des Préalpes médianes, redessinée d'après GAGNEBIN (1942).

Cette coupe illustre la conception de LUGEON & GAGNEBIN, et montre les écaillés de «Rigides» (Gummfluh, Rocher Plat, et Laitemaire) coupées des «Plastiques» (Pointe de Paray). Notons aussi les têtes anticlinales plongeantes de la nappe de la Brèche, dont l'étude au 19^e siècle avait mis SCHARDT sur la voie de la découverte des nappes (cf. fig. 2).

Parmi les modifications qu'il faut apporter aujourd'hui à cette coupe, signalons le rattachement à la nappe de la Simme (s. l.) de la plus grande partie du flysch anciennement attribué aux Médianes, et le rattachement de la région du Col de Jable à la zone submédiane.

2. *La cinématique.* Cette géométrie étant admise, il s'agit de reconstituer le mouvement de ces éléments. Le point crucial est que LUGEON & GAGNEBIN déduisent de l'ensemble de leurs observations que la fragmentation des Préalpes médianes résulte d'une disjonction précoce par extension, liée au mouvement de la nappe.

«Lors de la marche en avant des Médianes, la masse des Plastiques s'est détachée du reste, laissant en arrière les Rigides. Plus tard celles-ci, partiellement recouvertes par la nappe de la Brèche et s'avançant à leur tour, ont débordé sur le territoire des Plastiques et l'ont quelque peu chevauché» (1941, p. 49).

Autrement dit, *les Préalpes médianes ont avancé coupées de leurs racines.*

3. *La dynamique.* Dans ces conditions, il n'est plus possible de pousser la nappe de l'arrière. En outre, le tronçonnage par extension montre que la nappe a été soumise à une traction, incompatible avec une tectonique de poussée. Le mouvement de la nappe ne peut donc résulter que d'une *force de volume agissant à distance: la gravité.*

La simplicité apparente de cette démonstration, telle que nous la présentons ici en regroupant des éléments disséminés au long du texte de LUGEON & GAGNEBIN, ne doit pas faire croire que les choses sont en réalité si faciles. Déjà la détermination de la géométrie actuelle pose toutes les difficultés inhérentes au *passage d'observations de surface à une reconstitution de volumes.* La séparation tectonique des Rigides fut d'abord proposée par JACCARD (1908) dans la région Rubli-Gummfluh, puis refusée par des auteurs qui rétablirent la liaison souterraine; réhabilitée avec des arguments détaillés par LUGEON & GAGNEBIN (1941), qui l'étendirent à toutes les Préalpes romandes, cette conception fut de nouveau contestée dans les années 60; finalement, elle est pleinement rétablie et développée par les analyses stratigraphiques minutieuses de BAUD (1972), et étendue aux Préalpes du Chablais par SEPTFONTAINE & LOMBARD (1976).



Fig. 6. L'écaille de Trias du Mont d'Or, dans les Préalpes romandes. Exemple d'une «épave» des Préalpes médianes rigides.

Le passage à la cinématique est bien plus hasardeux. LUGEON & GAGNEBIN attribuaient la fragmentation des Rigides à des disjonctions par traction et des érosions pendant la marche de la nappe. Aujourd'hui, on tend à reculer dans une large mesure la date de ces disjonctions à l'époque du décollement même de la nappe, et celle des érosions à une date encore plus ancienne. Ces ajustements n'altèrent pas la conclusion du raisonnement, si on met l'accent sur la précocité de la coupure entre la nappe et sa racine (l'argument le plus fort à nos yeux), plutôt que sur la traction et l'érosion (qui jouaient le premier rôle dans l'argumentation de LUGEON & GAGNEBIN).

Enfin, on pourrait envisager que les Médiannes, puisqu'elles ne peuvent pas être poussées de l'arrière, ont été entraînées passivement par une nappe active sus-jacente. En l'occurrence, le contexte géologique rend cette alternative, que LUGEON & GAGNEBIN ne s'étaient guère souciés de réfuter, très peu vraisemblable.

