

**RÉSUMÉS DES COMMUNICATIONS PRÉSENTÉES PAR LES GÉOLOGUES ORSTOM
AU COURS D'UNE JOURNÉE D'ÉTUDE QUI S'EST TENUE A BELLEVUE
(LABORATOIRES DU C.N.R.S.), LE 12 OCTOBRE 1976**

Au cours de cette journée d'Études, à laquelle 44 personnes ont participé (26 appartenant à l'O.R.S.T.O.M., 11 au C.N.R.S., 7 à divers organismes), les géologues O.R.S.T.O.M. présents en France ont présenté des communications se rapportant aux thèmes suivants :

- Climats et Milieux au quaternaire,
- Géochimie de la surface,
- Géodynamique du Pacifique Sud-Ouest,
- Géodynamique de la chaîne des Andes.

I. CLIMATS ET MILIEUX AU QUATERNAIRE.

1. Milieu continental (paléoclimats et paléosols).

Paléoécologie des diatomées : étude comparée de deux bassins lacustres tropicaux (Tchad, Altiplano Bolivien) par M. et S. SERVANT.

Analyses polliniques et paléoclimatologie des 12 derniers millénaires du Bassin du Tchad (Afrique Centrale) par J. MALEY.

2. Milieu marin (et variations des lignes de rivages).

Le quaternaire marin du littoral de l'État de Sao-Paulo (Brésil) par L. MARTIN.

II. GÉOCHIMIE DE LA SURFACE.

L'altération d'un dyke basique dans un massif granitique en milieu tropical (Sénégal Oriental) par A. BLOT.

Aspects micromorphologiques de la formation de phyllites secondaires par altération météorique de roches ultrabasiques en Côte d'Ivoire Centrale par J. DELVIGNE.

La géochimie de surface à l'Institut de géosciences de l'Université Fédérale de Bahia (Brésil) par A. NOVIKOFF.

Étude des altérations et des cuirasses en Haute-Volta méridionale et centrale. — Un exemple de cartographie géomorphologique pour la prospection minière par J. C. PRON.

Surfaces d'aplanissement et métallogénie de l'uranium : Un type de gisement supergène (sur l'exemple du gisement des Bondons, Lozère, France) par J. J. TRESCASES.

III. GÉODYNAMIQUE DU SUD-OUEST PACIFIQUE

par J. DUBOIS.

IV. GÉODYNAMIQUE DE LA CHAÎNE DES ANDES.

Relations entre les chaînes paléozoïques d'Amérique du Nord et d'Amérique du Sud par B. DALMAYRAC, G. LAUBACHER, R. MAROCCO, C. MARTINEZ et P. TOMASI.

V. AUTRES THÈMES.

Les minéralisations argentifères associées aux volcanites cenozoïques du Sud du Pérou par M. FURNARI.

Études géologiques du quaternaire en Tunisie par A. FOURNET.

Mise en évidence du Viseen dans la région de Saint-Pons. Conséquences sur l'interprétation tectonique des séries réputées autochtones de l'unité du Saint-Ponais (versant Sud de la Montagne Noire, France) par G. VIGNARD.

*Manuscrits reçus au Service des Publications le
19 juillet 1977.*

M. et S. SERVANT. — **Paleoécologie des Diatomées : étude comparée de deux bassins lacustres tropicaux (Tchad, Altiplano bolivien).**

Palaeoecology of Diatoms; compared study of two tropical lacustrine basins (Tchad, Bolivian altiplano).

Палеоэкология Диатомовых водорослей ; сравнительное изучение двух тропических озерных бассейнов (Чад, боливийский Альтиплано).

Cet exposé se propose d'évoquer les principaux résultats obtenus par les études stratigraphiques et diatomologiques dans les recherches concernant deux bassins continentaux quaternaires : le bassin du Tchad situé aux latitudes tropicales nord du Continent africain, le bassin de l'Altiplano bolivien situé aux latitudes tropicales sud des Andes. Ces deux bassins ont un caractère commun : ils sont l'un et l'autre *endoréiques*. Mais ils sont très différents par leur contexte topographique : le fond du bassin du Tchad ne dépasse pas 100 m à 400 m d'altitude, l'Altiplano se trouve à 4000 m d'altitude.

Dans les deux cas, l'étude des Diatomées montre que les *faciès hydrochimiques ne se sont pas fondamentalement modifiés pendant le Quaternaire*. Mis à part quelques exceptions locales, les milieux lacustres étaient carbonatés calciques et sodiques et riches en silice au Tchad, ils étaient plus complexes mais toujours caractérisés par l'abondance des chlorures en Bolivie. Cela s'explique par la nature du contexte géologique : les roches cristallines et les grès continentaux dominent à l'affleurement sur les bordures du bassin du Tchad, les bassins versants sont pétrographiquement très variés en Bolivie : on y rencontre des sédiments marins, des sédiments continentaux, des roches volcaniques (dont beaucoup d'ignimbrites), mais relativement peu de roches cristallines.

En ce qui concerne les *paleosalinités*, les diatomées indiquent que les milieux lacustres quaternaires de l'Altiplano sont toujours riches en éléments dissous : cela s'explique par le caractère endoreïque du bassin, les substances dissoutes apportées par les eaux s'accumulent dans les lacs. Par contre les lacs du bassin du Tchad présentent une particularité remarquable sauf exceptions locales, ce sont *toujours des lacs d'eau douce*, y compris pendant les périodes régressives où les volumes liquides étaient en forte réduction. Il faut donc admettre que les éléments dissous sont éliminés du milieu au fur et à mesure qu'ils sont apportés.

La comparaison des deux bassins lacustres étudiés indique que la *régulation saline des lacs est certainement en relation étroite avec la composition chimique moyenne des apports liquides*.

— Les chlorures abondants dans les milieux boliviens ne peuvent pas être fixés par voie géochimique ou biochimique : ils ont donc tendance à s'accumuler dans les lacs d'où une augmentation progressive de la paleosalinité.

— La silice dissoute, beaucoup plus abondante au Tchad qu'en Bolivie favorise le développement des Diatomées et des Hydrophytes supérieurs : ces derniers fixent outre la silice, les éléments nécessaires à leurs cellules, éléments qui ne seront que partiellement restitués au milieu après la mort des organismes.

D'autres mécanismes peuvent intervenir dans la limitation des paleosalinités; Roche et Carmouze ont montré que les infiltrations du lac Tchad actuel éliminent beaucoup d'éléments dissous. *Mais les infiltrations ne jouent qu'un rôle local ou épisodique*. Elles dépendent en effet du contexte hydrogéologique des lacs qui est très variable. A l'échelle du Quaternaire, le rôle des infiltrations apparaît surtout quand les lacs s'installent dans les dépressions après une phase aride : certains lacs peuvent avoir d'importantes pertes par infiltration et ils sont peu salés, d'autres au contraire, liés à l'affleurement de la nappe phréatique sont caractérisés par des infiltrations nulles ou faibles et ils peuvent se concentrer, le contexte climatique étant encore très évaporant.

