

SÉANCE MENSUELLE DU 16 MAI 1953.

Présidence de M. J. DE ROUBAIX, vice-président.

Le président annonce le décès de M. A. BIGOT, membre honoraire depuis 1925 et rappelle sa carrière et ses travaux scientifiques.

Présentation de nouveaux membres :

MM. RAYMOND GOVAERTS, 13, Grand'Place, à Ath; présenté par MM. M. l'Abbé Delcourt et A. Delmer.

LÉON-L.-J. LAMBRECHT, Prospecteur géologue, 88, rue Bonne Nouvelle, à Liège; présenté par MM. H. Chaudoir et W. Van Leckwijck.

THÉO VERBEEK, Pharmacien, candidat en géologie, Donkstraat, 21, à Ophoven (Limbourg); présenté par MM. A. Hacquaert et M. Gulinck.

ALBERT CARLIER, Candidat ingénieur des Mines (U.L.B.), 129, boulevard des Invalides, Auderghem; présenté par MM. A. Lombard et G. Mortelmans.

Dons et envois reçus :

De la part des auteurs :

- 10821 ... XIX^e Congrès Géologique International, Alger 1952. — Liste des géologues du Monde invités à assister au XIX^e Congrès Géologique International. — Symposium sur les séries de Gondwana, par Curt Teichert. — Monographies régionales, 1^{re} série : Algérie, 27 numéros; Monographies régionales, 2^e série : Tunisie, 7 numéros; Monographies régionales, 3^e série : Maroc, 6 numéros. — Atlas photographique d'Algérie. — Travaux de l'Institut de recherches sahariennes. Tome VIII, 1952.
- 10822 ... Berita gunung berapi. Bandung, 1952, 96 pages, figures et 1 carte.
- 10823 *Bachelet, F., Ferretti Sforzini, M. et Ippolito, F.* Studio della radio-attività di lave vesuviane. Naples, 1951, 6 pages et 4 figures.
- 10824 *Cadish, J.* Geologie der Schweizer Alpen. Bâle, 1953, 480 pages, 66 figures et 8 planches.

- 10825 *Dessau, G.* Antimony deposits of Tuscany. Chicago, 1952, 17 pages et 2 figures.
- 10826 *Hée, A. et Lecolazat, R.* Interprétation et utilisation de la mesure du rayonnement pénétrant des roches sur le terrain. Strasbourg, 1952, 4 pages.
- 10827 *Hée, A., Wack, M. et Jarovoy, M.* Étude du rayonnement β des roches. Strasbourg, 1952, 5 pages et 2 figures.
- 10828 *Ippolito, F.* Sulle mineralizzazioni metallifere dei massicci calabresi. Naples, 1952, 2 pages.
- 10829 *Lecolazat, R.* Sur le calcul pratique des dérivées partielles du premier et du second ordre du potentiel gravifique d'un prisme indéfini. Strasbourg, 1952, 3 pages et 2 figures.
- 10830 *Musée Royal du Congo Belge.* Bibliographie géologique du Congo Belge et du Ruanda-Urundi. Vol. III, 1935-1944. Bruxelles, 1952, 131 pages.
- 10831 *Nicklès, M.* Carte géologique de l'Afrique équatoriale française et du Cameroun, au 1/2.000.000 (3 cartes), avec notice explicative. Paris, 1952.
- 10832 *Symétain.* Le pays de l'étain. Bruxelles, 1953, 391 pages et nombreuses photos.
- 10833 *Wack, M.* Dosage du potassium à l'aide de son rayonnement β dans les sels naturels de potasse. Strasbourg, 1925, 5 pages et 3 figures.

Communications des membres :

B. VAN DE POEL. — *La signification géologique du Bolderberg.* (Texte ci-après.)

L. VAN WAMBEKE. — *Les processus pegmatito-pneumatolytiques dans les granites.* (Texte ci-après.)

F. CORIN. — *Roches volcaniques de l'entre-Bushimaie-et-Lomami.* (Texte ci-après.)

A. LOMBARD. — *Présentation d'un profil tectonique du mont Everest à la plaine du Gange.* (Texte ci-après.)

La signification géologique du Bolderberg,

par B. VAN DE POEL.

Le Bolderberg est une des nombreuses collines allongées de direction Sud-Ouest-Nord-Est du triangle Hasselt-Berlingen-Diest qui rendent ce coin de la Campine limbourgeoise si pittoresque. Ces collines doivent leur existence au travail d'érosion d'une série de ruisseaux parallèles, affluents du Démer : le Laambeek, le Mangelbeek, le Zwartebeek, etc. (fig. 1).

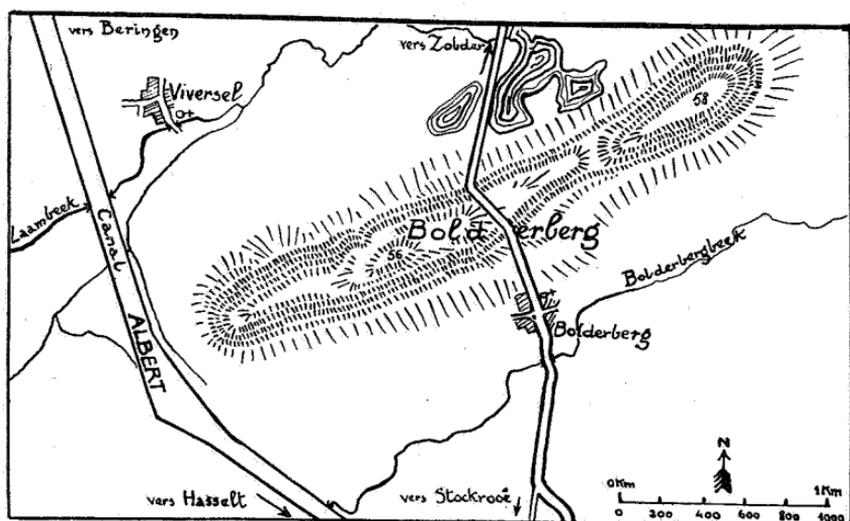


FIG. 1.

Les formes assez hardies de ces collines sont dues à la présence des grès ferrugineux résistants du sable diestien qui affleure dans cette région.

Le Bolderberg ⁽¹⁾ est la première de cette série de collines en partant de Hasselt; il est bordé au Sud-Est par la vallée du Bolderbergbeek, au Nord-Ouest par celle du Laambeek; il est traversé par la route Stevoort-Zolder.

(1) Des parties de la colline prennent parfois les noms de Notarisberg, de Galgenberg, de Kaleberg et elle porte à son extrémité orientale, dans un splendide massif forestier, un ancien ermitage « De Kluis ».

C'est André Dumont qui, parcourant le pays de 1836 à 1849, en vue du levé de la Carte géologique du Royaume ⁽²⁾, visita le Bolderberg à plusieurs reprises et y découvrit un gravier fossilifère séparant des sables supérieurs glauconifères avec bancs de grès ferrugineux de sables inférieurs blanchâtres micacés. Il rangea les sables supérieurs dans son système Pliocène-Diestien et créa pour les sables inférieurs un « Système boldérien » d'après le nom de la colline, système qui représenterait le Miocène en Belgique.

Depuis cette époque de nombreux géologues belges et étrangers ont visité le Bolderberg et étudié la position stratigraphique et la composition faunique du gravier fossilifère pour en déduire ensuite l'âge des sables sous-jacents; de nombreuses et parfois vives discussions en résultèrent et un grand nombre d'études y furent consacrées dont la dernière en date fut celle de M. R. TAVERNIER en 1938.

Faire l'historique de ces discussions qui ont duré pendant près d'un siècle et examiner les principaux travaux consacrés à ce sujet, tel est le but de cette étude.

Avant d'aborder le problème géologique proprement dit, il nous semble intéressant de donner un aperçu de l'idée qu'on se faisait au milieu du siècle dernier quant à l'origine du Bolderberg.

Dans son « Abrégé de Géologie » (7^e éd. 1862, p. 557), d'OMALIUS D'HALLOY ⁽¹⁾ envisage les collines diestiennes entre Cassel et le Bolderberg comme dues à une irruption sous-marine de matières ferrugineuses entraînées par des eaux ascendantes à travers une large fente de direction Ouest-Est et passant près de Renaix, Louvain et Diest. Ces matières ferrugineuses, arrivées à la surface, se seraient étalées en formant un bourrelet sur l'ouverture.

Il désigne cette interprétation sous le nom d'« hypothèse des éjaculations ».

d'OMALIUS D'HALLOY envisage également l'hypothèse de la dénudation des terrains diestiens en laissant des buttes-témoins entre Cassel et le Bolderberg, mais il croit cette dénudation comme vraiment trop étendue pour être vraisemblable et préfère à cette hypothèse celle des éjaculations, qu'il étaié de plusieurs arguments.

(2) Carte géologique du Royaume en 9 feuilles à l'échelle de 1/160.000 publiée en 1849.

Il range les collines diestiennes de Cassel au Bolderberg sous le n° 17 (Tatra) du « Système de montagnes » d'ÉLIE DE BEAUMONT.

*
**

Après ces considérations préliminaires, venons-en à la question géologique proprement dite.

D'abord que peut-on observer actuellement dans les différentes coupes au Bolderberg ? Ensuite, quel est le problème qui s'y pose ?

Dans ces différentes coupes on observe de haut en bas un sable grossier glauconifère avec, par endroits, de nombreuses traces de fousseurs; ce sable, qui forme localement des bancs de grès ferrugineux, peut atteindre une puissance de 3 m; en dessous se trouve un gravier de 0 m 10 d'épaisseur en moyenne, composé de silex gris et noirs roulés, avellanaires et ovulaires, de débris de coquilles silicifiées et de blocs de grès ferrugineux avec empreintes de fossiles; plus bas se rencontre un sable blanchâtre assez fin, micacé, légèrement glauconifère, non fossilifère.

D'autre part, J. GOSSELET a observé en 1876, dans le talus de la route Stevoort-Zolder qui traverse le Bolderberg, un dédoublement du gravier fossilifère et une couche de sable blanc entre les deux graviers.

Le problème qui se pose maintenant est de savoir s'il y a deux graviers fossilifères réellement distincts ou s'il n'y en a qu'un seul; de déterminer la position stratigraphique du ou des graviers fossilifères et l'âge des sables sous-jacents, intermédiaires et sus-jacents.

Voyons comment les différents auteurs, depuis DUMONT en 1849 jusqu'à TAVERNIER en 1938, décrivent et interprètent les différentes coupes observées.

A. DUMONT (1849).

Dans ses « Mémoires sur les terrains Crétacé et Tertiaire », t. II, édité par M. MOURLON en 1882 (2), DUMONT décrit avec grand soin ses observations faites au Bolderberg.