Ajoutons que toute cette argumentation concerne essentiellement la dernière étape du transport des Médiannes, celle qui les vit arriver dans leur position actuelle; mais les étapes antérieures de cette translation posent des problèmes dynamiques beaucoup plus difficiles et encore non résolus. La place nous manque pour discuter ces questions de façon plus approfondie, mais nous les mentionnons pour souligner l'extrême complexité de ce type de reconstitution dynamique.

A cet argument essentiel, LUGEON & GAGNEBIN en ajoutaient d'autres: la tendance des nappes à remplir les creux (perte de potentiel gravifique); et l'impossibilité mécanique, pour certaines nappes minces et constituées de terrains ductiles, de transmettre des contraintes sans céder. En revanche, il est curieux que nos auteurs ne mentionnent pas un argument très intuitif, qui avait beaucoup frappé SCHARDT, et qui a été employé souvent depuis lors: l'existence d'une série continue de termes de transition entre les nappes et des éléments exotiques de la taille des blocs, manifestement mûs par la gravité. Mais en 1943, LUGEON développera aussi cet argument avec la diverticulation.

En dépit des nombreuses réserves de détail qu'on peut émettre sur divers points de la reconstitution de LUGEON & GAGNEBIN, leur travail restera une tentative remarquable de *déduire une dynamique d'observations géométriques*. A cet égard, leur essai revêt à nos yeux une valeur exemplaire et représente une contribution importante aux progrès de la tectonique.

Il serait hors de notre propos de suivre l'histoire de cette théorie dans d'autres régions des Alpes et surtout dans d'autres chaînes de montagnes, où l'écoulement gravitatif des nappes devint très à la mode dans les années 1950 et 1960. Nous n'ajouterons qu'une dernière remarque: beaucoup de géologues tirèrent argument de l'existence des nappes de gravité pour nier la tectonique «argandienne» et les dérives continentales. LUGEON & GAGNEBIN ne cédèrent jamais à cette illusion; pour eux, l'écoulement des nappes superficielles n'était qu'un mécanisme complémentaire et amplificateur des compressions de socle:

«On voit donc qu'il peut exister trois types de nappes:

1. Nappes actives dues à la dérive continentale.
2. Nappes mi-passives dues à l'entraînement par frottement de ce qui se trouve sous les nappes actives ...
3. Nappes passives dont une partie est activée par poussées dépendant de la dérive primaire des nappes actives, l'autre partie formée par le glissement par gravité» (LUGEON, manuscrit inédit de 1943).

«Aujourd'hui, nous envisageons plusieurs mécanismes différents, complémentaires. Pour les grandes nappes penniques ..., la compression du géosynclinal par poussée latérale, par dérive du socle africain. Pour le surplus de matière qui a débordé le cadre du géosynclinal, écoulement lent sous l'effet de la pesanteur. Il faudrait ajouter encore l'action des mouvements isostatiques provoqués par les surcharges que représente l'accumulation des nappes» (GAGNEBIN 1942).

«La tectonique d'écoulement n'est, en fait, qu'un complément à la tectonique classique. Elle ne s'exerce que sur un domaine restreint: le surplus de matière que les formidables compressions du centre de la chaîne ont fait déborder le cadre de l'auge géosynclinale» (GAGNEBIN 1945).

L'église se trouvait ainsi remise au centre du village par ceux-là mêmes qui l'avaient ébranlée en montrant les limites. A la même époque, d'autres géologues alpins mirent aussi en garde contre un engouement excessif pour la «tectonique d'écoulement» (GOGUEL 1946, TERCIER 1950).

C. *La diverticulation*

L'Ultrahelvétique a toujours eu la réputation d'une zone d'une extrême complication. Cette complexité s'explique par une succession de dislocations, qu'on peut rattacher à au moins trois groupes principaux d'événements: (1) La mise-en-place de l'Ultrahelvétique lui-même, phénomène complexe que nous allons examiner plus en détail. (2) La mise-en-place des nappes helvétiques; rappelons que la postériorité de ces dernières fut établie par LUGEON (1902a), qui en montra les effets sur la structure de l'Ultrahelvétique (cf. p. 546). (3) Le passage des autres nappes préalpines par-dessus l'Ultrahelvétique; non seulement ce passage a profondément marqué la structure de l'Ultrahelvétique dans les Préalpes internes, mais il en a de plus entraîné de grandes écailles sur 30 km jusqu'au front des Préalpes. En soustrayant de la géométrie actuelle les effets des événements (2) et (3), on doit pouvoir remonter aux événements (1).