Les différences ainsi observées dans les paléomilieux des deux régions étudiées se reflètent dans la *nature des dépôts*. La sédimentation siliceuse biochimique est largement dominante au Tchad en dehors des zones deltaïques, la sédimentation calcaire est limitée aux débuts ou aux fins de séquence ou à certaines zones marginales. En Bolivie, la sédimentation calcaire est dominante : il y a précipitation du carbonate de calcium ou fixation de celui-ci par les organismes, principalement par les Mollusques et par des récifs stromatolithiques très spectaculaires. L'assèchement des lacs salés de Bolivie entraîne le dépôt d'évaporites très épaisses (4 m de chlorures de sodium dans le fond du salar de Uyuni). Par contre au Tchad, les évaporites ne se déposent pas dans les lacs en voie d'assèchement, elles apparaissent après l'assèchement par évaporation capillaire de la nappe phréatique.

Sur le plan *paleohydrologique*, l'étude des diatomées, associée aux méthodes stratigraphiques et sédimentologiques, permet de déterminer les oscillations des lacs. Dans le cas du Tchad, l'interprétation de ces oscillations est relativement simple : elles sont en relation avec les changements de pluviosité et d'évaporation sur le bassin de drainage. Dans le cas de l'Altiplano, le bilan hydrologique est plus complexe il faut tenir compte des glaciers situés en amont, glaciers qui ont atteint de grandes extensions (ils

sont descendus de 1 000 m au moins pendant le Quaternaire). Les âges au C^{14} déterminés par Fontes viennent de montrer que le dernier grand lac quaternaire date du Tardiglaciaire : il se situe à la fin de la dernière glaciation. Cette coïncidence laisse présumer que les eaux de fonte des glaciers

ont certainement participé activement à l'alimentation du lac.

Ces considérations montrent que *les lacs quaternaires du Tchad sont sans aucun doute des lacs pluviaux. Il n'est pas sûr qu'il en soit de même pour les lacs de l'Altiplano.*

*
* *

J. MALEY. — Analyses polliniques et paléoclimatologie des 12 derniers millénaires du bassin du Tchad (Afrique Centrale).

Pollen analyses and paleoclimatology in the last twelve millenarries in Tchadian basin (Central Africa).

Пыльцевые анализы и палеоклиматология последних 12-ти тысячелетий Ча́дского бассейна (Центральная Африка).

Les sédiments étudiés proviennent de coupes situées entre 14°E-18°E et 13°N-15°N, datées par le 14 C (travaux géologiques de M. SERVANT et S. SERVANT pour les diatomées).

— De ca. 20 000 à ca. 13 000 ans B.P., au cours d'une phase hyperaride, un grand erg s'est étendu jusque vers 10°N, soit un décalage d'environ 700 km par rapport à l'actuel.

— De ca. 13 000 à ca. 9 200 se situe une phase transitoire au cours de laquelle s'est produite 3 transgressions lacustres de faible ampleur, séparées par de courtes périodes arides. Durant ces transgressions on assiste à l'apparition progressive de la végétation sahélienne.

— De ca. 9 200 à ca. 4 000 se situent des niveaux lacustres hauts à très hauts. La période s'étendant de ca. 9 200 à l'actuel a été étudiée sur une coupe de référence de 7,80 m (2 14 C vers la base) à Tjeri (13°44'N-16°30'E). Les échantillons sont espacés de 10 ou 20 cm et il a été compté de 1 000 à 4 000 pollens par échantillons (46). Les pollens proviennent de l'ensemble du bassin. Les spectres ont été subdivisés en éléments phytogéographiques soudano-guinéen, soudanien, sahélien, montagnard (Tibesti) un groupe de plantes hygrophiles, etc. (1). La datation approchée des niveaux est établie par corrélations stratigraphiques des événements remarquables (transgressions, régressions, etc.) et par les vitesses de sédimentation. Les résultats ainsi obtenus sont apparemment très cohérents. Les diatomées

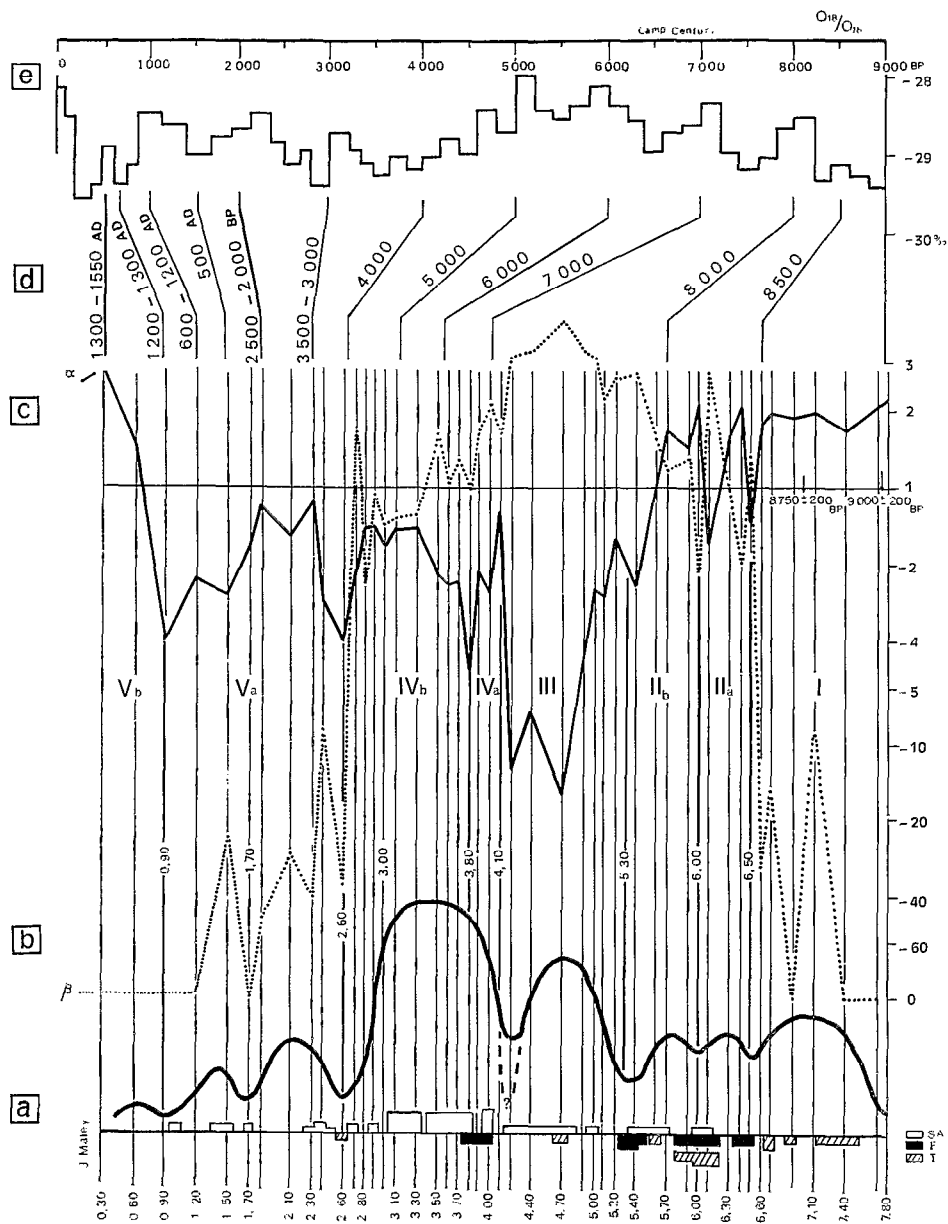
(S. SERVANT, 1970 et 1977) indiquent les régressions, la salinité des eaux et leurs températures qui ont été relativement fraîches jusque vers 7 000 ans, etc. Il y a un très bon accord entre les données polliniques et les diatomées.