Il range les sables supérieurs glauconifères avec bancs de grès ferrugineux, reposant sur un gravier de silex gris et noirs, dans son « Système diestien », qu'il considère comme étant d'âge pliocène inférieur.

Il considère les débris de coquilles silicifiées, quoique roulés et remaniés, comme appartenant à la formation des sables blancs micacés et légèrement glauconifères et range l'ensemble dans son « Système boldérien », qu'il considère comme d'âge miocène.

D'autre part, de ses observations faites à Stein (Hollande) et à Ransberg, au Sud-Est de Waanrode, il déduit que son système boldérien commence à la base par un lit de cailloux.

DUMONT fait donc débiter son système boldérien par un gravier et se terminer sous le gravier de base du Diestien. La présence de ces graviers est pour lui l'indice de changements brusques dans la sédimentation, correspondant à ce qu'il considère comme des « révolutions » de l'écorce terrestre.

Pour marquer la place qu'occupe le système boldérien dans les terrains tertiaires de DUMONT, nous faisons suivre ici sa « Légende stratigraphique de la Carte Géologique du Royaume à l'échelle de 1/160.000 en 9 feuilles » (1849).

Terrains tertiaires.	Série supérieure.	Pliocène.	{	Système scaldisien ..	Sables et graviers coquilliers.
			{	Système diestien	Cailloux, sable glauconifère ou ferrugineux, sable glauconifère coquillier.
	- Série inférieure.	Miocène.	{	Système boldérien ..	Cailloux, sable glauconifère, sable blanchâtre, gravier coquillier, sables divers.
				Système rupélien	Sable argileux, argile schistoïde. Gravier, sable à pétoncles, argile à nucules, sable jaunâtre.
		Miocène inférieur ou Eocène supérieur.	{		
	Eocène supérieur.	{	Système tongrien.		
			Système laekenien.		
	Eocène moyen.	{	Système bruxellien.		
			Système panisélien.		
Eocène inférieur.	{				
		Système landénien.			

En 1873, les géologues ORTLIEB et DOLLFUS réunissent les systèmes rupélien et tongrien sous le nom d'Oligocène.

Dans le Rapport sur la Carte géologique du Royaume (3),

ANDRÉ DUMONT décrit le système boldérien comme composé de deux étages :

un *étage marin*, dont la partie inférieure consiste en sables glauconifères, et la partie supérieure en sables jaunâtres où viennent se ranger les sables fossilifères du Bolderberg, et un *étage fluviatile* composé de sable et de lignite dont on trouve des traces sous le Campinien.

E. VAN DEN BROECK (1874).

En 1874, E. VAN DEN BROECK conduit au Bolderberg une excursion de la « Société Malacologique de Belgique ».

Dans le rapport qu'il publie à la suite de cette excursion (4), il note que le gravier fossilifère « semble » parfois se dédoubler et le range dans le Diestien, alors qu'il considère les sables blancs micacés sous-jacents comme « les représentants de la plage rupélienne ».

Il admet ici une lacune entre l'Oligocène rupélien et le Pliocène diestien, correspondant à l'Oligocène supérieur et au Miocène.

A la suite de ces conclusions, RUTOT et VAN DEN BROECK adoptent la classification suivante pour l'Oligocène :

Oligocène.	{	supérieur ... Manque.	{	marin.	{	Sables blancs du Bolderberg.
		moyen Rupélien.		Argile de Boom.		
		inférieur Tongrien.		fluvio-marin.	Argile à nuculus de Berg.	

J. GOSSELET (1876).

M. J. GOSSELET visite le Bolderberg en 1876 et consigne ses observations dans une communication à la Société Géologique du Nord (5).

M. GOSSELET lève et décrit minutieusement la coupe du talus de la tranchée qu'emprunte la route Stevoort-Zolder nouvellement établie (fig. 2).

Il distingue de haut en bas les sables glauconifères avec bancs de grès ferrugineux, avec, à la base, un conglomérat de gros grains de sable, de silex noirs et de débris de fossiles.

Il considère cet ensemble comme Pliocène diestien.

Par endroits le gravier fossilifère se dédouble, la partie supérieure reste glauconifère, les galets et les fossiles y sont beau-

coup moins nombreux que dans la partie inférieure; la partie inférieure n'est plus colorée par la glauconie; elle est encore formée par des sables à gros grains mélangés de galets, les fossiles y sont assez bien conservés, quoiqu'il y ait de nombreux débris.

Là où le gravier fossilifère est simple, on trouve au-dessous de celui-ci les sables fins micacés boldériens; là où ce gravier est dédoublé, on trouve entre les deux graviers du sable blanc tout à fait semblable au sable blanc inférieur que M. GOSSELET désigne par « sable blanc intermédiaire ».

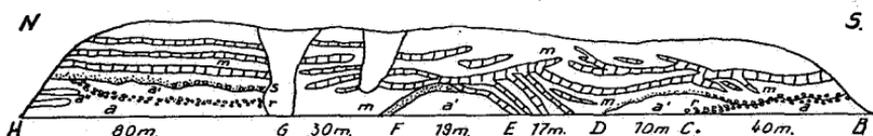


FIG. 2.

Diestien :

- s Couche de sable à gros grains glauconifères, renfermant, par places, des galets et fossiles remaniés;
- m Sable glauconifère avec concrétions ferrugineuses disposées en lits irréguliers et souvent obliques à la stratification.

Boldérien :

- a Sable blanc sans fossiles;
- a' Sable blanc intermédiaire, supérieur à la ligne de galets;
- a'' Concrétions ferrugineuses dans le sable blanc; elles sont bien différentes de celles du sable glauconifère;
- r Couche de galets noirs de sable à gros grains et de débris de fossiles

M. GOSSELET considère les fossiles du gravier comme contemporains de la couche qui les renferme et celle-ci comme intercalée au milieu des sables boldériens; comme DUMONT, il admet l'âge miocène de ces sables.

M. GOSSELET explique le dédoublement du gravier par l'effet du ravinement de la mer diestienne, ayant par endroits atteint le gravier original dont elle a repris des éléments pour former un deuxième conglomérat.

P. COGELS (1877).

M. P. COGELS, dans une étude sur les systèmes diestien et boldérien de DUMONT (6), y fait l'analyse critique des travaux d'ORTLIEB, VAN DEN BROECK, MOURLON et GOSSELET, pour arriver aux mêmes conclusions que J. GOSSELET.

E. VAN DEN BROECK (1880).

En 1880, M. VAN DEN BROECK retourne au Bolderberg avec la Société Malacologique de Belgique.

A la suite de cette excursion, dont il publie le compte rendu dans les *Annales* de cette société (7), il admet cette fois-ci l'âge miocène du « sable intermédiaire » de GOSSELET, mais considère les sables blancs inférieurs *comme un dépôt représentant la dune ayant terminé l'émergence de la série oligocène en Belgique.*

O. VAN ERTBORN et P. COGELS (1881).

Dans le « Texte explicatif du levé géologique de la planchette de Kermt (Bolderberg) » (8), ces deux auteurs adoptent la manière de voir de E. VAN DEN BROECK.

Echelle stratigraphique de O. VAN ERTBORN et P. COGELS (1881) :

Pliocène.	}	Diestien.	{	Sable glauconifère, parfois fossilifère, et grès ferrugineux. Cailloux, sables graveleux et fossiles remaniés de la couche miocène.
Miocène.	{	Anversien (talus de la tranchée du Bolderberg).	{	Sable blanc avec strates et grumeaux d'argile verdâtre ou brunâtre, traces de végétaux (sable intermédiaire de M. Gosselet). Cailloux, gravier quartzeux et fossiles anversiens.
Oligocène.	}	Boldérien.	{	Sable blanchâtre fin, micacé, parfois ferrugineux et cohérent. Sable bleuâtre ou verdâtre micacé, pointillé de glauconie.
		Rupélien supérieur.	{	Argile sableuse. Argile plastique.
		Rupélien inférieur.	{	Sable jaune.

E. VAN DEN BROECK (1884).

A l'occasion du levé de la feuille de Diest de la Carte géologique par E. VAN DEN BROECK, celui-ci découvre un gîte fossilifère dans les sables boldériens de Waanrode, au Sud de Diest (9).

La faune, déterminée par MM. VAN DEN BROECK et VINCENT, y est nettement miocène et présente une grande analogie avec celle du gravier fossilifère du Bolderberg.

La différence essentielle entre le gîte de Waanrode et celui du Bolderberg est que dans le premier cas on a affaire à des

fossiles nettement *in situ*, parfois bivalves, dans des sables à peine graveleux, alors que dans le second ils se présentent sous la forme de coquilles triturées et usées accompagnées d'amas de cailloux.

Comme au Bolderberg, le gîte fossilifère de Waanrode se trouve à peu de distance sous le sommet de la formation boldérienne, qui est recouverte par les éléments typiques et fossilifères de l'étage pliocène diestien, dont un abondant lit de cailloux roulés la sépare nettement.

De la découverte du gîte fossilifère de Waanrode, M. VAN DEN BROECK conclut *que l'étage boldérien doit être définitivement éliminé de la série oligocène et appartient sans conteste au terrain miocène.*

A. VON KOENEN et G. DEWALQUE (1884-1885).

M. VON KOENEN, se basant sur l'observation qu'il a faite de fossiles aquitaniens à Elslo, soutient l'idée que la partie inférieure du Boldérien de DUMONT doit être rattachée à l'Oligocène supérieur (10).

Se rangeant à cette opinion, M. DEWALQUE considère les sables blancs inférieurs du Bolderberg comme représentant l'Oligocène supérieur, et le conglomérat fossilifère ainsi qu'une mince couche de sable (sable intermédiaire de Gosselet) comme miocènes.

Remarquons que cette opinion correspond exactement à celle de M. VAN DEN BROECK de 1880, avant la découverte par celui-ci du gîte fossilifère de Waanrode.

E. VAN DEN BROECK (1895).

M. DEWALQUE, mettant en doute la fameuse découverte de VAN DEN BROECK et continuant à ranger les sables inférieurs du Bolderberg dans l'Oligocène supérieur, M. VAN DEN BROECK, voulant confondre son adversaire, organise les 13 et 14 juillet 1895 une excursion au Bolderberg et à Waanrode de la Société Belge de Géologie, à laquelle il invite spécialement M. DEWALQUE. M. DEWALQUE manquera, malheureusement, au rendez-vous.

D'après le compte rendu publié par M. VAN DEN BROECK sur cette excursion historique (11), celui-ci a raillié tous les géologues participant à ses vues.