On se rendit vite compte (LUGEON 1902a) que l'Ultrahelvétique est constitué de plusieurs nappes plus ou moins enchevêtrées. Mais ce n'est qu'à travers les longues et patientes recherches de LUGEON et ses élèves, d'ARN. HEIM (1920), de HUBER (1933), et d'autres, que prit progressivement forme un schéma régional cohérent qui ramenait les innombrables écailles ultrahelvétiques à un petit nombre de nappes bien définies. En 1940, on avait ainsi dégagé quelques règles de ce chaos apparent:

(a) Les séries stratigraphiques des nappes ultrahelvétiques sont incomplètes et complémentaires. Par exemple, en nous limitant à quatre nappes et en simplifiant, la nappe de Bex contient du Trias et du Lias, celle d'Arveyes du Dogger, celle d'Anzeinde du Malm et du Crétacé inférieur, et celle de la Plaine Morte du Crétacé supérieur et du Tertiaire.

(b) Soustraction faite des déformations causées par les événements (2) et (3), les séries de ces nappes sont toujours normales.

(c) Mais ces nappes normales contiennent généralement des terrains d'autant plus anciens qu'elles sont plus élevées [toujours sous réserve des déformations (2) et (3)]; elles sont donc empilées dans l'ordre inverse de leur superposition originelle. Ainsi, des quatre nappes citées, Plaine Morte est à la base, surmontée par Anzeinde, puis par Arveyes, et enfin par Bex.

(d) Enfin, certains critères stratigraphiques (p. ex. la profondeur de la transgression du flysch) aident à repérer les positions originelles respectives des séries dans le bassin ultrahelvétique.

Tels sont les faits qu'il fallait expliquer. Ce furent les réflexions d'HÉLI BADOUX, qui préparait alors sa thèse dans les Préalpes internes sous la direction de LUGEON, qui amenèrent en 1943 une solution élégante à ce problème. Son principe réside dans le clivage, selon ses horizons les plus ductiles, d'une série initiale complète; emportées successivement par leur poids, ces tranches décollées (les diverticules) glissent les unes après les autres et se retrouvent finalement superposées dans l'ordre inverse du départ, certaines pouvant même jouer à saute-mouton. A ce chassé-croisé vertical s'ajoute un jeu horizontal qui peut aboutir à la juxtaposition ou même à l'interversion d'éléments issus de parties différentes du bassin. Cette explication cinématique impliquait une dynamique purement gravitative, dont l'idée venait justement de s'imposer dans les Préalpes. Et c'est sur ce mille-feuille gravitatif qu'agirent ultérieurement les déformations qui donnent à l'Ultrahelvétique toute sa complexité, d'abord par-dessous avec la mise-en-place des nappes helvétiques (LUGEON 1902a et 1940b), puis par-dessus avec le passage des autres nappes préalpines (BADOUX 1945, HOMEWOOD 1974).

L'élève ayant fourni les éléments de la solution, le maître créa le terme qui désigne dès lors ce mécanisme: la *diverticulation*¹¹). Déjà âgé, LUGEON ne publia qu'une note préliminaire (1943). Un manuscrit beaucoup plus long et détaillé resta inédit. Il appartient alors à BADOUX de préciser l'utilisation de ce concept, ce qu'il fit après la poursuite de longues recherches sur le terrain par lui-même et ses propres élèves (1963b et 1967; BADOUX & LOMBARD 1962, p. 26-30).

Un des éléments les plus intéressants de la note courte mais dense de LUGEON (1943) est sa description du passage des phénomènes tectoniques aux phénomènes sédimentaires, et l'usage qu'il en fit pour expliquer la formation chaotique du wildflysch:

«Il peut arriver que la diverticulation prenne un développement excessif. C'est ainsi que ce que l'on appelle la nappe de la Plaine Morte est formé par des diverticules de second ordre, qui se présentent comme des lames ou lentilles de Turonien ou de Maestrichtien, ces deux terrains étant toujours sans relations entre eux, lames perdues dans le Flysch et la plupart du temps dans le Wildflysch. Celui-ci serait lui-même l'exagération de la diverticulation, soit le produit de glissements» (LUGEON 1943).