La comparaison des différentes courbes polliniques (% relatifs) montrent que l'élément sahélien a eu une évolution en général opposée à celle de l'él. soudano-guinéen et dans une moindre mesure à celle de l'él. soudanien. Il en résulte que la 1^{re} transgression (ca. 9 200-8 500) est due essentiellement à des pluies locales avec quelques apports fluviaux venant du Sud et du Nord (Tibesti). La 2^e transgression (ca. 8 400-7 800) voit les apports fluviaux méridionaux augmenter nettement. Une assez grande variabilité climatique semble prévaloir à cette époque. La 3^e transgression (ca. 7 700-7 300) est particulière. Localement les conditions deviennent désertiques : presque toute l'alimentation est alors due à la zone soudano-guinéenne, car l'aridité a touché aussi la zone soudanienne et le Tibesti. La 4^e transgression (ca. 7 000-5 000) est due au début à l'influence conjuguée de tous les apports locaux et lointains. Les apports du Tibesti, après un maximum entre ca. 7 200-6 600, cessent complètement après ca. 5 500. Une longue régression se produit de ca. 5 000 à 4 000. Deux optima sahéliens se situent entre ca. 3 500 et 2 000 ans. Enfin il ressort d'études polliniques sur le dernier millénaire (2) que, par comparaison avec le reste de l'Holocène, cette période a été en général favorable à la végétation sahélienne et que le siècle actuel correspond à une période relativement favorable.

La courbe de l'él. sahélien présente de bonnes corrélations (les amplitudes étant différentes) avec des courbes générales des températures (courbe de « Camp Century », courbes eustatiques de Fairbridge, Ters, etc.) (cf. fig.). Sur cette base, on peut conclure que au cours de l'Holocène et jusqu'à l'actuel, les optima sahéliens ont été en phase avec les périodes de réchauffement et que les optima de la zone

(1) J. MALEY, 1972. La sédimentation pollinique actuelle dans la zone du lac Tchad (Afrique Centrale). *Pollen et Spores*, vol. 14 (3), p. 263-307.

(2) J. MALEY, 1973. Mécanisme des changements climatiques aux basses latitudes. *Palaeogeography Paleoclimatology, Palaeoecology*, vol. 14 (3), p. 193-227.



Évolution comparée, de bas en haut : (a) Niveaux lacustres relatifs d'après les diatomées (travaux de S. SERVANT : fig. 5 in M. et S. SERVANT, 1970 ; Thèse Sc., Paris, 1977 ; comm. pers.). Le ? à 4,20 m est une interprétation de l'auteur (cf. réf. 4). Une brève régression est aussi probable à 3,80 m vers 6600 BP. Quelques diatomées écologiquement importantes : SA, *Stephanodiscus astrea* var. *minutula* ; F, *Cymatopleura elliptica* ; T, *Cyclotella ocellata*. (b) trait pointillé ; courbe pollinique de l'Élément Soudano-Guinéen (% relatifs, moyenne : 20,2 %). β : pourcentage actuel (2 échantillons). (c) trait plein ; courbe pollinique de l'Élément Sahélien (% relatifs, moyenne : 33,9 %). α : pourcentage actuel (2 échantillons). Ces deux courbes (b et c) ont été construites en utilisant le rapport à la moyenne (valeur 1) de chacun des pourcentages de ces deux éléments pour l'ensemble des niveaux étudiés. Les ordonnées sont logarithmiques ; sur cette échelle, la valeur 0 a été fixée arbitrairement à — 100. Ce procédé permet une comparaison directe de l'évolution des tendances. (d) Chronologie partiellement reconstituée d'après diverses corrélations régionales. Vers la base deux datations radiométriques ; à 7,75 m : 9000 ± 200 BP et à 7 m : 8750 ± 200 BP. (e) Courbe schématique du rapport $^{18}O/^{16}O$ de la carotte de glace de Camp Century (Groenland), imitée de M. TERS (1973, tabl. 1) ; de 9000 à 1700 BP, d'après S. J. JOHNSEN *et al.* (1972, fig. 6) et de 1700 BP à l'actuel d'après W. DANSGAARD *et al.* (1969, fig. 2). Pour la bibliographie cf. réf. 4.

soudano-guinéenne, opposés aux premiers, sont en phase avec les périodes de refroidissement. Cette opposition a été difficilement décelable jusqu'à présent sur la bordure méridionale du Sahara, sauf au Sénégal où P. MICHEL l'a mis en évidence entre 8 000 et 6 800. En effet, au cours des périodes de refroidissement l'aridité de la zone sahélienne a pu être masquée dans certaines stratigraphies par des apports fluviaux accrus (et par des remontées régionales de la nappe phréatique consécutives à ces apports) car, du fait des conditions topographiques, il se trouve que le Sénégal, le Niger, le Chari-Logone et le Nil prennent leur source en zone tropicale humide (essentiellement en zone soudano-gui-

néenne) et coulent ensuite vers la zone sahélienne.

Les régressions, souvent brèves jusque vers 5 000 ans, seraient dues, semble-t-il, à des changements rapides à cette époque des principaux apports. Ceci est illustré particulièrement dans les régressions de ca. 8 500-8 400, ca. 7 300-7 000 et ca. 5 000-4 000. Cela pourrait s'expliquer par un changement dans l'équilibre du FIT, en réponse à un changement de l'équilibre thermique global. Il s'agirait en quelque sorte de crises climatiques (1, 2).

L'évolution de l'élément montagnard (Tibesti) s'expliquerait par l'action dominante au début de l'Holocène, et sans doute avant, des dépressions soudano-sahariennes (3) décrites par J. DUBIEF.

*
* *

Louis MARTIN. — **Le quaternaire marin du littoral de l'État de Sao Paulo (Brésil).**

The marine quaternary of the littoral of state of Sao Paulo (Brazil).

Морской четвертичный побережья штата Сао Паулу (Бразилия).

On rencontre le long du littoral pauliste une série de plaines sédimentaires dont la taille augmente régulièrement du nord vers le sud. Une cartographie de détail, des analyses sédimentologiques et des datations au ^{14}C nous ont montré que ces plaines étaient formées pour l'essentiel de sédiments marins littoraux quaternaires mis en place au cours des deux derniers grands épisodes transgressifs.