Suite à ce rapport, le Conseil de direction de la Carte géologique, dans sa séance du 23 juillet 1895, admet le bien-fondé

de la thèse de M. VAN DEN BROECK d'après laquelle *les sables blancs du Bolderberg renferment une faune miocène in situ*, et fixe définitivement la légende du Miocène.

M. DEWALQUE, blessé par cette décision, donne sa démission de membre et vice-président de ce Conseil.

*
**

Après ce premier demi-siècle de discussions sur la signification géologique des sables du Bolderberg, le moment nous semble venu de nous arrêter un instant et de faire le point.

Nous avons vu comment ANDRÉ DUMONT, entreprenant son œuvre gigantesque du levé de la Carte géologique de la Belgique entière, avait créé son « Système boldérien », qu'il considérait comme représentant le Miocène dans notre pays. Après avoir visité le Boldenberg, ELSLO, STEIN, WAANRODE, RANSBERG, etc., son esprit synthétique l'avait rangé entre deux graviers, celui couronnant l'Oligocène et celui formant la base du Diestien. Il considérait la partie supérieure comme continentale fluviale, et la partie inférieure, glauconifère, comme marine.

DUMONT était arrivé à cette conception sans se laisser guider, ou peu, par des considérations paléontologiques.

Dès 1831, M. NIJST avait étudié la faune du gravier fossilifère du Bolderberg.

Mis à part les fossiles du Diestien sus-jacent qui y sont mêlés, mais qui par leur caractère spécial de conservation s'en distinguent facilement, il arrivait insensiblement à la conviction que la faune du gravier fossilifère était d'âge miocène.

Il trouvait dans cette faune des similitudes avec celle des sables à Panopées et à Pétoncles des environs d'Anvers, quoique une vingtaine d'espèces du Bolderberg n'étaient pas représentées dans les sables d'Anvers.

En 1861 ⁽³⁾ il arrivait à la conclusion, qu'au lieu de rapprocher les sables noirs d'Anvers du système diestien, comme on l'avait fait jusqu'alors, il fallait les rapporter au système boldérien.

Après lui, GOSSELET, VAN DEN BROECK et VINCENT devaient arriver à la même conclusion.

(3) *Bull. Acad. de Belgique*, 2^e série, t. XII, p. 32.

C'est surtout après la découverte en 1884 par VAN DEN BROECK du gîte fossilifère de Waanrode, dont la faune fut étudiée par VINCENT, que la situation se précise.

La liste de fossiles publiée à la suite de cette étude révèle que, sur les *dix-neuf* espèces de mollusques dûment déterminées, pas une seule n'appartient au terrain oligocène, *seize* se retrouvent dans les sables d'Anvers, *huit* dans ceux du Bolderberg, *quatorze* appartiennent également au Pliocène diestien et *onze* vivent encore dans les mers actuelles.

On en conclut que la faune holdérienne est incontestablement miocène; que les affinités de cette faune avec celle des sables d'Anvers et plus particulièrement avec l'assise inférieure, celle à *Panopœa Menardi*, s'imposent.

A la suite de ces conclusions et sur proposition de M. VAN DEN BROECK, le Conseil de la Carte géologique décide de grouper les étages anversien et boldérien sous la seule dénomination d'*étage boldérien*.

Nous concluons donc que l'étude paléontologique des formations du « Système boldérien » de DUMONT vient confirmer entièrement les vues de ce dernier quant à leur âge miocène.

Nous faisons suivre ici la Légende de la Carte géologique de Belgique, dressée par ordre du Gouvernement (3^e état, 1900).

SYSTEME MIOCÈNE.

MIOCÈNE SUPÉRIEUR.

Étage boldérien.

- Bdd. Sable noirs d'Anvers, à *Pectunculus pilosus*;
Sables blancs, micacés, du Bolderberg (4).
- Bdc. Sables argileux d'Edegem, à *Glycimeris gentilis*
(*Panopœa Menardi* ?).
- Bdb. Sable moyen verdâtre, glauconifère à la base.
- Bda. Gravier : cailloux de silex.

On aurait pu croire, après la séance du Conseil de la Carte géologique du 23 juillet 1895, dans laquelle on avait fixé la légende du Miocène en Belgique et qui avait entraîné la démission de DEWALQUE, la question épineuse des sables du Bolderberg comme définitivement résolue.

Malheureusement, l'étude des sondages, effectués en Cam-

(4) La réunion de ces deux termes de deux régions différentes sous une même notation n'implique pas leur synchronisme absolu.

pine à la recherche de la houille à la suite du fameux sondage d'ANDRÉ DUMONT fils à As en 1901, allait rouvrir le débat autour de la modeste colline limbourgeoise, qui durera, plus animé que jamais, pendant un nouveau demi-siècle !

G. SMITZ et X. STAINIER (1909).

Depuis 1895, à l'exception de MM. ERENS (1895) et BRIQUET (1907), aucun géologue n'avait plus soutenu l'opinion de l'âge oligocène des sables inférieurs du Bolderberg, quand MM. SCHMITZ et STAINIER, étudiant les sondages de la concession de Zolder en 1909, en reprirent l'idée (12).

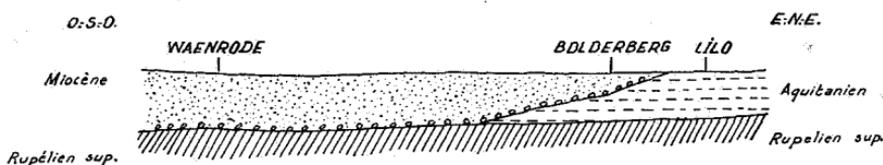


Fig. 3

Ces sondages sont ceux de Lambroeck (n° 70), de Lilo (n° 73) et de Voort (n° 79), situés tous trois immédiatement au Nord du Bolderberg et dont celui de Lambroeck ne se trouve qu'à 4.300 m de la coupe classique de la colline.

SCHMITZ et STAINIER trouvent, sous une couche de gravier avec cailloux de silex noirs, débris de fossiles, moules roulés de fossiles, cailloux subarrondis de grès glauconifères (concrétions phosphatées), une formation d'une trentaine de mètres de sable à grain moyen, glauconifère, gris verdâtre et passant insensiblement au Rupélien sous-jacent. Les cinq mètres supérieurs contiennent une faune caractérisant l'Oligocène supérieur.

MM. SCHMITZ et STAINIER identifient le gravier surmontant cette formation au gravier fossilifère inférieur du Bolderberg et en concluent, par analogie, à l'âge oligocène supérieur des sables blancs inférieurs du Bolderberg.

Ils concilient leur conception avec la présence du Boldérien miocène à Waanrode, en faisant se terminer cette formation en biseau au Bolderberg par le « sable intermédiaire » (fig. 3).

*
**

A la suite de la publication du travail de MM. SCHMITZ et STAINIER, les géologues ne mettront plus en doute, durant de longues années, l'âge oligocène supérieur des sables inférieurs

du Bolderberg et identifieront le gravier fossilifère inférieur du Bolderberg au gravier de Lambroeck, Lilo, Voort, qu'ils considèrent comme étant le même que celui d'Elslo.

Telle est encore l'opinion de MM. F. HALET (13) et M. LERICHE (14) en 1920.

F. HALET (1923).

Ce n'est qu'en 1923 que M. F. HALET, après avoir étudié spécialement le gravier fossilifère d'Elslo et l'avoir reconnu dans de nombreux sondages de Campine, conclut à sa différence totale de celui du Bolderberg.

Dans une note qu'il publie à la suite de l'excursion de la Société Belge de Géologie du 4 septembre 1923 (15), il dit : « Nous estimons que les données actuelles nous permettent de conclure qu'il n'est pas vraisemblable que le gravier du Bolderberg soit de même âge que celui d'Elslo. Ce gravier ne représenterait pas le *début* de la transgression miocène, mais indiquerait une transgression plus récente d'âge miocène moyen ou pliocène inférieur.

» Par ce fait, les sables blancs inférieurs ne seraient pas d'âge oligocène chattien, mais d'âge miocène, et pourraient être rangés, sans inconvénient nous semble-t-il, dans l'étage boldérien de DUMONT.

» Comme on le voit, nous revenons aux idées émises par DUMONT (1849), GOSSELET (1876) et VAN DEN BROECK (1895). »

M. HALET complète cette étude par une coupe Ouest-Est à travers la Campine; faute de données suffisantes, il arrête de représenter le gravier d'Elslo un peu à l'Est du Bolderberg, mais à un niveau inférieur à celui du gravier de la colline.

F. HALET (1935).

En 1935, enfin, M. HALET, étudiant des sondages effectués sur les deux rives du canal d'embranchement du canal de jonction Meuse-Escaut, entre le coude du canal et Viversel, donc au pied même du Bolderberg, aura la grande satisfaction de retrouver le gravier d'Elslo (16). Il pourra maintenant prolonger celui-ci sous le Bolderberg, comme il l'avait prévu dès 1923.

Enfin l'étage boldérien miocène, y compris les sables inférieurs, semble bien cette fois-ci définitivement identifié, limité en dessus par le gravier de base si typique du Diestien et en

dessous par le gravier fossilifère non moins typique d'Elslo, exactement comme le génial créateur du « Système boldérien » se l'était imaginé cent ans auparavant !

F. HALET (1936).

Ajoutons qu'en 1936, M. HALET signalait, pour la première fois en Belgique (17), dans les sondages des environs de Genk-Sledderlo, la superposition du Boldérien continental au Boldérien marin, prouvant ainsi l'existence des deux étages que DUMONT mentionnait en 1849 dans la description de son « Système boldérien ».

R. TAVERNIER (1938).

En 1935 et 1936, M. TAVERNIER visite en détail plusieurs coupes au Bolderberg ainsi que la sablière de Schipbroeck à Waanrode et consigne ses observations et déductions dans un travail qu'il publie en 1938 dans le *Bulletin* de la Société Belge de Géologie (18).

M. TAVERNIER s'y rallie aux idées de M. HALET, mais, comme le supposait déjà M. G. VELGE en 1909 (19), il n'admet *qu'un seul gravier* qui est l'équivalent de celui de Waanrode et forme incontestablement la base du Diestien.

CONCLUSIONS.

Du coup d'œil d'ensemble sur les observations et travaux concernant la signification géologique du Bolderberg pendant un siècle, que nous venons d'esquisser, nous pouvons conclure que peu d'endroits en Belgique ont donné lieu à d'aussi longues et âpres controverses que cette modeste colline campinoise. A juste titre on peut dire qu'elle est célèbre dans les annales de la géologie.