En fait, les «diverticules de second ordre» de LUGEON correspondent exactement à ce qu'on a couramment appelé, plus récemment, des olistolites (FLORES 1955). LUGEON est encore plus net dans son manuscrit inédit; pour les distinguer des *diverticules majeurs* qui sont à l'échelle de la nappe, il les appelle *diverticules mineurs*, et donne comme exemple-type «les lames de Néocrétacé contenues dans l'unité Plaine-morte, elle-même diverticule majeur».

Il s'en suit que les écaïlles dont l'empilement constitue l'Ultrahelvétique résultent, le plus souvent, non pas du laminage tectonique de plis-failles, comme on l'a longtemps interprété, mais de disjonctions pendant un glissement gravitatif: «La disposition en lentilles serait donc originelle et non due à des actions mécaniques ultérieures» (LUGEON 1943). Dans son manuscrit inédit, LUGEON discute ce problème en détail et expose des situations où, en «tectonique classique», le raccord de

¹¹) Le choix de ce terme n'était pas des plus heureux; dans l'une des rédactions de son manuscrit resté inédit, LUGEON envisage de le remplacer par le terme «dérupitation», que son étymologie latine très expressive rend bien préférable. Mais la diverticulation s'est imposée ...

deux écaïlles d'une même nappe ne pourrait se faire qu'à travers une autre nappe! Il en conclut:

«Quand on cherche à raccorder ces différentes unités tectoniques les unes avec les autres, on ne trouve pas de solution satisfaisante, à moins de faire intervenir des jeux de saute-mouton et des virtualités d'éléments ... C'est alors que se présente ainsi la démonstration de la dispersion originelle par gravité des diverticules ...»

Ces idées mirent du temps à s'imposer, mais sont toujours mieux confirmées par les recherches récentes (HOMEWOOD 1976, MASSON 1976).

LUGEON a donc insisté sur le glissement des diverticules ultrahelvétiques dans un bassin marin pendant la sédimentation du flysch. BADOUX a présenté un point de vue un peu différent, parlant d'une diverticulation plus tardive, plus purement tectonique, et à sec. A notre avis, cette divergence entre les deux pères de la diverticulation résulte de ce que le poids principal des recherches de chacun a porté sur des terrains différents. En l'état actuel de nos connaissances, il paraît plausible que les diverticules se soient déclanchés à la marge S du domaine helvétique sur une terre récemment émergée, peut-être encore sujette à des retours temporaires de la mer, dans un contexte de tectonique active (failles subcontemporaines à rejet hectométrique et érosion rapide, donc tremblements de terre probables); de là, le glissement les aurait emportés, en les fragmentant de plus en plus, dans le bassin marin adjacent où se déposait encore le flysch helvétique, à la sédimentation normale duquel leur arrivée aurait mis fin. En tout cas, il est aujourd'hui certain que ce phénomène a été beaucoup plus rapide et concentré dans le temps que ne l'envisageait LUGEON: dans les Préalpes internes, la diverticulation ultrahelvétique paraît cantonnée à la base de l'Oligocène. On peut y voir le contre-coup gravitatif, dans une ambiance de sismicité vigoureuse, des premiers plis causés par la contraction qui, en s'amplifiant, donna ensuite naissance aux nappes helvétiques.

Telle est la théorie de la diverticulation. On constate que ce développement si fructueux de la tectonique gravitative marque un retour, sous une forme beaucoup plus élaborée, à des conceptions fondamentalement proches de celles qu'avait autrefois énoncées SCHARDT. Mais il faut bien prendre garde que ses successeurs des années 1940-50 se trouvaient devant une situation qu'un demi-siècle de recherches actives avait rendue beaucoup plus complexe; l'accumulation, pendant 50 ans, d'une masse de données stratigraphiques et tectoniques nouvelles, imposait à toute tentative de théorie cohérente des contraintes bien plus nombreuses qu'à l'époque de SCHARDT. Et ce sera toujours plus le cas à l'avenir.