Dans les grandes plaines du sud, les sédiments marins littoraux pléistocènes (vraisemblablement avant-dernière grande transgression) sont très développés. Ils atteignent une altitude maximum de 9-10 mètres. Par contre, dans la moitié nord du littoral, ils sont pratiquement inexistantes. Au contraire on rencontre sur tout le littoral des témoins indiscutables de niveaux marins supérieurs au niveau actuel. Au cours des 6 000 dernières années le niveau moyen relatif a connu plusieurs oscillations :
— vers 6 200 ans B.P., le niveau moyen était à peu près égal au niveau actuel ;
— vers 5 000 ans B.P. le niveau relatif de la mer

était supérieur, en certains points de 4,5 m au niveau moyen actuel ;

— vers 3 800 ans B.P., le niveau moyen relatif de la mer était probablement inférieur au niveau moyen actuel ;

— vers 3 200 ans B.P., le niveau moyen relatif de la mer était supérieur, en certains points, d'environ 3 m au niveau moyen actuel ;

— vers 1 800 ans B.P., le niveau moyen relatif de la mer devait être assez proche du niveau moyen actuel.

Les variations relatives du niveau de la mer sont la résultante de phénomènes généraux (eustatiques) et de phénomènes locaux (isostatiques, tectoniques, etc.). On peut admettre que les phénomènes généraux sont les mêmes pour tout le littoral pauliste. Il peut donc sembler intéressant de comparer les courbes de variations du niveau moyen relatif de la mer en divers points du littoral afin de voir si les phénomènes locaux sont mesurables à l'échelle de l'Holocène. Dans l'affirmative on pourra peut-être vérifier que le phénomène de flexure continentale qui semble être à l'origine de la différenciation morphologique entre un littoral nord de submersion et un littoral sud d'émersion s'est poursuivi au cours du Quaternaire récent. Les premiers résultats semblent indiquer que le littoral pauliste a subi un soulèvement différentiel au cours de l'Holocène.

(1) J. MALEY, 1976. — Essai sur le rôle de la zone tropicale dans les changements climatiques ; l'exemple africain. *C.R. Acad. Sc., Paris*, D, t. 283, p. 337-340.

(2) J. MALEY, 1977. Analyses polliniques et paléoclimatologie des 12 derniers millénaires du Bassin du Tchad. *Suppl. Bull. Ass. fr. Et. Quat.*, 50, 1, p. 187-197, édit. par Comité Fr. 10^e Congrès INQUA, Birmingham (août 1977).

(3) J. MALEY, 1977. Palaeoclimates of Central Sahara during the early Holocene. *Nature* vol. 269, p. 573-577.

A. BLOT. — L'altération d'un dyke basique dans un massif granitique en milieu tropical (Sénégal Oriental).

Weathering of a basic dike in a granite massif in tropical environment (eastern Senegal).

Выветривание основной дайки в гранитном массиве в тропической среде (восточный Сенегал).

Le contact des formations basiques avec leur encaissant granitique a été présenté précédemment (1) montrant une évolution sur place des matériaux au cours de l'altération et du cuirassement. Le contact est assez hermétique jouant un rôle de frontière y compris dans l'évolution supergène.

La différence initiale entre les deux types de roches est toujours répercutée dans les altérations quelle que soit l'échelle d'observation, quelle que soit la méthode utilisée.

Ainsi à l'échelle de la coupe d'un dyke basique la répartition des minéraux de néogenèse hydroxylés (argiles et hydroxydes de fer) donne une image spécifique de chacune des formations. Il en est de même de toute autre caractéristique minéralogique, physique comme la résistivité électrique des terrains superficiels.

A l'échelle du massif de granite, la méthode

d'investigation utilisée est la prospection électrique qui permet de mettre en évidence un contraste net entre les dykes et le massif granitique au niveau des altérations (2).

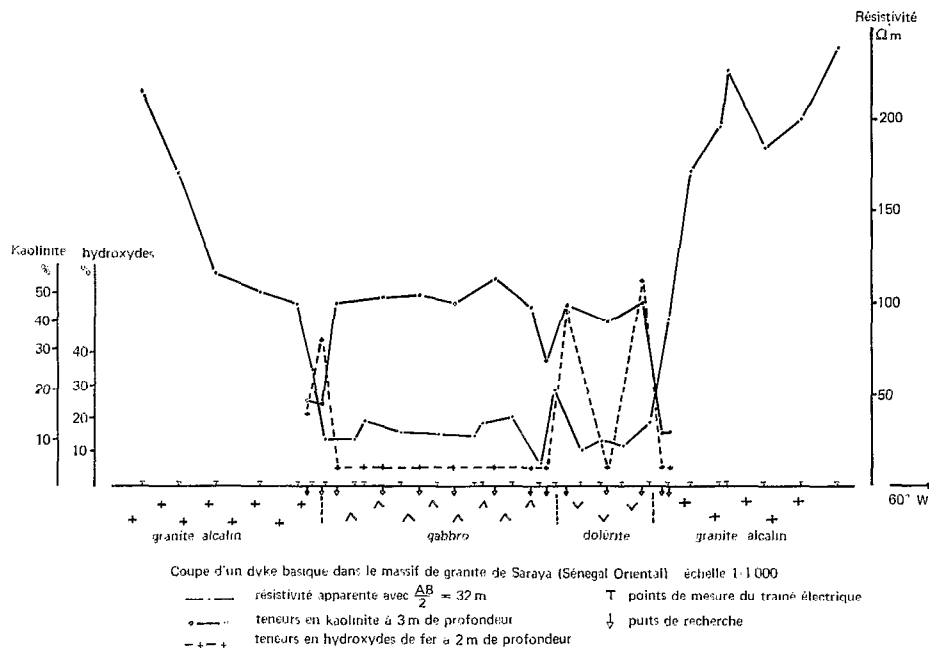
Quelle que soit la méthode d'étude utilisée il est possible de faire apparaître entre les niveaux superficiels un contraste dépendant des formations mères sous jacentes. Sur l'exemple présenté ici, les guides principaux de la répartition des minéraux secondaires et des propriétés y afférent (3) sont, dans l'ordre d'importance :

1. les guides d'origine endogène : composition et nature des roches, contact entre les diverses formations.

2. les guides de nature exogène : axes de drainage par exemple.

Les mécanismes des transformations supergènes apparaissent avec une composante verticale privilégiée qui limite nettement d'éventuels transferts latéraux.

L'application directe est la cartographie sans affleurement, une fois définie la pérennité de certains paramètres spécifiques des roches mères au cours de l'altération. A l'échelle du massif de granite de Saraya c'est la méthode du trainé électrique qui a été utilisée (2).



(1) BLOT, LEPRUN, PION (1976), Bull. Soc. Géol. France (7) t. XVIII, n° 1, p. 45-49.

(2) DORRATH, FROIDEVAUX, BLOT, GARN (1975), Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol., vol. VII, n° 2, p. 111-123.

(3) ALBOUY, PION, WACKERMANN (1970), Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol., vol. II, n° 2, p. 161-170.

J. DELVIGNE. — Aspects micromorphologiques de la formation de phyllites secondaires par altération météorique de roches ultrabasiques en Côte d'Ivoire centrale.

Micromorphological aspects of secondary phyllite formation by weathering of ultrabasic rocks in central Ivory Coast.

Микроморфологические аспекты образования вторичных филлитов путём метеорического выветривания ультраосновных пород Берега Слоновой Кости.