Rappelons que les sables blancs micacés situés sous le gravier fossilifère inférieur ont été considérés comme étant d'âge miocène de 1849 à 1874 (DUMONT), comme plage rupélienne de 1874 à 1876 (VAN DEN BROECK), comme d'âge miocène de 1876 à 1880 (GOSSELET), comme dune, ayant terminé l'émergence de l'Oligocène, de 1880 à 1884 (VAN DEN BROECK), comme d'âge miocène (VAN DEN BROECK) et d'oligocène supérieur (VON KOENEN et DEWALQUE) de 1884 à 1909, comme d'âge oligocène supérieur de 1909 à 1923 (SCHMITZ et STAINIER), comme d'âge miocène de 1923 à nos jours (F. HALET).

La question se pose alors de savoir à quoi il faut attribuer ces nombreuses variations dans la classification de la couche des sables inférieurs du Bolderberg et, plus en général, la grande difficulté de l'interprétation de la coupe entière.

Cette difficulté réside tout d'abord dans la présence au Bolderberg de ce gravier épais d'un décimètre, constitué de silex roulés et de débris de coquilles silicifiées, au sommet d'une formation sableuse n'ayant livré aucun fossile, et se dédoublant par endroits; gravier que l'on n'a reconnu sous cet aspect aberrant en aucun autre lieu, pas plus à Elslo et Waanrode que dans les nombreux sondages de Campine, y compris ceux qui, à proximité du Bolderberg même, traversent la formation boldérienne entière.

S'il a été si laborieux de faire rendre son secret au Bolderberg, c'est dû, d'autre part, au fait que celui-ci est situé dans une région-limite : l'Oligocène supérieur, dont on constate la présence à peu de distance au Nord-Est, n'y existe plus et le Diestien s'y termine en biseau en direction du Sud-Sud-Est.

De l'avis de MM. HALET et TAVERNIER, il serait d'ailleurs probable que des accidents tectoniques eussent dérangé l'allure normale des couches tertiaires de la région.

Remarquons enfin que les géologues, à la suite de M. GOSSELET, semblent bien s'être arrêtés à trop de détails et n'ont pas suffisamment tenu compte de l'idée directrice de DUMONT, qui, comme hypothèse de travail, plaçait le système boldérien entre le gravier de base du Diestien et celui d'Elslo, sans avoir vu ce dernier au Bolderberg, mais l'ayant observé à Elslo, à Stein et à Ransberg.

C'est d'ailleurs en relisant les Mémoires de DUMONT que HALET a entrevu la signification stratigraphique exacte des sables inférieurs du Bolderberg, qu'il a pu confirmer par la suite.

En conclusion de cette étude, nous ne pouvons que rendre hommage au génie de DUMONT, dont la conception de son « Système boldérien », malgré le peu de données dont il disposait, s'est révélée comme justifiée en tous points après un siècle d'observations, d'études et de discussions passionnées.

Chanly, mars 1953.

BIBLIOGRAPHIE.

1. D'OMALIUS D'HALLOY, Abrégé de Géologie (7^e éd., 1862).
2. A. DUMONT, Mémoires sur les terrains crétacé et tertiaire préparés par feu André Dumont, édités par Michel Mourlon, t. II, Hayez, Bruxelles, 1882.

3. A. DUMONT, Rapport sur la Carte géologique du Royaume (*B.A.R.S.B.*, t. XVI, 1849).
4. E. VAN DEN BROECK, Rapport sur une excursion faite le 16 juillet 1874 au Bolderberg (*A.S.M.B.*, t. IX, 1874).
5. J. GOSSELET, Relations des sables d'Anvers avec les systèmes diestien et boldérien (*A.S.G.N.*, t. IV, 1876).
6. P. COGELS, Considérations nouvelles sur les systèmes boldérien et diestien (*A.S.M.B.*, t. XII, 1877).
7. A. VAN DEN BROECK, Observations nouvelles sur les sables diestiens et sur les dépôts du Bolderberg (*A.S.M.B.*, t. XV, 1880).
8. O. VAN ERTBORN et P. COGELS, Texte explicatif du levé géologique de la planchette de Kermt (Bolderberg), 1881.
9. E. VAN DEN BROECK, Note sur la découverte des fossiles miocènes dans les dépôts de l'âge boldérien à Waanrode (*A.S.M.B.*, t. XIX, 1884).
10. A. VON KOENEN, Comparaison des couches de l'Oligocène supérieur et du Miocène de l'Allemagne septentrionale avec celles de la Belgique (*A.S.G.B.*, t. XII, 1884-1885).
11. E. VAN DEN BROECK, Compte rendu sommaire de l'excursion au Bolderberg et au gisement fossilifère de Waanrode faite par la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie les 13 et 14 juillet 1895 (*B.S.B.G.*, t. IX, 1895).
12. G. SCHMITZ et X. STANIER, Découverte en Campine de l'Oligocène supérieur marin. La question de l'âge du Boldérien de Dumont (*A.S.G.B.*, t. XXXVI, 1908-1909).
13. F. HALET, La géologie tertiaire de la Campine anversoise et limbourgeoise (*B.S.B.G.*, t. XXX, 1920).
14. M. LERICHE, L'âge du gravier fossilifère d'Elslo (Limbourg hollandais). La position du Boldérien dans le Néogène de la Belgique (*B.S.B.G.*, t. XXX, 1920).
15. F. HALET, Sur l'âge des sables situés sous le gravier fossilifère du Bolderberg (*B.S.B.G.*, t. XXXIII, 1923).
F. HALET et A. RENIER, Compte rendu de l'excursion de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie en Campine du 3 au 6 septembre 1923 (*B.S.B.G.*, t. XXXIII, 1923).
16. F. HALET, Nouvelles observations sur la stratigraphie du Bolderberg (*B.S.B.G.*, t. XLV, 1935).
17. — Le Néogène et l'Oligocène entre Hasselt et Genck (*B.S.B.G.*, t. XLVI, 1932).
18. R. TAVERNIER, Le cordon littoral du Bolderberg (*B.S.B.G.*, t. XLVIII, 1938).
19. G. VELGE, La Géologie du Bolderberg (*A.S.G.B.*, t. XXXVII, 1909-1910).

ABRÉVIATIONS.

- B.A.R.S.B.* = Bulletin de l'Académie Royale des Sciences de Belgique.
A.S.M.B. .. = Annales de la Société Malacologique de Belgique.
A.S.G.N. .. = Annales de la Société Géologique du Nord.
A.S.G.B. .. = Annales de la Société Géologique de Belgique.
B.S.B.G. .. = Bulletin de la Société Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie.

Les processus pegmatito-pneumatolytiques dans les granites,

par L. VAN WAMBEKE.

Les théories actuelles considèrent que le granite est le produit de différenciation d'un magma de composition gabroïque ou granodioritique. Cette évolution conduit finalement à un granite à biotite dont les constituants minéralogiques fondamentaux sont : la biotite, l'orthose, les plagioclases et le quartz. Après la cristallisation de ces minéraux essentiels le bain résiduel s'enrichit en composés volatils.

Les phases pegmatito-pneumatolytiques se développent soit sous forme de pegmatites (ou de pneumatolites) bien individualisées, soit au sein de la roche granitique elle-même, par remplacements partiels des constituants primitifs. Ce dernier cas est particulièrement fréquent quand les « solutions » résiduelles se trouvent dans un état supercritique (1).

L'évolution granitique résiduelle conduit à une variété à muscovite (par ex. dans les régions stannifères : Cornouailles, Congo Belge, Erzgebirge).

Beaucoup de pétrographes, parmi lesquels : H. ROSENBUSCH, JOHANNSEN, VOGT, etc., avaient noté la présence de minéraux considérés comme pneumatolytiques (topaze, tourmaline, béryl, cassitérite, colombite) dans les granites.

On en conclut à une possibilité de développement de phases résiduelles au sein de la roche ignée elle-même.

Pour étudier ces processus pegmatito-pneumatolytiques il convient de se référer à l'ouvrage fondamental de FERSMAN (2) sur les pegmatites.

Certains phénomènes sont comparables à ce que nous rencontrons dans les pegmatites de haute température à monazite et terres rares. Habituellement les pegmatites à monazite se présentent sous forme de différenciation locale dans la

(1) Ce fait est analogue aux pegmatites. Les phénomènes de remplacement deviennent très importants quand les solutions se trouvent dans un état supercritique.

(2) FERSMAN, Les pegmatites granitiques (*Ac. Sc. U.R.S.S.*, 1931, Leningrad).

roche ignée elle-même. La monazite, assez abondante, est alors accompagnée par d'autres minéraux, comme le zircon, l'orthite, la biotite, un plagioclase et l'orthose (ou microcline).

L'auteur anglais C. F. DAVIDSON ⁽³⁾ a constaté que dans certains granites la quantité de monazite disséminée en petits cristaux était beaucoup plus importante vers la partie supérieure des batholites. Il faut en conclure que lors de la montée des « solutions » résiduelles, les conditions physico-chimiques ne permettaient guère l'existence de vraies pegmatites et que la monazite s'est de ce fait dispersée dans la coiffe granitique.

On peut donc trouver dans une telle roche ignée de bordure deux générations de monazite, zircon, etc. : une antérieure et une postérieure à la cristallisation des constituants fondamentaux du granite.

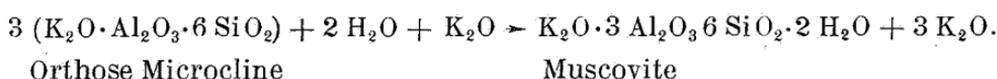
La dispersion dans la zone supérieure des batholites de certains niobotantalates et titanoniobotantalates peut s'expliquer de la même manière.

La cristallisation du bain résiduel sous forme de pegmatites (ou de pneumatolites) est notamment favorisée par l'existence de fractures dans la roche ignée ou encaissante. Par contre, un faible développement de ces fractures et un refroidissement assez rapide conduisent à des conditions défavorables et les phases résiduelles se dispersent au sein de la masse granitique mère.

Nous rencontrons aussi des cas intermédiaires avec coexistence des deux processus. Ce sont principalement les phases potassique, sodique et lithique dans un état supercritique qui métasomatisent partiellement le granite et en modifient sa composition minéralogique et chimique. Le granite à biotite primitif passe à une variété à 2 micas (granulite), puis à un granite à muscovite sans biotite qui caractérise la *phase potassique*.

La muscovitisation affecte la biotite et les feldspaths.

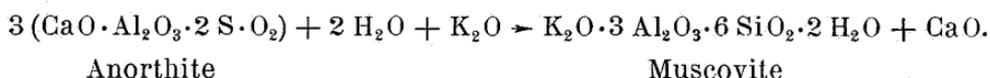
Ce processus dans le cas des feldspaths potassiques donne lieu à l'équation suivante :



L'ion K peut former postérieurement de la séricite et autres micas.