Mais il restait encore une difficulté à vaincre pour donner une solidité définitive à l'édifice: le *problème des racines*, qui fut résolu par BADOUX en 1946 (d'où le choix de cette date dans le titre de ce chapitre). On sait que LUGEON, au début du siècle, avait rattaché les nappes ultrahelvétiques à la nappe helvétique du Wildhorn par des synclinaux de raccord. Lorsqu'il développa l'idée de la diverticulation en 1943, il se rendit bien compte qu'il y avait une contradiction entre ces deux conceptions. Dans son manuscrit inédit, il consacre un chapitre spécial à l'analyse de ce problème; des réflexions du vieux savant s'échappent d'émouvants aveux d'impuissance: «J'avoue que quelque chose m'échappe ... Il y a dans tout cela un point faible ... Il se peut que les attaches que je crois avoir comprises ne soient pas les vraies ...» Cette incertitude est peut-être la raison pour laquelle il ne publia jamais

le manuscrit. N'étant plus en âge de reprendre toute cette affaire, il la confia donc à son élève, qui s'attaqua ainsi à la «zone des racines», région particulièrement difficile où les complications tectoniques abondent et où la forte déformation des roches rend souvent problématique l'identification des terrains.

Par une étude minutieuse, BADOUX (1946) put rétablir certaines attributions stratigraphiques incorrectes de LUGEON. Il montra ainsi que l'important «synclinal du Prabé» ne raccordait pas l'Ultrahelvétique à l'Helvétique, mais était en réalité un pli postérieur à la mise-en-place du premier sur le second. Les «racines» ultrahelvétiques se voyaient ainsi rejetées vers le S, dans la cicatrice séparant le front pennique de l'Helvétique¹²). Autrement dit la notion de racine s'évanouit pour les nappes ultrahelvétiques (ce qui est normal pour des nappes de gravité); on peut seulement dire que la zone radicale de la nappe du Wildhorn, largement cachée sous le Pennique frontal, tient simultanément lieu, pour une étape antérieure de la déformation de cette zone, de patrie des nappes ultrahelvétiques. Ainsi se trouvaient réconciliées la structure des racines helvétiques et la diverticulation.

Une dernière remarque pour conclure: par tous ces travaux, le concept même de nappe subissait une profonde évolution. Avec la dynamique gravitative, la notion classique de *racine* s'évanouissait, comme on vient de le voir, pour faire place à celle de *patrie*, selon le terme heureusement choisi par FALLOT (1956, p. 104). La première est très concrète et purement géométrique; la seconde est plutôt paléogéographique, et surtout plus abstraite, puisque la *dénudation tectonique* (GIGNOUX 1942 et 1948) ne laisse, après les recouvrements ultérieurs par des éléments plus internes, qu'une *cicatrice* (pour reprendre le mot également heureux de HAUG 1904).

On venait donc d'ôter aux nappes gravitatives leurs racines, voilà maintenant que la diverticulation leur supprime leur continuité. Qu'en reste-t-il? «Des abstractions commodes qui simplifient le langage et évitent d'introduire un nom particulier pour chaque diverticule» (BADOUX 1967). La *nappe* subsiste en effet en tant que concept utile pour classer des éléments allochtones isolés de même contenu stratigraphique, mis en place simultanément à partir de la même zone paléogéographique. Nous sommes loin des définitions des auteurs de la fin du 19^e ou du début du 20^e siècle ... Cet usage du mot *nappe* peut choquer, mais nous ferons remarquer qu'il existe toutes les transitions entre la nappe entièrement cohérente et l'amas de lentilles (les Préalpes médianes rigides représentent un cas intermédiaire); et que l'âge de la fragmentation d'une série cohérente en éléments isolés peut être variable, et de plus difficile à déterminer.

VI. Tendances récentes et vues d'avenir

La période récente de la géologie des Préalpes ressemble à celle de 1902 à 1940: recherche très active et en grande partie soustendue par la volonté d'appliquer et de perfectionner un concept qui venait de démontrer son efficacité, en l'occurrence la tectonique de gravité. Il n'est pas question ici de donner un compte rendu de ces nombreux travaux. Nous nous bornerons à indiquer quelques tendances, et à relever

¹²) Ce dont des cartes tectoniques récentes tiennent encore insuffisamment compte, restant imprégnées de la notion traditionnelle d'une «zone des racines ultrahelvétiques».