Les altérites étudiées proviennent d'un petit massif de roches ultrabasiques, le Koua Bocca, de forme elliptique et de quelques kilomètres de diamètre, encaissé dans des granites calco-alcalins, situé à une vingtaine de kilomètres au sud de Toumodi, en Côte d'Ivoire centrale.

Les roches rencontrées sont disposées concentriquement et leurs faciès se répartissent en une série évolutive allant des Pyroxénites à Diopside avec Olivine ou Hypersthène ou Hornblende au centre du massif, à des Hornblendites à Diopside ou Plagioclase dans la couronne moyenne et à des Amphibolites à quartz et epidote, en périphérie, au contact des granites calcoalcalins à Épidote, Sphène, Zircon et Apatite.

Géomorphologiquement, le massif se présente sous forme d'une colline de 150 m d'altitude relative, au sommet arrondi et aux pentes fortes se raccordant à un glacis de piémont périphérique, profondément entaillé par une érosion récente qui en a décapé la plus grande partie des sols superficiels et a mis à nu les altérites profondes et, bien souvent le socle rocheux sous-jacent.

Mises à part les altérites anciennes, non décapées, de type ferrallitique et encore plus ou moins cuirassées, l'altération superficielle des roches conduit à la formation de montmorillonite à partir du Diopside, de Nontronite à partir de l'Hypersthène, de Nontronite ou d'Iddingsite à partir de l'Olivine et de vermiculite, à partir des Amphiboles. Les

minéraux résiduels sont la magnétite, l'apatite, et le spinelle.

L'examen micromorphologique des altérites montre que la structure initiale de la roche est parfaitement conservée et la transformation est isovolumétrique au cœur du massif là où pyroxènes et olivines se sont altérés en montmorillonite et en nontronite; ces minéraux argileux sont orientés suivant le réseau cristallographique des minéraux primaires.

Par contre, sur les roches riches en amphiboles, situées en bordure du massif, la vermiculite est dominante et la structure initiale de la roche, bien que très bien conservée et nettement identifiable, semble éclatée par gonflement de la phase vermiculite, tronçonnant les minéraux résiduels, magnétite ou apatite. La transformation n'est plus isovolumétrique. Les gonflements et retraits alternés, suivant sans doute un rythme saisonnier, favorisent l'apparition d'une porosité élevée égale à environ 10 % du volume initial.

Il faut remarquer, en outre, que les feuillets de vermiculite, qui peuvent atteindre plusieurs millimètres de longueur, sont pratiquement tous orientés parallèlement entre eux mais sans relation, semble-t-il, avec le réseau cristallin des amphiboles qui leur ont donné naissance. Un examen sommaire des orientations dans les altérites à vermiculite, rappelant l'aspect de micaschistes altérés, semble indiquer une disposition concentrique par rapport à l'ensemble du massif.

Dans les portions non décapées des altérites ferrallitiques anciennes, la Kaolinite apparaît en remplacement d'une vermiculite préexistante, accompagnée de goethite et d'hématite provenant des périclites et pyroxènes. La structure initiale est très bien conservée. Mais comment peut se former une kaolinite, minéral très alumineux, à partir d'une roche qui ne contient pratiquement pas d'aluminium?

Au contact des granites calcoalcalins et surtout des filons de quartz et de pegmatites, s'est développée une altération métamorphique à Antigorite, Talc, Trémolite, Zoïzite, Calcite, Chlorite et Ouralite qui se superpose ainsi à l'altération météorique et en complique l'analyse.

*
* * *

A. NOVIKOFF. — La géochimie de surface à l'Institut de Géosciences de l'Université Fédérale de Bahia (Brésil).

Surface geochemistry at the Geoscience Institute of Bahia Federal University (Brazil).

Поверхностная геохимия в Институте Наук Земли Федерального Университета г. Баия (Бразилия).

I. GÉNÉRALITÉS.

La géochimie de surface représente un des 4 thèmes principaux d'enseignement et de recherche dans le département de géochimie. L'enseignement délivré au niveau de la maîtrise comporte 90 heures théoriques et 60 heures pratiques. Il porte sur les phénomènes d'altération, la formation et les divers types d'argiles, le chimisme des réactions à la surface de la lithosphère, dans l'hydrosphère et l'atmosphère.

Une série de cours est consacrée aux gisements d'éléments utiles (en particulier au Brésil), formés par des phénomènes d'altération superficielle. Après ces études théoriques, des étudiants choisissent parmi des thèmes de recherche, celui qui constituera leur travail de thèse.

II. LES RECHERCHES.

Elles sont à but utilitaire et souvent liées à des problèmes de prospection minière. Actuellement deux éléments sont particulièrement étudiés, le chrome et le cuivre.

Le chrome.

(a) *Évolution supergène de la chromite et des roches ultrabasiques qui l'accompagnent.* Sous un climat tropical humide, les minéraux des roches, fortement serpentinisés et chloritisés se transforment pour l'essentiel en nontronites, parfois fortement chromifères (jusqu'à 12% de Cr_2O_3). L'origine de ce chrome a été attribuée à une dissolution de la chromite. Des études plus récentes indiquent que cette dissolution reste relativement faible et que le chrome des nontronites provient pour l'essentiel de l'altération de chlorites chromifères. Dans la chromite, la dissolution sélective du Mg et dans une moindre mesure d'Al, provoque un enrichissement relatif au Cr et Fe et parallèlement une augmentation du paramagnétisme de la chromite.

(b) *Géochimie des chromites.* Cette étude, qui en est à ses débuts, est destinée à essayer de comprendre, l'origine de 2 gisements de chromite distants de

80 km. Les difficultés techniques inhérentes à la séparation de chromites pures ont été résolues.

Le cuivre.

L'étude porte sur l'évolution, sous un climat subaride, du cuivre provenant de sulfures liés à des roches basiques à ultrabasiques. Les résultats de ce travail montrent avec une grande précision que la dispersion de cet élément dans les sols devient très rapidement secondaire (dans l'arène à 20 cm au-dessus de la roche saine). Les quantités de Cu fixé, par les argiles principalement et la matière organique secondairement, sont relativement faibles en surface (200 à 500 ppm) mais elles sont toujours nettement supérieures au fond régional. Dans les sédiments, la dispersion secondaire du Cu est diluée par apport d'argiles stériles des berges et c'est alors souvent la dispersion primaire qui est la plus significative d'une anomalie.

Thèmes divers.

— Dissolution sélective du Mn dans des oxydes ou hydroxydes de Fe et Mn. Les résultats montrent qu'il est en général très difficile de dire quel élément est plus particulièrement lié au Fe ou au Mn.

— Recherche d'argiles utilisables en céramique. Étude qualitative et quantitative de gisements de kaolinite sédimentaire.

— Formation et évolution de sols à halloysite.

— Évolution supergènes de granulites acides en zone très humide.

— Concentration par les plantes du Cu, Pb et Cr.

* * *

J. C. PION. — **Étude des altérations et des cuirasses en Haute-Volta méridionale et centrale. Un exemple de cartographie géomorphologique pour la prospection minière.**

Study of alterations and mineral crusts in southern and central Upper Volta. An example of geomorphological mapping for mining prospection purpose.