⁽³⁾ C. F. DAVIDSON, The Distribution of Radioactivity (*Min. Magazine*, déc. 1951, vol. LXXXV, n° 6).

Dans le cas des plagioclases, nous avons libération des ions Ca et Na et l'équation suivante dans le cas de l'anorthite :



L'ion Ca libéré peut entrer postérieurement dans la composition de certains minéraux comme l'épidote, etc.

Le mica noir est partiellement remplacé par la muscovite dans les granites à 2 micas et entièrement dans les granites à muscovite.

Certaines roches ignées montrent une cristallisation simultanée des deux micas et dans ce cas il semble que la muscovite soit un des constituants fondamentaux des granites au même titre que la biotite, à moins que cette dernière se présente en deux générations (4), dont l'une pourrait bien correspondre à une phase résiduelle pegmatitique riche en minéraux noirs.

À côté de la muscovite nous pouvons rencontrer d'autres minéraux pneumatolytiques en dispersion dans le granite, comme la tourmaline, le béryl, la colombite, la topaze, la cassitérite.

La muscovitisation du granite peut d'ailleurs être accompagnée d'une tourmalinisation (granite des Cornouailles).

Les processus de muscovitisation sont fréquents dans les granites liés aux gisements d'étain.

Comme exemples nous pouvons citer le granite à biotite des Cornouailles (5), qui est chargé de muscovite et tourmaline vers la coiffe des batholites;

La granulite d'Échassières (6) (Massif Central) est marquée par une muscovitisation et une kaolinisation intense.

Elle renferme de petits cristaux de cassitérite disséminés, ce qui montre l'importance des processus pegmatito-pneumatolytiques dans cette roche.

Les gisements stannifères kibariens (7) sont génétiquement liés à un granite à deux micas, quelquefois tourmalinifère.

(4) JOHANNSEN, *Petrography*, 1932, vol. II, p. 150.

(5) J. B. HILL, MC ALLISTER, *Geology of Falmouth and Truro and of mining district of Camborne and Redruth (Memoirs of the Geol. Surv. Engl. and Wales, 1906)*.

(6) L. DE LAUNAY, *Bull. Soc. Geol. de France*, 1888, t. 16, p. 1065.

(7) B. ADERCA, *Contribution à la connaissance géologique des gisements stannifères kibariens et à leur métallogénie (C. Sp. Katanga, 1950)*.

Ce même cas s'applique localement aux gîtes d'étain liés à l' « older granite » (8) du Nigéria.

Dans les îles Bangka et Billiton (9) (Indonésie) la cassitérite est disséminée dans le granite.

Il y a de plus répartition zonaire des différentes variétés de granites du centre vers la périphérie.

- 1° Vers le noyau granite à biotite.
- 2° Vers la zone intermédiaire ... granite à biotite et muscovite (avec tourmaline éventuelle).
- 3° Vers la zone externe granite à muscovite (avec tourmaline éventuelle).

Un très bel exemple de cette répartition zonaire a été décrit par N. VARLAMOFF dans son étude des gisements de cassitérite de la région de Kalima (10).

Ce zonage des batholites est assez comparable à ce que nous rencontrons dans les pegmatites. Cette répartition zonaire nous montre qu'en cas de dissémination de minéraux exploitables dans la roche ignée (cassitérite, colombite, béryl, topaze, etc.), ceux-ci sont essentiellement concentrés dans l'enveloppe supérieure des batholites et que leur teneur diminue en allant vers le noyau (cas identique à celui de la monazite).

Les placers à cassitérite-colombite, etc., ne seront donc riches que si l'érosion n'a pas encore atteint le noyau du batholite.

La phase albitique postérieure à la phase potassique micacée dans les pegmatites est souvent présente dans les granites du type précédent, mais passe inaperçue dans un grand nombre de cas.

L'albite se substitue aux constituants fondamentaux du granite (principalement les feldspaths) et aux minéraux des phases pegmatito-pneumatolytiques antérieures. Ainsi dans le granite

(8) R. JACOBSON et J. S. WEBB, The Pegmatites of Central Nigeria (*Bull.* n° 7, 1946).

R. A. MACKAY, R. GREENWOOD and J. E. ROCKINGHAM, Geology of the Plateau Tinfields Resurvey, 1945-1948.

(9) R. BECK, Die Zinnerzlagertstätten von Bangka und Billiton (*Z. Prakt. Geol.* 1898, pp. 121-127).

(10) N. VARLAMOFF, Gisements de cassitérite de la région de Kalima (Maniema, Congo belge) (*Bull. Soc. Belg. Géol.*, t. LXXI, *Bull.* n° 7, avril 1948).

de Kipata (Kibara) ⁽¹⁰⁾ l'albite remplace le microcline et le quartz. Elle renferme des inclusions de muscovite.

Il faut également noter que cette phase sodique est assez fréquente dans les diorites. C'est notamment le cas pour beaucoup de ces roches en Belgique, où nous voyons l'albite remplacer les constituants antérieurs.

On sait que postérieurement à la base albitique ou simultanément avec celle-ci nous pouvons rencontrer une phase lithique dans les pegmatites. Dans certaines conditions les « solutions » lithiques envahissent le granite et en remplacent partiellement les constituants. Cette phase lithique peut donner naissance aux granites à zinnwaldite de certaines régions stannifères. Comme exemple nous pouvons citer : l'Eibenstock granite (Saxe) ⁽¹¹⁾, localement le granite à biotite des Cornouailles et le granite des Mourne Mountains en Irlande ⁽¹²⁾.

Les autres minéraux lithiques, la lépidolite et le spodumène, sont plus rares.

Les phénomènes de remplacement et leurs séquences, au sein des granites, sont comparables à ce qui se passe dans les pegmatites. Cette analogie est d'ailleurs déterminée par des processus identiques.

Dans les pegmatites (et pneumatolites) la cristallisation lente et la concentration des fluides ou solutions permettent la précipitation de formes cristallines géantes (béryl, spodumène, feldspath, cassitérite, micas). Dans les granites, les conditions physico-chimiques sont autres; la dispersion des fluides ou des solutions dans la masse et leur cristallisation beaucoup plus rapide expliquent l'absence de cristaux de belle dimension.

CONCLUSION.

On peut considérer que les granites à muscovite seule, à tourmaline, à zinnwaldite sont dérivés d'un granite à biotite partiellement métasomatosé par des processus pegmatito-pneumatolytiques.

La plupart des granites à deux micas ont une origine semblable.

⁽¹¹⁾ F. SANDBERGER, Ueber Lithion-Eisenglimmer und ihre Beziehungen zu Zinnerz-gängen (*Neues Jahrb.*, 1883, II, pp. 92-94).

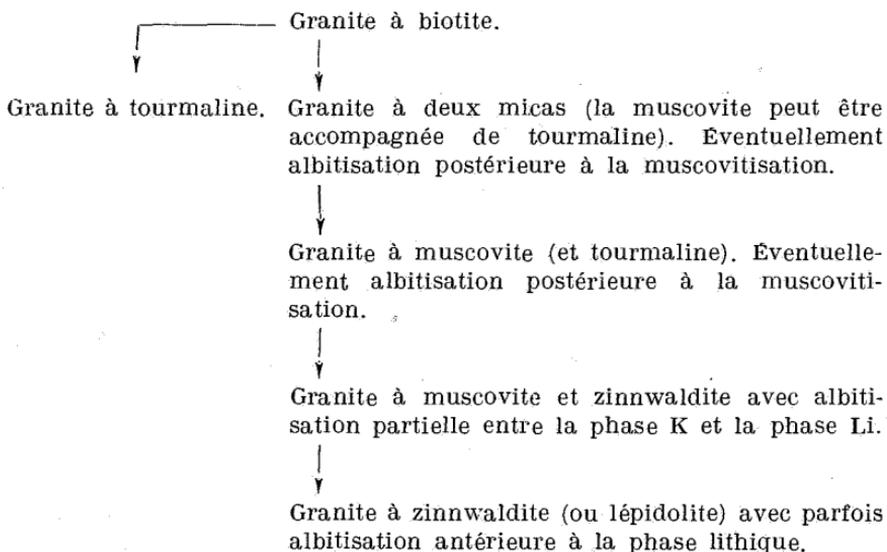
⁽¹²⁾ W. J. SOLLAS, On the occurrence of Zinnwaldite in the granite of the Mourne Mountains (*Proc. Roy. Irish. acad. Ser.*, 3-1, 1889-1890, pp. 379-380).

Nous pouvons distinguer au moins 3 phases principales qui peuvent modifier la composition minéralogique et chimique des granites. Ce sont successivement :

- 1° Une phase potassique supercritique avec muscovitisation et quelquefois tourmalinisation;
- 2° Une phase albitique avec de l'albite remplaçant principalement les F;
- 3° Une phase lithique (plus rare).

Ces processus de métasomatose amènent un enrichissement du granite en alcalis et surtout en potassium et sodium, ce que nous montrent effectivement les analyses chimiques (JOHANNSEN).

L'évolution pegmatito-pneumatolytique théorique du granite à biotite peut se schématiser comme suit :



Roches volcaniques de l'entre-Bushimaie-et-Lomami,

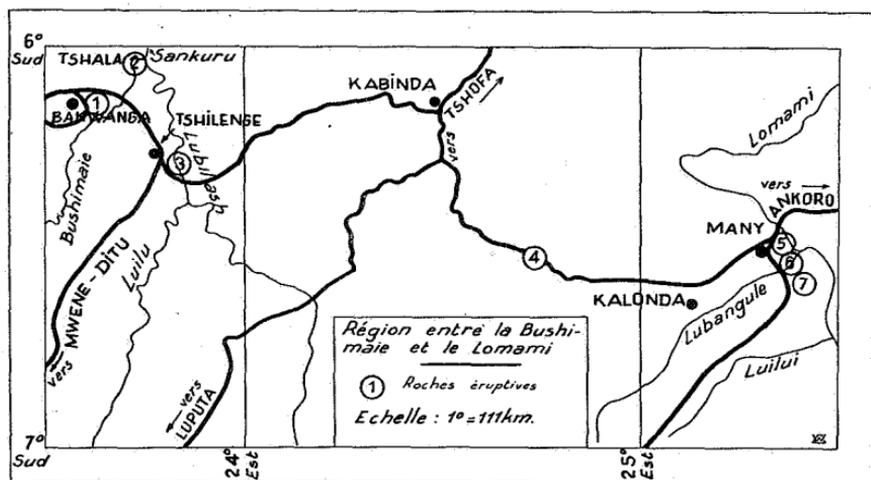
par F. CORIN,

Directeur du Service géologique du Congo belge.

L'origine des champs diamantifères du Kasai intrigua longtemps le monde géologique colonial. L'énigme est particulièrement aiguë pour la région de la Bushimaie, où la richesse et la concentration des gisements sont telles qu'on doit fatalement croire que la source première en est proche.

On se souvient que cette source fut, à certains moments, recherchée dans une roche basique (6) (1). On pensa alors à une diabase observée dans la Bushimaie.

Plus récemment, la découverte d'une Kimberlite diamantifère au centre d'exploitation de Bakwanga [1] (1) vint raviver l'intérêt des spéculations (8, 9, 14, 18). Mais, jusqu'à présent, cette



Kimberlite ne montre d'autres formes que de nappes ou d'amas, formes inusitées pour ce type de roches; enfin, l'âge serait postérieur au Karroo pour les uns (18), antérieur au Karroo pour les autres (8, 14). Les arguments manquent, et rien ne peut encore être affirmé avec quelque précision.

Je n'ai pas l'intention d'épiloguer sur un sujet déjà touffu,

(1) Les chiffres entre parenthèses renvoient à la bibliographie, à la fin du texte; les chiffres gras entre crochets renvoient à la carte topographique.

mais bien de signaler certaines particularités géologiques, gisements de roches volcaniques de la région frontière du Kasai et du Katanga entre les 6° et 7° parallèles Sud, lesquelles pourraient n'être pas sans relations entre elles ni avec les Kimberlites.

Je m'empresse d'ajouter que le gros des observations fut fait par M. PROSPER SCHNOCK, géologue au Service géologique du Congo belge jusqu'au début de 1947, et que je n'ai fait qu'en préciser quelques détails en même temps que définir certaines natures lithologiques.

La Kimberlite est une roche volcanique basique bréchoïde de la série alcaline qui, dans ses gisements types, remplit des pipes ou cheminées. Un des caractères les plus constants de cette roche est la haute teneur en chrome de certains de ses minéraux. Le diamant est accessoire; en fait, une majorité des Kimberlites en est dépourvue ou très pauvre. Ces roches sont éminemment altérables et n'apparaissent en surface que comme une terre rouge ou jaune très hétérogène.

La roche de Bakwanga est hétérogène et présente cet aspect altéré; les minéraux en sont fortement chromifères (2).

On crut d'abord, sur la foi de levés géophysiques indirects (9), y délimiter une cheminée. Mais il fallut bientôt déchanter : les sondages n'y révélèrent que des nappes, coulées, ou amas remaniés (14, 18).

Il s'agit donc d'une variété apparemment exceptionnelle de Kimberlite, dont le centre éruptif reste encore à trouver (3).

Je voudrais, en parcourant la région, attirer l'attention sur l'abondance des roches volcaniques aux alentours de ce gisement, faire ressortir le caractère effusif de certaines de ces roches, le caractère bréchoïde de quelques autres et la jeunesse évidente de quelques-unes d'entre elles.

De nombreux gisements de roches diabasiques frangent la Bushimaie et le Lubilash aux environs du confluent de ces deux rivières. Elles ont été décrites par M. E. POLINARD (13).

A une quinzaine de kilomètres au Nord de Bakwanga, au lieu dit « Tshala », la minière du B.C.K. possédait une petite

(2) Une roche du même type, également chromifère, a été trouvée dans un puits de prospection, dans la région de Tshikapa.

(3) Des sondages semblent avoir enfin découvert des cheminées (*note ajoutée en cours d'impression*).

centrale électrique. Des travaux considérables sont en cours depuis plusieurs années aux fins d'y utiliser plus complètement les chutes de Dilonga sur le Lubilash [2].

Au long des sept dernières années, j'ai visité à diverses reprises :

- 1° Le site de l'ancienne centrale,
- 2° Le canal d'amenée de l'eau à celle-ci,
- 3° Le lit rocheux de la rivière à l'ancien barrage,
- 4° Un premier canal de dérivation,
- 5° Les travaux importants du nouveau canal d'amenée et de la nouvelle centrale.

On a pu y observer, sur une surface de plusieurs kilomètres carrés, de nombreux affleurements d'une roche incontestablement volcanique, dont une partie est notre vieille diabase de la Bushimaie.

En tous cas, il s'agit ici — et j'insiste — incontestablement de roches volcaniques; le caractère effusif est indéniable. En voici quelques aspects :

- a) Succession de coulées minces et de tufs, avec géodes de calcédoine et de zéolites;
- b) Accumulation de boules parfois très volumineuses, noyées dans des traînées de roches friables qui sont des tufs ou des cendrées;
- c) Aspect de laves en coussins.

Enfin, et tout aussi incontestablement, les tufs et cendrées sont encore friables, ce qui dénote leur âge récent.

En bien des endroits, les boules ou les coussins présentent, en leur intérieur, de larges cristallisations de calcite, de chlorite, de calcédoine et de quartz; des géodes des mêmes minéraux lardent également les coulées.

Particulièrement remarquables sont, d'une part, les calcédoines, généralement roses ou rouges, veinées à la manière des agates (4), et, d'autre part, le quartz, qui est parfois de l'améthyste, mais, plus souvent, le minéral rouge mat, encapuchonné, décrit par M. H. BUTTGENBACH, en provenance de Thiel-Saint-Jacques (1).

(4) Notons les agates, source la plus probable de celles des graviers diamantifères et des graviers de l'Ouest du Congo. L'abondance de ceux-ci suggère que de nombreux gisements de roches volcaniques sont encore à trouver.

On se souviendra que ces cristaux encapuchonnés sont formés d'une première génération de quartz tapissée d'abord de Goethite, puis recouverte d'une dernière couche de quartz, celle-ci presque toujours hyaline.

Le tapis de Goethite est formé de minuscules pustules à structure fibro-radiée, souvent jointives ou densément accolées, en général rouges, mais parfois aussi noires (5).

Si, de cet intéressant gisement de Tshala, nous nous écartons de vingt-cinq à trente kilomètres vers l'Est, c'est pour découvrir, sur la rive gauche du Lubilash immédiatement à l'Est de Tshilenge, une importante falaise de roches basiques qui paraissent litées et pourraient être effusives [3].

Il faut ensuite nous reporter à quelque cent kilomètres plus à l'Est.

Sur la route de Kabinda à Many, au passage d'un ruisseau, nous observons une brèche volcanique basique très pyritifère [4].

Le poste cotonnier de Many domine la vallée du Lomami.

Parmi d'autres roches plus ou moins diabasiques échelonnées le long de la rivière jusqu'à quelque distance de celle-ci, affleure largement, près d'un ancien atelier, entre le poste et la rivière, une brèche volcanique basique [5].

Prenant alors la direction du Sud-Est par une piste qui s'insinue entre les rivières Lubangule et Luilui, nous atteignons bientôt un petit pont sur la rivière Lubangule, affluent de gauche du Lomami. Cette rivière est d'un étrange comportement : sous le pont, elle apparaît comme un gros ruisseau peu profond et tranquille; à quelques centaines de mètres en aval, elle s'effondre brusquement dans un cañon en une chute des plus impressionnantes. Il est à peine croyable que le petit ruisseau donne naissance à une pareille masse d'eau.

Cette cascade est d'ailleurs si bien encaissée dans la forêt et étouffée par celle-ci, qu'on peut à peine en soupçonner l'existence d'un kilomètre loin.

Nous noterons que la cascade se fait sur une imposante masse de roche basique d'aspect doléritique [6].

(5) Ici, la Goethite n'a pas été identifiée.

Reprenons notre piste et passons la Lubangule. Ce sera pour découvrir à peine au delà de celle-ci, dans l'angle resserré entre cette rivière et le Lomami, deux énormes cirques ou cratères [7].

Le plus grand de ceux-ci mesure plusieurs centaines de mètres de diamètre et une centaine de mètres de profondeur. Les parois laissent voir de nombreux pointements de roches éruptives d'aspect doléritique et le fond est formé d'éboulis de même nature.

Ces cirques ne font nullement saillie sur le plateau; les roches semblent bien en place; l'hypothèse de cratères de météores ne paraît pas vraisemblable. D'autre part, il existe du calcaire dans la région, mais aucun aspect karstique; nous ne pourrions guère retenir l'hypothèse d'un vaste cirque de dissolution sous la roche éruptive.

Notons au passage que la plus récente carte géologique du Congo belge (2) porte, le long du Lomami dans la région qui nous intéresse, l'indication d'une bande de roches basiques. Rien n'y distingue les brèches ou les cratères, mais elle englobe les trois derniers gisements.

L'ensemble des curiosités que je viens de décrire, et qui vont de la Kimberlite aux complexes volcaniques et aux brèches, pour se terminer sur deux cratères, est, me semble-t-il, de nature à exercer la sagacité des géologues. Le caractère effusif des brèches, des coulées et des tufs ne fait aucun doute.

On pourrait d'ailleurs étendre une étude de ce genre. Il existe des roches volcaniques en d'autres points situés plus à l'Est et plus au Sud : Kamina, où apparaît une roche granophyrique; Bukama, avec ses diabases amygdaloïdes, où les amygdales sont encore remplies de calcédoine et de chlorite (4); Kisulu, près de Luena (3), et, enfin, les Kimberlites des Kundelungu (17).

Il en existe également au Sud-Ouest et à l'Ouest en direction de Luisa et de Tshikapa (2).

Sans doute en est-il d'autres encore qui, recouvertes d'un manteau de sable ou de limon, ou encore rendues méconnaissables par l'altération (6), échappent à l'observation première.

(6) Les Kimberlites altérées prennent l'aspect de roches argileuses ou schistoïdes jaunâtres fort peu typiques. La Kimberlite de Bakwanga était découverte quelque temps avant son identification. Il en est de même de celle de Tshikapa (cfr. *supra*).

De tous les gisements cités, deux au moins dénotent un volcanisme très récent : ce sont les laves de Tshala, encore parfaitement meubles et sans trace de recristallisation, et les cratères de Many, qui sont postérieurs au Karroo et peut-être au Kalahari, sans quoi des sédiments les auraient comblés.

Les granophyres de Kamina pourraient être intercalés dans le Karroo à la manière des roches analogues de l'Afrique du Sud, ou en occuper la base; il n'est d'ailleurs pas exclu que certaines diabases se rattachent au même type de gisement. On ne peut au surplus écarter d'emblée des relations encore plus générales entre ce volcanisme et les Kimberlites, même si l'ensemble couvre une ou deux subdivisions du Karroo. Ce serait un trait bien caractéristique du continent de Gondwana.