Изучение выветриваний и кирас в южной и центральной Верхней Вольте. Пример геоморфологической картографии для поисков рудных месторождений.

Une étude géomorphologique et une cartographie au 1/50 000 ont été réalisées en Haute-Volta méridionale et centrale pour un projet minier du PNUD reprenant une prospection pour l'or et le cuivre sur 36 000 km².

L'étude géomorphologique et le contrôle de terrain ont porté principalement sur les zones

cuirassées (latérites des mineurs). Des analyses chimiques et minéralogiques ont été effectuées sur 25 échantillons représentatifs des cuirasses de la région.

Une classification photo-morphologique et de terrain est établie pour les principales cuirasses :
LB₁ — cuirasse ancienne haute, alumino-ferrifère et bauxitique

LB₂ — cuirasse sur roche basique

LA — cuirasse sur roche acide

LI — cuirasse sur roche indifférenciée

L — cuirasse sans rebord, bowal, nappe de gravillons, etc.

Cette classification est confirmée par les analyses chimiques.

L'étude de la zone confirme les travaux antérieurs de J. C. LEPRUN sur les cuirasses d'autres régions en Haute-Volta : la cuirasse est formée « in situ » et est en rapport direct avec le substratum sous-

jaçant. Les cuirasses sont en général une seule et même formation qui après érosion et entaille laissent des reliques à différentes altitudes.

Le contrôle de terrain de la photomorphologie des cuirasses et des altérations sert à fixer les limites du substratum, principalement entre roches basiques et roches acides, dans les zones masquées.

La géochimie des régions cuirassées donne une

image déformée mais souvent utilisable de la roche mère sous-jacente, le meilleur indicateur de la nature du substratum est le titane.

Une prospection géochimique de surface dans les zones cuirassées nous semble possible à condition de prendre les précautions nécessaires au niveau de l'interprétation et d'effectuer de nombreux contrôles par puits ou sondage.

*
* *

J. J. TRESQUES. — **Surfaces d'aplanissement et métallogénie de l'uranium : Un type de gisement supergène (sur l'exemple du gisement des Bondons. Lozère, France)*.**

Uranium metallogeny and flattening surfaces : a type of supergen deposit (about Bondons deposit in Lozère — France).

Эрозионные поверхности и металлогения урана : тип гипергенного месторождения (на примере месторождения Бондон — Лозер — Франция).

La géochimie et la métallogénie de l'uranium peuvent être en relation avec les épisodes d'aplanissement des paysages. L'étude des mécanismes de la mise en place de l'uranium dans le gisement des Bondons (Lozère — France) a permis de mettre en évidence le rôle de la pénéplaine post-hercynienne et des facteurs locaux qui ont favorisé l'accumulation uranifère.

Le gisement des Bondons est situé au fond du « golfe du Cros », vaste échancrure de la bordure SW du massif granitique du Mont Lozère. Son encaissant micaschisteux est affecté par un métamorphisme de contact. Toute cette région est cernée par les restes d'une couverture transgressive de calcaires liasiques, fossilisant une surface d'érosion (pénéplaine) post-hercynienne, dont quelques altérites subsistent sous les calcaires.

Les schistes appartiennent à la série des schistes des Cévennes. Cette série silico-alumineuse, avec un peu de potassium, de sodium, de fer et de magnésium, présente l'association quartz — *muscovite* — chlorite, plus biotite et feldspath (albite) de néoformation. Le rutile est abondant, de même que, dans la région du golfe du Cros, des résidus organiques plus ou moins transformés en graphite. L'intrusion du granite du Mont Lozère a développé une auréole de métamorphisme de contact caractérisée par : l'apparition de biotite secondaire et la séricitisation de l'albite;

puis le développement d'andalousite; enfin, à proximité du granite, avec le microplissement des lits micaschisteux, et la mise en place de filons de microgranite, des phases de séricitisation, de chloritisation, et de kaolinisation accompagnent l'apparition de filonnets pyriteux.

Après l'orogénie hercynienne, traduite ici par une réactivation thermique et un jeu tectonique important, l'érosion a dégagé les granites. A l'aube du Trias le substrat était nivelé sous forme d'une pénéplaine. La base des altérites permotriassiques développées sur le socle subsiste. L'altération y est très faible, et limitée à la rubéfaction de la biotite, et à l'oxydation intense de la pyrite. La transgression liasique a ensuite fossilisé cette pénéplaine.

Le gisement des Bondons occupe un éperon micaschisteux (zone de métamorphisme de contact), décapé de la couverture transgressive liasique, mais représentant une relique de la pénéplaine post-hercynienne, à proximité immédiate du granite du Mont Lozère.

L'environnement paléo-morphologique du gisement peut être esquissé. Le cadre lithologique et structural de l'encaissant est également détaillé.

La zone minéralisée constitue une pseudo-couche, discordante sur la schistosité, mais parallèle à la paléo-surface topographique. A l'intérieur de cette pseudo-couche la répartition des teneurs est extrêmement capricieuse, suivant l'influence de la lithologie et de la structure des micaschistes, et aussi en fonction des incisions récentes du modelé qui ont provoqué des remaniements dans la distribution initiale de la minéralisation.

La minéralisation est constituée surtout par des oxydes et hydroxydes d'uranium IV (produits noirs) (et par quelques minéraux d'uranium hexavalent à l'affleurement). La localisation précise de ces produits a été étudiée en lame mince, et à la microsonde électronique. Cette étude permet de proposer une interprétation de la mise en place du gisement.

* Ce travail a été financé par la Compagnie Industrielle et Minière (Groupe Rhône-Poulenc — Chimie Minérale) qui a bien voulu autoriser l'exposé de ces résultats.

Ce type de gisement, situé à proximité de batholithes granitiques, et associé à un niveau d'aplanissement résulte de la convergence de nombreux facteurs :

— source d'uranium aisément lixiviable dans le paysage.

— libération et transport sans dispersion excessive, ce qui implique des conditions morpho-climatiques restrictives,

— accumulation en des sites privilégiés où l'uranium est immobilisé par suite des conditions physico-chimiques favorables.

J. DUBOIS. — Géodynamique du Sud-Ouest Pacifique.

Geodynamics of Pacific South-West.

Геодинамика южно-западной части Тихого океана.

Dans cet exposé ont été décrits les programmes scientifiques principaux en cours et à venir du groupe des Géologues et Géophysiciens du Centre O.R.S.T.O.M. de Nouméa.

Cette équipe qui comprend 10 chercheurs, 1 ingénieur et 6 techniciens supérieurs, déploie ses activités dans 3 domaines principaux : la séismologie, la géologie-géophysique marine et la néotectonique.

Le réseau séismologique qui fonctionne aux Nouvelles Hébrides et en Nouvelle-Calédonie depuis plus de 15 ans comprend maintenant 9 stations permanentes. Il a permis de faire une étude précise de la sismicité de l'arc insulaire des Nouvelles Hébrides. A ce réseau permanent s'ajoute un réseau de stations de terrain (O.R.S.T.O.M. — Université de Cornell) et un réseau de stations séismologiques sous-marines (O.R.S.T.O.M. — Université du Texas).

Un programme en collaboration avec l'Université de Cornell est en cours. Il est axé sur l'étude de la sismicité fine de l'archipel des Nouvelles Hébrides et sur l'étude des mouvements lents associés aux séismes. Un réseau important d'inclinomètres, de marégraphes et de repères de nivellement a été mis en place et on a réalisé 2 études fines de la sismicité sur les îles du centre de l'archipel. Dans ce programme entre également l'étude des terrasses coralliennes soulevées. Les premiers résultats obtenus montrent un taux de soulèvement sur les côtes ouest des îles plus proches de la fosse de 1 mètre pour 1 000 ans.

Les travaux en mer s'orientent vers des études de détails faisant appel à des techniques nouvelles qui s'ajoutent aux techniques traditionnelles de bathymétrie, magnétisme et séismique réflexion. C'est ainsi que pendant les campagnes en cours des profils de réfraction (grâce aux stations séismologiques immergées, OBS) et des mesures de flux de chaleur sont réalisées. Des campagnes de dragages sont effectuées lorsque nous pouvons disposer d'un bateau équipé pour cette technique. Elles apportent des données

essentielles au « calage » de nos observations de surface.

Le choix d'un thème de recherche principal s'imposait dans cette région du Sud Ouest Pacifique : les subductions actives et fossiles des plaques océaniques ont marqué cette très vaste région depuis plusieurs dizaines de millions d'années. C'est le thème des campagnes EVA (Évolution des Arcs insulaires) qui est aussi un bon guide pour la préparation du projet IPOD (programme international de forages profonds) présenté par le groupe Marges Actives. Dans le cadre de ce projet un « couloir » de 60 milles de large et de 200 milles de long a été choisi au sud de l'île Vaté à travers l'arc des Nouvelles Hébrides. La concentration sur cette bande étroite de toutes les techniques de géologie et géophysique marines dont nous disposons permettra de préparer avec soin une campagne de forages sur le Glomar challenger (programme IPOD). Pour valoriser cette reconnaissance de détail l'O.R.S.T.O.M. s'est associé aux Universités d'Hawaï (mesures de flux de chaleur) et du Texas (stations séismologiques immergées).

Le programme de néotectonique est essentiellement orienté vers l'étude des récifs soulevés des Nouvelles Hébrides et des Îles Loyauté.

A partir d'une hypothèse d'interprétation du soulèvement des atolls des Loyauté en relation avec la flexure de la lithosphère océanique avant sa subduction sous les Nouvelles Hébrides, on a déduit les paramètres de la lithosphère ainsi que la vitesse de subduction.

Ainsi la réalisation du programme O.R.S.T.O.M. Cornell aux Nouvelles Hébrides, les études marines de détails sur des points précis reconnus lors de la phase de grande reconnaissance qui s'achève et l'exploitation des nombreuses données recueillies constituent l'essentiel des activités du groupe de Nouméa. L'étude géodynamique et paléogéodynamique d'une région de marge particulièrement riche s'intègre dans un ensemble de programmes nationaux et internationaux : ATP de Géodynamique, programme IPOD, plongées profondes, conventions O.R.S.T.O.M. Université de Cornell, O.R.S.T.O.M. Université du Texas, collaboration O.R.S.T.O.M. Université d'Hawaï, participation aux travaux de la commission Océanographique Internationale I.O.C. et CCOP/SOPAC), etc. Notons également la partici-

pation de plus en plus active de l'équipe de Nouméa au programme National Nodules polymétalliques.

Le symposium international tenu récemment à Nouméa a permis de faire le point sur l'état d'avancement des recherches dans le Sud-Ouest Pacifique.

Un ouvrage sera publié prochainement, il contiendra parmi les 50 articles présentés une dizaine de communications faites par les membres de l'équipe de Nouméa qui donneront une idée assez précise sur les résultats scientifiques obtenus par le groupe.

*
* *

B. DALMAYRAC, G. LAUBACHER, R. MAROCCO, C. MARTINEZ, P. TOMASI. — **Relations entre les chaînes paléozoïques d'Amérique du Nord et d'Amérique du Sud.**

Relations between North American and South American palaeozoic ranges.

Отношения между палеозойскими хребтами Северной и Южной Америки.

Il n'existe actuellement aucun modèle qui explique les relations entre les orogènes hercyniens et calédoniens de la plaque sud-américaine et de la plaque nord-américaine.

Par contre, un certain nombre de modèles utilisant les reconstitutions de BULLARD (1969), LE PICHON (1971), VAN DER VOO *et al.* (1976) ont été proposés pour expliquer les relations entre les chaînes paléozoïques d'Amérique du Nord et d'Europe-Afrique (ARTHAUD et MATTE, 1975 - LE PICHON *et al.*, 1976).

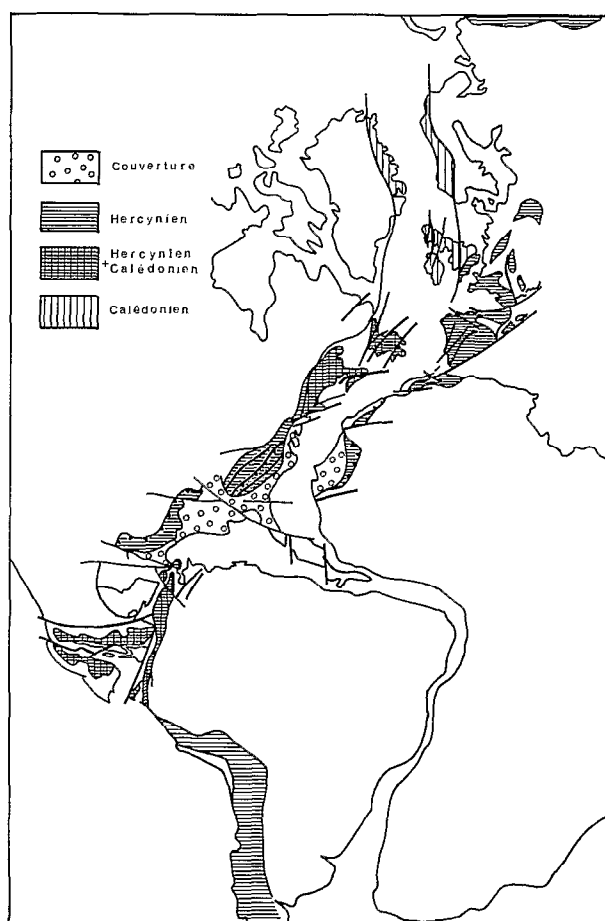
L'utilisation des différentes reconstitutions proposées a pour conséquence essentielle, en ce qui concerne les rapports entre plaques nord et sud américaines, de poser le problème du recouvrement de l'Amérique Centrale et du Mexique par l'Amérique du Sud. Quelques auteurs ont présenté des solutions tenant compte des données géologiques de la zone méso-américaine (FREELANDS et DIETZ, 1973 - VAN DER VOO *et al.*, 1976 - F. HELWIG, 1975).