D'autres, telles les amygdaloïdes de Bukama, pourraient être plus vieilles, encore qu'elles tranchent nettement sur le type des amygdaloïdes anciennes du Bas-Congo (5, 7), dont les amygdales ont perdu le liséré de chlorite et de calcédoine et où l'asbeste est fréquente.

Dans l'état actuel des connaissances stratigraphiques au Congo, ces hypothèses ne conduisent à aucun développement positif.

Mais le problème présente une autre ampleur.

J'ai toujours considéré qu'un épisode volcanique marque une période continentale ou, plutôt, une période de repos, c'est-à-dire une coupure de premier ordre dans l'histoire géologique. Il est plus facile à discerner qu'une discordance, et, de par sa nature, plus universel qu'un conglomérat. Il est d'ailleurs difficile d'identifier un conglomérat de base de façon univoque.

La géologie du Congo, basée en première analyse sur des analogies lithologiques, sur des degrés de métamorphisme et sur des conglomérats, ne peut que gagner à l'étude soignée des périodes volcaniques.

Dès lors, devant l'absence de fossiles ou, du moins, de fossiles de zone, et devant la nécessité de raccords à grande distance, s'accuse le dilemme suivant : faut-il ravalier les roches éruptives au rang d'accessoires qu'on daterait en fonction de raccords hypothétiques, ou bien faut-il y voir les épisodes de premier ordre servant de base aux corrélations ?

Je penche pour la seconde méthode.

BIBLIOGRAPHIE.

1. BUTTGENBACH, H., Minéralogie du Congo belge (*Mém. de la Soc. roy. des Sc. de Liège*, 3^e série, t. XIII, 1925).
2. CAHEN, L. et LEPERSONNE, J., Carte géologique du Congo belge à l'échelle du 1 : 2.000.000^e, publiée par la Commission de Géologie du Ministère des Colonies, 1951.
3. CORIN, F., A propos du contact de la diorite et des roches du système du Lualaba à Kisulu, Katanga (*Ann. Soc. géol. de Belgique*, t. LI, 1927-1928, p. C 79).
4. — Etude préliminaire de quelques roches amygdaloïdes du Katanga et du Tanganyika Territory (*Ann. Serv. des Mines du Comité Sp. du Katanga*, t. VI, 1935, pp. 1-9).
5. — Observations géologiques sur la région de Matadi (*Bull. Soc. belge de Géol., etc.*, t. LVII, fasc. 1, 1948, p. 31).
6. CORNET, J., A propos du diamant du bassin du Kasai (*Ann. Soc. géol. de Belgique*, publ. spéc. rel. au Congo belge, t. XXXIX, 1911-1912, pp. C 73-C 79).
7. GROSEMANS, P., Intrusions basiques et laves des formations anciennes du Bas-Congo [*Ann. du Musée du Congo belge*, Tervueren (Belgique), série in-8^o, Sciences géologiques, vol. IX, 1951].
8. LEPERSONNE, J., Les grands traits de la géologie du Kasai occidental et l'origine secondaire du diamant (*Bull. Soc. belge de Géol., etc.*, t. LVIII, 1949, pp. 284-291).
9. MAGNÉE, I. DE, Présence de Kimberlite dans la zone diamantifère de Bakwanga (Kasai, Congo belge) (*Ibid.*, t. LVI, 1947).
10. PARMENTIER, A., Le diamant du Congo (*Centenaire de l'A.I.Lg*, Congrès scientifique, 1947, section coloniale, pp. 345-350).
11. POLINARD, E., Le diamant dans les roches génétiques et les gisements secondaires (*Congrès international des Mines, etc.*, VI^e session, Liège, 1930).
12. — Les gisements diamantifères des collines de Bakwanga-Djiwinji sur la Bushimaie (*Ibid.*, Liège 1930).
13. — Het Doleriet van den samenloop Sankuru-Bushimaie (*Institut Royal Colonial Belge*, coll. in-8^o, section des Sciences naturelles et médicales, t. X, fasc. 4, 1941).
14. — Les gisements diamantifères du bassin du Kasai au Congo belge et en Angola (*Ibid.*, coll. in-4^o, t. VII, 1951).
15. RAUW, H. DE, Les gisements diamantifères du Kasai (*Congrès scient. intern.*, Liège, 1922, Section coloniale, pp. 39-86).
16. REUMONT, L. et PARMENTIER, A., Les gisements diamantifères du Kasai (*Congrès international des Mines, etc.*, VI^e session, Liège, 1930).
17. VERHOOGEN, J., Les pipes de Kimberlite du Katanga (*Ann. du Serv. des Mines du Comité Sp. du Katanga*, t. IX, 1938).
18. WASILEWSKI, I., Note préliminaire sur le gisement de brèche kimberlitique du Bakwanga (*Congrès scient. du Comité Sp. du Katanga*, Elisabethville, 1950, Commission géographique et géologique, vol. II, pp. 231-332).

Présentation d'un profil géologique du mont Everest à la plaine du Gange (Népal oriental),

par A. LOMBARD.

SOMMAIRE.

Depuis le 21 octobre 1952, date à laquelle j'ai communiqué quelques résultats préliminaires à la Société ⁽¹⁾, j'ai établi un profil qui coordonne une partie de mes observations et pose un premier jalon dans la connaissance géologique du Khumbu à Okhaldunga.

Les grandes unités du Népal oriental sont décrites suivant un itinéraire qui a conduit l'auteur du mont Everest, sur les confins du Thibet, à Jaynagar, en passant par Okhaldunga.

Du Nord au Sud, on a successivement : *a*) la dalle du Thibet avec sa base granitisée. C'est dans cette unité que se trouvent les sommets de l'Everest, du Cho Oyu et probablement aussi, plus à l'Ouest, de la Nanda Devi et de l'Annapurna; *b*) les nappes de Khumbu chevauchées par l'unité précédente et recouvrant à leur tour *c*) les nappes de Katmandu, dont le front se trouve non loin de la Sun Kosi, dressé contre *d*) la nappe de Navakot, qui repose par contact tectonique sur *e*) le Siwalik.

INTRODUCTION.

L'Est du Népal n'a pas encore fait l'objet d'une description géologique d'ensemble. Seule la connaissance de l'Everest sur son versant Nord a progressé à la suite des expéditions britanniques.

Les États limitrophes, par contre, ont été longtemps ouverts aux explorateurs et l'on possède plusieurs importantes descriptions de leur géologie. L'étude la plus ancienne remonte à 1854. Elle a pour auteur J. D. HOOKER, qui s'est engagé jusqu'au Nord du Sikkim, où il a récolté des fossiles dans une

(1) A. LOMBARD, Les grandes lignes de la géologie du Népal oriental (*Bull. Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. LXI, fasc. 3, 1953, pp. 260-264).

zone de terrains sédimentaires passant au Nord du mont Everest. Bien plus tard, en 1939, L. R. WAGER en reprendra l'étude détaillée.

F. R. MALLET (1874) a montré que dans le district de Darjeeling, les séries de Damuda (Permien probable) reposent tectoniquement sur le Tertiaire.

E. J. GARWOOD (1903) et H. HAYDEN (1907) ont laissé d'importants travaux sur la structure du Sikkim et des confins du Tibet, mais ce ne sera qu'avec les premières expéditions anglaises à l'Everest que se dessinera la géologie du grand sommet. Lors de la reconnaissance de 1921, A. M. HERON a cartographié une vaste région comprise entre le mont Everest, la haute vallée de l'Arun et l'Ouest de Tengkye Dzong. Il a démontré l'existence d'une couche de calcaires atteignant parfois 1.000 m d'épaisseur qui s'étend de la bordure Nord de l'Himalaya et passe par l'Everest. La découverte de fragments de Productidés et de Spiriféridés permet de lui attribuer un âge permocarbonifère.

N. E. ODELL, après avoir participé à l'expédition de 1924, a publié des observations géologiques et morphologiques sur les abords de l'Everest et de la haute vallée de Rongshar (1924-1925) avec une carte géologique d'ensemble. On y voit, entre autres, la disparition de la bande sédimentaire vers le Nord sous une nouvelle unité cristalline charriée. Cette observation importante a passé inaperçue, malgré sa grande portée.

L. R. WAGER, géologue de l'expédition de 1933, a fait des levés sur une large bande de terrain s'étendant de la vallée de Chumbi à l'Everest (1934, 1937). Enfin, ce même auteur a publié sa découverte de séries fossilifères dans un groupe de collines situées à Lachi (Sikkim), dont il précise la position et l'âge (au-dessus des calcaires de l'Everest et datant du Permien supérieur).

Non loin de ce gisement de Permien, J. B. AUDEN (1935) a découvert des fossiles triasiques lors de sa reconnaissance de 1934. L'année suivante, ce même auteur a décrit trois itinéraires dans le Népal, dont, malheureusement, aucun ne coïncide avec notre cheminement.

Dans le Népal central, au long du méridien de Katmandu, T. HAGEN (1951-1952) a montré que la structure de la chaîne, dans sa partie moyenne, est incontestablement nappée. On a, du Sud au Nord, la bordure écaillée du Siwalik, sur laquelle repose le groupe des nappes de Navakot, équivalent des nappes

de Krol (J. B. AUDEN, 1937, A. HEIM et A. GANSSER, 1938). Par-dessus apparaît le groupe des nappes de Katmandu, qui s'enracine beaucoup plus au Nord dans la haute chaîne. Ces données, alors inédites, me furent communiquées par leur auteur avec de nombreux autres détails originaux, lors de mes passages au Népal. Je l'en remercie vivement. Elles m'ont servi de bases de départ pour mon exploration et j'en ai adopté la nomenclature.

Plus à l'Ouest, au Garhwal, A. HEIM et A. GANSSER (1939) ont donné de toute la chaîne une description et des profils désormais classiques. Enfin, nous ne voudrions omettre de mentionner l'utile contribution à la géologie de l'Annapurna qu'est la note de P. ICHAC et P. PRUVOST (1951).

LE PROFIL.

1. Le massif de l'Everest, le Cho Oyu et la dalle du Tibet.

Les données manquent encore pour établir une coupe précise dans le versant Sud de l'Everest, celui qui domine le glacier du Cwm.

Le sommet est constitué par des bancs calcaires et gréseux décrits et figurés par L. R. WAGER, plongeant vers le Nord. Plus bas et au col Sud, la série passe à des schistes argilo-gréseux. C'est la série pélitique des géologues britanniques. R. AUBERT m'en a rapporté. Il s'agit bien de ce faciès qu'on reconnaît à distance dans les parois du Lhotse, formant de petits bancs subhorizontaux. Calcaires et pélites sont localement plissotés.

Plus bas encore, dans le soubassement de l'Everest, il est difficile de distinguer à quelles roches on a affaire. Il s'agit en tous cas de roches métamorphiques localement granitisées dans lesquelles on observe d'anciennes structures, notamment des charnières à axes Nord-Sud, partiellement effacées par la granitisation. L'une d'elles se voit à l'altitude du Lho La et passe sous la chute de séracs du Cwm.

Ces charnières transverses se remarquent encore plus loin vers l'Ouest, dans les parois Sud du Lho Peak, du Lingtren et du Pumori, toutes visibles des alentours du camp de base de 1952.

Ce puissant ensemble est coupé à sa base par un plan de charriage que l'on poursuit sans interruption du Nangpa La à l'Est du Lhotse, plongeant faiblement vers le Nord. On peut

considérer que la masse gneissique et granitisée, avec sa couverture sédimentaire, forme une série normale à replis internes, charriée du Nord au Sud, largement ondulée, localement dédoublée (ou réduite — observation ODELL citée plus haut). Vue du Sud et d'après les profils du Nord, elle se comporte comme une dalle massive et quelque peu plastique, d'où le nom que nous proposons de lui donner : dalle du Tibet.

Le sommet de l'Everest est situé sur une culmination transverse. Le long de la base de la dalle, le plan de charriage est souligné par des vires et des terrasses couvertes d'éboulis et de glaciers. Elles déterminent un replat structural et morphologique très important.

Le détroit de la chute du glacier de Khumbu en suit le tracé et on le voit encore dans les parois qui ferment le cirque supérieur de ce glacier, entre le Lhotse et le Nuptse. Il est mentionné par N. E. ODELL dans son profil du Lhotse au Makalu.

L'unité tectonique sous-jacente se trouve donc dominée au Nord par une longue série de murailles hautes de 1.000 à 3.000 m, taillées dans le banc de la dalle du Tibet et dans lesquelles on voit d'impressionnants profils naturels.

2. Les nappes de Khumbu et l'écaille du Nuptse.

En avant de la dalle du Tibet surgissent de nombreux petits sommets déchiquetés et sombres qui contrastent curieusement avec l'arrière-plan. On les trouve au fond de toutes les grandes vallées : Chukung, Khumbu, Dudh Kosi, Bhote, Kosi, etc.

Ce sont des crêtes formées dans les séries paragneissiques et sédimentaires peu métamorphiques de la couverture des nappes situées sous la dalle du Tibet : les nappes de Khumbu. Elles semblent effectivement surgir sous la dalle, mais montrent en même temps des axes de plis transverses, oscillant généralement autour de la direction Nord-Sud. Ces plis se trouvent dans tout le domaine des nappes en question avec de brusques changements locaux. Les roches sont monotones, massives, beaucoup moins granitisées que celles de la dalle, et elles offrent une certaine ressemblance avec les schistes de Casana du domaine pennique.

On les retrouve vers le Sud jusque dans la région de Ghat, au Sud de Namche Bazar. Les axes de plis sont horizontaux dans leur ensemble, mais peuvent présenter des culminations comme dans la Chola Khola, au Kwangde, en face de Namche et près de Thammi. L'ensemble offre un ultime relèvement

frontal à Ghat, où il chevauche les racines des nappes de Katmandu.

Le Nuptse mérite une mention particulière. C'est une écaille anticlinale coincée entre la dalle du Tibet et les nappes de Khumbu. A son contact, le front de la dalle s'est redressé et forme la culmination transverse du sommet de l'Everest. Le plan de contact est également redressé dans les parois Ouest du Lhotse.

3. Les nappes de Katmandu.

Entre Ghat et Jubing, la coupe le long de la Dudh Kosi est claire : les racines surgissent avec une forte épaisseur et un plongement Nord de 60°. Elles sont écaillées. Il paraît encore prématuré, après ce seul et premier parcours, de préciser s'il ne s'agit que des racines de la nappe de Katmandu ou si l'on a également du matériel de Navakot. A plus forte raison doit-on se demander si, plus au Sud, dans le Sola Khumbu, la nappe de Navakot apparaît en fenêtre. Seule une connaissance approfondie des faciès respectifs de ces deux groupes de nappes permettrait de lever l'indétermination. Provisoirement, j'ai admis que la première grande nappe rencontrée était la plus haute et appartenait au groupe de Katmandu. En attendant de futures subdivisions, je la considère comme un tout et la désigne sous le terme de « nappes de Katmandu » (= groupe des nappes de Katmandu de T. HAGEN).

Ce n'est que loin au Sud, aux abords de la Sun Kosi, que j'ai trouvé les termes lithologiques qui peuvent se rattacher au front de cette énorme unité.

Les nécessités de cheminement du retour obligent à quitter la Dudh Kosi peu après Ghat et à passer au pied de la Rauje pour reprendre en coulisse le profil transversal. La longue série de crêtes suivie lors de la descente dans la vallée du Sola Khumbu à Ringmo montre que les racines se couchent et passent à une série de micaschistes et de gneiss en replis écaillés. On les voit au col de Takhsindu, puis, plus au Sud, sur les versants dominant Ringmo, Phaphlu et le monastère de Chiang Gomba. Dans tout ce massif, les axes s'élèvent vers l'Est.

A Salmi, la confluence de la Dudh Kund et de la Sisa Khola se trouve au fond de gorges taillées dans un orthogneiss massif plongeant vers le Nord-Ouest. Suivant ensuite une longue suite de crêtes, on monte rapidement de plus de 1.600 m en direction du Sud, pour franchir la montagne qui sépare d'Okhaldhunga.

Le gneiss devient insensiblement de moins en moins métamorphique. Au col (3.060 m) avant Tharé affleurent les mica-schistes localement granitisés et, plus bas, des schistes noirs rouillés, des marbres, des cipolins, puis on pénètre dans l'épaisse série des quartzites d'Okhaldunga. Ces quartzites sont en écailles à plongement Nord. On y trouve des schistes sériciteux verts intercalaires avec des argilites vertes et violacées.

A partir de la zone des racines jusqu'en ce point et au delà vers le front de la chaîne, il n'y a plus trace de replis transverses, sauf accidentellement. Écailles, plis et nappes résultent de la poussée alpine du Nord vers le Sud.

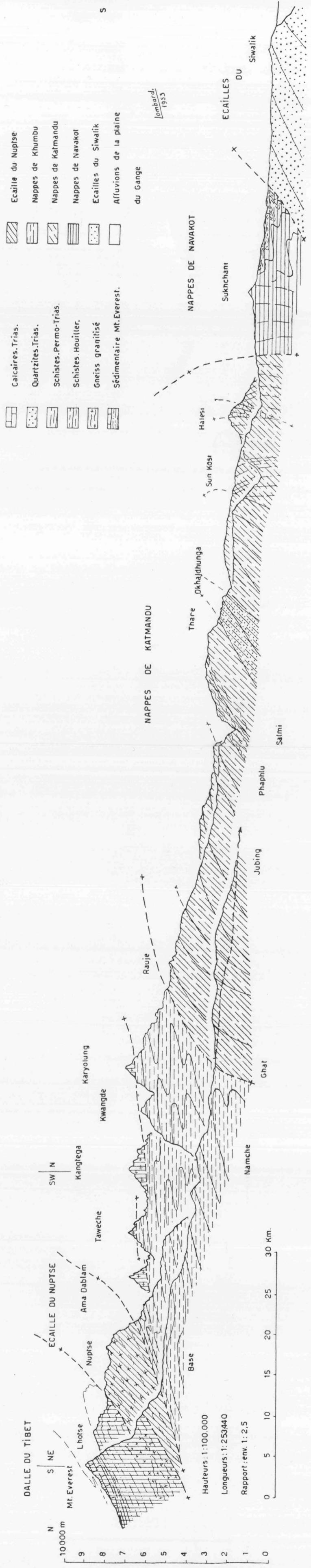
Au delà d'Okhaldunga vers le Sud et dans la vallée de la Sun Kosi, les quartzites passent progressivement aux schistes verts, puis noirs. Cette épaisse série semble avoir plusieurs caractères communs aux faciès triasiques des Alpes occidentales.

Au Sud de Manebhanjyang affleurent quelques mètres de cargneules et de calcaires dolomitiques, qui suivent des schistes gris et calcaires peut-être liasiques à plongement Sud jusqu'à la Sun Kosi. Le long de la rive gauche du fleuve, les couches sont devenues verticales.

4. Les nappes de Navakot.

De l'autre côté du fleuve, la coupe devient très complexe. Sur plus de 2.500 m de longueur, les couches sont verticales et fortement tectonisées; on traverse du cristallin sous forme de gneiss œillé empaqueté dans des schistes micacés, lardé d'écailles de granite, de quartzites et de grès fins. Au camp de Balauté et plus loin, on passe à du gneiss granitisé, puis à des chloritoschistes, ces derniers au col de Sukhchani. Plus au Sud, les mica-schistes reprennent. On a donc passé par une zone très laminée, subverticale, qui doit être interprétée comme étant le contact entre le front des nappes de Katmandu et une nouvelle masse qui ne peut guère être autre chose que la nappe de Navakot. Ici encore, plus on va vers le Sud, plus s'accroît le caractère sédimentaire des roches. On coupe notamment des schistes à charbon très replissés, puis, jusqu'au camp de Sikré, on rencontrera les argilites rouges du Trias.

Profil tectonique de l'Everest à la plaine du Gange



LÉGENDE:

- | pétrographique: | | tectonique: | |
|-----------------|--------------------------|-------------|---------------------------------|
| | Calcaires.Trias. | | Dalle du Tibet |
| | Quartzites.Trias. | | Ecaïlle du Nuptse |
| | Schistes.Permo-Trias. | | Nappes de Khumbu |
| | Schistes.Houïller. | | Nappes de Katmandu |
| | Gneiss granitisé | | Nappes de Navakot |
| | Sédimentaire Mt.Everest. | | Ecaïlles du Siwalik |
| | | | Affluions de la plaine du Gange |

Lombard,
1953

5. Les écailles et plis du Siwalik.

Non loin du camp, ces argilites sont en contact mécanique sur les couches bariolées du sommet de la molasse du Siwalik. Cette molasse est miocène et oligocène. Elle occupe une grande zone de terrain. Elle est tantôt largement ondulée, tantôt plissée jusqu'au point où, dans le chaînon frontal, elle se relève vers le Sud. On pénètre alors dans les alluvions de la plaine du Gange.

Laboratoire de Géologie de l'Université Libre de Bruxelles
Mission genevoise à l'Himalaya, 1952.