A partir de nos travaux sur la chaîne hercynienne sud-américaine, des modèles précédemment cités et des informations actuellement disponibles sur le Précambrien et le Paléozoïque de la zone méso-américaine et des Andes Septentrionales nous proposons :

- un essai de reconstitution de l'édifice hercynien au Permien supérieur-Trias ;
- un schéma d'évolution dynamique des plaques nord et sud-américaines pendant le Paléozoïque ;
- des hypothèses sur l'évolution du début du

Mésozoïque, d'une part dans le domaine mésoaméricain (Caraïbes) et d'autre part sur la bordure ouest de la plaque sud-américaine.

L'hypothèse que nous proposons a été construite en tenant compte du rôle qu'ont pu jouer les grands accidents crustaux américains (linéaments) et, en particulier, leur jeu en décrochement.



M. FORNARI. — **Les minéralisations argentifères associées aux volcanites cénozoïques du Sud du Pérou***.

Argentinian mineralizations associated to the Cenozoic volcanities in southern Peru.

Сереброносные минерализации связанные с кайнозойскими вулканитами южного Перу.

Les premiers résultats ont montré le caractère particulier de la minéralisation argentifère qui est associée à des andésites, en coulée ou intrusives subvolcaniques, et qui doit donc être distinguée des minéralisations à Au, Au-Cu, Cu liées à des intrusifs « batholitiques » de nature dioritique ou monzonitique.

Les minéralisations d'argent sont réparties dans une série volcano-sédimentaire puissante (jusqu'à 3 000 m) d'âge Oligo-miocène, connue localement sous le nom de formation Tacasa, et qui couvre une partie étendue de la cordillère occidentale au sud du Pérou; elles semblent se localiser à la partie somitale de la série (âges de 20-12 m.a.). Les rhyolites qui sont également présentés dans la série paraissent stériles.

L'ensemble de la série se caractérise par un accroissement plus rapide du potassium par rapport au sodium, en fonction de l'augmentation de Si-O₂. Les teneurs en Cu, Pb, Zn des laves sont en moyenne proches de celle des roches du même type dans le même contexte (Chili et péri-pacifique). Rappelons

que divers auteurs envisagent une liaison entre l'émission de ces laves et le fonctionnement de la marge active pacifique.

Les filons minéralisés correspondent à des structures puissantes, leur longueur varie de 300 m à plusieurs km, et leur mise en place est antérieure au développement d'une surface d'érosion régionale. L'interprétation mécanique de ces ensembles filoniens est rendue complexe du fait de la présence de fractures ouvertes et failles de cisaillement, mais elle conduit à la mise en évidence d'une phase tectonique de raccourcissement Est-Ouest. Cette phase est antérieure au dépôt de nappes étendues d'ignimbrites et son âge serait compris entre 10 et 8 m.a.

Les filons présentent généralement un remplissage rubanne et l'on distingue plusieurs étapes, avec la répétition de la succession quartz-rhodochrosite (calcite) — tétraédrite, sulfo-sels d'argent : (stéphanite, pyrrargyrite, polybasite). Une zonalité verticale se marque par l'augmentation de la teneur en Pb-Zn dans les niveaux inférieurs; en général la dernière étape est formée principalement par du quartz (\pm stibine) avec une tendance géodique.

Les altérations (silicification, pyritisation, chlorite, épidote) de l'encaissant sont plus ou moins intenses et n'ont pas toujours de relations claires avec les filons.

Les phénomènes d'altération météorique ont provoqué un enrichissement superficiel très important des teneurs en argent qui favorise certaines exploitations.

* * *

A. FOURNET. — **Études géologiques du quaternaire en Tunisie.**

Geological studies of Tunisian Quaternary.

Геологические исследования Четвертичного в Тунисе.

Le Service Géologique de Tunisie a confié à l'O.R.S.T.O.M. la cartographie à 1/50 000^e des terrains plioquaternaires de ce pays. Déjà, nombre de travaux antérieurs avaient ouvert la voie dans leur connaissance. Les plages tyrrhéniennes ont été caractérisées et dénombrées en bien des points de la côte. La même démarche a été accomplie au sujet des glacis quaternaires dans l'environnement gypseux des chotts ou dans le milieu calcaire de la Dorsale et du Cap Bon. Une corrélation entre formations

marines et continentales a été opérée partiellement dans le Sud. Enfin une esquisse cartographique de la Néotectonique quaternaire a déjà paru.

Cependant, mis à part la carte géographique des glacis quaternaires qui, avec leur relief géomorphologique environnant, a été dressée dans la région des chotts, toutes ces observations n'ont pas fait chaque fois l'objet d'une cartographie géologique détaillée et suivie qui rende compte de la variation spatiale de ces formations quaternaires. Aussi ai-je été chargé d'entreprendre ce travail considérable dans la région septentrionale de la Tunisie. Les premiers travaux ont permis de dégager un certain nombre de problèmes qui sont en cours d'étude. Car, en l'absence de critères de reconnaissance définis tant dans le domaine marin que continental, le premier objectif de la prospection consiste à établir la base strati-

* Travaux conduits dans le cadre d'une convention avec le Ministère de l'Énergie et des Mines du Pérou, et ayant pour but de définir les « contrôles » des minéralisations argentifères dans une zone comprise entre Puquio et Cailloma : (74° 30' W, 15° 30' - 14° 30' S).

graphique du Quaternaire qui souvent a été incluse voire confondue au sommet du Miopliocène continental. Une seconde préoccupation concerne l'épaisseur de la sédimentation quaternaire sur le pourtour du bâti atlasique et dans ses dépressions intérieures. Si l'existence de paléosols interstratifiés dans les couches continentales a été découverte, leur disposition spatiale et leur signification en tant que

surfaces quaternaires sont encore à préciser. De même, la succession des dépôts n'a pas été comparée au nombre des glacis. Enfin, les études cartographiques entreprises actuellement dans le Nord Tunisien font entrevoir l'importance des mécanismes de la Néotectonique quaternaire et de nouvelles directions de fractures commencent à être détectées dans la restructuration récente de l'Atlas.

*
* *

G. VIGNARD. — Mise en évidence du Viséen dans la région de Saint-Pons. Conséquences sur l'interprétation tectonique des séries réputées autochtones de l'unité du Saint-Ponais (versant Sud de la Montagne Noire, France).

Establishment of the Visean stage near St-Pons. Consequences on tectonic interpretation of St-Ponese unit series known as autochthonous series (southern versant of Montagne Noire, France).

Выявление визейского яруса в участке Сен-Понс. Последствия для тектонической интерпретации считающихся автохтон-

ными серий совокупности Сен-Понэ (южный склон Черной Горы, Франция).

Dans la région de Saint-Pons, une partie des séries supposées d'âge briovérien supérieur à ordovicien, est en réalité d'âge viséen. En continuité avec le Dévonien supérieur daté, le Viséen est représenté sous son faciès régional classique de lydiennes, calcaires et séries grésopélitiques. Le Viséen affleure au cœur de faux-anticlinaux tardifs affectant une série renversée. Sur la base de ressemblances lithostratigraphiques, on considère que l'unité du Saint-Ponais n'est pas para-autochtone mais appartient à la plus haute des nappes du versant Sud de la Montagne Noire.

